

Research Article

การพัฒนาเครื่องมือตรวจยาปลอมโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ

Development of pharmaceutical counterfeit detector device using image processing method

ประภาพร ธนเจริญจรัส* และสุรพันธ์ ยิ้มมัน

Prapop Tanacharoenjumrat and Surapun Yimman

ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
กรุงเทพฯ 10800

Department of Industrial Physics and Medical Instrument, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology
North Bangkok, Bangkok, 10800

*E-mail: noomkwan33.28@gmail.com

บทคัดย่อ

ยาปลอมเป็นปัญหาที่สำคัญมากและส่งผลกระทบต่อบุคคลและสังคม โดยทั่วไป เป็นการยากที่จะแยกความแตกต่างระหว่างยาจริงกับยาปลอม อุปกรณ์ที่มีความแม่นยำซึ่งใช้กันอยู่ในปัจจุบันก็มีราคาแพงและไม่เหมาะต่อการทดสอบเพื่อคัดกรองหรือแยกความแตกต่างเบื้องต้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เลขฐานการผลิต วันที่ผลิต และวันหมดอายุ สำหรับการตรวจสอบ เนื่องจากตัวอักษรจากเลขชุดดังกล่าวถูกตีพิมพ์มาจากโรงงานผลิตยาด้วยรูปแบบอักษรเฉพาะตัวและสามารถจำแนกความแตกต่างได้โดยการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการทดลองจะถูกประเมินอย่างเที่ยงตรงด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) ผลที่ได้จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าค่า r เฉลี่ยจากกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.9997 ในขณะที่ค่านี้ในกลุ่มทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.9940 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า r เฉลี่ยจากทั้งสองกลุ่มเท่ากับ 0.57 นอกจากนี้เมื่อนำไปทดสอบกับผลิตภัณฑ์ยาจริงจำนวน 4 ตัวอย่าง พบว่ามีค่า r เฉลี่ยเท่ากับ 0.9997, 0.9994, 0.9991 และ 0.9985 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เลขฐานการผลิต, การจำแนกคุณลักษณะ, สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

Abstract

Counterfeit drug is a major problem and has negatively impact on both individual and society. In general, it is hardly to identify the difference between real and counterfeit medicines. At present, the current precision equipment is expensive and not suitable for primary screening test. In this research, the production batch number, manufacturing date and expiry date were selected for the experiment since these texts had been printed from pharmaceutical manufacturer with specific pattern and could be identified by using image processing application on Android mobile devices. The results were precisely judged with Pearson's correlation coefficient (r). From this experiment, the results showed that average r value of control group was 0.9997 while this average value in sample group was 0.9940. The different percentage of these two values from both groups was 0.57. Besides, the average r values from the test of 4 real pharmaceutical samples are 0.9997, 0.9994, 0.9991 and 0.9985, respectively.

Keywords: production lot number, feature description, Pearson's correlation coefficient

บทนำ

ยาปลอมเป็นหนึ่งในปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญมากในปัจจุบัน จากงานวิจัยขององค์การอนามัยโลกได้ประมาณการไว้ว่ากว่า 10% ของยาที่จัดจำหน่ายทั่วโลกเป็นยาปลอม (Wikipedia, 2015) โดยในปี 2010 ทั่วโลกมีมูลค่าการซื้อขายยาปลอมทั่วโลกสูงถึง 75,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และยังสูงขึ้น 13% ทุกปี (Pfizer Global Security, 2015) ผลกระทบของยาปลอมไม่เพียงแต่ส่งผลต่อสุขภาพของตัวบุคคลเท่านั้น ยังส่งผลต่อระบบสาธารณสุขของโลก รวมไปถึงระบบเศรษฐกิจและสังคม เนื่องจากมียาปลอมหลายประเภทปนเข้ามาในระบบยา ด้วยมูลค่าการซื้อขายในระบบยาที่มีมูลค่ามากมาย รวมไปถึงเทคโนโลยีในการผลิตยาที่สูงขึ้นและสามารถจัดซื้อจัดหาได้ง่ายจึงเป็นมูลเหตุจูงใจให้เกิดผู้ผลิตยาปลอมเกิดขึ้นมา

Deisingh (2005) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มยาที่มีจะถูกปลอมจากจำนวนยาปลอมทั้งหมดในตลาดยาปลอมจากข้อมูลขององค์การอนามัยโลกในช่วงมกราคม ค.ศ. 1999 ถึง ธันวาคม ค.ศ. 2002 พบว่ากลุ่มยาที่ถูกปลอมมากที่สุดเป็นกลุ่มยาปฏิชีวนะหรือยาฆ่าเชื้อ หากผู้ป่วยโรคติดเชื้อได้รับยาปลอมหรือยาที่ไม่มีประสิทธิภาพในการรักษาจะส่งผลให้เกิดการดื้อยา และทำให้ผู้ป่วยไม่หายจากอาการที่เป็นอยู่ หรืออาจร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิต นอกจากนี้ หากมีการติดต่อของเชื้อโรคจากผู้ป่วยรายแรกไปยังรายอื่น ๆ จะส่งผลให้เกิดการระบาดของเชื้อดื้อยาในวงกว้างจนกลายเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญมากในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่ายาปลอมเป็นปัญหาที่สำคัญและส่งผลกระทบที่รุนแรง ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นระบบป้องกันยาปลอม (anti-pharmaceutical counterfeit) ขึ้นมา

เทคโนโลยีการป้องกันยาปลอมสามารถจำแนกได้ 4 ประเภท ดังนี้ (Sharad, 2014)

1. รูปแบบที่เปิดเผย (overt : visible features) ได้แก่ การใช้ภาพหรือสติ๊กเกอร์โฮโลแกรม การพิมพ์ด้วยสีหรือหมึกเฉพาะ การใช้ภาพหรือรูปแบบเฉพาะ การใส่เลขลำดับขึ้นของผลิตภัณฑ์ และการพิมพ์หรือทำรอยนูนรหัสสำหรับป้องกันการทำซ้ำ

2. รูปแบบที่ถูกซ่อนไว้บนผลิตภัณฑ์ (covert : hidden markers) ได้แก่ การพิมพ์แบบซ่อนข้อความ การใช้ภาพนูนไม่มีสี การใช้ลายน้ำดิจิทัล การใช้เทคโนโลยีรูปแบบเฉพาะเพื่อป้องกันการทำซ้ำ (PEAK) การใส่รหัสด้วยเลเซอร์ และการใช้ฉลากเฉพาะ

3. การตรวจตามข้อกำหนด (forensic techniques) ได้แก่ การตรวจทางเคมี การตรวจทางชีวภาพ การตรวจรหัสดีเอ็นเอ การตรวจทางจุลภาพ

4. ระบบเส้นทางและการติดตาม (track and trace) ได้แก่ การใช้รหัสซีเรียล การใช้บาร์โค้ด การใช้เทคโนโลยี RFID และการใช้รหัส 3D บนผลิตภัณฑ์

ซึ่งจุดเด่นและจุดด้อยของเทคโนโลยีการป้องกันยาปลอมทั้ง 4 ประเภท ดังกล่าว ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. จุดเด่นและจุดด้อยของเทคโนโลยีการป้องกันยาปลอมทั้ง 4 ประเภท (Sharad, 2014)

