ต้นแบบระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์

A prototype of an classifies drugs on CiRA CORE platform

วีระยุทธ คุณรัตนสิริ

บุรัสกร อยู่สุข

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๖

สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาการใช้งานแพลตฟอร์มซีร่าคอร์เพื่อประยุกต์ใช้งานกับงานวิจัยทางด้านธุรกิจทางการแพทย์ ซึ่งพบว่าสามารถนำซีร่าคอร์มาเป็นแพลตฟอร์มหลักในการพัฒนาระบบสนับสนุนในขั้นตอนต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาล ซึ่งขั้นตอนหนึ่งที่น่าสนใจ คือ ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องในการจ่ายยา ซึ่งพบว่าในปัจจุบันเกิดความ คือ มีการจ่ายยาที่ผิดพลาดในบางกรณี ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ ได้แก่ ความคล้ายคลึงของบรรจุภัณฑ์ยา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบในการช่วยตรวจสอบประเภทของยา เพื่อช่วยตรวจทานให้กับเจ้าหน้าที่จัดยา และเภสัชกร โดยระบบที่พัฒนาขึ้นใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งระบบประกอบด้วยกล้องทำหน้าที่ตัวตรวจจับบรรจุภัณฑ์ของยาและนับจำนวนเม็ดยา ระบบออกแบบและพัฒนาโดยใช้แพลตฟอร์มซีร่าคอร์เพื่อลดความซับซ้อนในการพัฒนาระบบ แพลตฟอร์มซีร่าคอร์ออกแบบมาบนแนวคิด Low Code ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถคัดแยกและนับยา

คำสำคัญ: การตรวจสอบประเภทของยา; การเรียนรู้เชิงลึก; แพลตฟอร์มซีร่าคอร์

ABSTRACT

The researchers studied the use of the CiRA CORE platform to apply it to medical business research. It was found that CiRA CORE can be used as the main platform for developing support systems in various procedures within the hospital. A pertinent issue has arisen, wherein instances of medication errors have been documented, largely attributed to human fallibility. Such errors often emanate from factors such as the visual similarity in drug packaging. In response to this challenge, this research endeavors to introduce a comprehensive medication inspection system, which aims to enhance oversight over the prescription and dispensation process involving medical practitioners and pharmacists. This system leverages advanced deep learning techniques and comprises a camera module for drug package identification and a drug counter. Notably, the development and implementation of this system are executed within the CiRA CORE platform, chosen for its inherent advantages in streamlining system development complexities. Notably, the CiRA CORE platform is rooted in Low Code technology, a strategic choice that facilitates efficient drug sorting and counting operations within the system..

Keywords: Medicine Inspection, Deep Learning, CiRA CORE platform

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องต้นแบบระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ สำเร็จลงได้ด้วยได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ และผู้บริหารคณะเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การส่งเสริมงานวิจัย ขอขอบพระคุณหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ให้โอกาสและแนวทางในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน รวมถึงทีมนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่สละเวลาร่วมเก็บข้อมูลและทดลองใช้ระบบที่ได้จากงานวิจัยนี้ สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณกำลังใจจากครอบครัวและกัลยาณมิตรทุกท่าน ที่มอบให้เสมอมาจนงานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จด้วยดี

คณะผู้วิจัย

๑๙ ธันวาคม ๒๕๖๖

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 สมมุติฐานงานวิจัย	2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	2
1.7 คำสำคัญของการวิจัย	3
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.9 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ (Robot Operating System : ROS)	5
2.2 หลักการพื้นฐานในการประมวลผลภาพ (Deep Learning)	6
2.3 แพลตฟอร์ม CiRA CORE	7
2.4 พื้นฐานของ JavaScript	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การออกแบบการทำงานระบบตรวจสอบประเภทของยำบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์	13
3.2 การสอนให้ซอฟต์แวร์รู้จักจำวัตถุโดยใช้หลักการ Deep Learning	13
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการดำเนินงานและผลการทดสอบความถูกต้อง	18
4.2 การอภิปรายผลการดำเนินงาน	20
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ	
5.1 อภิปรายและสรุปผลที่ได้จากงานวิจัย	21
5.2 ประโยชน์ที่คณะผู้วิจัยได้รับ	21
5.3 ประเมินผลความพึงพอใจในการใช้งานระบบ	22
5.4 อุปสรรคและข้อเสนอแนะ	23
บรรณานุกรม	24
ภาคผนวก	26

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ผลผลิต ผลลัพธ์ และผลกระทบจากงานวิจัย (Output/Outcome/Impact)	3
ตารางที่ 3.1	แผนการดำเนินงานวิจัย	12
ตารางที่ 4.1	ผลการประเมินคุณภาพของการตรวจจับยา	19
ตารางที่ 4.2	เกณฑ์การประเมินความแม่นยำในการตรวจจับยา	19
ตารางที่ 4.3	ผลการทดสอบการตรวจจับยาทั้ง 4 ชนิด	20
ตารางที่ 5.1	หลักเกณฑ์การแปลความหมายของระดับคะแนน	22
ตารางที่ 5.2	ระดับความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม ด้านการใช้งานระบบ จำนวน 30 คน	23

สารบัญภาพประกอบ

		หน้า
รูปที่ 1.1	กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	3
รูปที่ 2.1	โมเดลแสดงการทำงานของ Deep Learning	7
รูปที่ 2.2	กระบวนการทำงานของ Deep Learning	7
รูปที่ 2.3	รูปแบบและลักษณะการใช้งานเบื้องต้นของ CiRA CORE	8
รูปที่ 2.4	การนำ CiRA CORE ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ	9
รูปที่ 2.5	โครงสร้างหลัก Java Script	10
รูปที่ 2.6	การเขียน Array ด้วยภาษา Java Script	11
รูปที่ 3.1	ไดอะแกรมการทำงาน	13
รูปที่ 3.2	การโหลดแฟ้มรูปภาพที่ต้องการเทรน	14
รูปที่ 3.3	หน้าต่างของ DeepTrain	14
รูปที่ 3.4	ตัวอย่างการ Label ในการตีกรอบวัตถุ	15
รูปที่ 3.5	หน้าต่าง Auto Gen เพื่อสร้างภาพในมุมมองอื่น ๆ	15
รูปที่ 3.6	หน้าต่างการ Training และ Model ในการ Train แบบต่าง ๆ	16
รูปที่ 3.7	การจัดเก็บ Model ที่ได้หลังจากการ Train	16
รูปที่ 4.1	การสอนด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์	18
รูปที่ 4.2	ค่าความแม่นยำในการตรวจจับ	18
รูปที่ 5.1	ใบประกาศการนำเสนอความวิชาการ	28

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โดยปกติแล้วขั้นตอนในการจัดยาให้ผู้ป่วยหลักจากแพทย์สั่งยาให้ผู้ป่วยแล้วนั้น ทางเจ้าหน้าที่ห้องยาจะทำการจัดยาตามใบสั่งแพทย์ ซึ่งในขั้นตอนนี้เองอาจเกิดความผิดพลาดได้หลายกรณี เช่น บรรจุภัณฑ์ของยาแต่ละชนิดมีขนาด และสีของบรรจุภัณฑ์ที่คล้ายกัน อีกทั้งอาจเกิดจากการที่เจ้าหน้าที่ทำงานหลายชั่วโมงทำให้เกิดความผิดพลาดจากบุคลากรจัดยาได้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนในการจ่ายยา (Dispensing Error) คือ ความคลาดเคลื่อนในกระบวนการจ่ายยาของกลุ่มงานเภสัชกรรมที่จ่ายยาไม่ถูกตองตามที่ระบุในคำสั่งใช้ยา ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้ส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับยาที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสม

CiRA CORE เป็นแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่เกิดจากการความร่วมมือระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เป็นการพัฒนาต่อยอดบนเทคโนโลยี Deep Learning โดยภายในมี Core Service ที่เราสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันได้ ในปัจจุบัน CiRA CORE เข้ามามีบทบาทสู่อุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์บันทึกข้อมูล อุตสาหกรรทางการเกษตร เป็นต้น ดังนั้นการที่ประเทศไทย มี CiRA CORE ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ของคนไทยเอง มีข้อดีมากมาย โดยเฉพาะการที่เรามีเทคโนโลยีของตัวเองจะเพิ่มความมั่นใจ ทำให้เราไม่ต้องรอซื้อจากต่างประเทศเพียงอย่างเดียวซึ่งกว่าจะมาถึงเรา บางครั้งอาจจะต้องยอมจ่ายราคาแพงเพื่อให้ได้มา ส่งผลให้เกิดความสูญเสียในด้านเศรษฐกิจ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษา ออกแบบ และพัฒนาต้นแบบระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ร่วมกับแพลตฟอร์ม CiRA CORE เพื่อใช้ในการเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำในการสั่งจ่ายยาโดยเภสัชกรอีกครั้งหนึ่ง ลดความผิดพลาดที่อาจเกิดจากพนักงานจัดยา ด้วยเทคโนโลยี Deep Learning ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถเป็นแนวทางการในการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจสอบถูกต้องการการจ่ายยาให้กับโรงพยาบาลต่าง ๆ ภายในประเทศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบประเภทของยา โดยใช้หลักการเรียนรู้เชิงลึก
2. เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการสั่งจ่ายยาให้กับเจ้าหน้าที่จัดยา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. คัดแยกประเภทของยาตามรูปแบบที่กำหนดผ่านกล้อง Webcam โดยใช้หลักการ Deep Learning
2. พัฒนาระบบโดยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ (CiRA CORE)
3. สามารถตรวจสอบประเภทของยาตามบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้

1.4 สมมุติฐานงานวิจัย

ต้นแบบระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ สามารถตรวจจับและนับจำนวนยาซึ่งอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ โดยมีความถูกต้องแม่นยำไม่ต่ำกว่า 80% และผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบต้นแบบอยู่ในระดับดีขึ้นไป

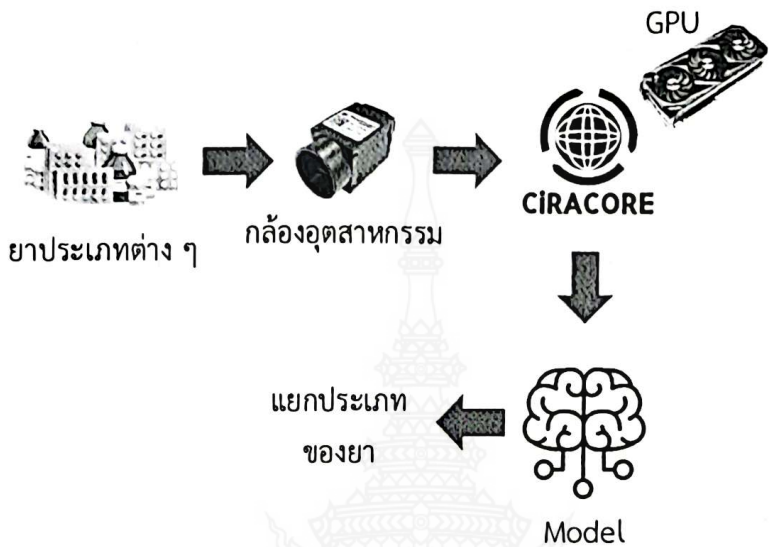
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการจำแนกยา
2. วิเคราะห์ปัญหาในการจำแนกยา เพื่อคิดหาแนวทางแก้ไขปัญหา
3. ศึกษาและทำความเข้าใจรายละเอียดของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและแพลตฟอร์มซีร่าคอร์เพื่อคัดแยกประเภทของยา
4. พัฒนาระบบการคัดแยกยาโดยใช้การประมวลผลภาพผ่านกล้อง เว็บแคมตามหลักการเรียนรู้เชิงลึก
5. ทดสอบระบบการคัดแยกยาร่วมกับการประมวลผลภาพพร้อมวิเคราะห์ผล
6. สรุปผลงานวิจัยและจัดทำแนวทางการพัฒนาระบบต่อยอดในอนาคต และจัดทำเล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เพื่อเสนอแหล่งทุนและปิดงานวิจัย
7. จัดทำบทความวิชาการและสไลด์เพื่อนำเสนอองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยในงานประชุมวิชาการ
8. จัดอบรมเพื่อให้คำแนะนำวิธีการใช้งานแก่ นักศึกษา บุคลากรของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และผู้สนใจ

