

เทคนิคการประมวลผลภาพและการตรวจจับคุณลักษณะสำคัญเพื่อการวินิจฉัยความเสียหายบน

ผิวจานฮาร์ดดิสก์

Image Processing and Feature Extraction Techniques for Hard Disk Platter Defect Diagnosis

อาคม ทิพย์มณี ญัฐสิทธิ์ เหล่าสุวรรณ นันทวัฒน์ สร้อยอัมพรกุล นพพร โชติคำภร

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ – บทความฉบับนี้นำเสนอผลการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพและการดึงคุณลักษณะสำคัญจากภาพในส่วนที่เกี่ยวข้องกับรอยขีดข่วนบนผิวจานฮาร์ดดิสก์ อันเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการวินิจฉัยร่องรอยความเสียหายบนผิวจานฮาร์ดดิสก์ที่เป็นผลมาจากกระบวนการผลิต โดยภาพถ่ายจานฮาร์ดดิสก์ที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ จะถูกนำมาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพขั้นต้นเป็นลำดับแรก ซึ่งนอกเหนือจากการปรับปรุงคุณภาพโดยทั่วไปแล้ว ขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบตำแหน่งของแถบข้อความที่ถูกบันทึกลงไปบนด้านล่างของรูปภาพในระหว่างกระบวนการถ่ายภาพจานฮาร์ดดิสก์ การระบุตำแหน่งของแถบข้อความดังกล่าวเพื่อให้สามารถตัดส่วนนี้ออกไปจากภาพที่จะนำไปคำนวณคุณลักษณะสำคัญของร่องรอยความเสียหายในขั้นตอนต่อไป นอกจากนี้ ขั้นตอนดังกล่าวรวมถึงการรู้จำตัวอักษรและสัญลักษณ์บางส่วน of ข้อความที่เกี่ยวข้องกับขนาดหรือกำลังขยายที่ใช้ในการถ่ายภาพ เพื่อใช้ข้อมูลดังกล่าวในกระบวนการวินิจฉัยในลำดับถัดไป โดยในงานวิจัยนี้ ได้อาศัยคุณลักษณะเฉพาะของตำแหน่งและระดับความสว่างของแถบตัวอักษรในการระบุตำแหน่ง และใช้หลักการเปรียบเทียบตัวอักษรจากต้นแบบ ในการรู้จำตัวอักษรที่ระบุกำลังขยาย ภาพที่ผ่านการประมวลผลขั้นต้นนี้แล้ว จะถูกนำไปตรวจสอบและจำแนกลักษณะของร่องรอยการขีดข่วนบนผิวจานฮาร์ดดิสก์ในลำดับต่อไป โดยในงานวิจัยนี้อาศัยหลักการการแปลงของฮัฟ และการคำนวณค่าความเปลี่ยนแปลงของความสว่างหรือค่าเกรเดียนท์ ในการคำนวณคุณลักษณะสำคัญของรอยขีดข่วน ผลที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการค้นคืนภาพที่เกี่ยวข้องจากคลังประวัติการวินิจฉัยในอดีต เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยสาเหตุของความเสียหายต่อไป

คำสำคัญ – การประมวลผลภาพ, การดึงคุณลักษณะสำคัญ, การวินิจฉัยความเสียหายบนผิวจานฮาร์ดดิสก์, การแปลงของฮัฟ

ABSTRACT – This paper describes a result from the development of image processing and feature extraction techniques for an image of a hard disk plate containing scratch on its surface. The work is part of the development of an information system for hard disk plate defect diagnosis. Such defect is a result of a hard disk manufacturing process. Given an image taken by an electron microscope, it needs to pass through an image reprocessing step. In addition to general image enhancement, this step involves detection of annotated text placed at the bottom part of the image at the time it was taken. The location of such annotated text is needed so that it can be removed before the image is passed to the next step, which involves extraction of features representing the defect. In

addition, this preprocessing step is used to recognize certain text information regarding to the magnification level used for taking the image. Such magnification level information is very important for subsequent steps. Here, location and brightness characteristics of annotated text are exploited for the estimation. A template matching technique is used for recognizing certain characters describing the magnification level. After the preprocessing step, the image is used to extract certain features characterizing scratch on a hard disk plate. In this paper, a Hough transform and an image gradient are used for feature extraction. The resulting feature is used in a subsequent process of retrieving relevant images from an image database of previous diagnosis cases. The retrieved information is useful for diagnosis of the defect's root cause.

