

โปรแกรมจำแนกรอยขีดข่วนในสื่อบันทึกข้อมูลแบบแม่เหล็ก

Application of Scratch Field Pattern Classification
In Hard Disk Drive



รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

โปรแกรมจำแนกรอยขีดข่วนในสื่อบันทึกข้อมูลแบบแม่เหล็ก
Application of Scratch Field Pattern Classification
In Hard Disk Drive



600268248

b. 12550032
i.

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 147130
วันเดือนปี 3 ก.ค. 2560

รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION OF SCRATH FIELD PATTERN CLASSIFICATION
IN HARD DISK DRIVE



AN INTERNSHIP REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MANUFACTURING SYSTEM ENGINEERING
COLLEGE OF ADVANCED MANUFACTURING INNOVATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา

โปรแกรมจำแนกรอยขีดข่วนในสื่อบันทึกข้อมูลแบบแม่เหล็ก

Application of Scratch Field Pattern Classification in Hard
Disk Drive

นักศึกษา

นางสาวพิมานมาศ กาหลง

รหัสนักศึกษา

55120020

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมระบบการผลิต

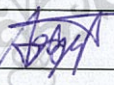
พ.ศ.

2558

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.จตุพร ทองศรี

วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง อนุมัติให้สหกิจศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.จตุพร ทองศรี	
นายบัณฑิต ดวงชาทม	Bundit Duangchatom
นายจักรพันธ์ การณกิตติสาร	Jakkarn Jitkittisart
นายศิริวัฒน์ เวนัย	ศิริวัฒน์ เวนัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา	โปรแกรมจำแนกรอยขีดข่วนในสื่อบันทึกข้อมูลแบบแม่เหล็ก
นักศึกษา	นางสาวพิมานมาศ กาหลง
รหัสนักศึกษา	55120020
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบการผลิต
พ.ศ.	2558
อาจารย์นิเทศ	ดร.จตุพร ทองศรี
ผู้นิเทศงาน	บัณฑิต ดวงชาทม
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจัดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับจัดเก็บข้อมูลที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และเพื่อให้ตอบสนองต่อเทคโนโลยีที่เติบโตอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ผู้ประกอบการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจำเป็นต้องหาแนวทางในการเพิ่มความจุเพื่อตอบสนองต่อเทคโนโลยีต่างๆ ในการเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำให้ในกระบวนการผลิตมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ผลที่ตามมาคือความผิดพลาดในกระบวนการผลิตที่มากขึ้น หนึ่งในนั้นคือความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากแผ่นบันทึกข้อมูลที่มีความเสียหายมากจะมีพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลที่น้อยลง ดังนั้นเพื่อตอบสนองต่อการเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องลดความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลที่เกิดขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องทราบถึงสาเหตุเพื่อลดปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

ในรายงานนี้กล่าวถึงการจำแนกประเภทของความเสียหายและสาเหตุที่ทำให้เกิดขึ้น โดยใช้ระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งความเสียหายในรายงานฉบับนี้ถูกจำแนกออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ ความเสียหายประเภทรอยยุบตัว ความเสียหายประเภทกระจายตัวเต็มพื้นที่ ความเสียหายประเภทกระจายตัวเต็มพื้นที่แต่ไม่ครบวง ความเสียหายประเภทจับกลุ่มเป็นวงแหวน ความเสียหายประเภทกันหอย และความเสียหายประเภทรอยขีด เนื่องจากความเสียหายแต่ละประเภทมีรูปแบบการกระจายตัวที่มี

ลักษณะเฉพาะ ดังนั้นจึงใช้หลักการแบ่งพื้นที่ของแผ่นบันทึกข้อมูลออกเป็นโซนต่างๆ เพื่อพิจารณาการกระจายตัวและตำแหน่งของความเสียหายที่เกิดขึ้นว่าสอดคล้องกับความเสียหายประเภทใด

ผลการจำลองพบว่าระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ที่ออกแบบนั้นสามารถจำแนกประเภทของความเสียหายได้จริงคิดเป็นร้อยละ 81.67 โดยระเบียบวิธีมีดังต่อไปนี้ 1) ระเบียบวิธี Cluster ใช้จำแนกความเสียหายประเภทรอยยุบตัว 2) ระเบียบวิธี Scratch ใช้จำแนกความเสียหายประเภทรอยขีด 3) ระเบียบวิธี Symmetry ใช้จำแนกความเสียหายประเภทกระจายตัวเต็มพื้นที่ ความเสียหายประเภทกระจายตัวเต็มพื้นที่แต่ไม่ครบวง ความเสียหายประเภทจับกลุ่มเป็นวงแหวน และความเสียหายประเภทกั้นหอย เนื่องจากในปัจจุบันการแยกประเภทความเสียหายนั้นใช้เวลาค่อนข้างมากแตเมื่อนำระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบมาใช้ พบว่าการจำแนกความเสียหายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและนอกจากนั้นยังสามารถลดระยะเวลาลงได้อย่างมาก ซึ่งที่กล่าวมาเป็นเพียงความเสียหายที่พบโดยส่วนมากเท่านั้นแต่ยังมีความเสียหายประเภทอื่นที่อาจเกิดขึ้นจากสาเหตุของกระบวนการผลิตอื่นๆ ได้ ดังนั้นต้องมีการออกแบบและปรับปรุงระเบียบวิธีเพื่อรองรับความเสียหายประเภทอื่นๆ ในลำดับต่อไป

คำสำคัญ รอยขีดข่วน, สื่อบันทึกข้อมูล

Thesis Title	Application of Scratch Field Pattern Classification in Hard Disk Drive
Student	Miss Phimanmat Kalong
Student ID	55120020
Degree	Bachelor of Engineering
Major	Manufacturing System Engineering
Year	2015
Advisor	Asst. Prof. Dr. Jatuporn thongsri
Mentor	Mr. Bundit Dounghatom
Company	Seagate Technology (Thailand) Ltd

Abstract

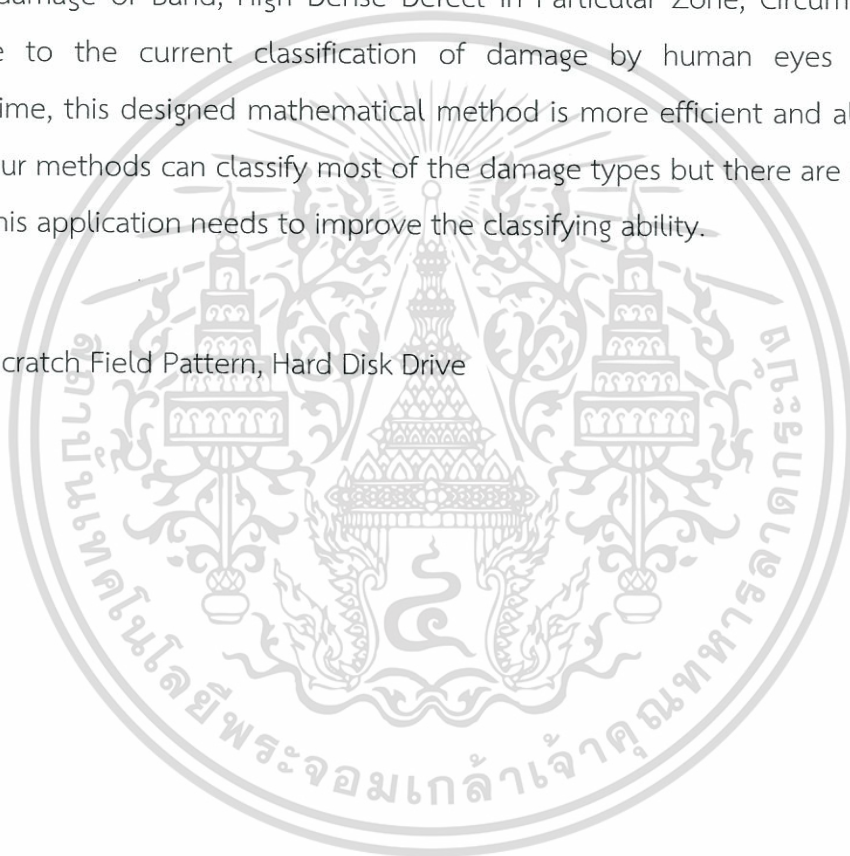
Hard Disk Drive is an electronic device for storing data which is widely used. And for responding to rapidly growing technology, manufacturers of hard disk drives need to find ways to increase hard disk drive capacity to respond to various technologies. To increase the capacity of the hard disk drive, making the production process even more complicated which makes more error in manufacturing process as a consequence. One of them is damage on the recording media which is a major obstacle to increase capacity on hard disk drive. Media damage causes less recording capacity. Therefore, to meet the increasing capacity of hard disk drives, there is a great need to reduce damage on recording media. It's necessary to know the cause for reducing problem effectively

This report describes classification of media damages and causes by using Mathematical Methods. Media damages in this report were classified into six types of Cluster, Band, High Dense Defect in Particular Zone, Circum, Spiral and Scratch fill Pattern. Due to every pattern has dispersion characteristics, the principle of the memory

space are divided into different zones to determine the distribution and location of the damage to comply with any type of damage.

Results showed the designed various mathematical methods can classify the damage to 81.67 percent. Methods are as follows: 1) Cluster method classifies Cluster Pattern. 2) Scratch method classifies Scratch fill Pattern. 3) Symmetry methods are used to identify damage of Band, High Dense Defect In Particular Zone, Circum and Spiral pattern. Due to the current classification of damage by human eyes takes long processing time, this designed mathematical method is more efficient and also reduces time. The four methods can classify most of the damage types but there are more other types that this application needs to improve the classifying ability.

KEYWORD Scratch Field Pattern, Hard Disk Drive



กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งแต่วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ.2558 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2558 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

ขอขอบคุณ ดร.จตุพร ทองศรี อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจ ที่ให้ความรู้และให้คำปรึกษาแนะนำดี ๆ และคอยผลักดันส่งเสริมโครงการงานสหกิจ รวมทั้งให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิตด้วยความเมตตาโดยตลอดและสละเวลาตรวจสอบแก้ไขให้รายงานมีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ พี่บัณฑิต ดวงชาทม, พี่จักรพันธ์ การุณกิตติสาร ที่ให้โอกาสในการศึกษาและคำแนะนำดี ๆ ทั้งในด้านการงานและการดำเนินชีวิต

ขอขอบคุณพี่ๆเพื่อนๆ นักศึกษาทุกท่านที่ให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ และยังคงคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด รวมถึงบุคลากรท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลเป็นที่ปรึกษา ในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแล และให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริงข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

พิมานมาศ กาหลง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง.....	2
1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	2
1.4 ขอบเขตของการทดลอง.....	2
1.5 วิธีดำเนินการ.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.7 การจัดทำรูปเล่มรายงาน.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive: HDD).....	4
2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	4
2.1.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	5
2.2 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	6
2.3 โครงสร้างของการจัดเรียงและการเก็บข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	9
2.4 หลักการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	11
2.5 รูปร่างของภาพ (Image Shape).....	12
2.6 มาตรฐานของสี.....	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 นอร์มัลไลเซชัน (Normalization).....	18
2.8 สัมประสิทธิ์การกำหนด (The Coefficient of determination).....	20
2.9 ระยะทาง (distance).....	23
2.10 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation).....	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
3.1 การวิเคราะห์ปัญหาของความเสียหายที่เกิดขึ้น บนแผ่นบันทึกข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	27
3.2 ผังการดำเนินงาน.....	32
3.3 การเตรียมข้อมูล.....	33
3.4 วิธีการจำแนกความเสียหายประเภท Cluster Pattern.....	33
3.5 วิธีการจำแนกความเสียหายประเภท Scratch Fill Pattern.....	35
3.6 วิธีการจำแนกความเสียหายประเภท Band Pattern, Circum Pattern, Spiral Pattern, High Dense Defect In Particular angle Pattern.....	40
3.7 แผนผังการทำงานของโปรแกรม.....	47
3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์ประเภทของความเสียหาย.....	48
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	49
4.1 ผลการทดลองของ Cluster Method.....	49
4.2 ผลการทดลองของ Scratch Method.....	51
4.3 ผลการทดลองของ Symmetry Method.....	55
4.4 ผลการทดลอง.....	62
บทที่ 5 สรุปผลการและข้อเสนอแนะ.....	64
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	64
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก.....	67
ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON.....	67
ประวัติผู้เขียน.....	95