1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

คณะผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการออกแบบกรอบแนวคิดและออกแบบอัลกอริทึมหลักและฟังก์ชันการทำงานของต้นแบบระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ และพัฒนาตัวระบบตามกรอบที่ได้ออกแบบไว้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย คือ ระบบสามารถคัดแยกและนับจำนวนยาที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ โดยการรับภาพผ่านกล้องเว็บแคม (Webcam) จากนั้นนำภาพที่ได้เข้าสู่กระบวนการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งพัฒนาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ (CiRA CORE) และแสดงผลการตรวจสอบและนับจำนวนยา

1.7 คำสำคัญของการวิจัย

คำสำคัญ (TH) การตรวจสอบประเภทของยา; การเรียนรู้เชิงลึก; แพลตฟอร์มซีร่าคอร์

คำสำคัญ (EN) Medicine Inspection, Deep Learning, CiRA CORE platform

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ตารางที่ 1.1 ผลผลิต ผลลัพธ์ และผลกระทบจากงานวิจัย (Output/Outcome/Impact)

ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ	รายละเอียดของผลผลิต	จำนวนนำส่ง/หน่วยนับ	ปีที่นำส่งผลผลิต	ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ	ผลกระทบที่คาดว่าจะได้รับ
3. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ – ระดับภาคสนาม	ต้นแบบระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์	1	2566	ระบบต้นแบบที่ใช้งานได้ดี	ต้นแบบสำหรับให้นักศึกษาได้เรียนรู้
27. การประชุม/สัมมนาระดับชาติ - นำเสนอแบบปากเปล่า	บทความวิชาการระดับชาติ	1	2566	ได้นำเสนอเทคนิคการตรวจจับและนับจำนวนยาที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์	แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ในเวทีวิชาการ

ตารางที่ 1.2 สถานที่ใช้ประโยชน์

ในประเทศ/ต่างประเทศ	ชื่อจังหวัด/ประเทศ	ชื่อสถานที่
- ในประเทศ	- กรุงเทพมหานคร	- สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.9 นิยามศัพท์เฉพาะ

ซีร่าคอร์ (CiRA CORE) คือ แพตฟอร์มเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI มีการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งพัฒนาขึ้นด้วยคนไทย ซึ่งมีการนำเอาเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งเป็นระบบที่เลียนแบบเครือข่ายเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์ ทำให้เกิดการเรียนรู้ จดจำ วิเคราะห์ แยกแยะ ตัดสินใจ ได้อย่างแม่นยำ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและพัฒนาต้นแบบระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมแนวคิด หลักทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเนื้อหาต่างๆ จากเอกสาร หนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ (Robot Operating System : ROS)

ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์เป็นโอเพนซอร์ซเฟรมเวิร์คสำหรับเขียน หรือพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ เปรียบเสมือนเป็นระบบปฏิบัติการ (Operating System) ของหุ่นยนต์ ที่มีส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ ไดรเวอร์อุปกรณ์ เครื่องมือที่หลากหลาย และไลบรารี่ต่าง ๆ ที่ช่วยทำให้เราสามารถสร้างหุ่นยนต์ที่มีความซับซ้อนได้ง่ายขึ้น

ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์เริ่มพัฒนาตั้งแต่ปี 2007 โดย Dr.Morgan Quigley ที่แลป Stanford Artificial Intelligence จากนั้นบริษัทหุ่นยนต์ของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ชื่อว่า Willow Garage ก็ได้มาพัฒนาต่อจนสำเร็จเป็น ROS เวอร์ชั่น 1.0 ในปี 2010 ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์รุ่นแรกมีชื่อว่า BoxTurtle และพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน ROS Noetic Ninjemys ซึ่งใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Ubuntu 20.04 (Focal) สาเหตุที่เลือกใช้ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ ได้แก่

1. ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์มีใช้งานแพร่หลาย

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับหุ่นยนต์ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์แขนกล (Robotic arms), โดรน, Mobile bases เมื่อเราได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการติดต่อสื่อสารกันระหว่าง Node ต่าง ๆ ในโปรแกรมแล้ว เราก็สามารถนำไปใช้กับหุ่นยนต์รูปแบบไหนก็ได้ โปรแกรมสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้โดยไม่ต้องเขียนใหม่หมด

2. ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์มี Package ต่าง ๆ ให้เลือกใช้งาน

มี Package ให้เลือกใช้มากมายเนื่องจากมีผู้พัฒนาแพร่หลาย ทำให้มีหลากหลาย Package ที่ถูกพัฒนาขึ้นมา ตัวอย่างเช่น Package สำหรับคำนวณ Trajectory ของหุ่นยนต์ Package สำหรับใช้จอยสติ๊กควบคุมหุ่นยนต์ Package สร้างแผนที่ในห้องด้วยโดรน ซึ่ง Package เหล่านี้พัฒนามาเพื่อหุ่นยนต์โดยเฉพาะ

3. ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์มีเครื่องมือจำลองที่หลากหลาย

ในการพัฒนาหุ่นยนต์บางครั้งเราไม่สามารถทดสอบกับหุ่นยนต์จริงได้เสมอไป อย่างเช่นทำหุ่นยนต์โดรน หรือหุ่นยนต์เครื่องบิน เนื่องจากหากโปรแกรมผิดพลาดก็อาจจะทำให้เกิดความเสียหายได้ เราจึงจำเป็นจะต้องใช้งานระบบจำลอง Simulation ซึ่งใน ROS ก็มีเครื่องมือเหล่านี้มาให้เช่น Rviz หรือ Gazebo โดย Gazebo นั้นสามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ได้ เช่นแรงโน้มถ่วง แรงลม หากเราทำให้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมของหุ่นยนต์มากเท่าไหร่ ก็จะทำให้เวลาใช้งานหุ่นยนต์จริงได้ใกล้เคียงมากเท่านั้น

4. การควบคุมหุ่นยนต์ที่หลากหลายชนิดได้ด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์

ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สามารถทำงานได้กับหลาย ๆ เครื่องในเวลาพร้อมกัน นั่นหมายความว่าเราสามารถทำให้หุ่นยนต์แต่ละตัวมี ระบบของตัวเอง แต่สามารถคุยกับหุ่นยนต์ตัวอื่นได้

5. ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์มีขนาดเล็ก

ตัวแกนหลักของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ใช้พื้นที่จัดเก็บข้อมูลน้อยมาก ดังนั้นหากติดตั้งเฉพาะตัวหลักเท่านั้น จะใช้เวลาเพียงไม่กี่นาที อีกทั้งยังสามารถติดตั้งเข้าไปในคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก เช่น Raspberry Pi, Nvidia Jetson Nano

6. ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์รองรับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย

เมื่อเราต้องการสร้างหุ่นยนต์ บางครั้งไม่จำเป็นจะต้องสร้างองค์ประกอบทุกอย่างขึ้นมาทั้งหมด ผู้พัฒนาสามารถมุ่งเน้นไปทางพัฒนาให้ตรงความต้องการ ดังนั้นจึงสามารถซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ามาใส่ตัวหุ่นยนต์ได้ อย่างเช่น Grippers, Controller board หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ซึ่งจะมี Packageต่าง ๆ บนระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ที่รองรับอุปกรณ์เหล่านั้นอยู่เรียบร้อยแล้ว

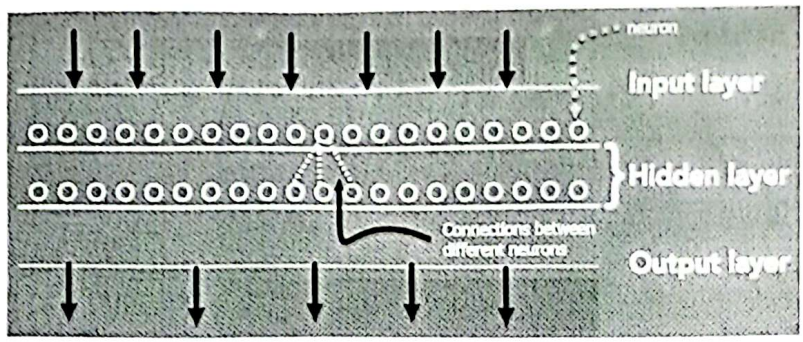
7. ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์เป็นโอเพ่นซอร์ส

ส่วนหนึ่งที่สำคัญที่สุดของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ คือ เป็นโอเพนซอร์ส ดังนั้น Package ส่วนใหญ่จะเป็น BSD license ซึ่งสามารถดัดแปลง แก้ไข หรือนำไปขายเชิงพาณิชย์ได้ จึงเป็นจุดแข็งที่ทำให้หลาย ๆ บริษัทตัดสินใจแจกจ่าย Package ที่พัฒนาขึ้นมาในรูปแบบโอเพนซอร์ส เพื่อให้ผู้พัฒนาสามารถนำไปใช้ต่อยอดนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นได้

2.2 หลักการพื้นฐานในการประมวลผลภาพ (Deep Learning)

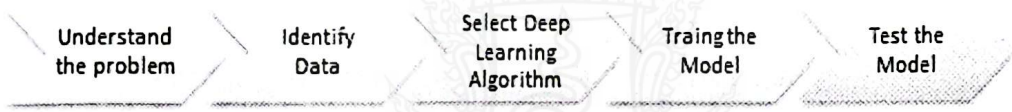
อัลกอริทึมของ Deep Learning ถูกสร้างขึ้นจากการนำเอาโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) หลาย ๆ เลเยอร์มาต่อกัน โดยเลเยอร์แรกสุดจะทำหน้าที่ในการรับข้อมูล (Input layer) เลเยอร์สุดท้ายจะทำหน้าที่ ส่งผลลัพธ์การประมวลผลออกมา (Output layer) ส่วนเลเยอร์ระหว่าง เลเยอร์แรกสุดและเลเยอร์สุดท้าย จะถูกเรียกว่า Hidden layer

คำว่าการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) มีที่มาจากการที่ใช้เลเยอร์ของโครงข่ายประสาทเทียมหลายอัน ๆ มาต่อกัน (มี Hidden layer มากกว่า 2 เลเยอร์ ก็ถือเป็น Deep Learning แล้ว) เนื่องจากเลเยอร์เหล่านี้เป็นโครงสร้างที่ถูกจัดเก็บ แบบเป็นสแตก (Stack) จึงเปรียบได้ว่า เลเยอร์ ที่จำนวนเยอะๆ ก็จะทำให้มีโครงสร้างที่ลึก (Deep) ยิ่งขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 2.1 โมเดลแสดงการทำงานของ Deep Learning

โมเดลที่ใช้ Deep Learning ให้ความแม่นยำ (Accuracy) ที่สูงในหลายๆปัญหา ตั้งแต่การตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ไปจนถึงการรู้จำเสียงพูด (Speech Recognition) โดยไม่จำเป็นต้องให้ความรู้พื้นฐานใด ๆ กับระบบไว้ล่วงหน้าเลย เพียงแต่ให้ข้อมูลตัวอย่าง (Input Data) มันก็จะทำการเรียนรู้จากข้อมูลและสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ออกมาได้อย่างอัตโนมัติ อาทิเช่น การใช้ Deep Learning ในวงการเกม เราไม่จำเป็นต้องบอกมันว่าเล่นยังไง เพียงแต่ให้ระบบเรียนรู้จากผู้เล่นที่เก่ง ๆ เป็นจำนวนมาก มันก็เรียนรู้วิธีการเล่นเกมได้อย่างอัตโนมัติ