ชนิดของเทคโนโลยี	จุดเด่น	จุดด้อย
รูปแบบที่เปิดเผย (overt technology)	- เป็นวิธีที่ใช้ได้ง่าย - ยังเพิ่มรูปแบบเฉพาะยิ่งทำให้ปลอมยาก	- ต้องการวิธีสนับสนุนเพื่อความปลอดภัยของข้อมูลยิ่งขึ้น เช่น เพิ่มวิธีแบบ covert
รูปแบบที่ถูกซ่อนไว้บนผลิตภัณฑ์ (covert technology)	- เป็นวิธีที่ค่อนข้างง่ายในการใช้งานและมีค่าใช้จ่ายไม่สูง - สามารถนำไปใช้เฉพาะภายในองค์กรได้ - ง่ายต่อการใช้ร่วมกับวิธีอื่น	- วิธีนี้ง่ายต่อการถูกทำสินค้าเลียนแบบหากข้อมูลวิธีรั่วไหลไปยังผู้ทำสินค้าเลียนแบบ - จำเป็นต้องเปิดเผยข้อมูลให้กับลูกค้าหรือผู้ผลิตวัตถุดิบซึ่งอาจส่งผลต่อการรั่วไหลของข้อมูลสำคัญ
รูปแบบการตรวจตามข้อกำหนดทางกฎหมาย (forensic technology)	- ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการตรวจสอบและมีความปลอดภัยของวิธีสูง - เป็นวิธีเฉพาะของเจ้าของผลิตภัณฑ์เท่านั้น	- วิธีส่วนใหญ่มีสิทธิบัตร มีค่าใช้จ่ายสูง และผู้ผลิตอุปกรณ์สนับสนุนวิธีมีจำนวนไม่มาก - ยังมีการนำวิธีไปใช้มากเท่าไรยิ่งส่งผลทำให้วิธีดังกล่าวยิ่งไม่มีความปลอดภัยในการใช้งาน
รูปแบบการใช้ระบบเส้นทางและการติดตาม (track and trace)	- มีความปลอดภัยของวิธีสูง และใช้งานโดยไม่ต้องเปิดเผยข้อมูลให้กับผู้ใช้งาน - ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่าย	- ใช้ค่าใช้จ่ายในการทำงานของระบบสูง

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าไม่มีเทคโนโลยีใดที่มีแต่เพียงจุดเด่นโดยไม่มีจุดด้อย ซึ่งผู้ที่นำเทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ของตนเองควบคู่ไปกับระบบการตรวจจับโดยใช้มาตรฐานตามรูปแบบของเทคโนโลยีนั้น ๆ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาเครื่องมือตรวจยาปลอมด้วยการใช้เทคโนโลยีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำแต่ให้ประสิทธิภาพสูงและเป็นเทคโนโลยีรูปแบบเปิดเผย ผู้วิจัยได้เลือกส่วนประกอบที่อยู่บนผลิตภัณฑ์ยาและมีกฎหมายบังคับต้องระบุอยู่บนผลิตภัณฑ์ยาทุกชนิดตาม พรบ.ยา พ.ศ. 2510 (สุนทรและคณะ, 2544) คือ เลขรุ่นการผลิต วันผลิต และวันหมดอายุ (เรียกรวมว่า “เลขรุ่นการผลิต”) เนื่องจากผู้ผลิตยาปลอมจะสามารถปลอมรูปแบบภาชนะบรรจุยาหรือสิ่งที่เป็นลักษณะที่มองเห็นภายนอกด้วยตาเปล่าหรือจากการคาดคะเนให้คล้ายคลึงหรือใกล้เคียงได้เท่านั้น แต่การปลอมค่าข้อมูลที่สามารถคำนวณออกมาได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งอยู่บนภาพของเลขรุ่นการผลิตที่อยู่บนผลิตภัณฑ์ของจริงเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก การพัฒนาเครื่องมือดังกล่าวนี้จะสามารถนำไปใช้ในการตรวจยาปลอมรูปแบบเปิดเผยด้วยการตรวจสอบรูปแบบเฉพาะจากเลขรุ่นการผลิตในระดับละเอียดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

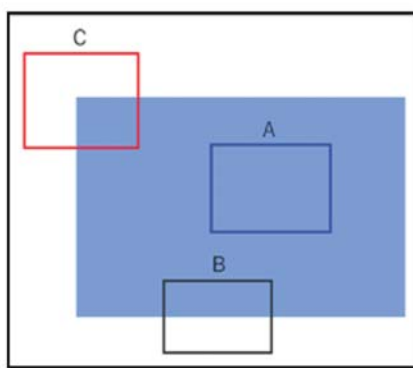
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. แนวทางการทำการทดลอง

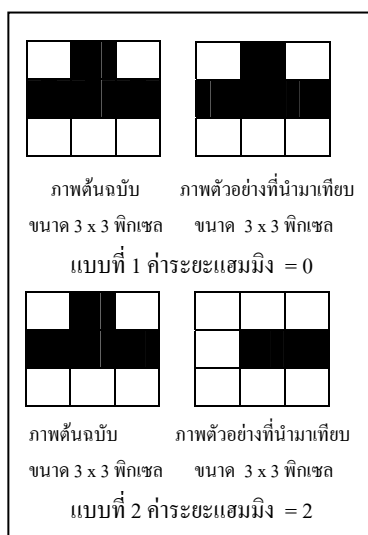
แนวทางในด้านการประมวลผลภาพจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่น่าสนใจ ได้แก่ งานวิจัยของ Mangal (2006) ซึ่งได้ใช้การประมวลผลภาพในการระบุเอกลักษณ์ของลายเซ็นด้วยการแยกคุณลักษณะของภาพ (feature extraction) ร่วมกับการใช้ระบบเครือข่ายประสาทเทียม (artificial neural network) เพื่อใช้ในการระบุตัวตนของบุคคล และงานวิจัยด้านการประมวลผลภาพทางเกษตรกรรมที่ใช้หลักการในการแยกคุณลักษณะของภาพร่วมกับการใช้ระบบเครือข่ายประสาทเทียมเพื่อจำแนกชนิดเมล็ดจากภาพถ่าย (จารวิ, 2548) งานวิจัยดังกล่าวนี้ใช้หลักการของการแยกคุณลักษณะของภาพด้วยการคำนวณหาค่าที่จำเพาะเจาะจงของภาพโดยการระบุบริเวณที่เป็นมุมหรือขอบ (corner detection) ก่อน ตามรูปที่ 1 ในรูปแบบ C ซึ่งจะแบบที่จะใช้ในการหาคุณลักษณะของภาพได้ดีที่สุด (Kapur และ Thakkar, 2015) เพราะเป็นบริเวณที่เป็นมุมของภาพซึ่งจะเป็นลักษณะเฉพาะของภาพ ซึ่งการคำนวณนี้ต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการคำนวณ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการแบบเปิดที่ให้ผู้ใช้งานนำไปพัฒนาต่อได้อย่างอิสระโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ในปัจจุบันมีชุดคำสั่งหรือไลบรารีในด้านการประมวลผลภาพที่สามารถนำไปทำงานร่วมกับโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้ คือ ชุดคำสั่งสำเร็จรูปที่เรียกว่า โอเพนซีวี (OPENCV) ชุดคำสั่งนี้จะรวบรวมคำสั่งในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับด้านการประมวลผลภาพไว้ โดยที่ทางผู้พัฒนาไม่คิดค่าใช้จ่ายในการนำไปใช้ ภายในชุดคำสั่งโอเพนซีวีจะบรรจุขั้นตอนวิธี (algorithm) ที่จะนำมาใช้เพื่อแยกคุณลักษณะของภาพด้วยขั้นตอนวิธีที่เรียกว่า ORB (oriented FAST and rotated BRIEF) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Rublee และคณะ (2011) โดยงานวิจัยนี้จะ

อาศัยแนวทางนี้ในการแยกคุณลักษณะของภาพตัวเลขรุ่นการผลิตที่มีลักษณะตัวอักษรหรือตัวเลขแตกต่างกันไป แล้วจึงนำมาผ่านขั้นตอนวิธีการจับคู่ที่เรียกว่า Brute-force-Hamming (OpenCV dev team, 2014) ซึ่งจะทำการนับจุดหรือพิกเซลของภาพที่อยู่ในค่าที่ได้มาจากขั้นตอนวิธี ORB ที่ละจุดก่อน จากภาพในตำแหน่งที่ตรงกันแล้วจึงนำไปเปรียบเทียบกับค่าระยะแฮมมิง (Hamming distance) จากรูปที่ 2 หลักการของแฮมมิงคือการชดเชยพิกเซลของภาพที่ไม่ตรงกันด้วยการนับทางดิจิทัล ดังนั้นหากค่าระยะแฮมมิงเป็นศูนย์ นั่นคือจุดที่นำมาเทียบกันเป็นจุดที่เหมือนกัน หากค่าระยะแฮมมิงยิ่งสูง แสดงว่าจุดยังไม่เหมือนกัน ระยะแฮมมิงไม่มีหน่วยและค่าที่ได้จากกระบวนการจับคู่จะเป็นจำนวนจุดที่ตรงกัน (match point found) จะมีหน่วยเป็นจำนวนจุด (point)