KEY WORDS – Image Processing, Feature Extraction, Hard Disk Plate Defect Diagnosis, Hough Transform Software

1. บทนำ

ในการผลิตอุปกรณ์งานบันทึกแม่เหล็กหรือฮาร์ดดิสก์ (hard disk drive) ปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคือ ความเสียหายที่เกิดกับพื้นผิวของงานบันทึกข้อมูล ซึ่งความเสียหายดังกล่าวมีได้จากหลายสาเหตุ ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์โดยทั่วไป จะมีแผนกที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตัวอย่างอุปกรณ์ที่เสีย เพื่อวินิจฉัยและหาสาเหตุ และนำผลที่ได้ไปแก้ไขกระบวนการหรือขั้นตอนที่เป็นเหตุให้เกิดความเสียหาย ซึ่งส่วนหนึ่งของขั้นตอนในการวินิจฉัยนั้น จะอาศัยการถ่ายภาพงานฮาร์ดดิสก์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนความละเอียดสูง เพื่อนำมาพิจารณาว่าลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากอะไร โดยในปัจจุบันกระบวนการตรวจสอบดังกล่าวยังคงอาศัยความสามารถของผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ภาพถ่ายของรอยตำหนิ ซึ่งอาจเป็นวิเคราะห์จากประสบการณ์เพียงอย่างเดียว หรือโดยการเปรียบเทียบกับกรณีการวินิจฉัยที่ผ่านมา แต่เนื่องจากกรณีการวินิจฉัยในอดีตและภาพถ่ายรอยตำหนิที่เกี่ยวข้องปัจจุบันมีอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้เป็นการยากและเสียเวลามากในการค้นหาข้อมูลเพื่อนำมาเปรียบเทียบประกอบการวินิจฉัย

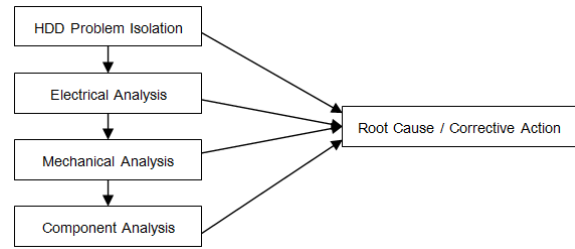
เนื้อหาของบทความนี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการพัฒนาระบบฐานข้อมูลและค้นคืนรูปภาพแบบออนไลน์สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานตรวจสอบและวินิจฉัยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งมีเป้าหมายในการพัฒนาระบบค้นคืนภาพถ่ายผิวงานฮาร์ดดิสก์โดยอาศัยตัวอย่างภาพที่ได้จากกรณีที่ต้องการวินิจฉัยหาสาเหตุ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการวินิจฉัยและลดความจำเป็นที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรือมีประสบการณ์ในการวินิจฉัยมาทำงานดังกล่าว โดยขอบเขตของบทความนี้ จะเป็นการนำเสนอระบบที่พัฒนาขึ้นในภาพรวม จากนั้นจะทำการอธิบายกระบวนการปรับปรุงและประมวลผลภาพขั้นต้น (image preprocessing) ที่จำเป็นสำหรับระบบดังกล่าว ภาพที่ผ่านการประมวลผลขั้นต้นจะถูกนำมาทำการคำนวณคุณลักษณะของรอยขีดข่วนบนผิวงานฮาร์ดดิสก์ ซึ่งเป็นร่องรอยที่สำคัญในอันที่จะจำแนกประเภทสาเหตุของความเสียหายว่ามาจากกระบวนการผลิตงานฮาร์ดดิสก์หรือกระบวนการประกอบ โดยในบทความนี้ จะได้นำเสนอเทคนิคการประมวลผลภาพขั้นต้นที่ใช้ในระบบดังกล่าว และการประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจจับเส้นด้วยวิธีการแปลงของฮัฟ (Hough Transform) สำหรับการ