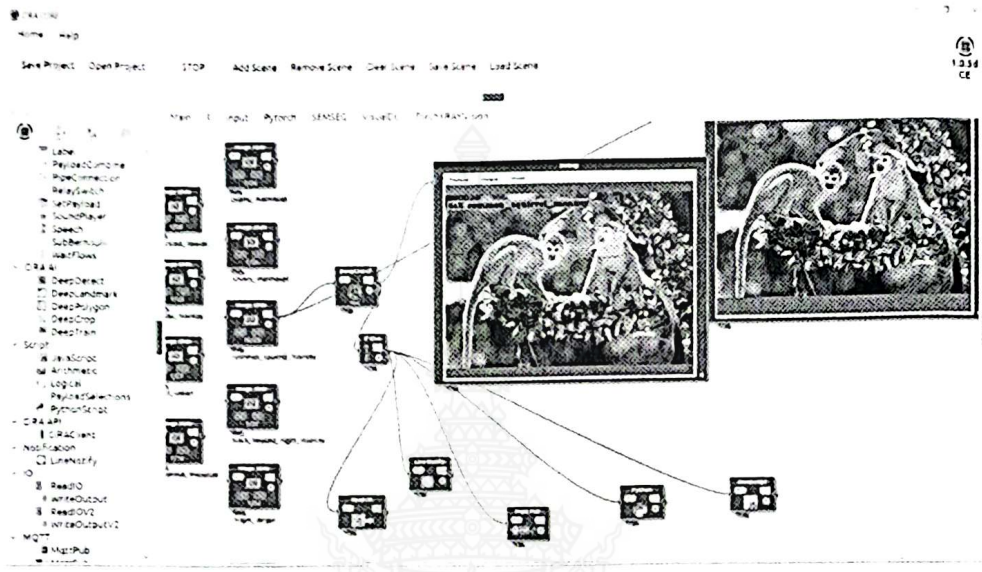
รูปที่ 2.2 กระบวนการทำงาน Deep Learning

2.3 แพลตฟอร์ม CiRA CORE

CiRA CORE เป็นแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่เกิดจากการความร่วมมือระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กับมหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยย้อนกลับไปก่อนหน้านี้นับตั้งแต่ปี 2010 เป็นต้นมาการเรียนรู้เชิงลึกซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น และมีความต้องการใช้ในการพัฒนามีเพิ่มมากขึ้น

CiRA CORE เป็นแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่อาศัยพื้นฐานของเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกที่พัฒนาโดยคนไทย ซึ่งในอดีตมีเพียงแค่แพลตฟอร์มของต่างประเทศเท่านั้นที่สามารถทำได้ ไม่ว่าจะเป็น TensorFlow ของ Google และ PyTorch ของ Facebook ที่นิยมใช้งานกันทั่วโลก แต่เหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนาการเรียนรู้เชิงลึกของบริษัทเทคโนโลยีขนาดใหญ่ทั้งสิ้น และในอนาคตคนในประเทศจะไม่สามารถไม่ใช้งานระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยคนต่างประเทศ เท่ากับเป็นความเสียหายของประเทศไทย

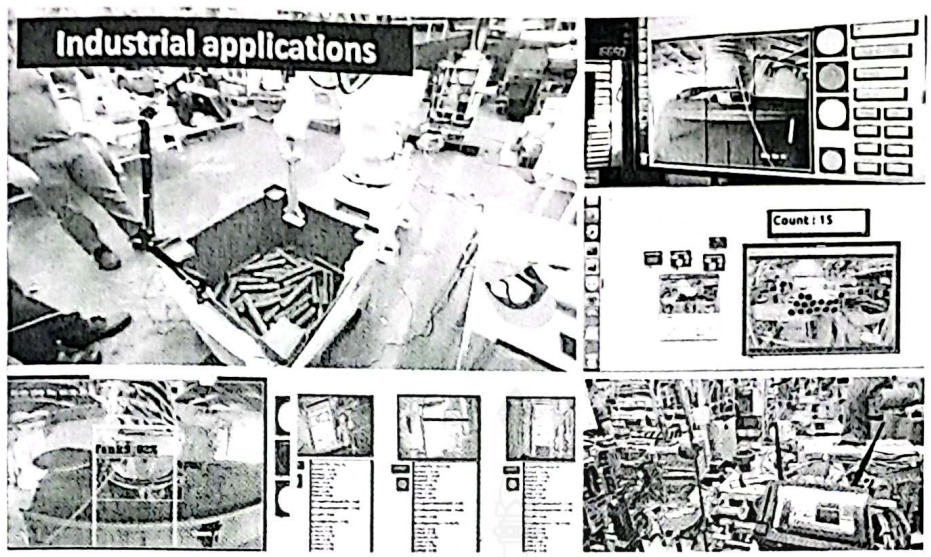
แพลตฟอร์ม CiRA CORE ยังรองกับการพัฒนาต่อยอด โดยการใช้งานแบบ Low Code ซึ่งทำให้ผู้พัฒนาไม่ต้องเสียเวลาไปกับการเรียนรู้ แบบการเขียนโปรแกรมในอดีต ซึ่งผู้พัฒนาต้องทำการเรียนรู้ไวยกรณ์ของภาษานั่น ๆ ก่อน ซึ่งทำให้นักวิจัย หรือผู้ที่ต้องการใช้งานการเรียนรู้เชิงลึก สามารถสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ ได้เอง



รูปที่ 2.3 รูปแบบและลักษณะการใช้งานเบื้องต้นของ CiRA CORE

ปัจจุบันมีการนำแพลตฟอร์ม CiRA CORE ไปใช้งานหลากหลาย เช่น โรงงานผลิตหน้ากากอนามัยของเครือเจริญโภคภัณฑ์ (CP) ที่ได้นำแพลตฟอร์มนี้ไปตรวจสอบคุณภาพของหน้ากากอนามัย โดยในขั้นตอนการผลิตนั้น หากไม่ใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ในขั้นตอนนี้อาจจะต้องใช้คนประมาณ 3-4 คนในการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งการผลิตเป็นจำนวนมากกว่าล้านชิ้น หากใช้คนตรวจสอบทั้งหมด อาจเกิดความเสี่ยง Human Error ได้ และที่สำคัญอาจจะต้องใช้เวลานานในการผลิตและตรวจสอบคุณภาพ

กรณีต่อมาเป็นการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมอย่างโรงงานปูนซีเมนต์ขนาดใหญ่ ที่ใช้ CiRA CORE ในการช่วยตรวจสอบตำแหน่งของการเติมปูนในรถบรรทุก ที่ช่วยให้คนขับรถบรรทุกสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 2.4 การนำ CiRA CORE ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ

นอกจากในภาคอุตสาหกรรมแล้ว ยังมีการใช้ตรวจเชื้อไวรัสโควิดกลายพันธุ์ได้อีกด้วย โดย CiRA CORE ได้เข้าไปสนับสนุนการทำงานของทีมแพทย์ในการวิเคราะห์สายพันธุกรรมของไวรัสจากตัวอักษรที่ยาวกว่า 3 หมื่นตัว เข้าโปรแกรมแล้วแปลงออกมาเป็นรูปภาพ เพื่อให้สามารถมองภาพรวมแล้วเทียบได้ว่าเป็นไวรัสสายพันธุ์ใด ภายในเวลาไม่กี่วินาที ความแม่นยำสูงถึง 99% ซึ่งช่วยประหยัดทั้งเวลา และค่าใช้จ่าย

การพัฒนา CiRA CORE ในปัจจุบันมาถึงจุดที่มีเสถียรภาพมากพอในการนำไป implement ตามความต้องการใช้งานได้ และได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล ที่จะทำให้สามารถเทรน AI ได้เร็วขึ้น โดย CiRA CORE ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ Programming Engine และส่วนที่ติดต่อกับฮาร์ดแวร์ทั้งหลาย ซึ่งจะอยู่ได้ทุกที่ ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน หรือ คอมพิวเตอร์พีซี เองก็ตาม เหมือนกับที่เราติดตั้งโปรแกรม แต่สิ่งที่จะต่างกันในแง่ของประสิทธิภาพ คือ Engine ในการคำนวณ ยกตัวอย่างเช่น หากเรามี Engine แต่ไม่มี GPU มันก็จะสามารถเทรนโมเดลได้ในระดับหนึ่ง เฉพาะในซีพียูเท่านั้น แต่ถ้าโมเดลที่เราต้องการเทรนมีความซับซ้อนมากขึ้นอีก เราจำเป็นต้องใช้ GPU มากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเทรน

สำหรับการต่อยอด CiRA CORE ในอนาคต แบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกัน โดยส่วนที่หนึ่ง จะเป็นการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม ส่วนที่สอง คือ การนำไปใช้เพื่องานวิจัยในมหาวิทยาลัย ส่วนที่สาม คือ การนำไปใช้เพื่อการศึกษาระดับโรงเรียน ที่จะมีการบรรจุไปในหลักสูตรการศึกษาให้กับนักเรียนได้เรียนรู้กันเรื่องการ Coding และการเทรนโมเดล AI เพื่อนำไปใช้ได้ด้วย

2.4 พื้นฐานของ JavaScript

JavaScript จัดเป็นภาษาสคริปต์ ที่ทำงานร่วมกับภาษา HTML เพื่อให้เว็บไซต์มีลักษณะเปลี่ยนแปลงได้ (Dynamic Website) ทำให้สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้มากขึ้น

การใช้งาน JavaScript

ในการใช้งาน JavaScript นั้น จำเป็นต้องใส่ Code ให้อยู่ระหว่างแท็ก <script> และ </script> โดยตัวคำสั่ง JavaScript นี้จะอยู่ในส่วนแท็ก <head> และ <body> ของเอกสาร HTML เช่น JavaScript ในแท็ก <body> ตัวอย่างเช่น

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<body>

<h2>JavaScript in Body</h2>

<p id= “demo”> </p>

<script>
        document.getElementById(“demo”).innerHTML = “My First JavaScript”;
</script>

</body>
</html>
```

รูปที่ 2.5 โครงสร้างหลัก Java Script

ตัวแปรใน JavaScript

- Global Variable เป็นตัวแปรที่สามารถเรียกใช้ได้ทุกที่ นั่นคือประกาศตัวแปรไว้ที่นอกฟังก์ชัน
- Local Variable เป็นตัวแปรที่สามารถเรียกได้เฉพาะในฟังก์ชันใดฟังก์ชันหนึ่ง ที่มีการกำหนดตัวแปรไว้เท่านั้น นั่นคือได้ประกาศตัวแปรไว้ภายในฟังก์ชัน

การประกาศตัวแปร var let และ const

- var เป็นการประกาศตัวแปรแบบ global scope คือ ประกาศค่าและใช้ค่าร่วมกันได้

```
var test = 123 ;
if ( true ) {
    var test = 456 ;
}
```

- let เป็นการประกาศตัวแปรแบบ block scope

```
let  test = 123 ;
if ( true ) {
      let  test = 456 ;
}
```

- Const เป็นการประกาศตัวแปรแบบ block scope ไม่สามารถเปลี่ยนค่า ได้แต่เปลี่ยนค่าภายใน object