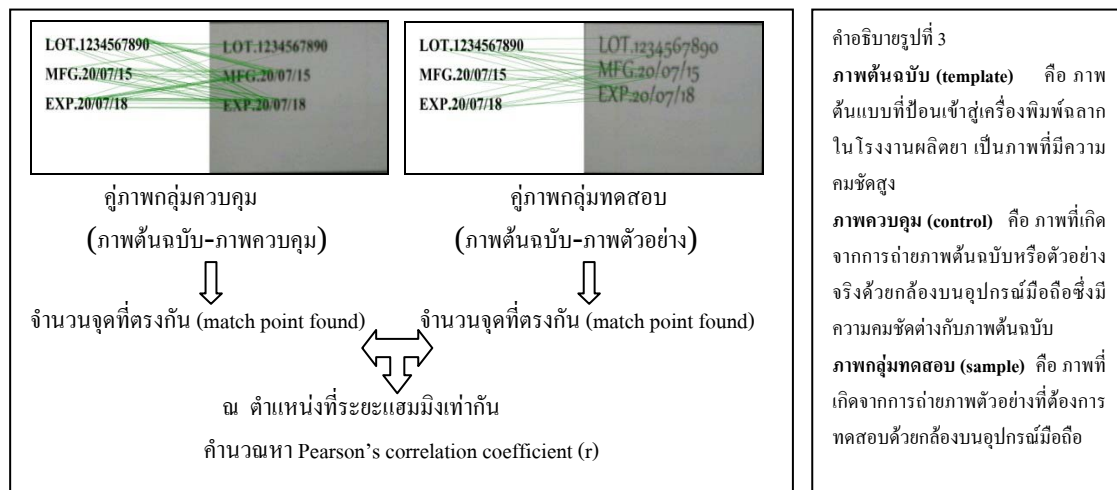


รูปที่ 1. แสดงหลักการแยกคุณลักษณะของภาพ (ที่มา: Kapur และ Thakkar, 2015)



รูปที่ 2. ตัวอย่างหลักการนับระยะแฮมมิง

ด้วยหลักการตามที่กล่าวมา เมื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบจำนวนจุดที่เหมือนกันที่ระยะแสมมิงระหว่างคู่ภาพกลุ่มควบคุมและคู่ภาพกลุ่มทดสอบตามแนวทางในรูปที่ 3 ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient: r) ซึ่งแสดงทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 กลุ่ม (Higgins, 2005) ค่า r ที่ได้จะเป็นค่าที่จะใช้ในการบ่งบอกความแตกต่างระหว่างภาพเลขฐานการผลิตของภาพควบคุมและภาพเลขฐานการผลิตของภาพตัวอย่าง



รูปที่ 3. แสดงแนวทางของงานวิจัยนี้

2. ขั้นตอนในการทำการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก ๆ 3 ขั้นตอน (รูปที่ 4) ดังนี้

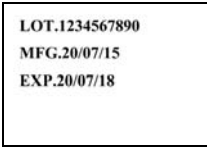
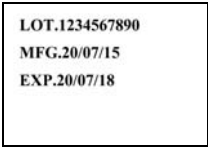
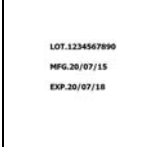
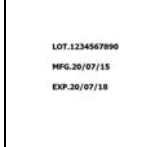
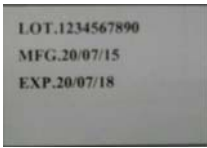
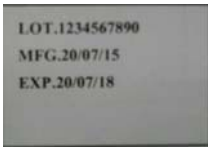
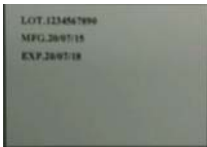
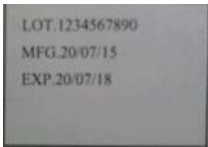
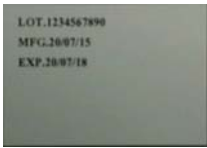
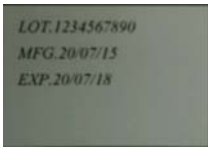
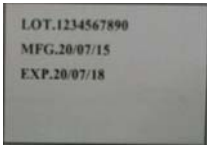
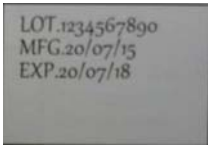
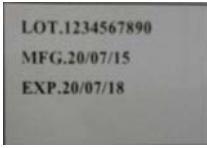
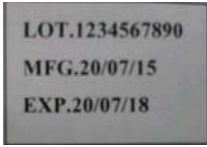
ขั้นตอนที่ 1 จะเป็นการเตรียมตัวอย่าง (ตารางที่ 3) ที่จะนำมาทดสอบในงานวิจัยนี้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และใช้ตัวอักษรหลักเป็น Bold Angsana New 11 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) การทดสอบอิทธิพลจากขนาดของตัวอักษร
- 2) การทดสอบอิทธิพลจากรูปแบบจากตัวอักษร
- 3) การทดสอบอิทธิพลจากตำแหน่งของตัวอักษร
- 4) การทดสอบอิทธิพลจากความเบลของภาพ
- 5) การทดสอบกับผลิตภัณฑ์ยาจริง ทำการถ่ายภาพเฉพาะบริเวณเลขฐานการผลิต โดยใช้กล้อง DSLR เพื่อ

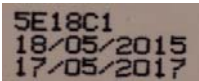
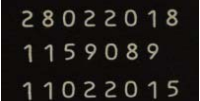
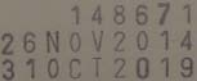
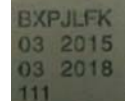
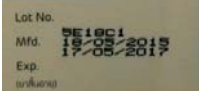
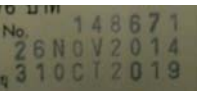
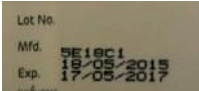
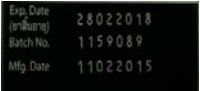
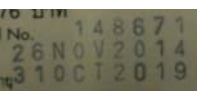
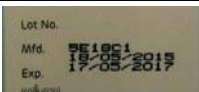
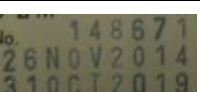
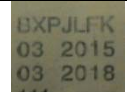
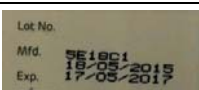
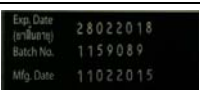
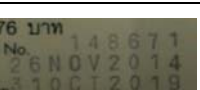
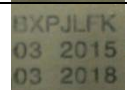
ทำเป็นภาพต้นฉบับ จากนั้นจึงใช้กล้องมือถือเพื่อถ่ายเป็นภาพควบคุมและภาพตัวอย่างตามตารางที่ 4