สำคัญเพื่อการวินิจฉัยความเสียหายบนผิวงานฮาร์ดดิสก์

คำนวณคุณลักษณะสำคัญของรอยขีดข่วนบนผิวงานฮาร์ดดิสก์

2. การตรวจสอบสาเหตุความเสียหายในการผลิตฮาร์ดดิสก์

กระบวนการตรวจสอบสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ที่ผลิตขึ้นในโรงงานโดยทั่วไปมีหลายขั้นตอน เริ่มจากการวินิจฉัยเบื้องต้น การวินิจฉัยโดยอาศัยการตรวจสอบทางวงจรไฟฟ้า และการตรวจสอบโดยอาศัยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ ตลอดจนการตรวจสอบประเภทหรือองค์ประกอบของสารแปลกปลอม (contamination) ที่พบบนผิวงานฮาร์ดดิสก์ ซึ่งสาเหตุหลัก ๆ ของความเสียหาย อาจจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ อันได้แก่ ความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ และความเสียหายที่เป็นผลมาจากการกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ สำหรับความเสียหายประเภทแรกอาจมีสาเหตุได้หลายประการ อาทิเช่น ความผิดพลาดในการประกอบ ทำให้หัวอ่านฮาร์ดดิสก์กระแทกกับผิวงาน เครื่องมือหรือเครื่องจักรกระทบถูกผิวงาน หรือสิ่งแปลกปลอมในโรงงานประกอบหลุดเข้าไปอยู่ในฮาร์ดดิสก์ ส่วนความเสียหายที่เกิดจากการผลิตฮาร์ดดิสก์อาจเกิดได้จากหลายขั้นตอนในกระบวนการผลิต เช่น สิ่งแปลกปลอมเข้าไปแทรกตัวในชั้นของสารที่เคลือบบนจาน กระบวนการเคลือบสารที่มีข้อบกพร่อง หรือในขั้นตอนของการขัดผิวงาน เป็นต้น ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นกับผิวงานดังกล่าว ในอันที่จะจำแนกว่ามีสาเหตุมาจากส่วนใด (การประกอบ หรือการผลิตงาน) โดยทั่วไปจำเป็นต้องอาศัยการวินิจฉัยจากภาพถ่าย หรือการวิเคราะห์สารแปลกปลอม สำหรับในงานวิจัยนี้ มีขอบเขตของการพัฒนาระบบช่วยวินิจฉัยสำหรับใช้ในขั้นตอนของการวิเคราะห์จากภาพถ่ายงานฮาร์ดดิสก์



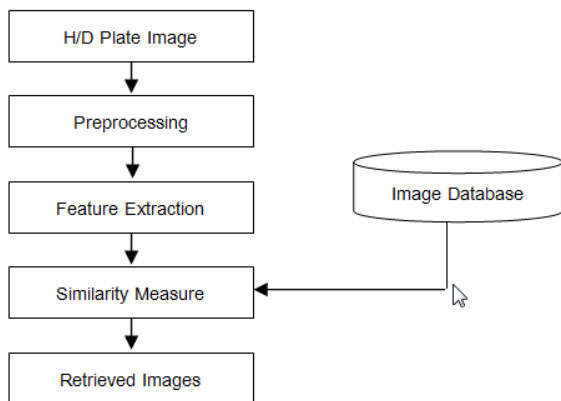
รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิเคราะห์และระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อฮาร์ดดิสก์

3. ภาพรวมการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการค้นคืนภาพถ่ายผิวงานฮาร์ดดิสก์โดยใช้ตัวอย่างภาพ

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทนำ วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยซึ่งส่วนหนึ่งของเนื้อหาการวิจัยได้อธิบายในบทความฉบับนี้ คือการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการค้นคืนภาพถ่ายผิวงานฮาร์ดดิสก์จากคลังฐานข้อมูลภาพและผลการวินิจฉัยในอดีต เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับภาพผิวงานฮาร์ดดิสก์ที่ต้องการวินิจฉัยสาเหตุ โดยลักษณะสำคัญของระบบดังกล่าวคือการนำเอาหลักการและเทคนิคการค้นคืนภาพโดยใช้เนื้อหาจากตัวอย่างภาพ (content-based image retrieval) [1-2] มาประยุกต์ใช้ โดยการใช้เทคนิคดังกล่าวทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องป้อนคำค้นเป็นข้อความเหมือนระบบการค้นคืนสารสนเทศโดยทั่วไป หากแต่อาศัยภาพถ่ายจากกรณีที่ต้องการวินิจฉัย ให้ระบบทำการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญในภาพ (เช่น พื้นผิวหรือลวดลาย ความสว่าง รูปทรง ฯลฯ) [3-4] แล้วนำไปเปรียบเทียบกับภาพที่มีอยู่ในฐานข้อมูล เพื่อเลือกภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกันออกมาแสดง พร้อมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (เช่น ผลการวินิจฉัยสำหรับแต่ละภาพที่ค้นคืนมาแสดง) ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยสาเหตุความเสียหายของภาพตัวอย่างดังกล่าว ภาพรวมของระบบค้นคืนภาพฯ แสดงดังในรูปที่ 2