```
const PI = 3.14
PI = 1 // "PI" is read-only เปลี่ยนค่าไม่ได้อีกแล้ว
const obj = { a: 1 }
Const obj = { a: 2 } // แต่การเปลี่ยนค่าภายใน object ไม่ได้ทำให้ memory
address เปลี่ยนไป obj.a = 2
```

- Array เป็นตัวแปรพิเศษซึ่งสามารถเก็บมากกว่าหนึ่งค่าในแต่ละครั้งหากต้องการมีรายการสินค้า (ตัวอย่างเช่นชื่อรถ) การจัดเก็บรถยนต์ในตัวแปรเดี่ยวอาจมีลักษณะดังนี้

```
var  cars = ["Honda", "Toyota", "Volvo", "BYD"];
```

ในการเข้าถึงตัวแปลอาร์เรย์ต้องอ้างอิงค่าดัชนี (Index) ซึ่งค่าดัชนีมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<body>

<h2>JavaScript Array</h2>

<p>JavaScript array elements ar accesses using numeric indexes (starting from 0).</p>

<p id= "demo"> </p>

<script>
        var  cars =  ["Honda", "Toyota", "Volvo", "BYD"];
        document.getElementById("demo").innerHTML = cars[0];
</script>

</body>
</html>
```

รูปที่ 2.6 การใช้งานตัวแปร Array ในภาษา Java Script

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

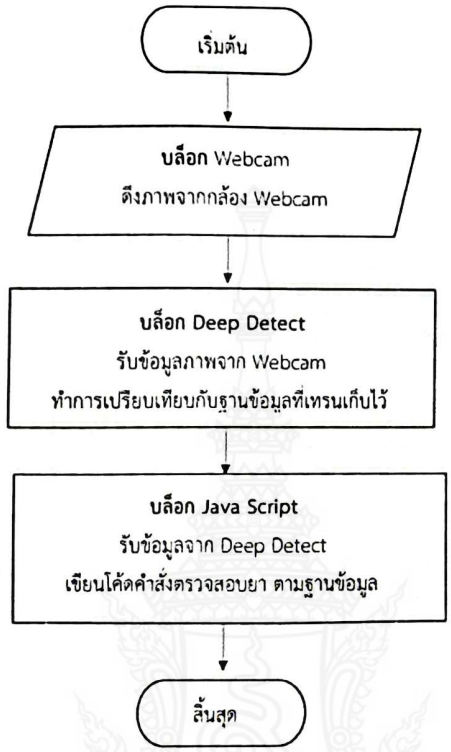
คณะผู้วิจัยได้ร่วมกันวางแผนขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย พร้อมทั้งได้กำหนดช่วงเวลาสำหรับแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ปี	กิจกรรม	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2565	1. ศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการจำแนกยา	x												
2565 - 2566	2. วิเคราะห์ปัญหาในการจำแนกยา เพื่อคิดหาแนวทางแก้ไขปัญหา	x	x											
2566	3. ศึกษาและทำความเข้าใจรายละเอียดของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและแพลตฟอร์มซีร่าคอร์เพื่อคัดแยกประเภทของยา		x	x										
2566	4. พัฒนาระบบการคัดแยกยาโดยใช้การประมวลผลภาพผ่านกล้อง เว็บแคมตามหลักการเรียนรู้เชิงลึก			x	x	x								
2566	5. ทดสอบระบบการคัดแยกยาร่วมกับการประมวลผลภาพพร้อมวิเคราะห์ผล					x	x	x						
2566	6. สรุปผลงานวิจัยและจัดทำแนวทางการพัฒนาระบบต่อยอดในอนาคต และจัดทำเล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เพื่อเสนอแหล่งทุนและปิดงานวิจัย								x					
2566	7. จัดทำบทความวิชาการและสไลด์เพื่อนำเสนอองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยในงานประชุมวิชาการ									x	x			
2566	8. จัดอบรมเพื่อให้คำแนะนำวิธีการใช้งานแก่นักศึกษา บุคลากรของคณะวิศวกรรม-ศาสตร์ มทร.พระนคร และผู้สนใจ											x	x	x
	รวม													

3.1 การออกแบบการทำงานระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์

บระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ จะมีหลักการทำงานที่เรียบง่ายโดยอธิบายได้ดังนี้

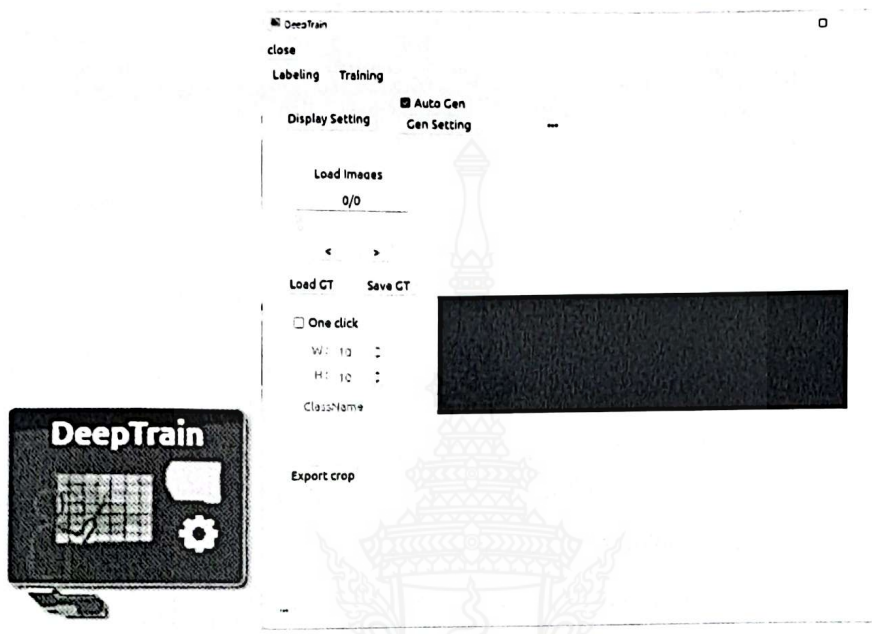


รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมการทำงาน

3.2 ขั้นตอนการเทรนระบบรู้จักจำวัตถุโดยใช้หลักการ Deep Learning

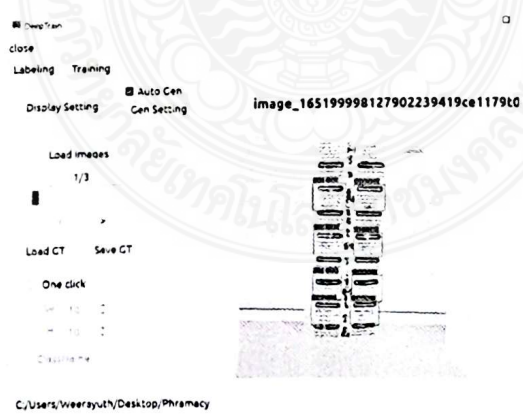
- เตรียมภาพยาประเภทต่าง ๆ ตามบรรจุภัณฑ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่เลือกใช้ยาเป็นเมล็ดที่แกะออกจากบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากว่า ในความเป็นจริงในการจัดยาให้กับผู้ป่วยทางโรงพยาบาลจะไม่จ่ายยาเป็นเมล็ด เนื่องจากมียาหลายประเภทจะมีประสิทธิภาพในการรักษาที่ลดลงหากไม่ใส่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ อีกทั้งยังเป็นการลดความผิดพลาดจากยาที่มีลักษณะคล้ายกัน
- ทำการสอน (Train) ให้ระบบรู้จักและจดจำวัตถุ ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้งานจากสภาพแวดล้อมจริงเพื่อความถูกต้องและแม่นยำของตัวระบบเอง โดยในตัวแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ โดยขั้นตอนในการสอนให้ระบบรู้จักและจดจำวัตถุจะถูกแบ่งออกเป็น สองขั้นตอนหลักๆ คือการเตรียมรูปภาพวัตถุเพื่อทำการสอน (Train) ให้ระบบจดจำวัตถุ และการสอนระบบโดยมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. ขั้นแรกทำการนำบล็อก Deep Train มาวางที่ Working Space จากนั้นทำการตั้งค่า โดยการกดที่ปุ่มพันเฟือง แล้วให้คลิกไปที่ Load Image แล้วเลือกแฟ้มรูปภาพที่ต้องการเทรน



รูปที่ 3.2 การโหลดแฟ้มรูปภาพที่ต้องการเทรน

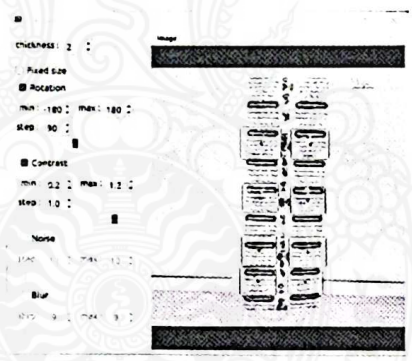
2. เมื่อเลือกแฟ้มรูปภาพที่ต้องการแล้ว รูปภาพจะปรากฏขึ้นมา จากนั้นทำการ Label ซึ่งคือการตีกรอบวัตถุหรือส่วนของวัตถุที่พิจารณา โดยการคลิกเมาส์เพื่อครอบวัตถุ จากนั้นทำการกำหนดชื่อ (Label) ให้กับวัตถุ หรือส่วนของวัตถุที่พิจารณา ในรูปต่าง ๆ ซึ่งต้องทำการ Label ให้กับวัตถุ ในทุก ๆ รูปเพื่อเป็นการสอนให้เครื่องรู้จักว่าวัตถุนั้น ๆ คืออะไร แล้วจึงทำการตีกรอบวัตถุจนครบทั้งหมด



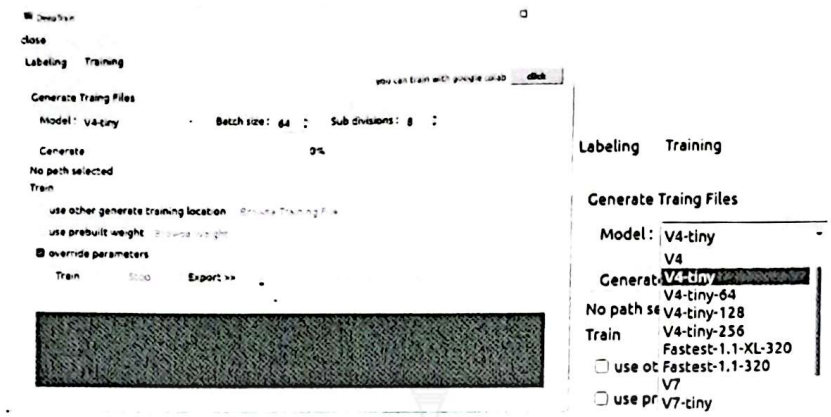
รูปที่ 3.3 หน้าต่างของ DeepTrain

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการ Label ในการตีกรอบวัตถุ

3. เมื่อทำการตีกรอบจนครบทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างภาพในมุมมองต่าง ๆ เพื่อให้ระบบสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น เช่น ภาพที่หมุนในองศาต่าง ๆ ภาพที่มีการรบกวน (Noise) เป็นต้น โดยเลือกในเมนู Gen Setting ทำการปรับค่า Noise, Blur ให้ถึงระดับ Max เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเทรน จากนั้นเลือกไปที่แถบ Training จากนั้นทำการเลือกอัลกอริทึมในการเทรนซึ่งมีหลากหลายวิธี กดเลือกไปที่ Generate และทำการเลือกโฟลเดอร์ที่จะบันทึกไฟล์ Generate ไว้