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 รายละเอียดของส่วนประกอบในแต่ละกลุ่ม.....	42
4.1 ข้อมูลผลการทดลองค่า Δ Wedge	50
4.2 ข้อมูลผลการทดลองของค่า Δ Track	50
4.3 แบบที่ 1 ขนาด (กว้างxยาว) ของ Window เท่ากับ 20x13	51
4.4 แบบที่ 2 ขนาด (กว้างxยาว) ของ Window เท่ากับ 10x32	52
4.5 แบบที่ 3 ขนาด (กว้างxยาว) ของ Window เท่ากับ 25x26	52
4.6 แบบที่ 4 ขนาด (กว้างxยาว) ของ Window เท่ากับ 16x16	53
4.7 ค่าเฉลี่ยของ r-squared.....	54
4.8 จำนวน window ที่อยู่ติดกัน.....	54
4.9 ค่าDelta เท่ากับ 0.1	55
4.10 ค่าDelta เท่ากับ 0.2	56
4.11 ค่าDelta เท่ากับ 0.25.....	56
4.12 ค่าDelta เท่ากับ 0.3.....	57
4.13 ค่าDelta เท่ากับ 0.4.....	57
4.14 ค่าDelta เท่ากับ 0.5.....	58
4.15 ค่าDelta เท่ากับ 0.6	58
4.16 ค่าDelta เท่ากับ 0.7	59
4.17 ค่าDelta เท่ากับ 0.8	59
4.18 ค่าDelta เท่ากับ 0.9	60
4.19 ค่าDelta เท่ากับ 15.....	60
4.20 สรุปผลการทดลองของ Quarter	61
4.21 สรุปผลการทดลอง.....	62

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 3.5 นิ้วที่ใช้ในปัจจุบัน.....	4
2.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	5
2.3 ท่วงໂໝູ່ລຳค่าของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	7
2.4 การแบ่งแตรค เซ็กเตอร์ และไซลินเดอ์ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	10
2.5 หลักการทำงานโดยทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	11
2.6 ระบบสี HSV.....	15
2.7 ระบบสี HLS.....	16
2.8 เส้นถดถอย1.....	21
2.9 เส้นถดถอย2.....	22
2.10 เส้นถดถอยจากค่า R-Squared แตกต่างกัน.....	22
2.11 กราฟพีทาโกรัส.....	23
2.12 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต.....	24
3.1 ประเภทความเสียหายที่เกิดจากรอยยุบตัวบนแผ่นบันทึกข้อมูล (Cluster Pattern).....	29
3.2 ประเภทความเสียหายที่เกิดจากการกระจายตัวแบบเต็มพื้นที่บนแผ่นบันทึกข้อมูล (Band Pattern).....	28
3.3 ประเภทของความเสียหายที่เกิดจากการกระจายตัวแบบเต็มพื้นที่แต่ไม่ครบวงบนแผ่นบันทึกข้อมูล (High Dense Defect in Particular angle Pattern).....	29
3.4 ประเภทความเสียหายที่เกิดจากการกระจายตัวแบบวงแหวนบนแผ่นบันทึกข้อมูล(Circum Pattern).....	30
3.5 ประเภทความเสียหายที่เกิดจากการกระจายตัวแบบก้นหอยบนแผ่นบันทึกข้อมูล (Spiral Pattern).....	30
3.6 ประเภทความเสียหายที่เกิดจากการกระจายตัวแบบเส้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล (Scratch Fill Pattern).....	31
3.7 ผังการดำเนินงาน.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.8 ตำแหน่งที่ความเสียหายเกิดขึ้นมากที่สุด	34
3.9 การหาความกว้างของตำแหน่งที่เกิดความเสียหาย (Δ Track และ ความยาว (Δ Wedge).....	35
3.10 การทำงานของ Window Scan	36
3.11 รูปแบบของ Window	36
3.12 วิธีการสแกน window ในแนวแกน x.....	37
3.13 วิธีการสแกน window ในแนวแกน y.....	37
3.14 ความเสียหายในแต่ละ window (ก) ความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลมีปริมาณน้อยเกินไปและ (ข) ความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลมีปริมาณมากเกินไป	39
3.15 การหาระยะทาง (distance)	39
3.16 การแบ่งพื้นที่ของแผ่นบันทึกข้อมูล	41
3.17 แสดงการจับกลุ่มตำแหน่งความเสียหาย.....	41
3.18 การทำ normalization (ก) ก่อนทำ (ข) หลังทำ	43
3.19 การแบ่งตำแหน่งบนแผ่นบันทึกข้อมูล (ก) แบ่ง 8 ส่วน และ (ข) แบ่ง 16 ส่วนในแนว wedge และ 3 ส่วนในแนว track.....	45
3.20 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ชุด	46
3.21 แผนผังการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม	47
3.22 ขั้นตอนการวิเคราะห์ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล.....	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ซีเกต เทคโนโลยี (Seagate Technology (Thailand)) เป็นบริษัทชั้นนำในการออกแบบ ผลิต และแก้ไขปัญหาต่างๆ ในอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลหรือฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งรวมไปถึงผลิตภัณฑ์สำหรับระบบปฏิบัติการต่างๆ เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ศูนย์การจัดส่งข้อมูลไปยังเครือข่ายในองค์กรต่างๆ และระบบอินเทอร์เน็ต ในปัจจุบันความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี เพื่อตอบสนองกับเทคโนโลยีที่เติบโตอย่างรวดเร็ว แต่ในทางตรงกันข้ามก็มีความต้องการฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีขนาดเล็กลงเพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นจึงทำให้กระบวนการในการผลิตมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้การควบคุมความผิดพลาดในการผลิตมีประสิทธิภาพลดลง หนึ่งในนั้นคือการควบคุมคุณภาพของแผ่นบันทึกข้อมูล

คุณภาพของแผ่นบันทึกข้อมูล (media) มีผลอย่างมากต่อความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เนื่องจากบริเวณที่แผ่นบันทึกข้อมูลมีคุณภาพต่ำหรือเกิดความเสียหาย (media defect) นั้นจะไม่สามารถเขียนและอ่านข้อมูลที่บริเวณนั้นได้ ดังนั้นหากแผ่นบันทึกข้อมูลมีความเสียหายมากจะทำให้เสียพื้นที่ของแผ่นบันทึกข้อมูลโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งความเสียหายดังกล่าวมี 6 ประเภท โดยแต่ละประเภทเกิดจากสาเหตุที่แตกต่างกันดังนี้ 1) ความเสียหายประเภทรอยยุบตัว (cluster pattern) มีสาเหตุมาจากการยุบตัวของแผ่นบันทึกข้อมูลเนื่องจากการปลุกฟิล์มบางที่ไม่สมบูรณ์หรืออาจเกิดจากมีชิ้นส่วนของเครื่องจักรไปกระทบหรือสะกิดทำให้เกิดร่องรอยลึก 2) ความเสียหายประเภทรอยขีด (scratch pattern) มีสาเหตุมาจากการที่แผ่นบันทึกข้อมูลถูกลมพัดหรือขีดขีดทำให้เกิดเป็นรอยยาว 3) ความเสียหายประเภทกระจายตัวเต็มพื้นที่ (band pattern) มีสาเหตุมาจากหัวอ่าน-เขียนมีคุณภาพต่ำ ส่งผลให้การอ่านและเขียนข้อมูลมีปัญหา 4) ความเสียหายประเภทกระจายตัวเต็มพื้นที่แต่ไม่ครบวง (high dense defect in particular angle pattern) คล้ายกับลักษณะประเภทกระจายตัวเต็มพื้นที่ แต่มีส่วนที่แตกต่างคือ ความเสียหายจะไม่กระจายแบบเต็มวง ซึ่งสาเหตุยังคงมาจากหัวอ่าน-เขียนมีคุณภาพต่ำ 5) ความเสียหายประเภทจับกลุ่มเป็นวงแหวน (circum pattern) มีสาเหตุมาจากการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของตัวฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในบางตำแหน่งไม่เหมาะสม หรืออาจเกิดจากการที่หัวอ่าน-เขียนสัมผัสกับแผ่นบันทึกข้อมูลโดยตรง 6) ความเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียหายประเภทก้นหอย (spiral pattern) มีสาเหตุมาจากการที่หัวอ่าน-เขียนสัมผัสกับแผ่นบันทึกข้อมูลโดยตรง

ในรายงานฉบับนี้เสนอระเบียบวิธีที่ใช้ในการจำแนกประเภทความเสียหายของแผ่นบันทึกข้อมูลเพื่อการแก้ปัญหาที่ตรงจุด นั่นคือหากจำแนกได้ว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แต่ละตัวเกิดความเสียหายประเภทใด จะทำให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุหลักของความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ และทำการแก้ไขอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจำแนกประเภทความเสียหายจะอาศัยการแบ่งพื้นที่บนแผ่นบันทึกข้อมูล ซึ่งในรายงานฉบับนี้เสนอระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการจำแนกความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลทั้งหมด 4 แบบ ดังต่อไปนี้ 1) ระเบียบวิธี Cluster ใช้จำแนกความเสียหายประเภทรอยยุบตัว 2) ระเบียบวิธี Scratch ใช้จำแนกความเสียหายประเภทรอยขีด 3) ระเบียบวิธี Symmetry ใช้จำแนกความเสียหายประเภทกระจายตัวเต็มพื้นที่ ประเภทกระจายตัวเต็มพื้นที่แต่ไม่ครบวง ประเภทจับกลุ่มเป็นวงแหวน และประเภทก้นหอย ออกจากความเสียหายประเภทรอยยุบตัว และความเสียหายประเภทรอยขีด

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

- 1.2.1 เพื่อศึกษาประเภทของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล
- 1.2.2 วิเคราะห์และจำแนกประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

- 1.3.1 ใช้ Software Python และ Excel
- 1.3.2 แผ่นบันทึกข้อมูล (media) ที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบ 3.5 นิ้ว 7200 rpm

1.4 ขอบเขตของการทดลอง

- 1.3.1 ศึกษาความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลประเภท รอยยุบตัว รอยขีด กระจายตัวเต็มพื้นที่ กระจายตัวเต็มพื้นที่แต่ไม่ครบวง จับกลุ่มเป็นวงแหวน และก้นหอย
- 1.3.2 ศึกษาวิธีการทางคณิตศาสตร์และเพื่อวิเคราะห์และจำแนกความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 วิธีดำเนินการทดลอง

1.5.1 การดำเนินงาน

1. ศึกษาและเก็บข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวอย่าง
2. วิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อนำมากำหนดประเภทความเสียหาย
3. ศึกษาและออกแบบระเบียบวิธีที่เหมาะสมในการจำแนกประเภทความเสียหาย
4. พัฒนาโปรแกรมเพื่อนำมาวิเคราะห์ความเสียหาย
5. ทดสอบผลการจำแนกความเสียหายโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนา
6. วิเคราะห์และสรุปผล
7. เรียบเรียงเขียนรายงานและแก้ไขเพื่อเตรียมนำเสนอ

1.5.2 เครื่องมือที่ใช้

1. Software Python version 2.7

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ลดเวลาในการจำแนกความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลได้
- 1.6.2 สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.7 การจัดทำรูปเล่มรายงาน

รายงานนี้ประกอบด้วย 5 บท 1 ภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำ

บทที่ 2 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีดำเนินการทดลอง

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึงบทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive: HDD)

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หรือจานบันทึกแบบแข็ง เป็นสื่อบันทึกข้อมูลประเภทหนึ่ง (storage device) ถูกใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ เป็นหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลแบบถาวร ได้แก่ ระบบปฏิบัติการ ระบบการใช้งานของซอฟต์แวร์ โปรแกรมประยุกต์ และข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยข้อมูลเหล่านี้จะไม่สูญหายไปเมื่อปิดเครื่องไม่เหมือนกับแรมหรือหน่วยความจำชั่วคราว (Random Access Memory : RAM) ซึ่งจะเก็บข้อมูลได้ชั่วคราวในระหว่างเปิดเครื่องเท่านั้น ในปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สามารถพบได้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปไม่เฉพาะภายในคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงสินค้าอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ อีกด้วย เช่น เครื่องเล่นเอ็มพีทีรี (MP3) เครื่องบันทึกภาพดิจิทัล กล้องถ่ายรูป คอมพิวเตอร์ขนาดพกพา (Personal Digital Assistants: PDA) จานกระตังโทรศัพท์มือถือบางรุ่น



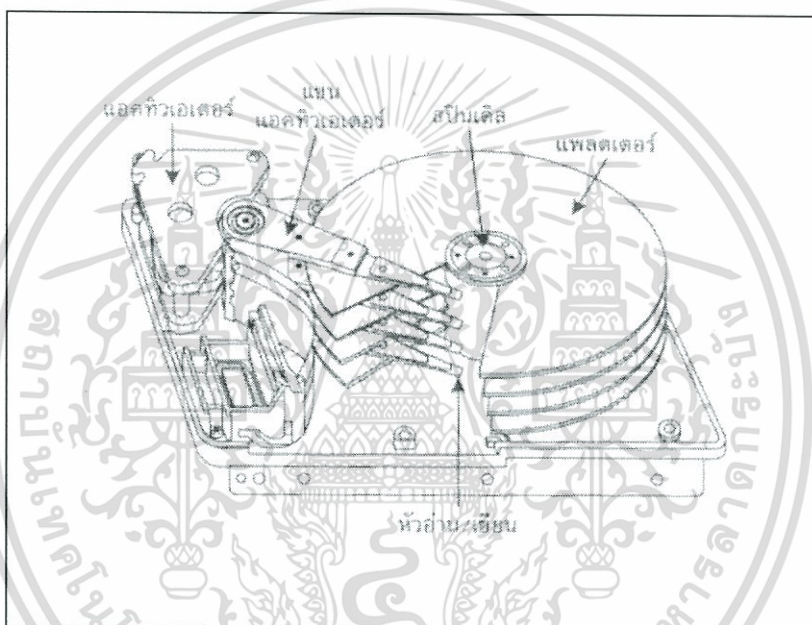
รูปที่ 2.1 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้วที่ใช้ในปัจจุบัน