สำคัญเพื่อการวินิจฉัยความเสียหายบนผิวงานฮาร์ดดิสก์

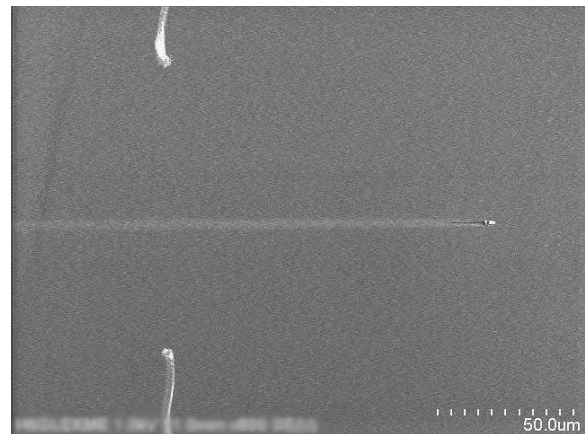
จากรูป ตัวอย่างภาพ (H/D plate image) ถูกป้อนเข้าสู่ระบบโดยผู้ใช้งาน (ในทางปฏิบัติ คือเป็นการเลือกไฟล์รูปภาพที่ต้องการใช้เป็นตัวอย่างภาพ ผ่านทางหน้าจอค้นหาของระบบ) ภาพดังกล่าวจะถูกนำไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้น จากนั้นจะนำมาผ่านกระบวนการระบุตำแหน่งของแถบข้อความบริเวณด้านล่างของรูปภาพ (ดูรูปที่ 3 ประกอบ รายละเอียดจะได้อธิบายต่อไป) จากนั้นภาพที่ตัดส่วนของแถบข้อความดังกล่าวแล้ว จะนำไปผ่านกระบวนการดึงคุณลักษณะสำคัญของภาพ (feature extraction) เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคุณลักษณะสำคัญของภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล (similarity measure) ผลที่ได้จะนำไปใช้ในการคัดเลือกภาพที่คล้ายคลึงกันออกมาแสดงต่อผู้ใช้งาน



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของระบบค้นคืนภาพถ่ายผิวงานฮาร์ดดิสก์จากตัวอย่างภาพ

บทความฉบับนี้นำเสนอผลการศึกษาและพัฒนาใน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของการประมวลผลภาพขั้นต้น เพื่อระบุตำแหน่งของแถบข้อความ และดึงข้อมูลกำลังขยายในการถ่ายภาพจากแถบข้อความ และส่วนของการดึงคุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับรอยขีดข่วนบนผิวงานฮาร์ดดิสก์ (คุณลักษณะอื่น ๆ ที่ใช้ในระบบนี้ เช่น ลวดลาย หรือรูปทรง จะไม่ขอกล่าวถึงในที่นี้) สำหรับในส่วนแรก ที่

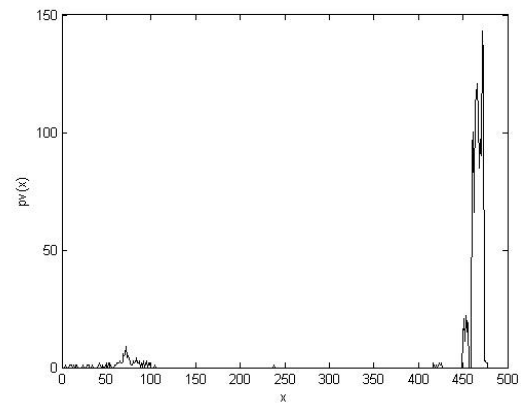
เกี่ยวข้องกับแถบข้อความด้านล่างของภาพ หากพิจารณาจากตัวอย่างในรูปที่ 3 จะพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มข้อความเพื่อบ่งบอกกำลังขยาย (กลุ่มข้อความและขีดบอกสเกลมุมขวาล่าง) และกลุ่มข้อความเพื่อระบุรายละเอียดที่เกี่ยวกับโหมดของการถ่ายภาพ ตลอดจนข้อมูลประกอบอื่น ๆ (กลุ่มข้อความบริเวณมุมล่างซ้าย) วัตถุประสงค์ของกระบวนการระบุตำแหน่งแถบข้อความ คือเพื่อที่จะตัดส่วนของภาพดังกล่าวออกไปจากส่วนของภาพที่เหลือ ไม่ให้มีผลต่อกระบวนการที่ตามมา อันได้แก่การดึงและการเปรียบเทียบคุณลักษณะสำคัญ นอกจากนี้เมื่อทราบตำแหน่งของแถบข้อความแล้ว ทำให้สามารถนำผลที่ได้ไปทำการระบุกำลังขยายที่ใช้ในการถ่ายภาพดังกล่าว โดยอาศัยขีดบอกมาตราส่วนภาพและข้อความระบุกำลังขยายบริเวณมุมล่างขวาในภาพ ข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญเนื่องจากภาพที่ถ่ายที่กำลังขยายแตกต่างกัน จะแสดงรายละเอียดและคุณลักษณะสำคัญที่แตกต่างกัน หากไม่ทราบข้อมูลดังกล่าว จะทำให้การเปรียบเทียบคุณลักษณะสำคัญมีความคลาดเคลื่อนได้มาก