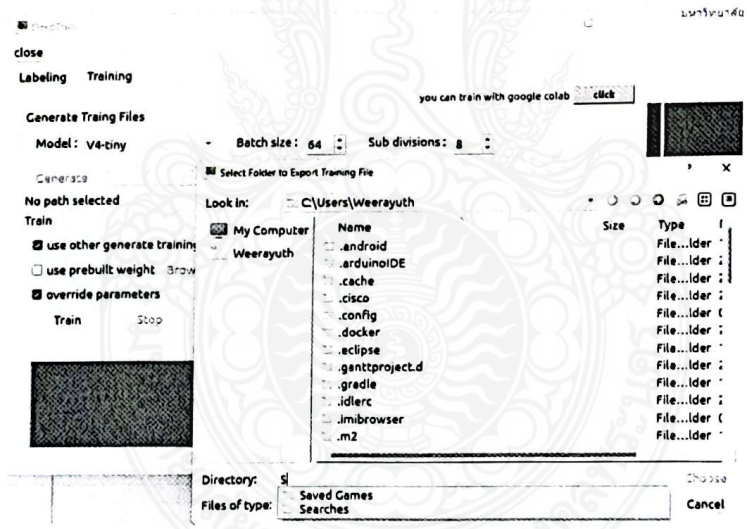


รูปที่ 3.5 หน้าต่าง Auto Gen เพื่อสร้างภาพในมุมมองอื่น ๆ



รูปที่ 3.6 หน้าต่างการ Training และ Model ในการ Train แบบต่าง ๆ

4. เมื่อทำการ Generate ครบ 100% แล้ว ให้เลือกที่ Use Other Generate Training Location แล้วกด Browse Training File จากนั้นให้เลือกโฟลเดอร์เดียวกับโฟลเดอร์ที่บันทึกไฟล์ Generate ไว้ โดยในโฟลเดอร์นั้นจะมีไฟล์ที่ชื่อว่า Data อยู่ จากนั้นกด Choose เมื่อเลือกโฟลเดอร์เพื่อเก็บไฟล์ Training เรียบร้อยแล้ว ให้กดที่ปุ่ม Train



รูปที่ 3.7 การจัดเก็บ Model ที่ได้หลังจากการ Train

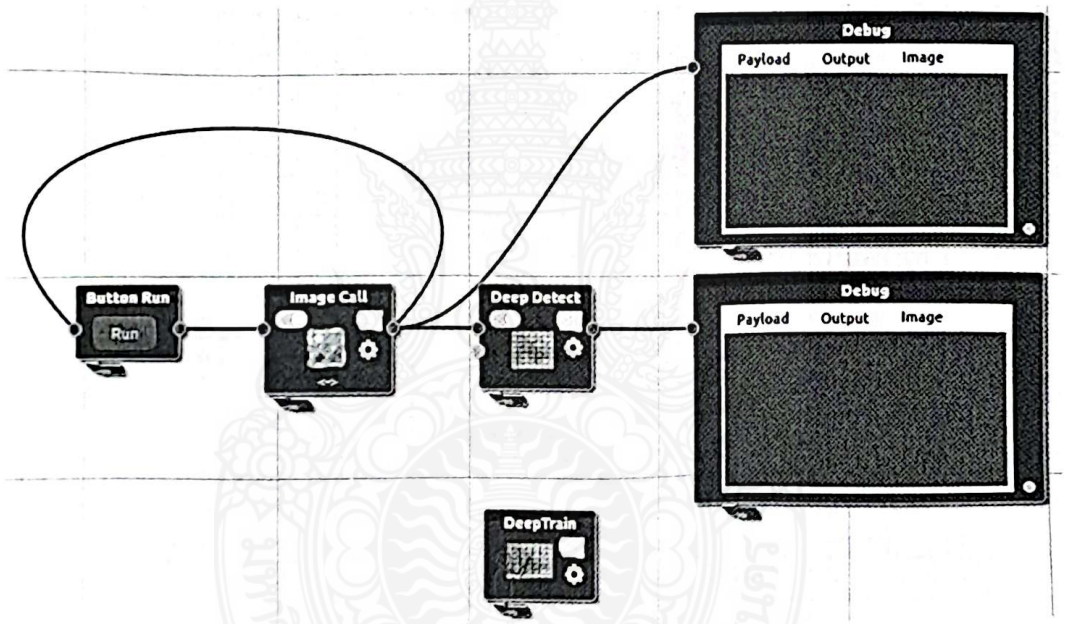
จากนั้นซอฟต์แวร์จะทำการประมวลผล และรอจนกว่าค่าของ Avg จะอยู่ในช่วงประมาณ 0.2-0.02 เป็นช่วงที่ซอฟต์แวร์ที่ประมวลผลจะมีประสิทธิภาพแม่นยำมากที่สุด เมื่อค่า Avg มีค่าถึงช่วงนั้นแล้วให้กด

Stop จากนั้นกดปุ่ม Export ไฟล์ที่ได้จากการ Training จะอยู่ในโฟลเดอร์ที่เลือกไว้ข้างต้นโดยจะมี 3 ไฟล์ คือ obj.names, test.cfg, train.weights

- การทดสอบความถูกต้อง

ในการทดสอบความถูกต้องจะมีสิ่งที่ควรคำนึงถึงได้แก่ ระยะโฟกัสกล้อง แสง และ จำนวนวัตถุ โดยนำบล็อกมาต่อให้ได้ดังรูปโดยประกอบไปด้วย Button run, Image Call, Deep Detect และ Debug หลังจากนั้นทำการเปิดหน้าต่อของ Deep Detect ทำการ Load Config โดยทำการเลือกโฟลเดอร์ที่เราได้เตรียมไฟล์ไว้จากการเทรนจากนั้นเลือกไปที่บล็อก Image Call เพื่อเลือกกล้องที่ต้องการใช้งาน จากนั้นก็กดปุ่ม Button Run ผลการทำงานก็จะปรากฏขึ้นมา

เนื่องจากมีการใช้งานกล้องอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงเปลี่ยนจากบล็อก Webcam มาเป็นบล็อก Image Call แทน

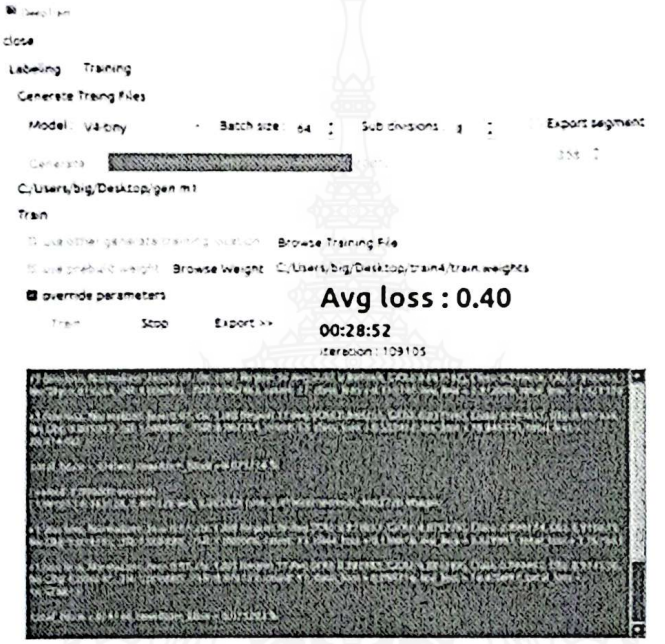


รูปที่ 3.8 ไดอะแกรมของระบบตรวจสอบประเภทของยา

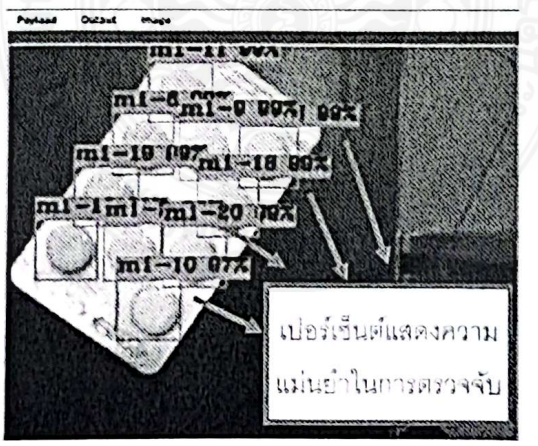
บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการดำเนินงานและผลการทดสอบความถูกต้อง

ในการทดลองความถูกต้องของการตรวจจับยาที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ จะใช้เป็นค่าร้อยละความแม่นยำที่ได้จากการตรวจจับที่ได้จากแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ ซึ่งค่าความแม่นยำจะแสดงผลในหน้าจอแสดงผลของบล็อก Debug ดังภาพที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การสอนด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์



ภาพที่ 4.2 ค่าความแม่นยำในการตรวจจับ

การประเมินความแม่นยำใช้การหาค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นสมการที่เรียบง่าย โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินความแม่นยำในการตรวจจับยาดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมข้อมูลทั้งหมด}}{\text{จำนวนของข้อมูล}} \quad (1)$$

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพของการตรวจจับยา

ความแม่นยำ (ตรวจจับ)	**คุณภาพ**	**คะแนน**
91-100%	ดีมาก	5
81-90%	ดี	4
71-80%	ปานกลาง	3
61-70%	พอใช้	2
น้อยกว่า 60%	ปรับปรุง	1

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การประเมินความแม่นยำในการตรวจจับยา

เกณฑ์การประเมินความแม่นยำ	**คุณภาพ**
41-50	ดีมาก
31-40	ดี
21-30	ปานกลาง
11-20	พอใช้
0-10	ปรับปรุง

เมื่อนำผลการทดลองมาคำนวณหาค่าคะแนน ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 3

4.2 การอภิปรายผลการดำเนินงาน

เมื่อนำผลการทดลองมาคำนวณหาค่าคะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการตรวจจับยาทั้ง 4 ชนิด

ที่	ชนิดตัวยา	คะแนน					ผลคะแนน	คุณภาพ
		5	4	3	2	1		
1	Panofen	10	0	0	0	0	50	ดีมาก
2	Paracap	10	0	0	0	0	50	ดีมาก
3	McXY Para	9	1	0	0	0	49	ดีมาก
4	Fatec	7	3	0	0	0	47	ดีมาก

จากผลการทดสอบการตรวจจับยา พบว่ายา Panofen มีผลคะแนน 50 ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก การทดสอบ Paracap ผลคะแนน 50 ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก การทดสอบ McXY Para ผลคะแนน 49 พบว่าอยู่ในเกณฑ์ ที่ดีมาก และการทดสอบ Fatec ผลคะแนน 47 พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ทำให้นำไปสู่การแก้ปัญหาการสั่งจ่ายยาที่ผิดพลาด ซึ่งเป็นกรณีความผิดพลาดจากการสั่งจ่ายยาที่พบได้มากที่สุดจากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

บทที่ 5
อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้นำเสนอต้นแบบระบบตรวจจับประเภทของยาด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ ซึ่งนำการเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งมีอยู่ในแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ ซึ่งในการพัฒนาผู้วิจัยพัฒนาอยู่บนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ ซึ่งมีรูปแบบการพัฒนาในแบบ Low Code ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถเรียนรู้ ออกแบบและพัฒนาระบบได้อย่างรวดเร็วขึ้น มากกว่าการพัฒนาโดยการเขียนโปรแกรมแบบดั่งเดิม ซึ่งต้นแบบระบบตรวจจับประเภทของยาด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับและนับจำนวนยา

5.1 อภิปรายและสรุปผลที่ได้จากงานวิจัย

การดำเนินงานในการจัดทำเล่มวิจัยฉบับนี้ถือว่าประสบความสำเร็จในระดับที่ค่อนข้างน่าพอใจ สามารถนำแพลตฟอร์มซีร่าคอร์มาพัฒนาและประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีได้ เมื่อคิดตามจุดประสงค์ของงานวิจัย โดยจุดมุ่งหมายของการจัดทำคือให้ระบบตรวจจับประเภทของยา ซึ่งอยู่ในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการใช้งานบนโรงพยาบาลจริง เนื่องจากการจ่ายยาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ส่งผลให้คุณภาพของตัวยา และสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ สามารถปนเปื้อนไปในตัวยาได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมาอยู่ในระดับดี แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดในการประมวลผล และสิ่งแวดล้อม และจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการเทรนนิ่งมีจำนวนยังไม่มากพอ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับยา ยังไม่สามารถทำงานสมบูรณ์ 100%

- แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย
    - ให้การอบรมเรื่องการพัฒนาระบบตรวจจับประเภทของยาด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ แก่บุคลากรภายในและผู้สนใจทั่วไปในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2566
    - ถ่ายทอดองค์ความรู้ในการพัฒนาระบบตรวจจับประเภทของยาด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ ให้แก่นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และนำเสนอบทความวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับชาติ ช่วงเดือนกันยายน 2566

5.2 ประโยชน์ที่คณะผู้วิจัยได้รับ

- ได้เข้าใจหลักการพัฒนาระบบตรวจสอบประเภทของยาที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ด้วยการเรียนรู้เชิงลึก
- สามารถพัฒนาระบบตรวจสอบประเภทของยาบนแพลตฟอร์มซีร่าคอร์
- มีความรู้ความเข้าใจในการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มซีร่าคอร์
- สามารถเผยแพร่องค์ความรู้จากงานวิจัยนี้รวมทั้งแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ในเวทีวิชาการได้ อันเป็นการเผยแพร่ชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยและสร้างเครือข่ายกับนักวิจัยในหน่วยงานต่างๆ

ในการนี้คณะผู้วิจัยได้เผยแพร่องค์ความรู้ดังกล่าวในงานประชุมวิชาการระดับชาติ “การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 12” จัดขึ้นระหว่างวันที่ 29 กันยายน 2566 ในรูปแบบออนไลน์ ดังรูปที่ 5.1

SIIMC 2023

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เกียรติบัตรฉบับนี้มอบให้เพื่อแสดงว่า

คุณวีระยุทธ คุณรัตนสิริ คุณบุรัสกร อยู่สุข คุณรุ่งโรจน์ สุพงษ์วิบูลพันธ์ คุณมัณฑนา เตี่ยวงษ์สุวรรณ์
คุณกมลพรรณ จารุวาระกูล คุณนิลมิต นิลาศ คุณนำโชค ชมกระโทก และคุณภานี น้อยยิ่ง

ได้เข้าร่วมการนำเสนอ และเผยแพร่ผลงานบทความวิจัย (รูปแบบออนไลน์)

เรื่อง การตรวจสอบประเภทของยาด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์

ในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน
ครั้งที่ 12 ประจำปี 2566 วันที่ 29 กันยายน 2566

รูปที่ 5.1 ใบประกาศการนำเสนอบทความวิชาการ

5.3 ประเมินผลความพึงพอใจในการใช้งานระบบ

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินผลความพึงพอใจในการใช้งานระบบของผู้ใช้โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งมีระดับตามวิธีของลิเคิร์ท 1-5 ระดับจากน้อยไปมาก ซึ่งผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีและมีค่าเฉลี่ย 4.42 โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.1 และ 5.2

ตารางที่ 5.1 หลักเกณฑ์การแปลความหมายของระดับคะแนน

ช่วงของระดับคะแนน	การแปลความหมาย
5	ดีมาก
4	ดี
3	พอใช้
2	น้อย
1	ปรับปรุง

ตารางที่ 5.2 ระดับความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม ด้านการใช้งานระบบจำนวน 30 คน

หัวข้อประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1.มีความสะดวกในการใช้งาน	4.34	0.51	ดี
2.แสดงผลลัพธ์ความถูกต้อง	4.25	0.50	ดี
3.ระบบตอบสนองรวดเร็ว	4.60	0.52	ดี
4.ประโยชน์ของระบบ	4.50	0.51	ดี
เฉลี่ยโดยรวม	4.42	0.51	ดี

5.4 อุปสรรคและข้อเสนอแนะ

- อุปสรรคทางด้านซอฟต์แวร์
  - แพลตฟอร์ม CiRA CORE ในบางครั้งมีความล่าช้าในการประมวลผล และมักมี Bug ในการทำงานของโปรแกรม
  - ตัวยาที่นำมาใช้ต้องมีขนาดไม่เล็กจนเกินไป เพราะอาจจะทำให้ตอนตรวจจับยาจะไม่สามารถตรวจจับยาได้อย่างถูกต้อง
  - ควรมีการการควบคุมแหล่งกำเนิดแสง เพื่อทำให้แสงจากสิ่งแวดล้อมไม่รบกวนการตรวจจับยา
- ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงงาน
  - เพิ่มชนิดของยาที่มีอยู่ในโรงพยาบาล
  - พัฒนาให้ระบบมีความเสถียรมากขึ้น เช่น การเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ที่มีปัญหา
  - พัฒนาให้ระบบเป็นระบบอัตโนมัติ เช่น มีสายพานลำเลียง และตรวจสอบยา เพื่อส่งให้กับเภสัชกรในการตรวจสอบก่อนส่งมอบยาให้กับผู้ป่วย

บรรณานุกรม

[1] CiRA CORE แพลตฟอร์ม AI สัญชาติไทย จุดเปลี่ยนที่ทำให้ไทยเข้าใกล้คำว่า'หลุดพ้นกับดักรายได้ปานกลาง' สืบค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2564. เข้าถึงได้จาก https://techsauce.co/tech-and-biz/cira-core-thai-ai-platform

[2] ศูนย์หุ่นยนต์โรงเรียนกมลไสย. (2563). Labeling : DeepTrain. (บทความวิชาการ). สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2564. เข้าถึงได้จาก https://sites.google.com/site/klsrobotcenter 00-cira-academic

[3] ศูนย์หุ่นยนต์โรงเรียนกมลไสย. (2563). CiRA Line notify. (บทความวิชาการ). สืบค้นเมื่อ 3 กรกฎาคม 2564. เข้าถึงได้จาก https://sites.google.com/site/klsrobotcenter/00-cira-academic

[4] Brennan TA, et. al., "Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients," Results of the Harvard Medical Practice Study I, N Engl J Med, Feb 7, 1991, pp.370-376.

[5] Leape LL, et. al., "The nature of adverse events in hospitalized patients," Results of the Harvard Medical Practice Study II, N Engl J Med, Feb 7, 1991, pp.377-384.

[6] กิตติพนธ์ เครือวงค์, "ความคลาดเคลื่อนทางยา," วารสารกฎหมายสุขภาพและสาธารณสุข ปีที่ 4 ฉบับที่ 2, พฤษภาคม-สิงหาคม, 2561, หน้า 251-265

[7] ศิริพร ขาวคม และคณะ,"การศึกษาความคลาดเคลื่อนทางยาจากการสั่งจ่ายยาโดยบุคลากรด้านสาธารณสุขที่มิใช่แพทย์แก่ผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มาติดตามการรักษา ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในอำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด," วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า, ฉบับที่ 30, เล่มที่ 1, มกราคม-มิถุนายน, 2562, หน้า 69-76

[8] T. Murai and M. Morimoto, "A Visual Inspection System for Prescription Drugs in Press through Package," 2013 Second International Conference on Robot, Vision and Signal Processing, Kitakyushu, Japan, 2013, pp. 43-46

[9] M. Morimoto and T. Murai, "A visual inspection system for prescription drugs in press-through package," 2014 World Automation Congress (WAC), Waikoloa, HI, USA, 2014, pp. 197-201.

[10] S. Oprea, I. Lita, M. Jurianu, D. A. Visan and I. B. Cioc, "Digital image processing applied in drugs industry for detection of broken aspirin tablets," 2008 31st International Spring Seminar on Electronics Technology, Budapest, Hungary, 2008, pp. 121-124.

[11] เจตริน แซ่ลิ้ม และสิรวิชญ์ ฟ้ารุ่งเรือง, "เครื่องคัดแยกขยะประมวลผลด้วยกล้อง Camera ด้วยโปรแกรม CiRA CORE," วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2563

[12] อรรถกร ดิษฐอุดม และเจษฎา จาดนอก, "เครื่องคัดแยกปลาด้วยระบบ Deep Learning โปรแกรม CiRA CORE," วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2563

ภาคผนวก

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ ภาษาไทย.....นายวีระยุทธ คุณรัตนสิริ.....

   ภาษาอังกฤษ.....Mr. Weerayuth Khunrattanasiri.....

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน _____

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

   - ตำแหน่งบริหาร : ผู้ช่วยคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
   - ตำแหน่งทางวิชาการ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวกพร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

   สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
   โทรศัพท์ : 02-836-3000 ต่อ 8338 โทรสาร 02-836-3000 ต่อ 4218
   โทรศัพท์มือถือ : 092-798-5959 E-mail : weerayuth.k@rmutp.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2544	ปริญญาตรี	ค.อ.บ. (ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต)	วิศวกรรมไฟฟ้า	-	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	ไทย
2551	ปริญญาตรี	วศ.บ. (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต)	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม	-	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	ไทย
2549	ปริญญาโท	วท.ม. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)	เทคโนโลยีสารสนเทศ	-	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2553	ปริญญาโท	วศ.ม. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต)	วิศวกรรมไฟฟ้า	-	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	ไทย
2562	ปริญญาเอก	วศ.ด. (วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต)	วิศวกรรมไฟฟ้า	-	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

   การออกแบบและการตั้งค่าเครือข่ายคอมพิวเตอร์
   การวัดคุณสมบัติทางแสงบนสื่อบันทึกข้อมูลแบบจานแข็ง
   การประมวลผลสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

-

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

-

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่องและสถานภาพในการทำวิจัย

7.4 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ลำดับ	ชื่อเรื่อง	ปีที่พิมพ์	สถานภาพในการวิจัย	แหล่งทุน
1	Micro-Ellipsometer Fabrication for N&K On-spot compensation	2561	ผู้ร่วมวิจัย	บริษัท ซีเกท (ประเทศไทย) จำกัด

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ ภาษาไทย นางบุรัสกร อยู่สุข

ภาษาอังกฤษ Mrs. Burasakorn Yoosooka

2. หมายเลขประจำตัวประชาชน

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

- ตำแหน่งทางวิชาการ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800

โทรศัพท์: 02 836 3000 ต่อ 4191 โทรสาร: 02 836 3000 ต่อ 4218

โทรศัพท์มือถือ : 092-629-6388 E-mail : Burasakorn.y@rmutp.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2540	ปริญญาตรี	วท.บ (วิทยาการคอมพิวเตอร์)	วิทยาการคอมพิวเตอร์	วิทยาการคอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	ไทย
2543	ปริญญาโท	วท.ม (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ)	เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ	เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ	ม.มหิดล	ไทย
2555	ปริญญาเอก	Ph.D (Information Management)	Information Management	Information Management	AIT	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญนอกเหนือจากสาขาที่จบการศึกษา

สาขาอีเลิร์นนิง และอีคอมเมิร์ซ

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัย

-

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ลำดับ	ชื่อเรื่อง	ปีที่พิมพ์	สถานภาพในการวิจัย
1	ระบบแนะแนวทางอาชีพแก่ผู้ด้อยโอกาสด้วยเทคโนโลยีเว็บเชิงความหมาย	2557	เสร็จสมบูรณ์
2	พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผลิตภัณฑ์เกษตรชุมชน จ.ปทุมธานี	2561	เสร็จสมบูรณ์

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่องและสถานภาพในการทำวิจัย

ลำดับ	ชื่อเรื่อง	ปีที่พิมพ์	สถานภาพในการวิจัย	แหล่งทุน
1	ระบบแนะแนวทางอาชีพแก่ผู้ด้อยโอกาสด้วยเทคโนโลยีเว็บเชิงความหมาย	2556	หัวหน้าโครงการวิจัย	มทร.ธัญบุรี
2	พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผลิตภัณฑ์เกษตรชุมชน จ.ปทุมธานี	2561	หัวหน้าโครงการวิจัย	สกว.
3	ระบบจัดตารางสอนแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษา สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	2557	ผู้ร่วมวิจัย	มทร. ธัญบุรี
4	แอพพลิเคชันการรู้จำวัตถุอันตรายบนแว่นตาอัจฉริยะสาหรับผู้บกพร่องทางสายตา	2559	ผู้ร่วมวิจัย	มทร. ธัญบุรี
5	ระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียนแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษา ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ. ปทุมธานี	2561	ผู้ร่วมวิจัย	สกว.