(ที่มา: <http://www.cddiscount.co.th>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการเก็บข้อมูลเขียนอ่านที่ใช้สำหรับคอมพิวเตอร์ โดยฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประกอบไปด้วยส่วนประกอบมากมายซึ่งต่อกันด้วยระบบกลไกทางจักรกล ซึ่งรูปที่ 1 คือส่วนประกอบหลักๆ ประกอบไปด้วย แขนของหัวอ่าน (actuator arm) หัวอ่าน (head) แผ่นบันทึกข้อมูล (platters) มอเตอร์หมุน (spindle motor) อธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

(ที่มา: อ.อรรถพร จูทิม, 2553)

1. แขนของหัวอ่าน (actuator arm) ทำงานร่วมกับ stepping motor ในการหมุนแขนของหัวอ่านไปยังตำแหน่งที่เหมาะสม สำหรับการอ่าน-เขียนข้อมูล โดยมีคอนโทรลเลอร์ (controller) ทำหน้าที่แปลคำสั่งที่มาจากคอมพิวเตอร์ จากนั้นก็เลื่อนหัวอ่านไปยังตำแหน่งที่ต้องการ เพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูล และใช้หัวอ่านในการอ่านข้อมูล แต่ต่อมา stepping motor ได้ถูกแทนด้วย voice coil ที่สามารถทำงานได้เร็ว และแม่นยำกว่า

2. หัวอ่านบันทึกข้อมูล (recording head) เป็นส่วนที่ใช้ในการอ่าน-เขียนข้อมูล มีขนาดเล็กและมีความซับซ้อน จึงมีราคาแพง ภายในหัวอ่านมีลักษณะเป็น ขดลวด โดยในการอ่านเขียนข้อมูล คอนโทรลเลอร์ (controller) จะนำคำสั่งที่ได้รับมาแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าแล้วป้อนเข้าสู่ขดลวดทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเหนี่ยวนำทางแม่เหล็ก ไปเปลี่ยนโครงสร้างของสารแม่เหล็ก ที่ฉาบบนแผ่นบันทึกข้อมูล จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลขึ้น

3. แผ่นบันทึกข้อมูล (platters or media) จะมีลักษณะเป็นจานเหล็กกลมๆ ที่เคลือบสารแม่เหล็กวางซ้อนกันหลายๆชั้น (ขึ้นอยู่กับความจุ) และสารแม่เหล็กที่ว่าจะถูกเหนี่ยวนำให้มีสถานะเป็น 0 และ 1 เพื่อจัดเก็บข้อมูล โดยจานแม่เหล็กนี้จะติดกับมอเตอร์ที่ทำหน้าที่หมุนแผ่นจานเหล็กนี้

4. มอเตอร์หมุน (spindle motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้หมุนของแผ่นแม่เหล็ก ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อความเร็วในการหมุนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพราะยิ่งมอเตอร์หมุนเร็วหัวอ่านก็จะเจอข้อมูลที่ต้องการเร็วขึ้น ซึ่งความเร็วที่ว่าจะวัดกันเป็นรอบต่อนาที (Revolution Per Minute หรือย่อว่า RPM) ถ้าเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รุ่นเก่าจะหมุนด้วยความเร็วเพียง 3,600รอบต่อนาที ต่อมาพัฒนาเป็น 7,200รอบต่อนาที และปัจจุบันหมุนได้เร็วถึง 15,000รอบต่อนาที การพัฒนาให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หมุนเร็วจะได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น

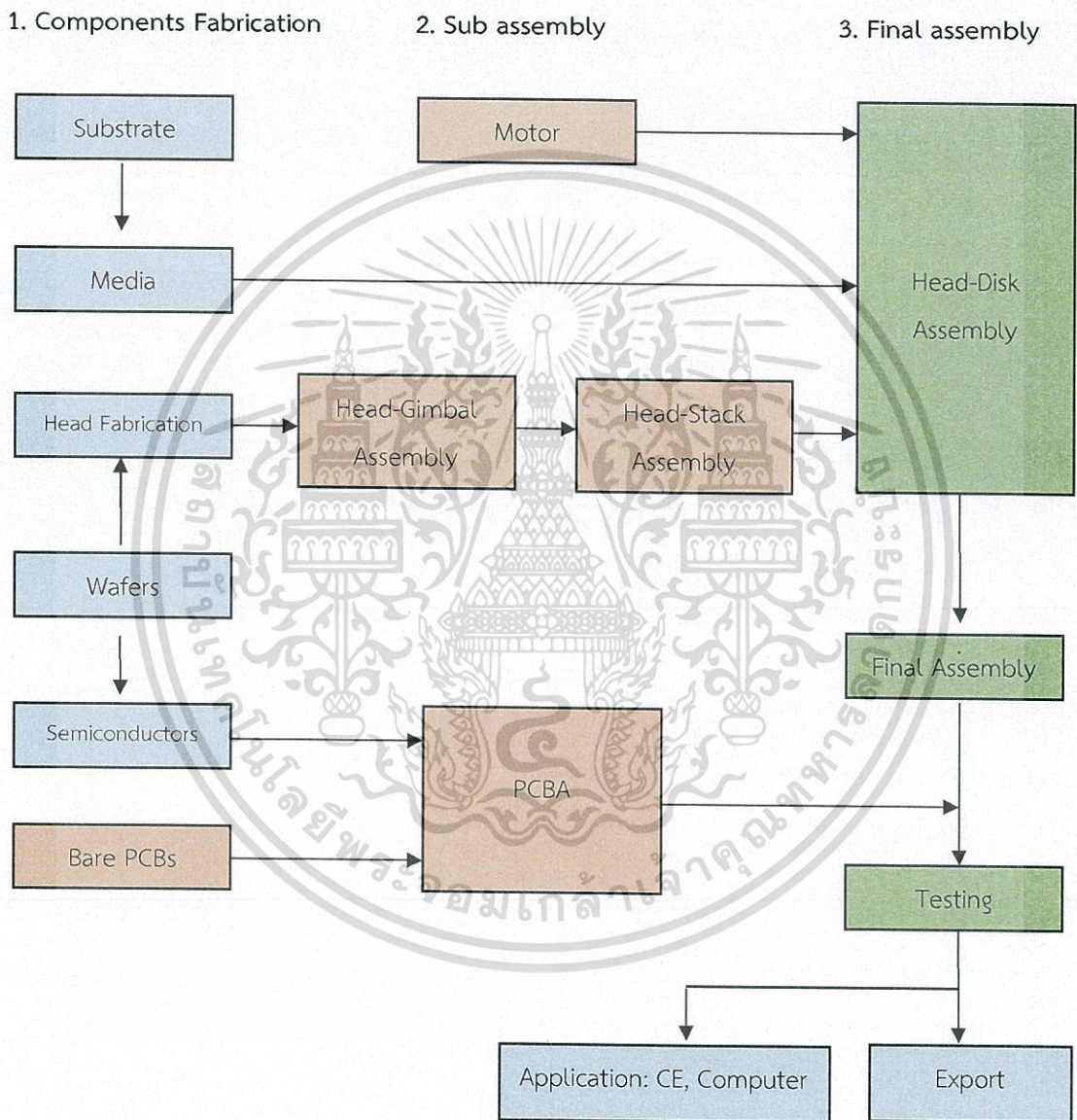
5. แอคชูเอเตอร์ (actuator) ซึ่งเป็นส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวอ่าน-เขียน ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีชื่อว่า Voice Coil Motor โดยเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปจนทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของสนามเหล็กจะทำให้หัวอ่าน-เขียนสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ทำการอ่าน-เขียน ซึ่งระยะทางที่หัวอ่านเคลื่อนที่นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปทำให้การเคลื่อนที่ของหัวอ่าน-เขียนทำได้อย่างรวดเร็วและมีความแม่นยำมากขึ้น

6. เคส (case) มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ใช้บรรจุกลไกต่างๆ ภายในแผ่นบันทึกข้อมูล เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการหยิบ จับ และป้องกันฝุ่นละออง

2.2 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ในกระบวนการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยหลักการคือ การนำอุปกรณ์ต่างๆของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มาประกอบเข้าด้วยกัน โดยเครื่องจักรอัตโนมัติภายในห้องที่มีการควบคุมปริมาณของฝุ่นละอองในมาตรฐานที่กำหนด เหตุที่ต้องใช้เครื่องจักรในการประกอบก็เพราะในกระบวนการประกอบนั้นจะต้องใช้ความแม่นยำที่สูงในการประกอบหรือยึดอุปกรณ์แต่ละชิ้นเข้าด้วยกันจะต้องมีการวัดและควบคุมทุกขั้นตอน เพราะยิ่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีความจุเพิ่มมากขึ้นเท่าไรความถูกต้องและความแม่นยำในการประกอบก็จะต้องเพิ่มมากขึ้นไปด้วยเช่นกันและเมื่อประกอบเสร็จอยู่ในรูปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แล้วกระบวนการต่อไปก็คือการประกอบแผ่นวงจรควบคุมหรือแผ่น PCBA เข้ากับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก่อนที่จะนำฮาร์ดดิสก์

ไดรฟ์ที่ผ่านการประกอบแผ่นวงจรควบคุมมาเรียบร้อยแล้วไปทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ ซึ่งแบ่งขั้นตอนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ออกเป็น 3 ส่วนคือ



รูปที่ 2.3 ห่วงโซ่มูลค่าของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

(ที่มา: สถาบันฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) Component Fabrication
- 2) Sub assembly
- 3) Final assembly Component fabrication

เป็นขั้นตอนในการผลิตส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากนั้นจะเป็นการประกอบย่อย เพื่อที่จะสร้างชิ้นส่วนที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในขั้นของ subassembly และท้ายที่สุดจะเป็นการ ประกอบขั้นสุดท้ายในขั้นของ final assembly ก่อนที่จะเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่อที่จะนำไปจำหน่ายต่อไป การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีกระบวนการที่สำคัญ 2 อย่าง คือ head disk assembly (HDA) และ printed circuit board assembly (PCBA) ซึ่งส่วนแรกจะเป็นส่วนการประกอบชุดหัวอ่านและเขียน แผ่นบันทึก ข้อมูล และส่วนประกอบที่เป็นทางด้าน mechanic ในขณะที่ส่วนที่สองจะเป็นการประกอบชิ้นส่วน ทางด้านวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ อื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

1. head disk assembly (HDA) ในการประกอบนั้นจะมีขั้นตอนดังนี้

1.1 component fabrication: โดยเริ่มจากผลิตชิ้นส่วนพื้นฐานต่างๆ เป็นการผลิตแผ่น wafer เพื่อที่จะทำหัวอ่าน (slider) ในกระบวนการของ head fabrication การผลิตแผ่นบันทึกข้อมูล media ซึ่งในที่นี้คือแผ่นบันทึกข้อมูล (hard disk platter or disk) ซึ่งผลิตจากแก้วที่ต้องทำเป็นพิเศษเคลือบด้วย สารแม่เหล็ก

1.2 sub assembly: ในส่วนของหัวอ่านนั้นจะมีการเชื่อม slider และ suspension เข้าด้วยกัน ในกระบวนการของ head gimbal assembly (HGA) และนำ HGA หลายอันมาวางซ้อนกันและ เชื่อมต่อกับ actuator หรือ มอเตอร์สำหรับการหมุนหัวอ่าน coil assembly และ flexible printed circuit (FPC) เพื่อประกอบเป็นระบบของหัวอ่านที่ซ้อนกันเป็นชั้นๆ ที่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ ใน กระบวนการของ head stack assembly (HSA) ในส่วนของการประกอบ actuator coil assembly และ FPC นั้นในบางทีก็เรียกว่า voice coil motor assembly (VCMA) นอกจากนี้ยังมีการประกอบ ชิ้นส่วนต่างๆของ spindle motor อีกด้วย

1.3 final assembly: หลังจากที่ได้ HSA, spindle motor base , cover, magnet และ แผ่น บันทึกข้อมูลจะมีการประกอบชิ้นส่วนเหล่านี้เข้าด้วยกันเป็น HDA เพื่อรอการประกอบกับส่วนของ PCBA

2. printed circuit board assembly (PCBA) สามารถแบ่งขั้นตอนในการผลิตได้ดังนี้

2.1 component Fabrication: โดยเริ่มผลิตแผ่น wafer เพื่อที่จะทำ semiconductor หรือ integrated circuit (IC) และมีการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