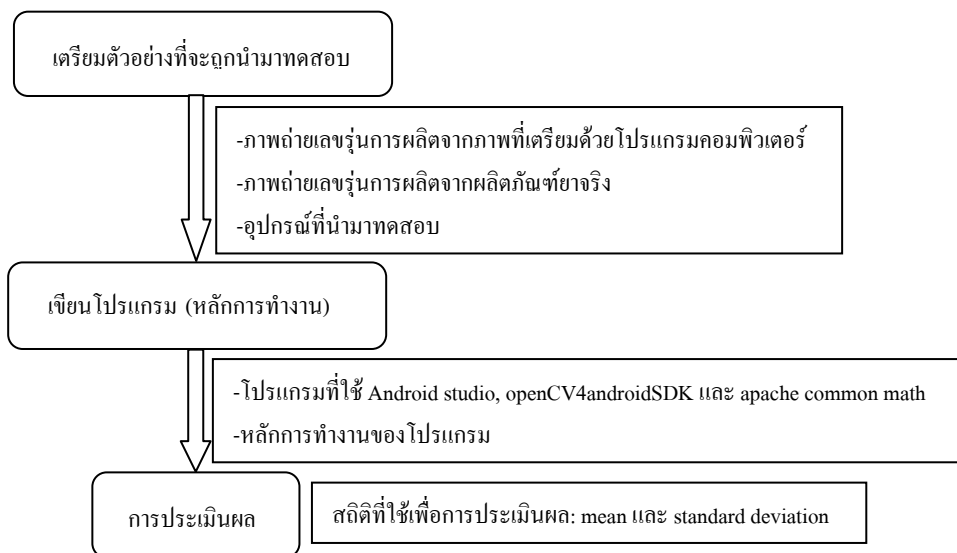
สำหรับอุปกรณ์ที่นำมาทำการทดสอบนี้ คือ อุปกรณ์มือถือยี่ห้อ Asus Zenfone 5

ตารางที่ 3. ตารางแสดงภาพตัวอย่างบางส่วนที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบในหัวข้อต่าง ๆ

การทดสอบที่ 1	การทดสอบที่ 2	การทดสอบที่ 3	การทดสอบที่ 5
 ภาพต้นฉบับ	 ภาพต้นฉบับ	 ภาพต้นฉบับ	 ภาพต้นฉบับ
 ภาพควบคุม (ขนาด 11)	 ภาพควบคุม (ขนาด 11)	 ภาพควบคุม (center)	 ภาพควบคุม
 (ขนาด 7)	 Angsana New 11	 top-left	 blur level = 0.1
 (ขนาด 8)	 Italic Angsana New 11	 top-right	 blur level = 0.3
 (ขนาด 10)	 Vineta BT 12	 bottom-left	 blur level = 1
 (ขนาด 12)	 Ahaloni 12	 bottom-right	 blur level = 3
 (ขนาด 15)			 blur level = 5

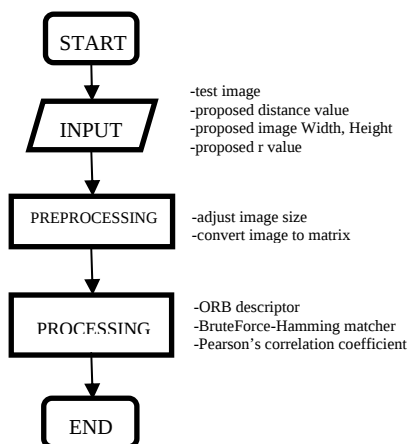
ตารางที่ 4. ตารางแสดงภาพถ่ายเลขรุ่นการผลิตจากตัวอย่างยาที่นำมาใช้ในงานวิจัย

คำย่อในการทดสอบ	ความหมาย	ตัวอย่างยาที่ 1	ตัวอย่างยาที่ 2	ตัวอย่างยาที่ 3	ตัวอย่างยาที่ 4
template	ภาพต้นฉบับ				
Control	ภาพควบคุม				
test1	ภาพตัวอย่าง 1				
test2	ภาพตัวอย่าง 2				
test3	ภาพตัวอย่าง 3				



รูปที่ 4. ขั้นตอนการทดลองในงานวิจัยนี้

ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรมที่จะใช้ในงาน โดยจะมีหลักการทำงานของโปรแกรมดัง
แสดงไว้ในรูปที่ 5



โปรแกรมจะรับภาพที่ต้องการทดสอบและค่าต่าง ๆ จาก
ผู้ใช้ หลังจากนั้นจะนำภาพเข้าสู่การประมวลผลเบื้องต้น
ได้แก่ การปรับขนาดภาพ การนำภาพเข้าสู่ข้อมูลในรูป
matrix ต่อมาจะนำ matrix ภาพที่ได้มาเข้าสู่กระบวนการ
ประมวลผลภาพโดยใช้ ORB descriptor และนำค่าที่
ได้มาทำการจับคู่ระหว่างภาพ 2 ภาพ โดย BruteForce-
Hamming แล้วจึงนำค่าจำนวนจุดที่ตรงกันของภาพกลุ่ม
ควบคุมไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจำนวนจุดที่ตรงกันของ
ภาพกลุ่มทดสอบด้วย Pearson's correlation coefficient
เพื่อหาความสัมพันธ์ หรือ ค่า r

รูปที่ 5. หลักการโปรแกรมตรวจยาปลอม

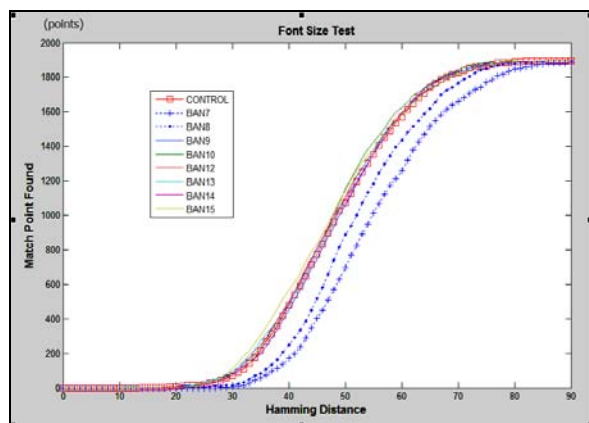
ขั้นตอนสุดท้าย จะเป็นส่วนของการทดสอบและประเมินผล ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการนำภาพต้นฉบับ
ภาพควบคุมและภาพตัวอย่างมาทำการโหลดเข้าโปรแกรม หลังจากนั้น จะได้จำนวนจุดที่ตรงกัน ตั้งแต่ระยะแสมมิง
ที่ 0 ถึง 90 นำค่าดังกล่าวไปสร้างกราฟ และนำไปคำนวณค่า r ระหว่างชุดภาพควบคุมและชุดภาพตัวอย่าง สุดท้ายจึง
นำไปประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมในการแยกความแตกต่างระหว่างตัวอักษรบนภาพเลขรุ่นการผลิต ด้วย
การใช้ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

ผลการทดลอง

1. ผลการทดสอบในเรื่องของขนาดของตัวอักษร

จากผลการทดสอบจะได้กราฟลักษณะเป็นกราฟรูปตัวเอส โดยเส้นกราฟของกลุ่มทดสอบ ได้แก่ กลุ่ม
ภาพที่ใช้ตัวอักษร Bold Angsana New ขนาด 9 (BAN9), 10 (BAN10), 12 (BAN12), 13 (BAN13), 14 (BAN14), 15
(BAN15) จะอยู่รวมกลุ่มกับเส้นกราฟของกลุ่มควบคุมที่ใช้ตัวอักษร Bold Angsana New ขนาด 11 (control)
ยกเว้นเส้นกราฟของกลุ่มทดสอบ BAN7 และ BAN8 ที่เส้นกราฟแยกตัวออกมาชัดเจน (รูปที่ 6)

เมื่อนำจำนวนจุดที่ตรงกันจากกราฟของทุกคู่ภาพกลุ่มทดสอบไปคำนวณหาค่า r ด้วยการเทียบกับค่าของกลุ่มควบคุมตามลักษณะของกราฟได้ค่าตามตารางที่ 5 พบว่าค่า r เฉลี่ย กลุ่มแรกมีค่ามากกว่ากลุ่มสองและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มแรกน้อยกว่ากลุ่มสองถึง 20 เท่า (ค่า r เฉลี่ย ของกลุ่มแรกนี้จะใช้เป็นค่าเฉลี่ยมาตรฐานเพื่อเชื่อมโยงกับผลการทดสอบในหัวข้ออื่น)



รูปที่ 6. กราฟแสดงผลของขนาดของตัวอักษรต่อจำนวนจุดที่ตรงกันที่ระยะแสมมิงตั้งแต่ 0 – 90