บทความวิชาการ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 12 ประจำปี 2566

การตรวจสอบประเภทของยาด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์

Medicine Inspection with CiRA CORE Platform

วีระยุทธ คุณรัตนสิริ[1], บุรัสกร อยู่สุข[2], รุ่งโรจน์ สุพงษ์วิบูลพันธ์[3], มัณฑนา เตี่ยวงษ์สุวรรณ์[4], กมลพรรณ จารุวาระกูล[5], นิลมิต นิลาศ[6], นำโชค ขมกระโทก[7], ภานี น้อยยิ่ง[8]

[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[1]สถาบันสหวิทยาการดิจิทัลและหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[3]ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Email: [1]weerayuth.k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่มีการให้บริการทางการแพทย์อยู่ในระดับดี ซึ่งปัจจุบันผู้ป่วยเข้ารับบริการทางการแพทย์ที่โรงพยาบาล ซึ่งหลังจากผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยโรคจากแพทย์แล้ว ผู้ป่วยจะได้รับยาเพื่อกลับมารักษาต่อที่บ้าน ปัญหาที่พบ คือ มีการจ่ายยาที่ผิดพลาดในบางกรณี ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ ได้แก่ ความคล้ายคลึงของบรรจุภัณฑ์ยา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบในการช่วยตรวจสอบประเภทของยา เพื่อช่วยตรวจทานให้กับเจ้าหน้าที่จัดยาและเภสัชกร โดยระบบที่พัฒนาขึ้นใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งระบบประกอบด้วยกล้องทำหน้าที่ตัวตรวจจับบรรจุภัณฑ์ของยาและนับจำนวนเม็ดยา ระบบออกแบบและพัฒนาโดยใช้แพลตฟอร์มซีร่าคอร์เพื่อลดความซับซ้อนในการพัฒนาระบบ แพลตฟอร์มซีร่าคอร์ออกแบบมาบนแนวคิด Low Code ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถคัดแยกและนับยา

คำสำคัญ (Key word): การตรวจสอบประเภทของยา; การเรียนรู้เชิงลึก; แพลตฟอร์มซีร่าคอร์

Abstract

Thailand is acknowledged for its robust healthcare services. Presently, patients seek medical attention within hospital facilities, where they are diagnosed by physicians and subsequently prescribed medications for continued treatment at home. A pertinent issue has arisen, wherein instances of medication errors have been documented, largely attributed to human fallibility. Such errors often emanate from factors such as the visual similarity in drug packaging. In response to this challenge, this research endeavors to introduce a comprehensive medication inspection system, which aims to enhance oversight over the prescription and dispensation process involving medical practitioners and pharmacists. This system leverages advanced deep learning techniques and comprises a camera module for drug package identification and a drug counter. Notably, the development and implementation of this system are executed within the CiRA CORE platform, chosen for its inherent advantages in streamlining system development complexities. Notably, the CiRA CORE platform is rooted in Low Code technology, a strategic choice that facilitates efficient drug sorting and counting operations within the system.

Key word : Medicine Inspection, Deep Learning, CiRA CORE platform

1. บทนำ (Introduction)

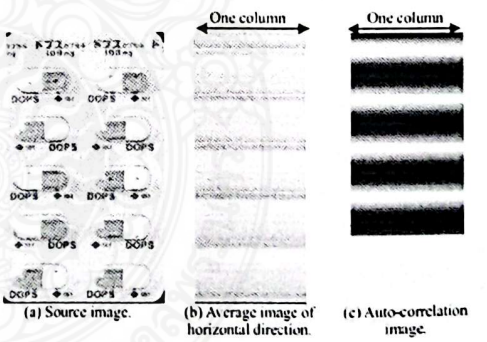
การเกิดความคลาดเคลื่อนทางยาเป็นปัญหาสำคัญในกระบวนการใช้ยา จากการรายงานของสถาบันการแพทย์ (Institute of medicine) ของสหรัฐอเมริกาพบว่าความคลาดเคลื่อนทางการแพทย์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้ป่วยถึงแก่ความตายถึง 44,000 - 98,000 คนต่อปี [1] การเกิดความคลาดเคลื่อนทางยาเป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุด ร้อยละ 3.7 [2] ทั้งนี้เป็นความเสี่ยงที่โรงพยาบาลสามารถจัดทำระบบเพื่อป้องกัน

การเกิดอันตรายต่อผู้ใช้ยาได้ สำหรับประเทศไทย สถาบันพัฒนาและรับรองคุณภาพโรงพยาบาล (องค์การมหาชน) ได้กำหนดให้ความคลาดเคลื่อนทางยาเป็นตัวชี้วัดระดับโรงพยาบาลที่ทุกโรงพยาบาลต้องมีการเก็บข้อมูลเพื่อสะท้อนถึงความปลอดภัยในการใช้ยา อีกทั้งสมาคมเภสัชกรรมโรงพยาบาล (ประเทศไทย) ซึ่งเป็นองค์กรวิชาชีพที่ใช้มาตรฐานวิชาชีพเป็นเกณฑ์ ในการสำรวจหน่วยงานเภสัชกรรมของโรงพยาบาลต่าง ๆ ได้กำหนดให้ความคลาดเคลื่อนทางยาเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดสำคัญที่ต้องมีการเก็บข้อมูลเพื่อสะท้อนถึงความถูกต้องของระบบการกระจายยาและความปลอดภัยในการใช้ยาด้วยเช่นกัน

ในปี พ.ศ. 2558 และ พ.ศ. 2559 พบว่ารายงานความคลาดเคลื่อนทางยาที่พบมากที่สุดคือความคลาดเคลื่อนก่อนการจ่ายยาคิดเป็นร้อยละ 51 และร้อยละ 76 ตามลำดับ รองลงมาเป็นการคลาดเคลื่อนในการจ่ายยาและความคลาดเคลื่อนในการสั่งใช้ยาโดยอัตราความคลาดเคลื่อนก่อนการจ่ายยาในปี พ.ศ. 2558 และ พ.ศ. 2559 เท่ากับร้อยละ 27.70 และ ร้อยละ 60.51 ตามลำดับแต่เป้าหมายที่โรงพยาบาลกำหนดไว้คืออัตราความคลาดเคลื่อนก่อนการจ่ายยาควรเกิดน้อยกว่าหรือเท่ากับ ร้อยละ30 นอกจากนี้มีบทความที่กล่าวถึงว่าคลาดเคลื่อนทางยาที่เกิดขึ้นได้จาก 2 กรณี คือ ความคลาดเคลื่อนทางยาที่เกิดจากบุคคล และความคลาดเคลื่อนทางยาที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม [3] ซึ่งในการเกิดความคลาดเคลื่อนทางยามีการแยกแยะไว้ว่าเกิดขึ้นจากการจ่ายยาผิดจำนวน 34.09% การสั่งจ่ายยาผิดวิธี 13.64% และการสั่งจ่ายยาผิดความแรง 6.82% จากการสั่งจ่ายยาทั้งหมด ซึ่งบทความนี้มีการเพิ่มเติมความผิดพลาดของการสั่งจ่ายยา อันเกิดจากการติดต่อสื่อสารของบุคลากรในการสั่งจ่ายยาถึง 29.55% [4]

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นสาเหตุที่เกิดความคลาดเคลื่อนทางยาส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการก่อนการจ่ายยา คือ ขั้นตอนการจัดยา สาเหตุที่จัดยาผิดบ่อยครั้ง เนื่องจากหยิบยาผิดชนิด เพราะที่เก็บยานั้นมีลักษณะเป็นตู้ที่มีลิ้นชักหลายช่อง ลิ้นชักแต่ละช่องจะเขียนชื่อยาติดไว้ด้านหน้าของลิ้นชักนั้น ๆ เมื่อยาในลิ้นชักหมดเจ้าหน้าที่ผู้ช่วยเภสัชกรจะนำยามาเติมลงในช่องลิ้นชักนั้น ๆ จากการวิจัยขั้นตอนการเก็บยานี้ยังไม่เกิดการผิดพลาดแต่จะผิดพลาดในขั้นตอนการจัดยา เพื่อจ่ายยาให้ผู้ป่วย ความผิดพลาดนี้มีสาเหตุจากตัวผู้จัดยาเกิดความอ่อนเพลียเพราะในแต่ละวันต้องจัดยาเป็นจำนวนมากและอีกสาเหตุหนึ่งเกิดจากความสับสนของตัวยาที่มีลักษณะรูปคล้ายเสียงพ้อง ซึ่งหมายความว่าชื่อของยาบางชนิดมีการออกเสียงหรือตัวสะกดคล้ายคลึงกัน จึงทำให้เจ้าหน้าที่ผู้ช่วยเภสัชกรที่จัดยาให้ผู้ป่วยเกิดความสับสนหยิบยาผิดช่อง จึงเป็นเหตุทำให้เจ้าหน้าที่ผู้ช่วยเภสัชกรจัดยาผิดพลาด

ในการตรวจสอบประเภทของยา มีการนำเสนอเทคนิคต่าง ๆ เช่น การค่าเฉลี่ยของภาพตามแนวแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน [5] [6] ซึ่งยาจะต้องถูกวางในตำแหน่งตามที่ผู้วิจัยกำหนดผลลัพธ์แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การตรวจสอบยาด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยของภาพตามแนวแกนนอน [5] [6]

มีงานวิจัยที่กล่าวถึงการตรวจสอบความไม่สมบูรณ์ของเม็ดยา [7] ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเม็ดยาที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอเทคนิคประมวลผล

ภาพระดับเทา เพื่อหาผลรวมของระดับสี ในแนวแกนนอน กรณีที่ยาไม่เต็มเม็ด ผลรวมจะมีค่าน้อยกว่า ซึ่งจากงานวิจัยทั้งสองพบว่ามีข้อจำกัดที่ตำแหน่งการวางบรรจุภัณฑ์ของยาที่อยู่ในแนวที่กำหนด และต้องมีความซับซ้อนหรือรายละเอียดของภาพบรรจุภัณฑ์ที่ต้องน้อย ด้านการประยุกต์ใช้งานแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ ก็มีผู้วิจัยได้ที่นำไปประยุกต์ใช้การแยกแยะขยะ และแยกแยะปลา ซึ่งทั้งสองงานวิจัยมีวัตถุที่ต้องแยกแยะซึ่งมีลักษณะที่ไม่มีรูปแบบชัดเจน แต่ยังคงสามารถแยกแยะวัตถุได้ อีกทั้งรูปแบบในการพัฒนาระบบสามารถช่วยให้นักวิจัยสามารถพัฒนางานได้ด้วยความรวดเร็ว จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในสร้างระบบเพื่อช่วยตรวจสอบชนิดและจำนวนยาที่จัดโดยการสร้างระบบตรวจสอบประเภทของยาด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ เพื่อตรวจสอบและนับจำนวนของยาแต่ละชนิด ที่จะจ่ายให้ผู้ป่วย ลดความผิดพลาดอันเกิดจากการจ่ายยาผิด และจำนวนยาไม่ถูกต้อง ซึ่งแพลตฟอร์มซีร่าคอร์มีการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย เช่น การคัดแยกขยะ [8] และการคัดแยกปลาสดที่ได้จากเรือประมงที่ใช้ในอุตสาหกรรมการจำหน่ายปลา [9]