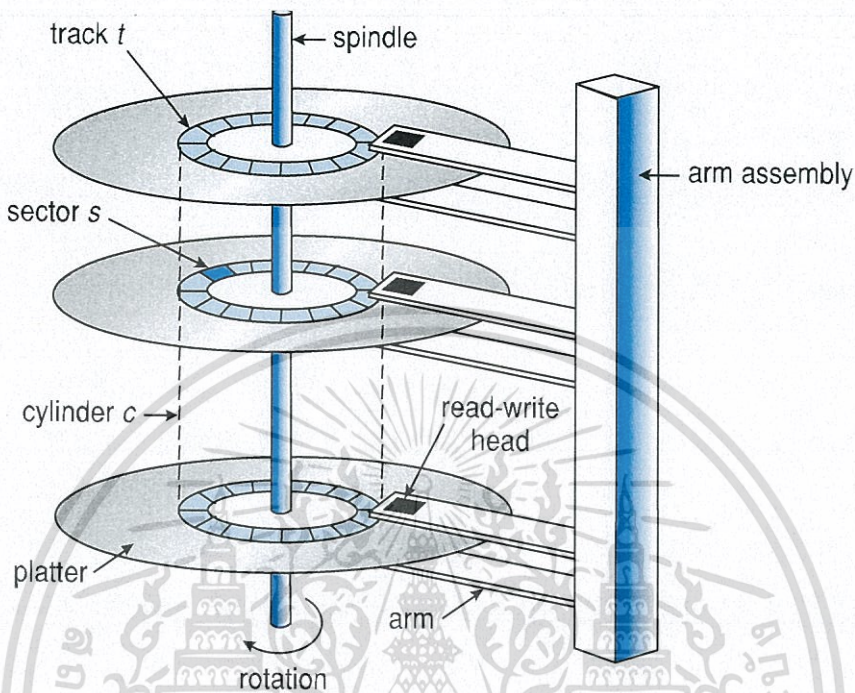
2.2 subassembly: เป็นการนำ semiconductor และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ไปประกอบเข้ากับแผ่น PCB ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า PCBA

เมื่อได้ทั้ง HDA และ PCBA แล้ว จะมีการประกอบเข้าด้วยกันเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในขั้นตอนของ Final Assembly เช่นกัน ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นยังมีกลุ่มวัสดุอื่นๆ (other materials) และกลุ่มวัสดุทางอ้อม(indirect materials) ที่ใช้อยู่ในทุกขั้นตอนของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ตั้งแต่ component fabrication ไปจนถึง final assembly กลุ่ม other materials จะเป็นชิ้นส่วนที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบหลัก เช่น สกรู ชิ้นส่วนโลหะอื่นๆ หรือชิ้นส่วนที่ไม่สามารถบอกได้ว่าถูกใช้เป็นส่วนประกอบในกระบวนการผลิตได้อย่างแน่ชัด ในขณะที่กลุ่ม indirect materials จะเป็นสิ่งที่ใช้ร่วมในการผลิตแต่ไม่ได้เป็นส่วนในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยตรง เช่น วัสดุที่เกี่ยวข้องกับ clean room ต่างๆ ได้แก่ filter ถุงมือ ชุดทำงาน หน้ากาก รองเท้า วัสดุที่เกี่ยวข้องกับการลดประจุไฟฟ้า เช่น แผ่นรองพื้น วัสดุที่ใช้การบรรจุ และบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงระบบ automation และการสร้าง jig fixture ที่จะช่วยสนับสนุนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ต่างๆ

โดยแต่ละขั้นตอนในการทดสอบนั้นจะมีการเก็บบันทึกข้อมูลผลการทดสอบซึ่งเราจะเราจะเรียกว่า Result file ซึ่งใน Result file นี้จะเก็บข้อมูลการทดสอบทุกอย่างให้อยู่ในรูปของตัวอักษรหรือ Text file ประโยชน์ของการเก็บข้อมูลการบันทึกไว้ทั้งหมดนั้นจะส่งผลต่อการวิเคราะห์เมื่อมีความผิดปกติหรือมีความเสียหายเกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบและปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์คือเกิดความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลซึ่งในการวิเคราะห์สาเหตุของความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลนั้นนั้นจะทำได้จากการนำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการทดสอบมา plot ข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลแล้วจึงให้ผู้เชี่ยวชาญทำการวิเคราะห์รูปแบบของความเสียหายที่เกิดขึ้นเพื่อจะหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นและแก้ปัญหาที่ต้นเหตุได้อย่างทันท่วงที

2.3 โครงสร้างของการจัดเรียงและการเก็บข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

โครงสร้างของการจัดเรียงและการเก็บข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ข้อมูลที่เก็บบนแผ่นบันทึกข้อมูลทางกายภาพอาจจะอยู่กันอย่างกระจัดกระจายไม่เรียงลำดับทำให้ต้องมีการแบ่งพื้นที่ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ออกเป็นส่วนๆ ซึ่งแบ่งออกเป็นแทรค (Track) เซ็กเตอร์ (Sector) เวดจ์ (Wedge) และไซลินเดอร์ (Cylinder) เพื่อที่จะทำให้โปรแกรมใช้งานต่างๆสามารถอ้างตำแหน่งทางกายภาพบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.4 การแบ่งแทรค เซ็กเตอร์ และไซลินเดอร์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
(ที่มา: http://www.pbps.ac.th/e_learning/combasic/hdd.html)

1. แทรค (Track) คือ พื้นที่ผิวบนแผ่นบันทึกข้อมูลบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะถูกแบ่งออกเป็นวงรอบ ซึ่งจะอ้างถึงในแต่ละแทรคได้โดยอาศัยลำดับเลขกำกับ 0,1,2,...
2. เซ็กเตอร์ (Sector) คือแต่ละ track จะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยของข้อมูลตามแนวรัศมีวงกลม โดยแต่ละ sector จะสามารถเก็บข้อมูลได้ 512 ไบต์ และแต่ละ sector จะถูกกำกับด้วยตัวเลข 0,1,2,... ซึ่งเรียงลำดับเหมือนแหวนโดยปกติแล้วการที่แทรควงนอกมีพื้นที่มากกว่าแทรควงในในขณะที่เซ็กเตอร์ในแต่ละแทรคนั้นมีจำนวนเท่ากัน ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพื้นที่บนแผ่นบันทึกข้อมูล จึงได้มีวิธีการจัดเก็บข้อมูลแบบใหม่ที่สามารถทำให้จำนวนเซ็กเตอร์ของแทรควงนอกมีจำนวนมากกว่าแทรควงในได้ ซึ่งทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สามารถจุข้อมูลได้เพิ่มขึ้นซึ่งเราเรียกการเก็บข้อมูลแบบนี้ว่าการเก็บข้อมูลแบบแบ่งโซน
3. เวดจ์ (Wedge) จะแบ่งตามแนวเส้นโค้งของแผ่นมีเดีย โดยที่ wedge จะเรียงตามเข็มนาฬิกา เวลาหัวอ่านเคลื่อนที่เข้าไปในแผ่นบันทึกข้อมูลในขณะที่แผ่นกำลังหมุน wedge จะมีลำดับเพิ่มขึ้น และหัวอ่านเคลื่อนที่ออกจากแผ่นในขณะที่แผ่นบันทึกข้อมูลหมุน wedge จะมีลำดับลดลง

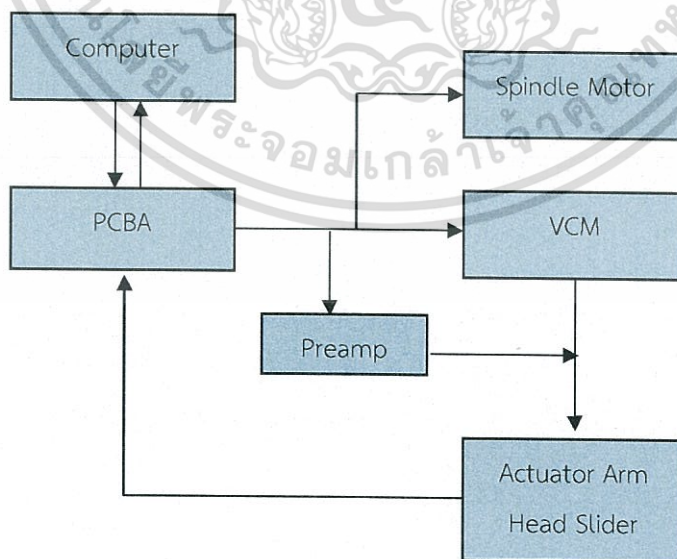
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไซลินเดอร์ (Cylinder) เป็นการจัดกลุ่มของแตรคหมายเลขเดียวกันของแผ่นบันทึกข้อมูลทุกๆ แผ่น ดังนั้นไซลินเดอร์ จึงมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะประกอบด้วยหลายหัวอ่านจึงสามารถทำการอ้างอิงหรือการเข้าถึงได้โดยระบุหมายเลขของ ไซลินเดอร์ หัวอ่าน และเซ็กเตอร์ ซึ่งประโยชน์ของการแบ่งข้อมูลเป็นไซลินเดอร์คือ ไม่ต้องเสียเวลาในการเลื่อนหัวอ่านหากข้อมูลอยู่ภายใน ไซลินเดอร์เดียวกัน

โครงสร้างการเก็บข้อมูลภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ในการจัดเรียงข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นสิ่งที่สำคัญก็คือ จะต้องมีการกำหนดโครงสร้างในการเก็บข้อมูลเพื่อที่จะให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้ว่าจะต้องนำข้อมูลไปเก็บไว้ที่ใด หรืออ่านข้อมูลมาจากตำแหน่งใด ก่อนการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จึงต้องมีการกำหนดโครงสร้างหรือที่เรียกว่า การฟอร์แมตระดับต่ำ (Low Level Format) จะมีผลในการกำหนดโครงสร้างภายในให้เป็นส่วนย่อย ๆ ที่เรียกว่า เซ็กเตอร์ขึ้นมา นอกจากนี้ยังมีการจัดกลุ่มของเซ็กเตอร์เป็นแตรค และกลุ่มของแตรคเรียกว่า ไซลินเดอร์ หากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ยังไม่ได้ถูกฟอร์แมตเครื่องคอมพิวเตอร์จะไมรู้ว่าข้อมูลอยู่ตำแหน่งไหนบ้างเป็นต้น

2.4 หลักการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

หลักการทำงานทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สามารถพิจารณาได้จากบล็อกไดอะแกรมการควบคุมการทำงานดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานโดยทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวางแผงควบคุมวงจรไฟฟ้า (PCBA) ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยที่มีทั้งส่วนที่ไว้รับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์และมีชิ้นส่วนที่ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ส่วนควบคุมที่สำคัญคือการควบคุม spindle motor เพื่อที่จะกำหนดความเร็วรอบของแผ่นบันทึกข้อมูลให้คงที่ ซึ่งในปัจจุบันมีฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่กำหนดความเร็วรอบหลายความเร็วเช่น 5400 รอบต่อนาที 7200 รอบต่อนาที ซึ่งปัจจุบันมีรุ่นที่ใช้ความเร็วรอบ 15000 รอบต่อนาที เป็นต้น สำหรับการใช้งานปกติเมื่อไม่มี PCBA จะไปสั่งให้ spindle motor หยุดหมุนเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน นอกจากนั้นแผ่น PCBA ยังทำหน้าที่ควบคุม VCM coil เพื่อสั่งให้ actuator arm ไปยังตำแหน่ง อ่าน-เขียนในแนวรัศมีบนแผ่นบันทึกข้อมูลได้โดยอาศัยแรงผลักของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้สามารถที่จะอ่าน-เขียนได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น และ PCBA จะเป็นตัวที่ป้อนความร้อนที่กำหนดให้กับ slider เพื่อให้หัวอ่าน-เขียนยื่นเข้าไปใกล้กับแผ่นบันทึกข้อมูลในระยะที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รุ่นนั้นกำหนด

2.5 รูปร่างของภาพ (Image Shape)

วัตถุที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป ทั้งที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตและไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ในศาสตร์ของการประมวลผลภาพนั้น การกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular image model) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดเนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การจัดเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำ และการแสดงภาพออกทางอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรอะเรย์ (array) โดยค่าในแต่ละช่องของอะเรย์แสดงถึงคุณสมบัติของจุดภาพ (pixel) และตำแหน่งของช่องอะเรย์เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพสมมติให้ Image เป็นตัวแปรแบบอะเรย์ขนาด $M \times N$ (M แถว และ N คอลัมน์) ที่ใช้เก็บภาพขนาด $M \times N$ จุด (M จุดในแนวนอน และ N จุดในแนวตั้ง) ค่าสี (หรือความสว่าง ในกรณีที่เป็นภาพ grey level) ของจุดภาพในแถวที่ 5 คอลัมน์ที่ 4 จะตรงกับค่าของ Image (5, 4) จะเห็นว่าเราใช้ตำแหน่งของจุดภาพทั้งสองแกนเป็นตัวชี้ค่าข้อมูลในอะเรย์