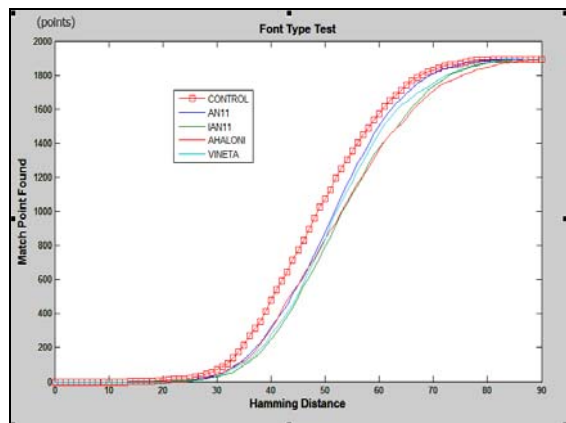
ตารางที่ 5. ค่าสถิติของค่า r การทดสอบขนาดของตัวอักษร

ค่าพารามิเตอร์	กลุ่มของเส้นกราฟที่รวมกลุ่มกับกลุ่มควบคุม	กลุ่มของเส้นกราฟที่ไม่รวมกลุ่มกับกลุ่มควบคุม
ค่า r เฉลี่ย	0.9997	0.9894
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่า r	0.0003	0.0068
% ความต่างค่า r เฉลี่ยของกลุ่มทดสอบทั้ง 2 กลุ่ม	$\frac{(0.9997 - 0.9894)}{0.9997} \times 100 = 1.04\%$	

2. ผลการทดสอบในเรื่องของชนิดของตัวอักษร

จากผลการทดสอบจะได้กราฟลักษณะเป็นกราฟรูปตัวเอส โดยเส้นกราฟของคู่ภาพกลุ่มทดสอบที่ใช้ตัวอักษรชนิด AN11 (Angsana New11), IAN11 (Italic Angsana New11), VINETA (Vineta BT12), AHALONI (Ahaloni 12) จะไม่อยู่รวมกลุ่มกับเส้นกราฟของกลุ่มควบคุม (control) ที่ใช้ตัวอักษรชนิด Bold Angsana New 11 (รูปที่ 7)

เมื่อนำจำนวนจุดที่ตรงกันจากกราฟของทุกคู่ภาพกลุ่มทดสอบไปคำนวณหาค่า r ด้วยการเทียบกับค่าของกลุ่มควบคุมตามลักษณะของกราฟได้ค่าตามตารางที่ 6 พบว่าไม่มีกลุ่มที่ใกล้เคียงกลุ่มควบคุมดังนั้นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถเทียบกับอีกกลุ่มได้ เมื่อนำค่า r เฉลี่ย จากตารางที่ 5 (0.9997) มาคำนวณหา % ความต่างเฉลี่ยกับค่า r เฉลี่ย ของทั้ง 2 กลุ่มทดสอบในหัวข้อนี้พบว่ากลุ่มแรกจะมีค่าน้อยกว่ากลุ่มสองถึง 30 เท่า



รูปที่ 7. กราฟแสดงผลของชนิดของตัวอักษรต่อจำนวนจุดที่ตรงกันที่ระยะแฮมมิง ตั้งแต่ 0 – 90

ตารางที่ 6. ค่าสถิติของค่า r การทดสอบชนิดของตัวอักษร

ค่าพารามิเตอร์	กลุ่มของเส้นกราฟที่รวมกลุ่มกับชุดควบคุม	กลุ่มของเส้นกราฟที่ไม่รวมกลุ่มกับชุดควบคุม
ค่า r เฉลี่ย	1.0000	0.9940
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่า r	0.0000	0.0020
% ความต่างค่า r เฉลี่ยของกลุ่มทดสอบทั้ง 2 กลุ่ม	$\frac{(1.0000 - 0.9940)}{1.0000} \times 100 = 0.60\%$	
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของกลุ่มทดสอบเทียบกับค่า r จากตารางที่ 5	$\frac{(1.0000 - 0.9997)}{1.0000} \times 100 = 0.02\%$	$\frac{(0.9997 - 0.9940)}{0.9997} \times 100 = 0.57\%$

3. ผลการทดสอบในเรื่องของตำแหน่งของตัวอักษร

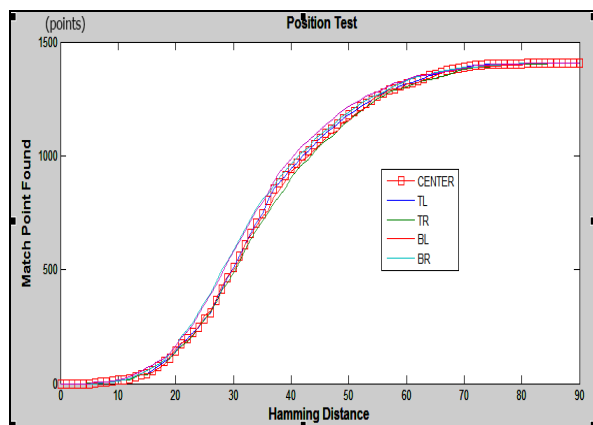
จากผลการทดสอบจะได้กราฟลักษณะเป็นกราฟรูปตัวเอส โดยเส้นกราฟของกลุ่มทดสอบที่มีภาพตัวอักษรอยู่ที่ตำแหน่ง TL (บน-ซ้าย), TR (บน-ขวา), BL (ล่าง-ขวา), BR (ล่าง-ขวา) จะอยู่รวมกลุ่มกับเส้นกราฟของกลุ่มควบคุมที่มีตำแหน่งของภาพตัวอักษรอยู่ที่ตรงกลางของภาพ (center) (รูปที่ 8)

เมื่อนำจำนวน จุดที่ตรงกัน จากกราฟของทุกกลุ่มทดสอบไปคำนวณหาค่า r ด้วยการเทียบกับค่าของกลุ่มควบคุมตามลักษณะของกราฟได้ค่าตามตารางที่ 7 พบว่าเมื่อนำค่า r เฉลี่ย จากตารางที่ 5 (0.9997) มาคำนวณหา % ความต่างเฉลี่ยกับค่า r เฉลี่ย ของกลุ่มทดสอบในหัวข้อนี้พบว่ามีความเพียง 0.02%

4. ผลการทดสอบในเรื่องของความเบลอของภาพตัวอักษร

จากผลการทดสอบจะได้กราฟลักษณะเป็นกราฟรูปตัวเอส โดยเส้นกราฟของกลุ่มทดสอบที่ภาพตัวอักษรเริ่มเบลอที่ระดับ 0.1 ถึง 0.5 pixels จะอยู่รวมกลุ่มกับเส้นกราฟของกลุ่มควบคุมที่ภาพตัวอักษรไม่มีการเบลอ (control) ในขณะที่ภาพที่มีการเบลอที่ระดับ 1 ถึง 5 pixels เส้นกราฟจะเริ่มลดระดับและแยกตัวออกมา (รูปที่ 9)

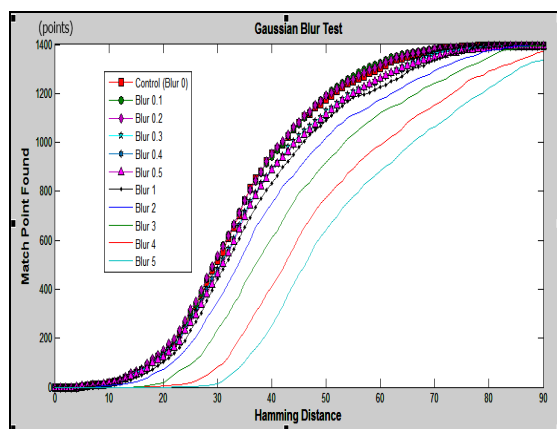
เมื่อนำจำนวนจุดที่ตรงกันจากกราฟของทุกกลุ่มทดสอบไปคำนวณหาค่า r ด้วยการเทียบกับค่าของกลุ่มควบคุมตามลักษณะของกราฟได้ค่าตามตารางที่ 8 พบว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มแรกน้อยกว่ากลุ่มสองถึง 80 และเมื่อนำค่า r เฉลี่ย จากตารางที่ 5 (0.9997) มาคำนวณหา % ความต่างเฉลี่ยกับค่า r เฉลี่ย ของทั้ง 2 กลุ่มทดสอบในหัวข้อนี้ พบว่ากลุ่มแรกจะมีค่าน้อยกว่ากลุ่มสองถึง 172 เท่า