รูปที่ 3 ตัวอย่างภาพงานฮาร์ดดิสก์ที่ถ่ายโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ความละเอียดสูง

สำหรับในกรณีของส่วนการดึงคุณลักษณะสำคัญจากภาพ ในบทความนี้จะนำเสนอการคำนวณคุณลักษณะ

สำคัญของรอยขีดข่วนบนผิวงานฮาร์ดดิสก์ ที่อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการกระทบกันของหัวอ่านและจาน หรือเกิดจากความเสียหายที่เกิดขึ้นบนจานฮาร์ดดิสก์ หรือจากสารแปลกปลอมที่หลุดไปเกาะอยู่บนผิวงาน โดยการดึงคุณลักษณะสำคัญดังกล่าว จะอาศัยการคำนวณการแปลงของฮัฟ ฟูรีเยสทั้ง 2 ส่วนจะได้อธิบายในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างของค่า $p_v(x)$ ที่คำนวณได้

4. การระบุตำแหน่งแถบข้อความและกำลังขยาย

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่าขั้นตอนย่อยที่สำคัญอันหนึ่งในการประมวลผลภาพขั้นต้น คือระบุตำแหน่งของแถบข้อความ และดึงข้อมูลกำลังขยายในการถ่ายภาพจากแถบข้อความ ซึ่งวิธีการในการระบุตำแหน่งของแถบข้อความในงานวิจัยนี้สรุปเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

1. จากภาพเริ่มต้น $I(x, y)$ ที่เป็นภาพสีเทาหลายระดับ (grayscale image) ขนาด $M \times N$ (M คือจำนวนพิกเซลในแนวดิ่ง) ทำการแปลงภาพให้เป็นภาพขาวดำ (black and white) $J(x, y)$ โดยอาศัยค่าเทรชโฮลด์ (threshold) ที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับความสว่างของข้อความส่วนใหญ่ในคลังภาพ (ซึ่งมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงค่าสูงสุด)
2. ทำการคำนวณโปรไฟล์ของภาพในแนวดิ่ง (vertical profile) จากสมการต่อไปนี้ [5-6]

$$p_v(x) = \sum_{y=0}^N J(x, y) \quad (1)$$

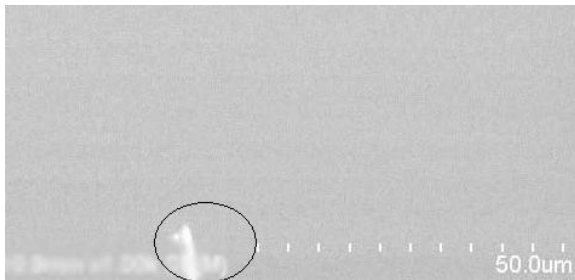
3. จากค่า $p_v(x)$ ทำการตรวจสอบบริเวณในภาพที่มีค่าสูงกว่าค่าเทรชโฮลด์ที่กำหนด (ในที่นี้ นำค่าเฉลี่ยความสว่างของพื้นที่ด้านล่างสุดในภาพ และค่าเฉลี่ยความสว่างของบริเวณที่คาดว่าจะพบแถบตัวอักษร มาใช้ในการคำนวณ) เพื่อระบุตำแหน่งของแถบตัวอักษร

จากตำแหน่งของแถบตัวอักษรที่คำนวณได้ด้วยวิธีการข้างต้น ขั้นตอนต่อจากนี้จะเป็นการระบุกรอบของตัวอักษรแต่ละตัว (bounding box) โดยเฉพาะตัวอักษรด้านขวาล่าง เพื่อนำไปทำการรู้จำตัวอักษรที่ระบุค่ากำลังขยายที่ใช้ต่อไป (ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการเปรียบเทียบตัวอักษรจากต้นแบบ หรือ template matching ในการรู้จำ)