จากการใช้หน่วยความจำเพื่อการเก็บภาพในลักษณะที่กล่าวมา เนื้อที่ในการเก็บภาพสามารถคำนวณได้จาก $M \times N \times g$ เมื่อ g เป็นจำนวนเต็มแทนจำนวนบิตของข้อมูลในแต่ละจุดภาพ ตัวอย่างถ้า g มีค่าเท่ากับ 8 บิตเราจะสามารถเก็บความแตกต่างของระดับสีที่เป็นไปสูงสุด 256 ระดับ ค่า M และ N จะเป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ สำหรับคอมพิวเตอร์ทั่วไปในระบบ VGA (Video Graphic Array) จะมีขนาด 640×480 , 800×600 และ 1024×768 จุด เป็นต้นการกำหนดความละเอียดจะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ในงานบางอย่างใช้ความละเอียดแค่ 30×50 จุดก็พอแล้วแต่ในงานบางชนิด ใช้ความละเอียดถึง 1000×1000 จุด ก็ยังไม่พอ

ปกติแล้วในการเก็บข้อมูลภาพโดยเครื่องมือต่าง ๆ จะเก็บตามมาตรฐานของโทรทัศน์ซึ่งมีอัตราส่วน x ต่อ y เท่ากับ 4:3 สำหรับเครื่องมือเก็บข้อมูลภาพที่ไม่เป็นไปตามอัตราส่วน 4:3 เมื่อนำภาพนี้ไปแสดงในจอภาพมาตรฐานจะทำให้ภาพที่แสดงนั้นมีขนาดของจุดภาพไม่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเช่นในบางระบบอาจจะใช้ความละเอียดในการแสดงเท่ากับ 640×512 ซึ่งจะทำให้ขนาดของจุดภาพที่ได้มีขนาดของด้านกว้างมีความยาวมากกว่าด้านสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นหัวข้อที่ต้องสนใจสำหรับการเขียนโปรแกรมทางด้านกราฟฟิกและการจัดการข้อมูล

จำนวนสีสูงสุดที่เป็นไปได้ของแต่ละจุดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อจุด มากขึ้นจะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น

$$\begin{aligned} 1 \text{ บิต} &= 2^1 = 2 \text{ สี} \\ 2 \text{ บิต} &= 2^2 = 4 \text{ สี} \\ 4 \text{ บิต} &= 2^4 = 16 \text{ สี} \\ 8 \text{ บิต} &= 2^8 = 256 \text{ สี} \\ 16 \text{ บิต} &= 2^{16} = 65536 \text{ สี} \end{aligned}$$

สำหรับการแสดงข้อมูลภาพที่มีขนาด 1 บิตและ 8 บิตนั้นจะมีการทำงานที่จะใกล้เคียงกันเนื่องจากหน่วยประมวลผลจะไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่เป็นบิตเดี่ยวๆ ได้ดังนั้นในการแสดงข้อมูลออกจากจอภาพตัวโปรเซสเซอร์จะทำการก๊อปปี้ ข้อมูลทั้ง 8 บิต (1 Byte) ส่งให้กับจอภาพซึ่งในกรณีนี้ Pixel มีขนาด 1 บิต เมื่อโปรเซสเซอร์จะทำงานกับบิตแรกที่ต้องการแล้วก็จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ทันทีโดยที่ไม่เกี่ยวกับข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือส่วนในกรณี Pixel ที่มีขนาด 8 บิตโปรเซสเซอร์จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ก็ต่อ เมื่อโปรเซสเซอร์ทำงานกับทุกบิตแล้วตัวอย่างสำหรับระบบที่มีความละเอียดเท่ากับ 800×600 และมีขนาด 16 บิตต่อ Pixel จะสามารถแสดงสีได้ทั้งหมด 65536 ระดับและต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บเท่ากับ $800 \times 600 \times 16$ บิต

2.6 มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการใช้งานไปใช้แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในสเปส 3 มิติโดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปสซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่าง เช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง เขียว และน้ำเงินในระบบ HLS จะมีแกนเป็น ค่าสี (hue) ความสว่าง (lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (saturation) ตัวอย่างระบบสีที่นิยมใช้กัน ได้แก่ ระบบ RGB HSV (Hue Saturation Value) และ HLS (Hue Lightness Saturation)

1. ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของสีแดง เขียว และน้ำเงินโดยมีการรวมกันแบบ Additive ซึ่งโดยปกติจะนำไปใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode ray tube) ในการใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แต่ RGB_{CIE} และ RGB_{NTSC}

ระบบสีแบบ RGB ของ CIE เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย CIE (Commission International Eclairage) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 nm สีเขียวเท่ากับ 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm

ระบบสีแบบ RGB ของ NTSC เป็นระบบที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน

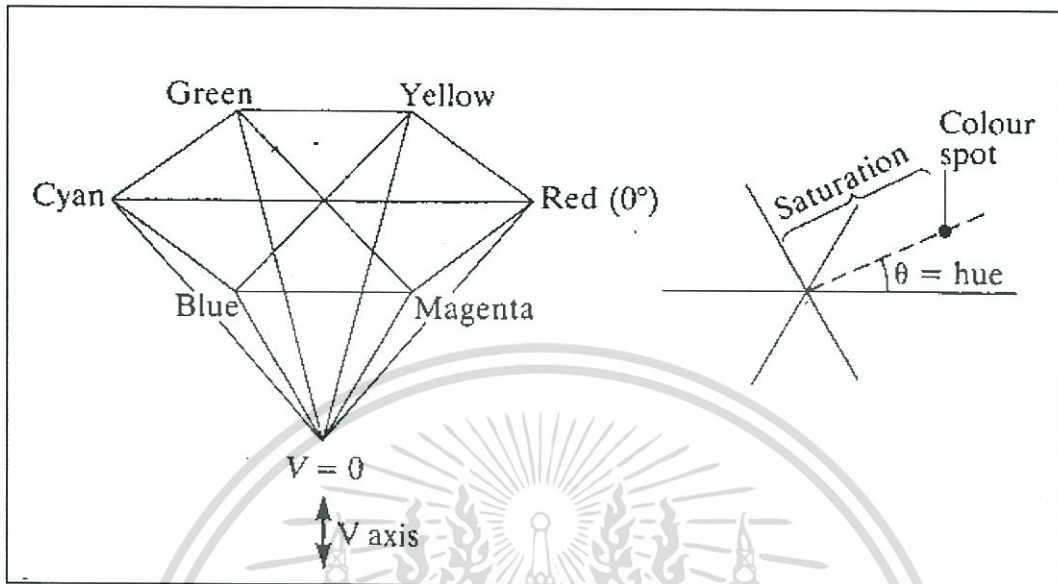
2. ระบบสี HSV

ระบบสี HSV (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียวและน้ำเงิน) ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้งซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนี้คือ สีแดง = 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา Hue สามารถคำนวณได้จากระบบสี RGB ได้ดังนี้

red red min (red, green, blue)

green green min (red, green, blue)

blue blue min (red, green, blue)



รูปที่ 2.6 ระบบสี HSV
(ที่มา: รศ. ดร. มนตรี กาญจนเดชะ, 2550)

จากลักษณะโมเดลของระบบ Hue พบว่าจะมีค่าน้อยหนึ่งค่าที่จะเท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าเท่ากับ 0 แล้ว hue จะเป็นมุมของสี (ค่าสี) มีค่าเป็นไปตามสีที่สามและถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะทำให้ไม่มีค่าของ Hue หรือสีที่ได้จะมีค่าเท่ากับสีขาวนั่นเอง ตัวอย่างเช่น จอภาพขาว-ดำ ถ้าเกิดมีสีใดสีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือการให้นำหนักในการพิจารณาเมื่อสีแดงมีค่าเท่ากับ 0

$$\frac{(240 \times \text{blue}_h) + (120 \times \text{green}_h)}{\text{blue}_h + \text{green}_h} = 0 \quad (1)$$

Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีซึ่งถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 แล้วสีที่ได้จะไม่มี Hue ซึ่งจะเป็นสีขาวล้วนแต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 255 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย Saturation สามารถคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

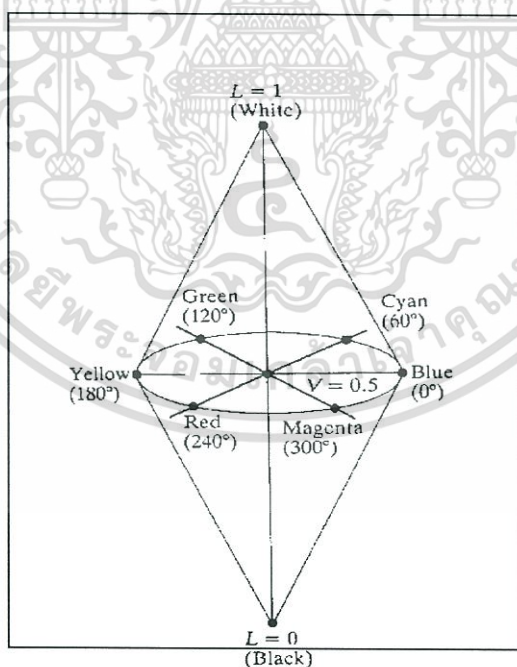
$$\text{Saturation} = \frac{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue})}{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue})} \quad (2)$$

Value คือความสว่างของสี ซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกันสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{value} = \max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) \quad (3)$$

3. ระบบสีแบบ HLS

ระบบสีแบบ HLS (Hue lightness saturation) พัฒนาโดย Teletromix Incorporated จะมีลักษณะคล้ายกับ HSV ดังนั้นคือสีของระบบจะขึ้นอยู่กับ Hue Lightness และ Saturation



รูปที่ 2.7 ระบบสี HLS

(ที่มา: รศ. ดร. มนตรี กาญจนเดชะ, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hue คือค่าของสีหลักซึ่งมีสีน้ำเงินอยู่ที่ 0 องศา สีเขียวอยู่ที่ 120 องศา และสีแดงอยู่ที่ 240 องศา Lightness คือค่าความสว่างซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน L โดยที่ L = 0 จะเป็นสีดำ L = 1 จะเป็นสีขาว สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$lightness = \frac{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)}{2} \quad (4)$$

CMY (Cyan Magenta Yellow) เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีโดยมีสีหลักคือสี Cyan Magenta และ Yellow ซึ่งเรียกว่า Subtractive primaries Color (สีแดง เขียวและน้ำเงิน เรียกว่า Additive primaries Color) ระบบสีแบบ CMY สามารถหาได้โดยการนำเอาสีในระบบ RGB ลบกับสีขาวดังนี้คือ

$$C = 1 - R \quad (5)$$

$$M = 1 - G \quad (6)$$

$$Y = 1 - B \quad (7)$$

ระบบสี CMY จะนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากไม่ยังสามารถสร้างสีดำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงมีการใช้ระบบ CMYK แทนโดย $K = \min(C, M, Y)$ K เป็น สีที่ 4 แทนสีดำ

$$C = C - K \quad (8)$$

$$M = M - K \quad (9)$$

$$Y = Y - K \quad (10)$$

4. ระบบสีแบบ YUV

ระบบสีแบบ YUV ใช้สำหรับโทรทัศน์แบบ PAL และ SECAM ซึ่งยังมีใช้อยู่ในหลาย ๆ ประเทศโดย Y คือค่าความสว่างของภาพ ส่วนสัญญาณ U และ V เป็นสัญญาณที่เก็บค่าสีของภาพ ต่อมาได้มีระบบ YIQ มาใช้แทนเนื่องจากพบว่าสัญญาณ I และ Q สามารถลด Bandwidth ได้มากกว่าสัญญาณ U และ V ในขณะที่ได้ภาพที่มีคุณภาพเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ระบบสีแบบ YIQ

เป็นระบบที่ใช้ใน TV Broadcasting สำหรับ NTSC ประโยชน์หลักก็เพื่อให้ใช้งานได้กับโทรทัศน์แบบขาว-ดำ โดยที่ y คือความสว่างของภาพ ส่วน I และ Q จะเป็นสัญญาณที่เข้ารหัส สีของภาพไว้ดังนั้นสำหรับโทรทัศน์ขาว-ดำ นั้นสามารถใช้ค่า Y ค่าเดียวก็สามารถได้ภาพที่สมบูรณ์

6. ระบบสีแบบ XYZ

เป็นระบบสีที่ CIE ได้กำหนดให้มีขึ้นเป็น มาตรฐานเนื่องจากในระบบสี RGB ยังไม่สามารถสร้างสีที่เป็นไปได้ทั้งหมดดังนั้นจึงได้มีตั้งระบบสี XYZ ซึ่งเป็นระบบสีที่สมมุติขึ้น

2.7 นอร์มัลไลเซชัน (Normalization)

เป็นวิธีการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นได้ มักใช้ในการออกแบบฐานข้อมูลที่เป็นแบบ Relational Database ซึ่งการทำ Normalization นี้จะช่วยให้ความซ้ำซ้อนของข้อมูลลดลงและทำการเพิ่มข้อมูล ลบข้อมูล หรือแก้ไขข้อมูลที่อยู่ในรีเลชันได้โดยไม่ผิดพลาด หรือเกิดความไม่คงที่ ไม่แน่นอน และความขัดแย้งของข้อมูลที่เรียกว่าความผิดปกติ (Anomaly) ซึ่งหลักการทำ Normalization นี้ จะทำการแบ่งตารางที่มีความซ้ำซ้อนของข้อมูลออกมาเป็นตารางย่อย ๆ และใช้ เป็นตัวเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตารางซึ่งความซ้ำซ้อนของข้อมูลในรีเลชันอาจทำให้เกิดความผิดปกติที่แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ

- 1) ความผิดปกติจากการเพิ่มข้อมูล (Insertion Anomaly)
- 2) ความผิดปกติจากการลบข้อมูล (Deletion Anomaly)
- 3) ความผิดปกติจากการแก้ไขข้อมูล (Update Anomaly)

ประโยชน์ของการ Normalization

- 1) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์
- 2) ทำให้ทราบว่ารลีเลชันที่ออกแบบมานั้น ก่อให้เกิดปัญหาหรือไม่และด้านใดบ้าง
- 3) ถ้ารีเลชันที่ออกแบบมานั้นก่อให้เกิดปัญหา จะมีวิธีแก้ไขอย่างไร
- 4) เมื่อแก้ไขแล้วอาจรับประกันได้ว่ารีเลชันนั้นจะไม่มีปัญหาอีกหรือถ้ามีก็ลดน้อยลง

หลักการทำ Normalization

หลักการทำ Normalization สิ่งสำคัญคือ “การลดความซ้ำซ้อนและโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดกับข้อมูลได้ ” ซึ่ง การที่จะทำให้บรรลุจุดประสงค์ดังกล่าวจะต้องมีเกณฑ์และขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการของการทำ Normalization คือ เมื่อตารางใดจัดอยู่ใน Normal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Form ไต แล้วจะต้องมีคุณสมบัติของ Normal Form ที่ต่ำกว่าเสมอ เช่น ถ้าตารางใดเป็น 3N จะต้องมีความสัมพันธ์ของ 1N และ 2N อยู่ด้วย รูปแบบนอร์มัลระดับที่ 1, 2 และ 3 (First, Second and Third Normal Form) รูปแบบนอร์มัลทั้ง 3 รูปแบบนี้ถูกนิยามขึ้นมาโดยคอดดในปี พ.ศ. 2515 แต่หลังจากนั้น 2 ปี รูปแบบระดับที่ 3 ได้ถูกนิยามให้มีความรัดกุมขึ้น โดย บอยส์ (Boyce) และคอดด จากนั้นได้ตั้งชื่อรูปแบบนี้ใหม่ว่า Boyce Codd Normal Form หรือ BCNF

1. รูปแบบการทำ Normalization (First Normal Form: 1NF)

การปรับรีเลชันให้อยู่ในรูปแบบนอร์มัลระดับที่ 1 คือ การปรับรีเลชันที่ไม่มีนอร์มัล (UN normalized relation) ซึ่งได้แก่รีเลชันที่มีข้อมูลในบางช่องมากกว่า 1 ค่า ดังนั้น การปรับในระดับนี้ก็ได้แก่การขจัดกลุ่มที่ซ้ำกัน (Repeating groups) ออกไปเสีย ดังที่ได้นิยามไว้ ดังนี้ นิยาม รีเลชันใด ๆ กล่าวได้ว่าอยู่ในรูปแบบนอร์มัลระดับที่ 1 (1NF) ถ้ารีเลชันไม่มีกลุ่มที่ซ้ำกัน

2. รูปแบบการทำ Normalization (Second Normal Form: 2NF)

รูปแบบนอร์มัลระดับ 2 และ 3 นี้จะยุ่งเกี่ยวกับเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างคีย์หลักกับแอททริบิวต์อื่น ๆ ที่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของคีย์หลักหรือเรียกว่า นันคีย์แอททริบิวต์ (Nonkey Attribute) นิยาม รีเลชันใด ๆ จะจัดอยู่ในรูปแบบนอร์มัลระดับที่ 2 (2NF) ถ้ารีเลชันนั้นเป็น 1NF และนันคีย์แอททริบิวต์ทุกตัวต้องขึ้นอยู่กับคีย์หลักอย่างแท้จริง โดยต้องไม่มีนันคีย์แอททริบิวต์ตัวใดขึ้นกับส่วนใดส่วนหนึ่งของคีย์หลัก (ถ้าคีย์หลักประกอบด้วยแอททริบิวต์มากกว่า 1 ตัวขึ้นไป)

3. รูปแบบการทำ Normalization (Third Normal Form: 3NF)

รีเลชันที่อยู่ในรูปแบบนอร์มัลระดับที่ 3 คือรีเลชันที่อยู่ในรูปแบบนอร์มัลระดับที่สองแล้ว และไม่มีแอททริบิวต์ใดขึ้นอยู่กับแอททริบิวต์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่คีย์หลัก นั่นคือแอททริบิวต์ทุกตัวจะต้องขึ้นอยู่กับคีย์หลักเท่านั้น

4. รูปแบบการทำ Normalization (Boyce-Codd Normal Form: BCNF)

คือ รีเลชันที่อยู่ในรูปแบบนอร์มัลระดับที่สองแล้ว และตัวกำหนดค่า (Determinant) ทุกตัวในรีเลชันนั้นเป็นคีย์คู่แข่ง (Candidate Key) ซึ่งในบางกรณีแม้รีเลชันจะอยู่ในรูปแบบนอร์มัลระดับที่สาม ก็ยังมีโอกาสที่จะเกิดความผิดปกติจากการจัดการข้อมูลได้ โดยที่ความผิดปกติจากการจัดการข้อมูล

จะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่เงื่อนไข 3 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) รีเลชันมีคีย์คู่แข่งมากกว่าหนึ่งชุด
- 2) คีย์คู่แข่งเหล่านี้ประกอบด้วยแอททริบิวต์หลายตัวรวมกัน คือเป็นคีย์รวม
- 3) คีย์คู่แข่งที่เป็นคีย์รวมเหล่านี้มีแอททริบิวต์บางตัวที่เหมือนกัน

การแปลงให้เป็นรีเลชันในรูปแบบของนอร์มัลบอยส์-คอต ทำโดยตัดลอกแอททริบิวต์ที่เป็นตัวที่กำหนดค่า ซึ่งไม่ใช่เป็นคีย์คู่แข่งออกมาเป็นรีเลชันใหม่อีกรีเลชันหนึ่ง โดยให้เป็นคีย์หลักของรีเลชันนั้น และดึงแอททริบิวต์ที่ขึ้นกับแอททริบิวต์ที่เป็นตัวกำหนดค่านั้นออกมาอยู่ในรีเลชันใหม่ด้วย

5. รูปแบบการทำ Normalization (Forth Normal Form: 4NF)

รีเลชันจะอยู่ในรูปแบบนอร์มัลระดับที่สี่ เมื่อรีเลชันนั้นอยู่ในรูปแบบนอร์มัลบอยส์-คอต และต้องไม่มีการขึ้นต่อกันแบบกลุ่มในรีเลชันนั้น ซึ่งการขึ้นต่อกันแบบกลุ่ม (Multi valued) Dependency) ในรีเลชันจะเกิดขึ้นเมื่อมีแอททริบิวต์อย่างน้อย 3 แอททริบิวต์เช่น A B C และแต่ละค่าของ A จะสามารถกำหนดกลุ่มของข้อมูลในแอททริบิวต์ B และแต่ละค่าของ A จะสามารถกำหนดกลุ่มของข้อมูลในแอททริบิวต์ C และข้อมูลในแอททริบิวต์ B และ C เป็นอิสระไม่ขึ้นต่อกัน การที่แอททริบิวต์ A สามารถกำหนดกลุ่มของข้อมูลในแอททริบิวต์ B เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $A \twoheadrightarrow B$ การแปลงรีเลชันในรูปแบบนอร์มัลระดับที่สี่ ทำโดยการกำจัดการขึ้นต่อกันแบบกลุ่มออกไป โดยแยกรีเลชันออกเป็นสองรีเลชัน แต่ละรีเลชันเก็บข้อมูลที่ขึ้นต่อกัน

6. รูปแบบการทำ Normalization (Fifth Normal Form: 5NF)

นอร์มัลระดับนี้ค่อนข้างจะเกิดขึ้นยาก สำหรับรีเลชันที่จะมีโครงสร้างในแบบ 5NF จะต้องมีคุณสมบัติของ 4NF และคุณสมบัติ Join Dependency ซึ่งเป็นคุณสมบัติของการนำรีเลชันย่อยที่เกิดจากการแตกรีเลชันเดิมมารวมกัน แล้วได้ข้อมูลเช่นเดียวกับรีเลชันเดิมนอร์มัลระดับนี้ค่อนข้างจะเกิดขึ้นยาก สำหรับรีเลชันที่จะมีโครงสร้างในแบบ 5NF จะต้องมีคุณสมบัติของ 4NF และคุณสมบัติ Join Dependency ซึ่งเป็นคุณสมบัติของการนำรีเลชันย่อยที่เกิดจากการแตกรีเลชันเดิมมารวมกัน แล้วได้ข้อมูลเช่นเดียวกับรีเลชันเดิม

2.8 สัมประสิทธิ์การกำหนด (The Coefficient of determination)

ก่อนจะใช้สมการถดถอยในการทำนายและประมาณค่าตัวแปร Y ต้องมีการประเมินสมการถดถอยที่ได้จากตัวอย่างก่อน โดยประเมินว่าสมการถดถอยที่ได้นั้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรได้ดีเพียงใด นั่นคือ ผลบวกกำลังสองของเส้นถดถอย ส่วนผลบวกกำลังสองของทั้งหมดควรจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัดส่วนที่ใหญ่ขึ้นเพียงนั้นค่าของสัดส่วนที่ได้นี้เรียกว่าสัมประสิทธิ์การกำหนดแทนด้วย R-Squared เขียนเป็นสูตรได้คือ

$$r^2 = \frac{\Sigma(y - \bar{y})^2}{\Sigma(y_i - \bar{y})^2} \quad (11)$$

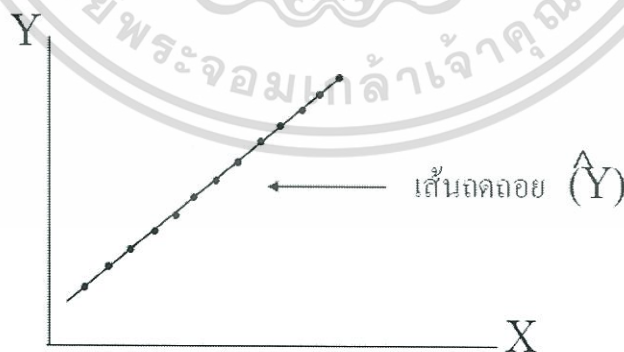
$$= \frac{b^2 \left| \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2 / n \right|}{\Sigma y_i^2 - \frac{(\Sigma y_i)^2}{n}} \quad (12)$$

$$= \frac{SSR}{SST} \quad (13)$$

เมื่อ SSR = regression sum of squares

SST = Total sum of squares

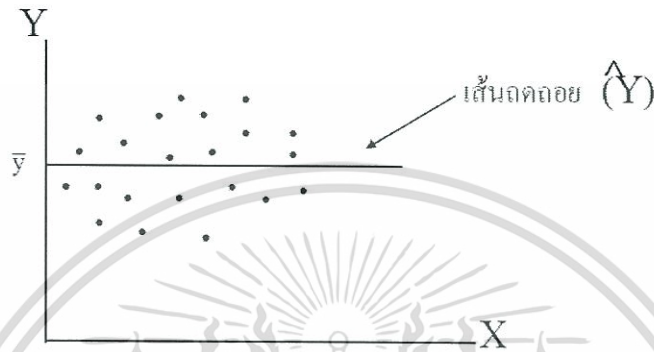
ค่า R-Squared ที่มากที่สุดคือ 1 จะเกิดขึ้นเมื่อความแปรปรวนทั้งหมดใน y อธิบายได้ด้วยการถดถอย เมื่อ R-Squared = 1 ค่าสังเกตทุกตัวของตัวอย่างจะอยู่บนเส้นถดถอย



รูปที่ 2.8 เส้นถดถอย1

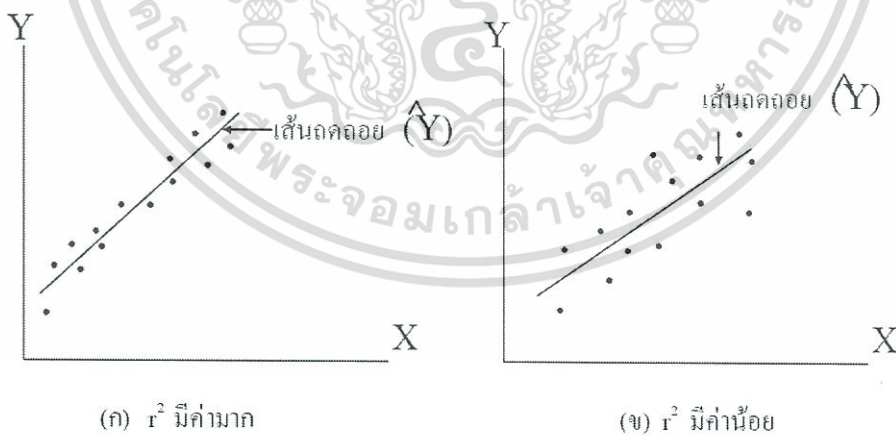
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า R-Squared ที่น้อยที่สุดคือ 0 จะเกิดขึ้นเมื่อเส้นถดถอยและเส้นที่ลากผ่าน y ทับกัน แสดงว่าความแปรปรวนทั้งหมดใน y ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยการถดถอย



รูปที่ 2.9 เส้นถดถอย 2

ค่า R-Squared เป็นการวัดความใกล้เคียงของเส้นถดถอยของตัวอย่างกับค่าสังเกตค่าต่าง ๆ ของตัวอย่าง ถ้าค่า R-Squared มีค่ามากแสดงว่าเส้นถดถอยจะผ่านใกล้ค่าสังเกตค่าต่าง ๆ มากกว่าค่า R-Squared ที่มีค่าน้อยกว่าดังแสดงในภาพที่ 2.10 (ก) และ (ข)



รูปที่ 2.10 เส้นถดถอยจากค่า R-Squared แตกต่างกัน

สำหรับการประเมินสมการถดถอยพหุ เราจะวัดค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดพหุ (The coefficient of multiple determination) และสัมประสิทธิ์การถดถอยบางส่วน (partial regression coefficient) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of correlation) ของตัวอย่างคือ รากที่สองของ r^2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนด้วยสัญลักษณ์ r

เครื่องหมายบวกหรือลบจะเป็นไปตามค่าความชันของเส้นถดถอยที่อาจเป็นบวกหรือลบ ดังนั้นค่า r จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง $+1$

2.9 ระยะทาง (distance)

ระยะทาง หมายถึง เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ พบว่าตำแหน่งของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือกล่าวว่า วัตถุจะเลื่อนจากตำแหน่งเดิมไปยังตำแหน่งใหม่ ซึ่งอาจเรียกว่า การเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง ถ้าเราทราบตำแหน่งเริ่มต้นเส้นทางเคลื่อนที่และตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่ ก็จะหาระยะทางได้จากความยาวตามเส้นทางของการเคลื่อนที่นั้น

จากรูป กำหนดให้ $P(x_1, y_1)$ และ $Q(x_2, y_2)$



รูปที่ 2.11 กราฟพีทาโกรัส

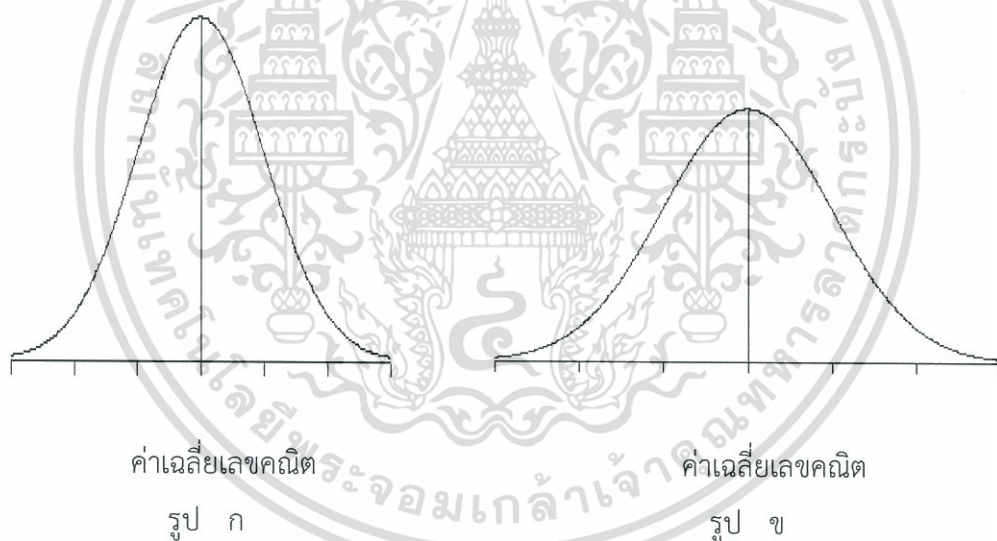
ลากส่วนของเส้นตรง และ ให้ขนานกับแกน X และ Y ตามลำดับ จะได้จุด $R(x_2, y_1)$ และ PRQ มีพีทาค็เป็นมุมฉาก จากทฤษฎีบทพีทาโกรัส จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 PQ^2 &= PR^2 + QR^2 \\
 &= (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \\
 PQ &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (14)
 \end{aligned}$$

2.10 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นค่าวัดการกระจายของข้อมูลที่นิยมใช้กันมากทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ โดยเป็นค่าวัดการกระจายของข้อมูลจากค่าเฉลี่ยเลขคณิต ถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลชุดหนึ่งมีค่าน้อยแสดงว่าค่าของข้อมูลส่วนใหญ่กระจายจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตน้อย ดังรูป ก ในทางตรงกันข้ามถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลชุดคล้ายกันมีค่ามากแสดงว่าค่าของข้อมูลส่วนใหญ่กระจายจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตมากดังรูป ข



รูปที่ 2.12 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

(ที่มา: <http://math1.snru.ac.th>, 2556)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพันธ์กับอีกค่าหนึ่งคือความแปรปรวน(Variance) โดยที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือรากบวกที่สองของความแปรปรวน

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (Population standard deviation) เขียนแทนด้วย σ (อ่านว่า ซิกมา (Sigma))และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง (Sample standard deviation) เขียนแทนด้วย s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแปรปรวนของประชากร (Population variance) เขียนแทนด้วย σ^2 และความแปรปรวนของตัวอย่าง (Sample variance) เขียนแทนด้วย s^2

วิธีการคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีดังนี้

- 1) การคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับข้อมูลที่มีได้แจกแจงความถี่

ถ้าประชากรมีหน่วยตัวอย่างทั้งหมด N หน่วย โดยให้ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ แทนค่าของข้อมูลหน่วยที่ $1, 2, 3, \dots, N$ ตามลำดับ จะได้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร คือ

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}} = \sqrt{\frac{\Sigma(x - \mu)^2}{N}} \quad (15)$$

เมื่อ x = ข้อมูล (ตัวที่ $1, 2, 3, \dots, n$)

μ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

เมื่อสุ่มตัวอย่างมาขนาด n หน่วย โดยให้ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ แทนค่าของข้อมูลหน่วยที่ $1, 2, 3, \dots, n$ ตามลำดับ จะได้ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง คือ

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma(x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (16)$$

เมื่อ f = ความถี่

- 2) การคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับข้อมูลที่ได้แจกแจงความถี่

ถ้าประชากรมีหน่วยตัวอย่างทั้งหมด N หน่วย โดยให้ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_M$ แทนค่าของข้อมูลตัวที่ $1, 2, 3, \dots, M$ ตามลำดับ และให้ $f_1, f_2, f_3, \dots, f_M$ แทนความถี่ของค่าของข้อมูลตัวที่ $1, 2, 3, \dots, M$ ตามลำดับ ซึ่ง $\Sigma f = N$ จะได้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร คือ

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M f_i (X_i - \mu)^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum f (x - \mu)^2}{N}} \quad (17)$$

เมื่อสุ่มตัวอย่างมาขนาด n หน่วย โดยให้ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ แทนค่าของข้อมูลตัวที่ 1, 2, 3, ..., m ตามลำดับ จะได้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างคือ

$$S = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m f (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum f (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

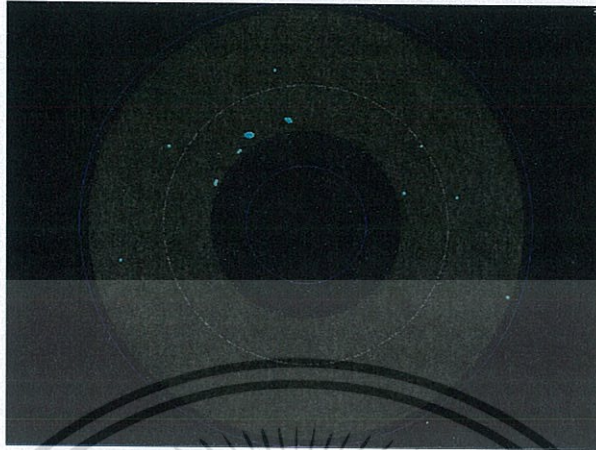
วิธีดำเนินการทดลอง

ในกระบวนการทดสอบคุณภาพของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ผลที่ได้ออกมาจะมี 2 รูปแบบคือ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ผ่านการทดสอบแล้วบริษัทที่ผลิตก็จะจัดส่งให้ลูกค้า และฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่ผ่านการทดสอบก็จะต้องนำมาวิเคราะห์ดูว่าเกิดความเสียหายที่เกิดขึ้นว่าเกิดจากสาเหตุอะไร ซึ่งวัตถุประสงค์ของการทดลองในบทนี้ จะเป็นการวิเคราะห์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอย่างหนึ่ง ซึ่งปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นในกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ก็คือ ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล (media) โดยบริเวณจุดที่มีความเสียหายเกิดขึ้นนี้เราจะไม่ใช้ในการบันทึกข้อมูลเพราะว่าเป็นบริเวณที่มีปัญหาซึ่งทำให้ไม่สามารถทำการอ่านเขียนข้อมูลได้ โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายนั้นอาจมาจากหลายสาเหตุ เพราะความเสียหายที่มีเพียงจำนวนเล็กน้อยนั้นเราไม่สามารถที่จะนำไปวิเคราะห์สิ่งที่เกิดขึ้นได้ว่ามาจากสาเหตุใด แต่ถ้าจำนวนของความเสียหายต่างๆ ที่เกิดขึ้นเหล่านั้นมีเป็นจำนวนมาก เราสามารถนำเทคนิคและระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ และระเบียบวิธีต่างๆมาใช้ในการวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลในรูปแบบการกระจายตัวของจำนวนและตำแหน่งความเสียหายที่เกิดขึ้น ซึ่งช่วยให้สามารถทำความเข้าใจกับสาเหตุของปัญหาสามารถแก้ไขได้อย่างรวดเร็วและมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3.1 การวิเคราะห์ปัญหาของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

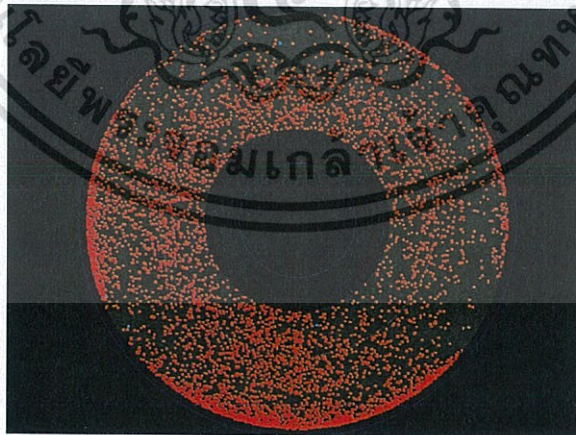
จากการศึกษาประเภทของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยพิจารณาจากการกระจายตัวของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล ซึ่งประเภทของความเสียหายที่เกิดขึ้น สามารถแบ่งประเภทออกได้เป็น 6 ประเภท ดังนี้

3.1.1 ประเภทของความเสียหายที่มีลักษณะเป็นรอยยุบตัว (Cluster Pattern) อาจจะมีสาเหตุมาจากการยุบตัวของแผ่นบันทึกข้อมูล (Media) หรือเกิดจากกระบวนการประกอบซึ่งอาจจะมีชิ้นส่วนของเครื่องจักรไปกระแทกหรือสะกิดทำให้เกิดร่องรอยลึกหรืออาจจะเกิดจากหัวอ่านไปกระแทกกับแผ่นบันทึกข้อมูล (media) ก็จะทำให้เกิดความเสียหายในประเภทนี้ได้ทั้งสิ้น



รูปที่ 3.1 ประเภทของความเสียหายที่มีลักษณะเป็นรอยยุบตัว (Cluster Pattern)

3.1.2 ประเภทของความเสียหายที่เกิดการกระจายตัวแบบเต็มพื้นที่ (Band Pattern) ซึ่งการกระจายตัวแบบนี้ส่วนใหญ่แล้วเกิดจากหัวอ่านไม่มีคุณภาพ ส่งผลให้การอ่านและเขียนข้อมูลมีปัญหาซึ่งเมื่อมีการนำไปทดสอบการทำงานจะพบว่าเสมือนมีความเสียหายของแผ่นบันทึกข้อมูล การกระจายทั่วทั้งแผ่น แต่สาเหตุที่แท้จริงเกิดจากหัวอ่านที่ทำการอ่านเขียนข้อมูลที่ไม่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.2 ประเภทของความเสียหายที่เกิดแบบกระจายตัวแบบเต็มพื้นที่ (Band Pattern)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