ตารางที่ 7. ค่าสถิติของค่า r การทดสอบตำแหน่งของตัวอักษร

ค่าพารามิเตอร์	กลุ่มของเส้นกราฟที่รวมกลุ่มกับชุดควบคุม
ค่า r เฉลี่ย	0.9996
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่า r	0.0004
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของชุดทดสอบเทียบกับค่า r จากตารางที่ 5	$\frac{(0.9997 - 0.9996)}{0.9997} \times 100 = 0.02\%$

รูปที่ 8. กราฟแสดงผลของตำแหน่งของตัวอักษรต่อจำนวนจุดที่ตรงกันที่ระยะแสมมิงตั้งแต่ 0 – 90



ตารางที่ 8. ค่าสถิติของค่า r การทดสอบความเบลอของภาพตัวอักษร

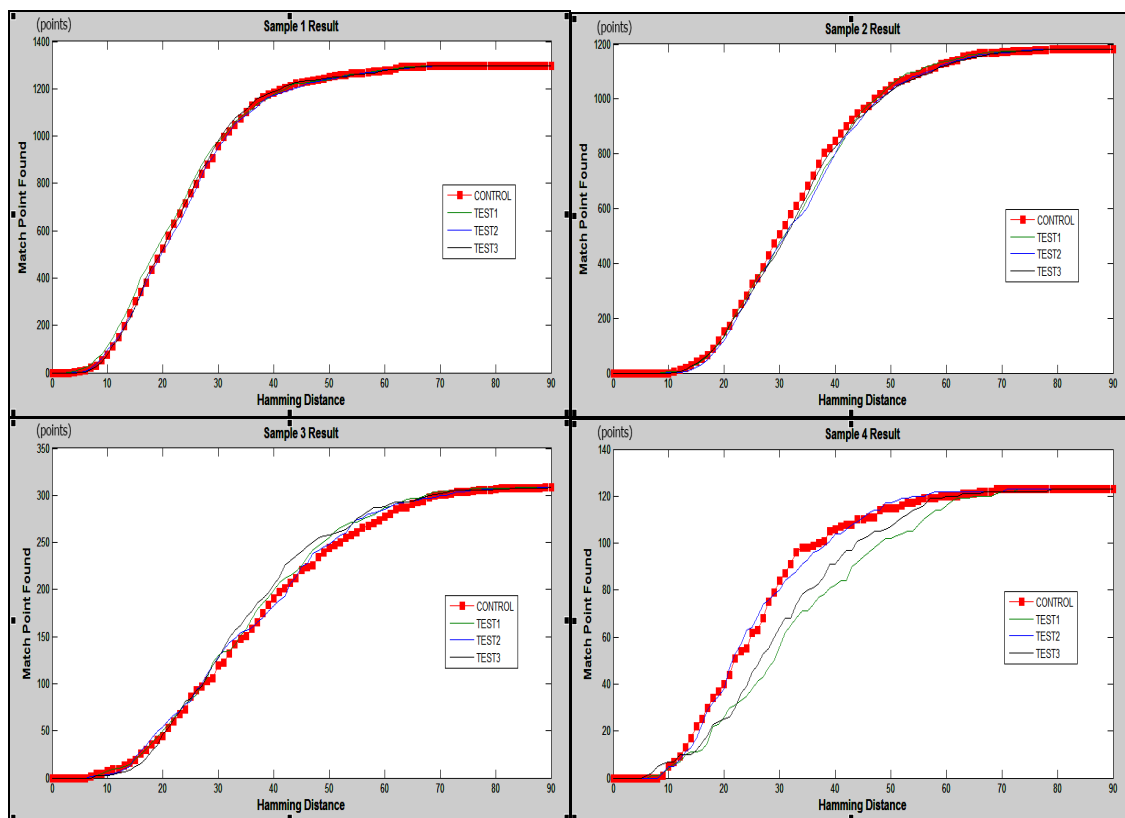
ค่าพารามิเตอร์	กลุ่มของเส้นกราฟที่รวมกลุ่มกับชุดควบคุม	กลุ่มของเส้นกราฟที่ไม่รวมกลุ่มกับชุดควบคุม
ค่า r เฉลี่ย	0.9995	0.9655
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่า r	0.0004	0.0354
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของชุดทดสอบทั้ง 2 กลุ่ม	$\frac{(0.9995 - 0.9655)}{0.9995} \times 100 = 3.41\%$	
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของชุดทดสอบเทียบกับค่า r จากตารางที่ 5	$\frac{(0.9997 - 0.9995)}{0.9997} \times 100 = 0.02\%$	$\frac{(0.9997 - 0.9655)}{0.9997} \times 100 = 3.43\%$

รูปที่ 9. กราฟแสดงผลความเบลอของภาพต่อจำนวนจุดที่ตรงกันที่ระยะแสมมิงตั้งแต่ 0 – 90

5. การทดสอบกับผลิตภัณฑ์ยางจริง

จากผลการทดสอบ สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดที่ตรงกันกับระยะแสมมิงได้ตามรูปที่ 10 โดยลักษณะของกราฟจะมีการเพิ่มขึ้นในลักษณะเป็นรูปตัวเอสสำหรับทุกขนาดของกลุ่มทดสอบ เส้นกราฟเรียบ และเส้นกราฟของทุกกลุ่มทดสอบจะอยู่รวมกลุ่มกับกราฟของกลุ่มควบคุมสำหรับตัวอย่างยาที่ 1 (รูปที่ 10 บน

ซ้าย) และตัวอย่างยาที่ 2 (รูปที่ 10 บนขวา) แต่สำหรับตัวอย่างยาที่ 3 (รูปที่ 10 ล่างซ้าย) เส้นกราฟของทุกกลุ่มทดสอบจะเกาะกลุ่มกันจนเกือบภาพตัวอย่างที่ 3 (test3) ของตัวอย่างยาที่ 3 ที่ลักษณะของกราฟแยกตัวโดดเด่นออกมาในช่วงระยะแฮมมิง ประมาณ 30 ถึง 55 ส่วนตัวอย่างยาที่ 4 (รูปที่ 10 ล่างขวา) มีเส้นกราฟของภาพตัวอย่างที่ 2 (test 2) พุดเด่นชัดที่อยู่กับกราฟของกลุ่มควบคุมของตัวอย่างยานี้



รูปที่ 10. กราฟแสดงผลการทดสอบโปรแกรมกับผลิตภัณฑ์ยาจริง 4 ยี่ห้อ

เมื่อนำจำนวนจุดที่ตรงกันจากกราฟของทุกตัวอย่างไปคำนวณหาค่า r ด้วยการเทียบกับค่าที่ได้มาจากกลุ่มภาพกลุ่มควบคุม แล้วจึงนำไปคำนวณหาพารามิเตอร์ทางสถิติจะได้ค่าตามตารางที่ 9 ถึง 12

จากตารางค่าพารามิเตอร์ทางสถิติพบว่าตัวอย่างยาที่ 1 และตัวอย่างยาที่ 2 จะมีค่า r เล็กน้อย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่าใกล้เคียงกัน ทั้ง 2 ตัวอย่างจะมีเส้นกราฟของกลุ่มทดสอบกับกลุ่มควบคุมอยู่รวมกลุ่มกัน และเมื่อนำค่า r เล็กน้อย ไปคำนวณหา % ความต่างค่า r เล็กน้อย ของตัวอย่างยาที่ 1 และ 2 จะมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 9 และ 10) สำหรับตัวอย่างยาที่ 3 คำนวณค่าพารามิเตอร์ทางสถิติตามกลุ่มของเส้นกราฟได้ 2 กลุ่ม โดยมีค่า r เล็กน้อย ไม่เท่ากัน

และเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมจะมี % ความต่างของค่า r เฉลี่ย ระหว่าง 2 กลุ่มถึงประมาณ 2.5 เท่า (ตารางที่ 11) สำหรับตัวอย่างยาที่ 4 คำนวณค่าพารามิเตอร์ทางสถิติตามกลุ่มของเส้นกราฟได้ 2 กลุ่ม โดยมีค่า r เฉลี่ย ไม่เท่ากัน และเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมจะมี % ความต่างของค่า r เฉลี่ย ระหว่าง 2 กลุ่มถึงประมาณ 10 เท่า (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 9. ค่าสถิติของค่า r ของตัวอย่างยาที่ 1

ค่าพารามิเตอร์	กลุ่มของเส้นกราฟที่ รวมกลุ่มกับชุดควบคุม
ค่า r เฉลี่ย	0.9997
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่า r	0.0002
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของ ชุดทดสอบเทียบกับค่า r ของชุดควบคุม ($r = 1$)	$\frac{(1.0000 - 0.9997)}{1.0000} \times 100$ $= 0.03\%$

ตารางที่ 10. ค่าสถิติของค่า r ของตัวอย่างยาที่ 2

ค่าพารามิเตอร์	กลุ่มของเส้นกราฟที่ รวมกลุ่มกับชุดควบคุม
ค่า r เฉลี่ย	0.9994
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่า r	0.0002
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของ ชุดทดสอบเทียบกับค่า r ของชุดควบคุม ($r = 1$)	$\frac{(1.0000 - 0.9994)}{1.0000} \times 100$ $= 0.07\%$

ตารางที่ 11. ค่าสถิติของค่า r ของตัวอย่างยาที่ 3

ค่าพารามิเตอร์	กลุ่มของเส้นกราฟที่ รวมกลุ่มกับชุดควบคุม	กลุ่มของเส้นกราฟที่ ไม่รวมกลุ่มกับชุด ควบคุม
ค่า r เฉลี่ย	0.9991	0.9975
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานค่า r	0.0001	0.0000
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของชุด ทดสอบทั้ง 2 กลุ่ม	$\frac{(0.9991 - 0.9975)}{0.9991} \times 100$ $= 0.16\%$	
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของชุด ทดสอบเทียบกับ ค่า r ของชุด ควบคุม ($r = 1$)	$\frac{(1.0000 - 0.9991)}{1.0000} \times 100$ $= 0.09\%$	$\frac{(1.0000 - 0.9975)}{1.0000} \times 100$ $= 0.25\%$

ตารางที่ 12. ค่าสถิติของค่า r ของตัวอย่างยาที่ 4

ค่าพารามิเตอร์	กลุ่มของเส้นกราฟที่ รวมกลุ่มกับชุดควบคุม	กลุ่มของเส้นกราฟที่ ไม่รวมกลุ่มกับชุด ควบคุม
ค่า r เฉลี่ย	0.9985	0.9815
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานค่า r	0.0000	0.0071
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของชุด ทดสอบทั้ง 2 กลุ่ม	$\frac{(0.9985 - 0.9815)}{0.9985} \times 100$ $= 1.71\%$	
% ความต่างค่า r เฉลี่ย ของชุด ทดสอบเทียบกับ ค่า r ของชุด ควบคุม ($r = 1$)	$\frac{(1.0000 - 0.9985)}{1.0000} \times 100$ $= 0.15\%$	$\frac{(1.0000 - 0.9815)}{1.0000} \times 100$ $= 1.85\%$

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบในกลุ่มตัวอย่างภาพที่เตรียมขึ้น พบว่าขนาดของตัวอักษรที่ใหญ่ขึ้นไม่ส่งผลทำให้การคำนวณของโปรแกรมผิดพลาดเมื่อเทียบกับขนาดของตัวอักษรที่เล็กกว่า สังเกตได้จาก % ความต่างของค่า r เฉลี่ย ที่มีค่าถึง 1.04% เนื่องจากภาพที่มีขนาดเล็กมากเกินไปจะทำให้ภาพเกิดการเบลอมาก ส่งผลให้เมื่อโปรแกรมทำงานถึงขั้นตอน Brute-force-Hamming ต้องทำการชดเชยพิกเซลภาพด้วยระยะแสมมิงที่มากขึ้น ทำให้ลักษณะกราฟของกลุ่มทดสอบไม่ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่การทดสอบเมื่อเปลี่ยนชนิดของตัวอักษรแสดงให้เห็นว่า % ความต่าง

ค่า r เฉลี่ย ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดสอบมีค่าสูงถึงระดับ 0.60% และ 0.57% เมื่อเทียบกับค่า r เฉลี่ย จากการทดสอบที่หนึ่ง ในขณะที่เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมมีค่า % ความต่างค่า r เฉลี่ย เพียง 0.02% แสดงว่าโปรแกรมสามารถแยกความแตกต่างระหว่างชนิดของตัวอักษรได้ และหากภาพมีการเลื่อนตำแหน่งจากการพิมพ์ก็จะไม่ส่งผลต่อการทำงานของโปรแกรมเนื่องจากค่า % ความต่างค่า r เฉลี่ย มีค่าเพียง 0.02% เท่านั้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เพราะจากการทำงานของโปรแกรมในขั้นตอน Brute-force-Hamming จะทำการนับและเช็คเซตพิกเซลในแนวนอน ดังนั้นไม่ว่าภาพจะเลื่อนไปตำแหน่งใด ผลการทดสอบยังได้ใกล้เคียงกัน และการทดสอบผลจากความเบลของภาพพบว่าหากภาพมีการเบลอเนื่องจากการพิมพ์ในระดับที่สูงจะส่งผลให้ผลการทดสอบผิดพลาด สังเกตได้จากค่า % ความต่างค่า r เฉลี่ย ที่สูงถึง 3.41% และ 3.43% เมื่อเทียบกับค่า r เฉลี่ย จากการทดสอบที่หนึ่ง ในขณะที่กลุ่มที่มีการเบลอภาพต่ำๆ มีค่า % ความต่างค่า r เฉลี่ย เพียง 0.02% เท่านั้น ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณออกมาได้ในแต่ละการทดสอบจะเป็นตัวบ่งบอกความถูกต้องในการแบ่งกลุ่มของกลุ่มทดสอบเนื่องจากค่ายิ่งต่ำมากเท่าไรนั้นแสดงว่าข้อมูลมีการกระจุกตัวสูง หากค่ายิ่งสูงแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวในวงกว้าง

สำหรับการทดสอบกับตัวอย่างยาจริงที่มีการพิมพ์ตัวอักษรเข้มสม่ำเสมอตามตัวอย่างยาที่ 1 ตัวอย่างยาที่ 2 และตัวอย่างยาที่ 3 ให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกันคือได้ % ความต่างค่า r เฉลี่ย เท่ากับ 0.03%, 0.07% และ 0.09% ตามลำดับ สำหรับกลุ่มที่เหมือนกับกลุ่มควบคุม แต่ในกรณีตัวอย่างยาที่ 3 จากผล % ความต่างค่า r เฉลี่ย เท่ากับ 0.25% ในภาพตัวอย่างที่ 3 เนื่องจากมีการพิมพ์ตัวเลข “3” ซึ่งเป็นตัวเลขต่างรูปแบบกับตัวเลขที่พิมพ์ใน test 1 และ test 2 ออกมาปะปนกัน (จากภาพในตารางที่ 4) แต่หากตัวอักษรที่ถูกพิมพ์อยู่บนภาชนะบรรจุยาหลงหรือมีสีไม่สม่ำเสมอจะทำให้ผลการทดสอบผิดพลาด และได้ค่าที่ไม่ถูกต้องตามผลการทดสอบกับตัวอย่างยาที่ 4 สอดคล้องกับ % ความต่างค่า r เฉลี่ย เท่ากับ 1.85% เมื่อเทียบกับค่า r ของกลุ่มควบคุม

จากผลการทดสอบลักษณะของกราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูปตัวเอสเนื่องจากภาพที่นำมาจับคู่กับภาพต้นฉบับเป็นภาพที่เกิดจากการถ่าย ดังนั้นภาพจึงไม่เหมือนกัน และเมื่อนำมาจับคู่จะทำให้ไม่เจอจำนวนจุดที่ตรงกันในช่วงต้นๆ ของระยะสามมิก ต่อมาจะเริ่มมีการเจอจุดที่ตรงกัน ทำให้จำนวนจุดที่ตรงกันค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรงจนถึงจุดที่ใกล้จุดสูงสุดของจำนวนจุดที่ตรงกันของภาพ แต่หาค่าดังกล่าวจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนทำให้กราฟมีลักษณะดังกล่าว

การนำขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพมาประยุกต์ในทางด้านยาตามที่ใช้ในปัจจุบันเป็นเรื่องของการนำหลักการประมวลผลภาพมาเพื่อใช้ในการจำแนกภาพถ่ายของเม็ดยาเพื่อระบุชนิดเม็ดยาจากสี ขนาด รูปร่าง หรือลักษณะบนเม็ดยา และมีการนำไปใช้ทางด้านจำแนกคุณภาพในงานด้านกระบวนการผลิตมากกว่าทางด้านการตรวจสอบ เช่น ใช้เพื่อจำแนกชนิดของเม็ดยา (จารวิ, 2548) แต่การทดสอบดังกล่าวไม่สามารถแยกความแตกต่างของเม็ดยาได้ว่าเป็นของแท้หรือของปลอม ซึ่งต่างจากงานวิจัยนี้ที่ใช้ภาพเลขฐานการผลิตบนภายนอกผลิตภัณฑ์ (โดยไม่ต้องทำลายผลิตภัณฑ์) ร่วมกับการใช้แนวทางจากงานวิจัยในเรื่องของการระบุตัวตนบุคคลด้วยการตรวจสอบลายเซ็น (signature verification) ที่มีหลักการสำคัญคือการทดสอบความจำเพาะต่อลายเซ็นของบุคคลในแต่ละครั้งที่

เช่น ความชัดเจน ตำแหน่ง แต่เนื่องจากลายเส้นของตัวบุคคลจะมีความแตกต่างกันในแต่ละครั้งที่เซ็น ดังนั้นจึงต้องมีการเตรียมภาพลายเส้นซ้ำ ๆ กันหลายครั้ง ต้องใช้ฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ และต้องการอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง (Mangal, 2006) จึงแตกต่างจากงานวิจัยนี้ที่ภาพเลขฐานการผลิตเป็นภาพที่มาจากกระบวนการผลิตโดยเครื่องพิมพ์ที่พิมพ์ภาพออกมาทุกครั้งเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสามารถใช้ภาพเพียง 2 ภาพ คือ ภาพต้นฉบับ และภาพอ้างอิงเท่านั้น ทำให้ฐานข้อมูลไม่ใหญ่มาก รวมไปถึงการออกแบบให้ทำงานบนอุปกรณ์พกพาได้ งานวิจัยนี้จึงสามารถนำไปใช้ร่วมกับเทคโนโลยีป้องกันยาปลอมรูปแบบเปิดเผยที่ใช้การออกแบบรูปแบบเฉพาะตัวบนตัวผลิตภัณฑ์ เช่น การพิมพ์ด้วยสีหรือหมึกเฉพาะ การใช้ภาพหรือรูปแบบเฉพาะ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันแล้วแล้วแต่ต้องใช้การสังเกตด้วยตาเปล่าเพื่อแยกแยะความแตกต่างระหว่างยาจริงกับยาปลอม หากผู้ผลิตยาปลอมมีการปลอมลักษณะเฉพาะดังกล่าวให้ใกล้เคียงของจริงมาก ทำให้ไม่สามารถบ่งบอกความแตกต่างดังกล่าวได้ด้วยการสังเกต การเพิ่มการตรวจสอบที่แม่นยำด้วยวิธีการประมวลผลภาพจึงทำให้ผลการตรวจสอบมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ด้วยผลการทดสอบที่ออกมาในรูปแบบของตัวเลข

สรุปผลการทดลอง

เครื่องมือตรวจยาปลอมโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานี้สามารถทดแทนการตรวจสอบด้วยตาเปล่าได้เป็นอย่างดี ด้วยอุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไป โปรแกรมที่ใช้ รวมไปถึงขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพไม่มีค่าใช้จ่ายในการนำมาใช้งาน มีประสิทธิภาพในการหาขอบของตัวอักษรแต่ละชนิดในเลขฐานการผลิต สามารถแยกความแตกต่างของชนิดตัวอักษรได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาทดสอบได้ต้องมีการพิมพ์ด้วยหมึกหรือสีของตัวอักษรที่ใช้พิมพ์เลขฐานการผลิตที่มีความสม่ำเสมอและชัดเจน ซึ่งค่าพารามิเตอร์ทางสถิติที่เหมาะสมจะใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานสำหรับภาพเลขฐานการผลิตที่เหมือนกันหรือมาจากผลิตภัณฑ์ยาแบบเดียวกันควรมีค่า r อยู่ระหว่าง 0.9990 – 0.9999 และ % ความต่างค่า r เฉลี่ย ระหว่างภาพเลขฐานการผลิตที่เหมือนกันหรือมาจากผลิตภัณฑ์ยาแบบเดียวกันควรมีค่าไม่เกินระดับ 0.1%

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบรรพบุรุษยาเจ้าของผลิตภัณฑ์ที่ผู้วิจัยได้นำมาทดสอบ องค์กร หน่วยงาน และบริษัทผู้แจกจ่ายฟรีแวร์ รวมไปถึงซอร์สโค้ดต่าง ๆ ที่ทางผู้วิจัยได้นำมาใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จารวิ ฉันทสิทธิพร, (2548) การจำแนกชนิดยาเม็ดจากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคเครือข่ายประสาท, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์, ภาควิชาคอมพิวเตอร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม, 63 หน้า.

สุนทรื ท.ชัยสัมฤทธิ์โชค, รวงทิพย์ ชัยพิสิฐ, ภาณุโชติ ทองยัง และพีระพันธ์ โกมล, (2544) ประมวลกฎหมาย
สำหรับเภสัชกร, พิมพ์ครั้งที่ 3, โครงการจัดตั้งภาควิชาเภสัชศาสตร์สังคม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 538หน้า.

Deisingha A.K., (2005) Pharmaceutical counterfeiting. Analyst, 130(3): 271-279.

Higgins J., (2005) The Correlation Coefficient, Available from: http://www.biddle.com/documents/bcg_comp_chapter2.pdf, Cited 12 September 2015.

Kapur S. and Thakkar N., (2015) Mastering OpenCV Android Application Programming, 1st edition, Packt Publishing Ltd., Birmingham, 216 P.

Mangal S.K., (2006) Personal Identification Based on Handwriting, Master Thesis, Department of Computer Science & Engineering, Indian Institute of Technology, Kanpur, 40 P.

OpenCV dev team, (2014) Feature Matching, Available from: http://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py_tutorials/py_feature2d/py_matcher/py_matcher.html, Cited 12 September 2015.

Pfizer Global Security., (2015) Counterfeit Pharmaceuticals, Available from: <http://www.pfizer.com/files/products/CounterfeitBrochure.pdf>, Cited 12 September 2015.

Rublee E., Rabaud V., Konolige K. and Bradski G., (2011) "ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF", pp. 2564-2571, In: 2011 IEEE International Conference on computer Vision (ICCV), 6-13 November 2011, Barcelona, Spain.

Sharad S.S., (2014) Anti-counterfeiting – Technology, Available from: <http://www.pharmafocusasia.com/pfasiaadmin/upload/whitepapers/1419404701white-paper-anti-counterfitting-technology.pdf>, Cited 25 January 2015.

Wikipedia, (2015) Counterfeit medications, Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Counterfeit_medications, Cited 12 September 2015.