อย่างไรก็ดีนอกจากการรู้จำตัวอักษรที่ระบุค่ากำลังขยายดังกล่าวแล้ว ยังจำเป็นต้องรู้ขนาดความยาวโดยรวมของแถบกำหนดมาตราส่วน (ขีดที่อยู่เหนือตัวอักษรด้านล่างขวา) โดยจำเป็นต้องทราบความยาวในหน่วยพิกเซลระหว่างขีดซ้ายสุดไปจนถึงขีดที่อยู่ทางขวาสุด เพื่อว่าเมื่อใช้ข้อมูลดังกล่าวประกอบกับตัวเลขกำลังขยายแล้ว จะสามารถเปรียบเทียบมาตราส่วนในหน่วยพิกเซลได้ ปัญหาของการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าดังกล่าว เกิดจากการที่ในบางครั้งรอยดำในภาพบางส่วนมีตำแหน่งอยู่บริเวณขอบด้านล่างของภาพ (ดูตัวอย่างในรูปที่ 5) ทำให้การใช้วิธีการคำนวณโปรไฟล์ของภาพในแนวนอน (horizontal profile) ตามปกติ อาจทำให้การกำหนดตำแหน่งของขีดบอกมาตราส่วนโดยเฉพาะทางด้านซ้ายสุดผิดพลาดได้ อันจะทำให้การคำนวณมาตราส่วนผิดพลาดไปด้วย ใน

สำคัญเพื่อการวินิจฉัยความเสียหายบนผิวงานฮาร์ดดิสก์

งานวิจัยนี้ แก้ปัญหาดังกล่าวโดยอาศัยค่าโปรไฟล์ของภาพในแนวนอน ประกอบกับความจริงที่ว่าระยะห่างระหว่างขีดที่อยู่ติดกันค่อนข้างคงที่หรือเท่า ๆ กัน มาใช้ในการจำแนกแยกแยะระหว่างเส้นที่เกิดจากภาพที่ถ่าย และขีดที่เป็นตัวแสดงมาตราส่วนในการถ่ายภาพ ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างของภาพ ที่มีส่วนที่เป็นเส้นอันเกิดจากรอยขีดบนผิวงานซึ่งมีตำแหน่งในแนวเดียวกับขีดบอกมาตราส่วน

5. การคำนวณคุณลักษณะสำคัญของรอยขีดข่วนบนผิวงานฮาร์ดดิสก์

หลังจากภาพตัวอย่างได้ผ่านกระบวนการระบุตำแหน่งของแถบข้อความ และคำนวณกำลังการขยายที่กล้องจุลทรรศน์ใช้ในการถ่ายภาพแล้ว ภาพที่ตัดส่วนของแถบข้อความออกแล้วจะถูกนำมาคำนวณหาคุณลักษณะสำคัญเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับคุณลักษณะสำคัญของภาพในฐานข้อมูลที่มีอยู่เดิม ซึ่งจากการวิเคราะห์สาเหตุและลักษณะความเสียหาย คุณลักษณะสำคัญที่ถูกเลือกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ เส้นหรือรอยขีดข่วน ลักษณะรูปทรงของร่องรอยความเสียหาย และลักษณะลวดลาย (texture) ของบริเวณที่เกิดความเสียหาย โดยในส่วนของเส้นหรือรอยขีดข่วน การคำนวณหาคุณลักษณะดังกล่าว จะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- 1) คำนวณค่าคุณลักษณะสำคัญที่บ่งบอกว่ามีเส้นหรือรอยขีดข่วนในภาพหรือไม่
- 2) คำนวณค่าคุณลักษณะสำคัญที่บ่งบอกทิศทางหรือความชันของเส้นหรือรอยขีดข่วน
- 3) คำนวณค่าคุณลักษณะสำคัญเพื่อบ่งบอกลักษณะของจุดปลายของเส้นหรือรอยขีดข่วน

ในงานวิจัยนี้การคำนวณหาคุณลักษณะสำคัญตามข้อ 1) และ 2) ข้างต้น จะอาศัยหลักการการแปลงของฮัฟด้วยวิธีการที่เรียกว่า Generalized Hough Transform (GHT) [7] ซึ่งเป็นวิธีการแปลงของฮัฟแบบหนึ่งที่สามารถใช้กับรูปภาพสีเทาหลายระดับได้โดยตรง ค่าที่คำนวณได้ประกอบไปด้วย ค่าระดับการแปลง และตำแหน่งของแต่ละค่าระดับการแปลง ซึ่งระบุเป็นองศาความชันของเส้นและระยะห่างของเส้นตรงนั้น ๆ จากจุดศูนย์กลางหรือจุดอ้างอิงในภาพ ค่าระดับการแปลงจะถูกนำมาใช้เป็นตัวคุณลักษณะสำคัญของเส้นตรงตามข้อ 1) ข้างต้น ส่วนตำแหน่งของค่านั้น ๆ ถูกนำมาใช้เป็นตัวคุณลักษณะสำคัญตามข้อ 2)