2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ในการวิจัยเลือกใช้ประเภทของยา 4 ชนิดได้แก่

- ยา McXY Para
- ยา Fatec
- ยา Paracap
- ยา Panofen

ภาพที่ 2 ประเภทของยาทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้สอนและทดสอบ

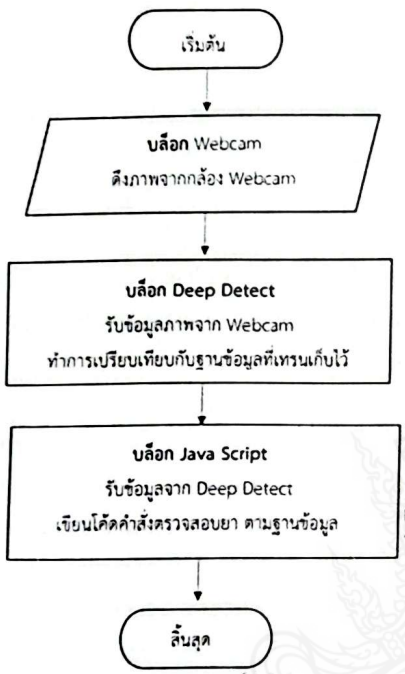
ซึ่งยาทั้ง 4 ชนิด แสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งยาแต่ละประเภทมีลักษณะเม็ดยาที่มีสีใกล้เคียงกัน แต่บรรจุภัณฑ์มีความแตกต่างกัน ซึ่งถ้าใช้วิธีการประมวลผลภาพทั่ว ๆ ไป จะไม่สามารถคัดแยกให้มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูง ซึ่งเทคนิคสอนเชิงลึกเป็นวิธีการคัดแยกภาพที่สามารถใช้กับภาพที่มีรายละเอียดที่ซับซ้อนได้ ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกตรวจสอบยาที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากยาเป็นจำนวนมากควรต้องอยู่ในบรรจุภัณฑ์เพื่อให้คุณสมบัติของยาประเภทนั้นยังคงสมบูรณ์ที่สุด เมื่อถูกจัดให้กับผู้ป่วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำภาพยาประเภทต่าง ๆ เข้าสู่กระบวนการสอน (Training) เพื่อสอนให้ระบบรู้จักบรรจุภัณฑ์ของยา

ในการพัฒนาระบบทีมวิจัยเลือกใช้แพลตฟอร์มซีร่าคอร์ เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนาที่มีลักษณะเป็นการพัฒนาแบบ Low Code ทำให้ผู้วิจัยสามารถออกแบบโปรแกรมโดยใช้ระยะเวลาอันสั้น และลดระยะเวลาในการเรียนรู้วิธีการเขียนโปรแกรมลง

ขั้นตอนการทำงานของระบบจะเริ่มต้นจากการรับภาพจากกล้องเว็บแคม (Webcam) ซึ่งหาได้ง่ายและมีราคาถูก จากนั้นจะนำภาพที่ได้จากกล้องส่งต่อให้กับระบบตรวจจับภาพ ซึ่งใช้บล็อก Deep Detect ซึ่งทำการตรวจจับยาประเภทต่าง ๆ โดยในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องสร้างแบบจำลอง (Model) เพื่อทำให้ระบบสามารถแยกแยะประเภทของยาซึ่งมีบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยการสอน (Training) ให้ระบบรู้จักก่อน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการสอน คือแบบจำลองนั่นเอง จากนั้นโปรแกรมจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากบล็อก Deep Detect มาแสดงผล ซึ่งในส่วนของการแสดงผลต้องทำการเขียนโปรแกรมภาษา Java Script เพื่อให้แสดงผลตามที่ต้องการ เช่น จำนวน และประเภทของยา

ในขั้นตอนการสอน เพื่อสร้างแบบจำลอง มีขั้นตอนย่อย คือ การตีกรอบภาพ (Labeling) แสดงดังภาพที่ 4 เพื่อระบุลักษณะของยา และระบุขอบเขตของภาพเพื่อบอกว่าสิ่งใดคือเม็ดยา ซึ่งยาแต่ละประเภทมีลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยนี้เลือกยาที่มีการใช้มากในชีวิตประจำวัน และมีสีของเม็ดยาที่ใกล้เคียงกัน แต่มีลวดลายบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

- สอน (Training) ประเภทของยาทั้ง 4 ประเภท มีประสิทธิภาพในการตรวจจับดีขึ้น ซึ่งอยู่ที่ความละเอียดของข้อมูลภาพ, จำนวนภาพที่จะนำมาใช้งาน และยังขึ้นอยู่กับจุดเด่นของภาพตัวอย่าง เช่น สีของตัวยา ลักษณะรูปทรงของตัวยา เป็นต้น การเทรนผ่านแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ แสดงดังภาพที่ 5

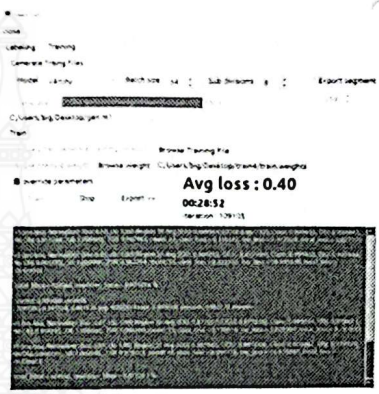


ภาพที่ 3 ขั้นตอนการประมวลผลการตรวจจับยา

ภาพที่ 4 การตีกรอบยาด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์

3. ผลการวิจัย (Results)

ในการทดลองความถูกต้องของการตรวจจับยาที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ จะใช้เป็นค่าร้อยละความแม่นยำที่ได้จากการตรวจจับที่ได้จากแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ ซึ่งค่าความแม่นยำจะแสดงผลในหน้าจอแสดงผลของบล็อก Debug ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 การสอนด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์

ภาพที่ 6 ค่าความแม่นยำในการตรวจจับ

การประเมินความแม่นยำใช้การหาค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นสมการที่เรียบง่าย โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินความแม่นยำในการตรวจจับยาดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมข้อมูลทั้งหมด}}{\text{จำนวนของข้อมูล}} \qquad (1)$$

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของการตรวจจับยา

ความแม่นยำ (ตรวจจับ)	คุณภาพ	คะแนน
91-100%	ดีมาก	5
81-90%	ดี	4
71-80%	ปานกลาง	3
61-70%	พอใช้	2
น้อยกว่า 60%	ปรับปรุง	1

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินความแม่นยำในการตรวจจับยา

เกณฑ์การประเมินความแม่นยำ	คุณภาพ
41-50	ดีมาก
31-40	ดี
21-30	ปานกลาง
11-20	พอใช้
0-10	ปรับปรุง

4. อภิปรายผล (Discussion)

เมื่อนำผลการทดลองมาคำนวณหาค่าคะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการตรวจจับยาทั้ง 4 ชนิด

ที่	ชนิดยา	คะแนน					ผลคะแนน	คุณภาพ
		5	4	3	2	1		
1	Panofen	10	0	0	0	0	50	ดีมาก
2	Paracap	10	0	0	0	0	50	ดีมาก
3	McXY Para	9	1	0	0	0	49	ดีมาก
4	Fatec	7	3	0	0	0	47	ดีมาก

จากผลการทดสอบการตรวจจับยา พบว่ายา Panofen มีผลคะแนน 50 ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก การทดสอบ Paracap ผลคะแนน 50 ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก การทดสอบ McXY Para ผลคะแนน 49 พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และการทดสอบ Fatec ผลคะแนน 47 พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ทำให้นำไปสู่การแก้ปัญหาการสั่งจ่ายยาที่ผิดพลาด ซึ่งเป็นกรณีความผิดพลาดจากการสั่งจ่ายยาที่พบได้มากที่สุดจากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

5. สรุปผล (Conclusion)

จากการทดสอบการทำงานของระบบตรวจจับประเภทของยาด้วยแพลตฟอร์มซีร่าคอร์ พบว่าระบบมีความแม่นยำในการตรวจจับจำนวน 10 ครั้ง ได้แก่ ยา McXY Para, Fatec, Paracap และ Panofen (มีค่าเฉลี่ย 96.925) พบว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก การวิเคราะห์ข้อมูลยาที่มีการปนกันจำนวน 10 ครั้ง พบว่าความผิดพลาดจากการตรวจจับเม็ดยาอื่น ๆ ที่ปนเข้ามายังคงสามารถแยกแยะได้ถูกต้อง ซึ่งในในเกณฑ์ระดับดีมาก

ปัญหาที่พบในงานวิจัยนี้ คือ ตัวยาที่นำมาใช้จะต้องมีขนาดไม่เล็กจนเกินไป เพราะอาจจะทำให้ตอนตรวจจับยาจะไม่สามารถตรวจจับยาได้อย่างถูกต้อง และควรมีการการควบคุมแหล่งกำเนิดแสง เพื่อทำให้แสงจากสิ่งแวดล้อมไม่รบกวนการตรวจจับยา

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับความอนุเคราะห์งบประมาณสนับสนุน ในการพัฒนางานวิจัยและการนำเสนอผลงานวิจัย เพื่อเป็นการเผยแพร่และแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางวิชาการแก่ผู้สนใจในงานประชุมวิชาการ เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่อนุเคราะห์ให้ใช้งานแพลตฟอร์มซีร่าคอร์เพื่อใช้การวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Brennan TA, et. al., "Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients." Results of the Harvard Medical Practice Study I, N Engl J Med, Feb 7, 1991, pp.370-376.

[2] Leape LL, et. al., "The nature of adverse events in hospitalized patients," Results of the Harvard Medical Practice Study II, N Engl J Med, Feb 7, 1991, pp.377-384.

[3] กิตติพนธ์ เครือวงค์, "ความคลาดเคลื่อนทางยา," วารสารกฎหมายสุขภาพและสาธารณสุข ปีที่ 4 ฉบับที่ 2, พฤษภาคม-สิงหาคม, 2561, หน้า 251-265

[4] ศิริพร ขาวคม และคณะ,"การศึกษาความคลาดเคลื่อนทางยาจากการสั่งจ่ายยาโดยบุคลากรด้านสาธารณสุขที่มิใช่แพทย์แก่ผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มาติดตามการรักษา ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในอำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด," วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า, ฉบับที่ 30, เล่มที่ 1, มกราคม-มิถุนายน, 2562, หน้า 69-76

[5] T. Murai and M. Morimoto, "A Visual Inspection System for Prescription Drugs in Press through Package," 2013 Second International Conference on Robot, Vision and Signal Processing, Kitakyushu, Japan, 2013, pp. 43-46

[6] M. Morimoto and T. Murai, "A visual inspection system for prescription drugs in press-through package," 2014 World Automation Congress (WAC), Waikoloa, HI, USA, 2014, pp. 197-201.

[7] S. Oprea, I. Lita, M. Jurianu, D. A. Visan and I. B. Cioc, "Digital image processing applied in drugs industry for detection of broken aspirin tablets," 2008 31st International Spring Seminar on Electronics Technology, Budapest, Hungary, 2008, pp. 121-124.

[8] เจตริน แซ่ลิ้ม และสิรวิชญ์ ฟ้ารุ่งเรือง, "เครื่องคัดแยกขยะประมวลผลด้วยกล้อง Camera ด้วยโปรแกรม CiRA CORE," วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2563

[9] อรรถกร ดิษฐอุดม และเจษฎา จาดนอก, "เครื่องคัดแยกปลาด้วยระบบ Deep Learning โปรแกรม CiRA CORE," วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2563