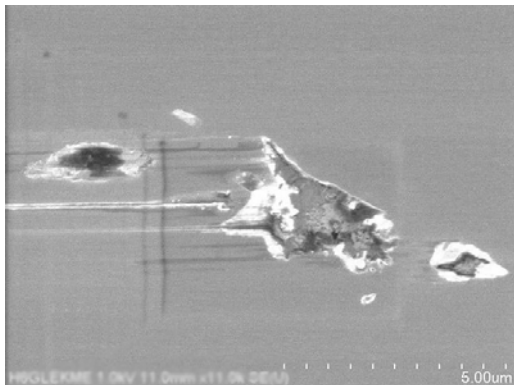
โดยเหตุที่การถ่ายภาพด้วยระดับกำลังขยายที่แตกต่างกัน จะให้ภาพรอยความเสียหายที่แตกต่างกันอย่างมากระหว่างนั้นในการหาคุณลักษณะสำคัญต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงคุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับเส้นหรือรอยขีดข่วนดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องทราบกำลังขยายที่ใช้ในการถ่ายภาพแต่ละภาพที่นำมาหาคุณลักษณะสำคัญ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้อาศัยการหาค่ากำลังขยายด้วยการประมวลผลข้อความและขีดบอกมาตราส่วนในภาพ ดังที่ได้อธิบายไปแล้วในหัวข้อ

สำคัญเพื่อการวินิจฉัยความเสียหายบนผิวงานฮาร์ดดิสก์

ที่ผ่านมา สำหรับกรณีของคุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับเส้นหรือรอยขีดข่วน พบว่าขนาดกำลังขยายที่พอเหมาะสำหรับคุณลักษณะข้อ 1) และ 2) ข้างต้น คือภาพที่มีตัวเลขกำกับกำลังขยายที่อยู่ระหว่าง $50\ \mu\text{m}$ – $100\ \mu\text{m}$ ส่วนภาพที่เหมาะสมสำหรับคุณลักษณะข้อ 3) และคุณลักษณะในหมวดอื่น ๆ ที่เหลือ คือภาพที่มีตัวเลขกำกับกำลังขยายที่อยู่ระหว่าง $50\ \text{nm}$ – $10\ \mu\text{m}$ (รูปที่ 6 ประกอบ)



(ก)



(ข)

รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างรายละเอียดของภาพที่แตกต่างกันเมื่อใช้กำลังขยายต่างกัน ก) เส้นหรือรอยขีดข่วนที่เห็นได้เมื่อกำลังขยายต่ำ ข) รูปร่างและลวดลายของปลายเส้นที่เห็นได้เมื่อกำลังขยายสูง

6. ผลการทดสอบ

การทดสอบวิธีการที่ได้อธิบายไปในหัวข้อที่ผ่านมาประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่

- 1) การทดสอบการระบุตำแหน่งของแถบข้อความในภาพ
- 2) การทดสอบการรู้จำตัวอักษรบอกกำลังขยายและขีดบอกมาตราส่วนของภาพ
- 3) การทดสอบการคำนวณคุณลักษณะสำคัญของเส้นหรือรอยขีดข่วนในภาพ

ผลการทดสอบโดยใช้ภาพตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 30

ภาพ พบว่าสามารถระบุตำแหน่งและคำนวณกำลังขยายของภาพได้อย่างถูกต้อง 100% ทุกภาพ สำหรับการทดสอบในส่วนที่ 3 พบว่าบางภาพที่เกิดการขีดข่วนที่ค่อนข้างตื้น (slight scratch) วิธีการคำนวณคุณลักษณะสำคัญตามที่เสนอไม่สามารถตรวจสอบได้ (พบกรณีดังกล่าว 2 จาก 30 ภาพ หรือประมาณ 7% ของภาพตัวอย่างที่นำมาทดสอบ) อย่างไรก็ตามในกรณีนี้ อาจเกิดจากข้อจำกัดด้านความละเอียดในภาพที่บันทึกได้ เนื่องจากการสังเกตด้วยสายตา โดยการปรับคุณภาพของภาพดังกล่าวด้วยโปรแกรมปรับแต่งภาพ ก็ไม่สามารถมองเห็นร่องรอยของความเสียหายแต่อย่างใด

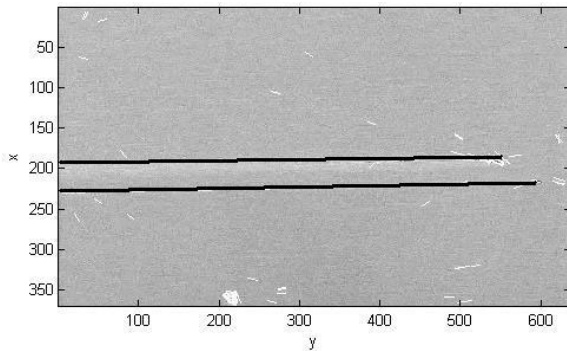


(ง)



(จ)

สำคัญเพื่อการวินิจฉัยความเสียหายบนผิวงานฮาร์ดดิสก์



(ค)

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบด้วยภาพต้นฉบับในรูปที่ 6 ก) ส่วนของภาพซึ่งตัดออกมาโดยใช้ผลการคำนวณตำแหน่งของแถบข้อความ ข) ผลการระบุขีดเริ่มต้นและสิ้นสุดของมาตราส่วนภาพเพื่อใช้ประกอบกับข้อมูลตัวอักษรในการระบุกำลังขยายที่ใช้ (แสดงด้วยเส้นตรงในแนวนิ่ง) ค) ผลการตรวจจับเส้นหรือรอยขีดข่วนในภาพ แสดงด้วยเส้นตรงสีดำที่ทาบบนตำแหน่งของรอยขีด (ข้อมูลที่ใช้เก็บเป็นค่าคุณลักษณะสำคัญ คือค่าความสว่างรวมของพิกเซลในแนวเส้นตรงที่ตรวจจับได้ ระยะห่าง และความชันของแต่ละเส้น)

7. สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยฉบับนี้ ได้นำเสนอผลการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพและการดึงคุณลักษณะสำคัญจากภาพ อันเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบค้นคืนภาพจากตัวอย่างภาพ เพื่อใช้ในการช่วยวินิจฉัยหาสาเหตุความเสียหายที่เกิดกับผิวงานฮาร์ดดิสก์ โดยในส่วนของกระบวนการประมวลผลขั้นต้น ได้อธิบายถึงเทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อการระบุตำแหน่งของแถบข้อความซึ่งซ่อนอยู่บนภาพ และการหาค่ากำลังขยายที่ใช้ในการถ่ายภาพ อันจะเป็นประโยชน์ในกระบวนการดึงคุณลักษณะสำคัญจากภาพ และการเปรียบเทียบคุณลักษณะสำคัญเพื่อการค้นคืนภาพจากตัวอย่างภาพต่อไป

ในส่วนของการกระบวนการดึงคุณลักษณะสำคัญจากภาพ บทความฉบับนี้ได้อธิบายวิธีการที่ใช้ในระบบค้นคืนภาพนี้เพื่อการดึงคุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเส้นหรือร่องรอยการขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนผิวงานฮาร์ดดิสก์ สำหรับ

งานวิจัยที่จะทำต่อไปภายใต้โครงการวิจัยนี้ ได้แก่การคำนวณเพื่อดึงคุณลักษณะสำคัญอื่น ๆ จากภาพ และกระบวนการเปรียบเทียบคุณลักษณะสำคัญของภาพตัวอย่างกับของภาพที่อยู่ในคลังข้อมูล เพื่อค้นคืนภาพและผลการวินิจฉัยกรณีที่ผ่านมาแล้ว เพื่อให้การทำงานครบสมบูรณ์ทุกกระบวนการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณไพรัตน์ ฐานะสุนทรฤกษ์ วิศวกรบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของบริษัททุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลเกี่ยวกับฮาร์ดดิสก์ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่องานวิจัย โดยงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยรหัส HDD-01- (HGST-IU-PE0850) ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ritendra Datta, Dhiraj Joshi, Jia Li and James Z. Wang, "Image Retrieval: Ideas, Influences, and Trends of the New Age," *ACM Computing Surveys*, vol. 40, no. 2, article 5, pp. 1-60, 2008.
- [2] F. Long, H.J Zhang, D. D Feng, "Fundamentals of content-based image retrieval," *Multimedia Information Retrieval and Management*, Springer, Berlin, 2003.
- [3] Dong-Chen HE and Li Wang, "Texture Unit, Texture Spectrum, and Texture Analysis," *IEEE Trans .On Geosciences and Remote Sensing*, Vol. 28, No. 4, pp. 509-512, 1990.

- [4] R. M. Haralick, K. Shanmugam and I. Dinstein, "Texture Feature for Image Classification," *IEEE Trans. On Systems Man Cybernetics*, p.610-621, 1973.
- [5] T. Acharya, and A. K. Ray, *Image Processing: Principles and Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [6] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd Ed. New Jersey: Prentice -Hall, Inc., 2002.
- [7] D. H. Ballard, "Generalizing the Hough Transform to detect arbitrary shapes," *Pattern Recognition*. 13(2), pp. 111-122, 1981.