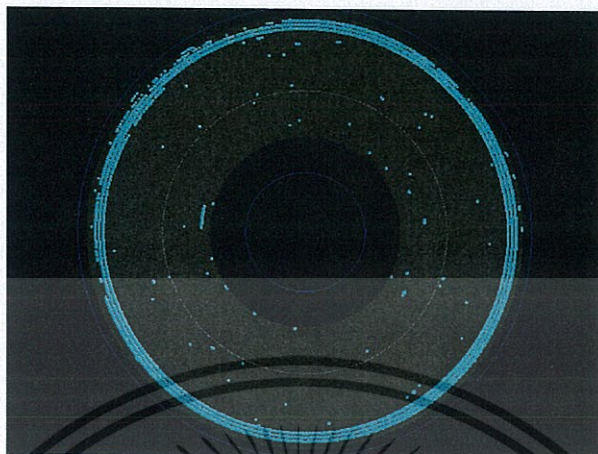
3.1.3 ประเภทของความเสียหายที่เกิดจากการกระจายตัวแบบเต็มพื้นที่แต่ไม่เต็มวง (High Dense Defect In Particular Angle Pattern) คล้ายกับลักษณะ Band Pattern แต่มีส่วนที่แตกต่างคือ ความเสียหายจะไม่กระจายแบบเต็มวง ซึ่งสาเหตุของ High Dense Defect In Particular Angle Pattern ยังคงมาจากหัวอ่านที่ทำการอ่านเขียนข้อมูลที่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การอ่านและเขียนข้อมูลมีปัญหา



รูปที่ 3.3 ประเภทของความเสียหายที่เกิดจากการกระจายตัวแบบเต็มพื้นที่แต่ไม่เต็มวง (High Dense Defect In Particular Angle Pattern)

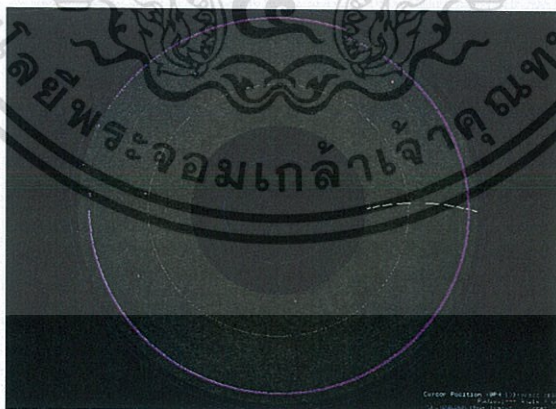
3.1.4 ประเภทของความเสียหายที่เกิดจากการจับกลุ่มเป็นวงแหวน (Circum Pattern) ซึ่งสาเหตุของความเสียหายที่พบในประเภทนี้ส่วนใหญ่อาจเกิดจากการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ ต่าง ๆ ของตัวฮาร์ดดิสก์ในบางตำแหน่งไม่เหมาะสมหรืออาจเกิดจากการที่หัวอ่านลงไปสัมผัสกับแผ่นบันทึกข้อมูลโดยตรง ในบางครั้งหัวอ่านเขียนเองอาจจะไม่มีคุณภาพเมื่อนำไปทดสอบอาจจะทำให้เกิดรอยขีดเป็นแนวยาวจนเกือบครบวงกลมหรือในบางครั้งอาจจะเกิดจากขั้นตอนการผลิตแผ่นบันทึกข้อมูลเอง เช่นเมื่อวาดเส้นเพื่อกำหนด track และ wedge ของตัวแผ่นบันทึกข้อมูลเอง อาจจะมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสียหายประเภทนี้ได้ จึงส่งผลให้เกิดความเสียหายได้ ทำให้เกิดความเสียหายเกิดการกระจายรูปวงแหวนในลักษณะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ประเภทของความเสียหายที่เกิดจากการจับกลุ่มเป็นวงแหวน (Circum Pattern)

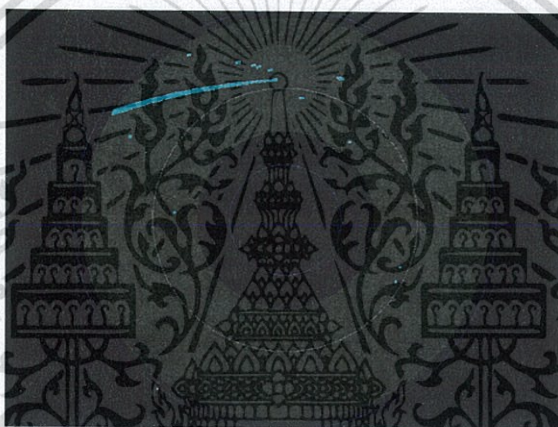
3.1.5 ประเภทของความเสียหายแบบก้นหอย (Spiral Pattern) ซึ่งอาจมาจากสาเหตุที่หัวอ่านไปสัมผัสกับแผ่นมีเดีย ทำให้บริเวณที่ถูกสัมผัสเกิดความเสียหาย ซึ่งคล้ายกับลักษณะ Circum Pattern แต่มีส่วนที่แตกต่างคือ จุดเริ่มต้นและจุดที่สิ้นสุดของความเสียหายไม่อยู่ในจุดเดียวกัน ส่งผลทำให้ไม่สามารถทำการบันทึกข้อมูลในบริเวณดังกล่าวได้



รูปที่ 3.5 ประเภทของความเสียหายแบบก้นหอย (Spiral Pattern)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 ประเภทของความเสียหายแบบเส้น (Scratch fill Pattern) สาเหตุของการกระจายตัวในลักษณะนี้อาจมาจากหลายสาเหตุ ส่วนใหญ่อาจเป็นผลมาจากมีการสัมผัสชุดขีดเกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล โดยมนุษย์หรืออุปกรณ์บางชนิดยกตัวอย่างเช่นเครื่องจักร เครื่องมือต่างๆ และผู้ปฏิบัติงาน เป็นผลให้บริเวณดังกล่าวเกิดความเสียหายจนไม่สามารถนำไปใช้ในการบันทึกข้อมูลได้ ดังนั้นประเภทของความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงมีรูปร่างลักษณะเป็นเส้นให้เห็นได้อย่างชัดเจน

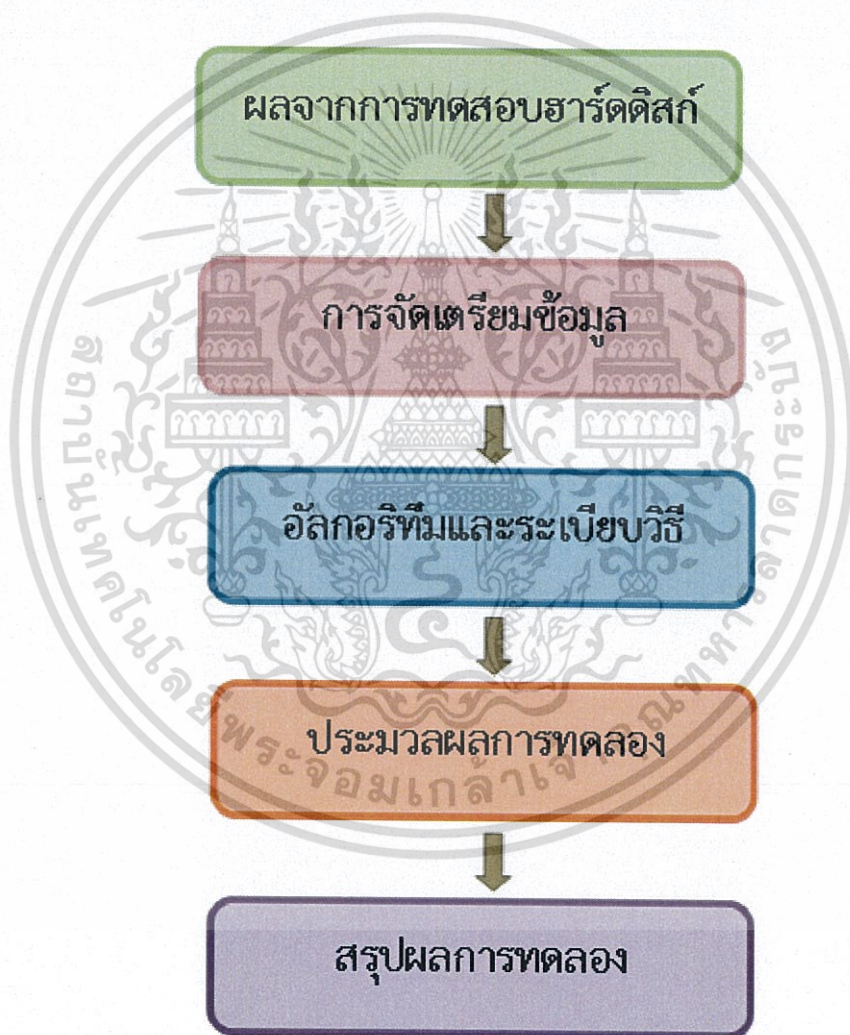


รูปที่ 3.6 ประเภทของความเสียหายแบบเส้น (Scratch fill Pattern)

3.2 ผังการดำเนินงาน

หลังจากศึกษางานวิจัย ศึกษาประเภทของความเสียหาย รวมทั้งวารสารทางวิชาการเกี่ยวกับการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จึงได้ออกแบบขั้นตอนการดำเนินงาน โดยเริ่มจากในแต่ละขั้นตอนในการทดสอบนั้นจะมีการเก็บบันทึกข้อมูลผลการทดสอบซึ่งเราจะเรียกว่า Result file ซึ่งใน Result file นี้จะเก็บข้อมูลการทดสอบทุกอย่างให้อยู่ในรูปของตัวเลขหรือ Text file โดยที่ประโยชน์ของการเก็บข้อมูลการบันทึกไว้ทั้งหมดนั้นจะส่งผลดีต่อการวิเคราะห์ เมื่อมีความผิดปกติหรือมีความเสียหายเกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบและปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์คือ เกิดความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูล ซึ่งในการวิเคราะห์สาเหตุของความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลนั้นนั้นจะทำได้จากการเลือกข้อมูลที่ได้จากกระบวนการทดสอบที่สามารถบอกได้ถึงตำแหน่งที่เกิดความเสียหายหรือข้อมูลอื่นๆที่เราต้องการใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลแล้ว จากนั้นนำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลดิบที่ได้เข้าสู่กระบวนการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อเป็นการเตรียมข้อมูลให้ง่ายต่อการนำไปใช้ต่อ จากนั้นทำการปรับแต่งข้อมูลแล้วนำข้อมูลที่ได้เข้าสู่การประมวลผลของโปรแกรม โดยวิธีการวิเคราะห์ หรือจำแนกความเสียหายแต่ละประเภทนั้นจะมีความแตกต่างกันออกไป อัลกอริทึมหรือระเบียบวิธีในการวิเคราะห์รูปแบบของความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นก็มีความแตกต่างกันออกไป ความเสียหายบางประเภท อาจจะใช้การวิเคราะห์ที่ค่อนข้างซับซ้อน หรือมีการใช้ระเบียบวิธีที่มากกว่า 1 วิธีก็ได้เหมือนกัน



รูปที่ 3.7 ผังการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียมข้อมูล

ในการตรวจสอบผลการทำงานของโปรแกรมจำเป็นต้องมีภาพที่เป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นจริง เพื่อใช้ทดสอบความแม่นยำของโปรแกรม ใช้ในการอ้างอิง และง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล จากผลการทดสอบ ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้น ยังไม่สามารถนำมาประมวลผลเป็นภาพได้ เนื่องจากข้อมูลอยู่ในรูปเท็กไฟล์ (Text File) หรือไฟล์ที่เป็นตัวเลขนั่นเอง จึงต้องมีการเตรียมข้อมูลก่อน เริ่มจากการนำไฟล์ข้อมูลในรูปเท็กไฟล์มาใช้ ซึ่งข้อมูลภายในเท็กไฟล์นี้จะมีการระบุตำแหน่งของความเสียหายที่เกิดบนแผ่นบันทึกข้อมูล โดยกำหนดให้ตำแหน่งในแนวแกน x คือเว็ดจ์ (Wedge) และตำแหน่งในแนวแกน y คือแทรค (Track)

โดยทำการค้นหาข้อมูลตำแหน่งของความเสียหายจากข้อมูลภายในเท็กไฟล์นี้และนำไปประมวลผล ซึ่งในบางโอกาสอาจมีเหตุการณ์ที่ทำให้ข้อมูลภายในไฟล์นี้มีความไม่สมบูรณ์เราจะทำการตัดชุดข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์นี้ออกไป และทำการวิเคราะห์เฉพาะชุดข้อมูลที่มีความสมบูรณ์เท่านั้น หลังจากนั้นเมื่อเราได้ชุดข้อมูลของแทรคและเว็ดจ์มาแล้วเราจะต้องทำการแปลงชุดข้อมูลที่ได้มานี้ ให้อยู่ในรูปแบบของแต่ละจุดที่อยู่บนแกน X และ Y เปรียบเสมือนความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลนั่นเอง และหลังจากนั้นเราจะนำข้อมูลแกน X และ Y นี้ไปใช้ในการประมวลผลออกมาเป็นภาพ 2 มิติ ซึ่งใช้เป็นภาพอ้างอิงและเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบผลการทำงานของโปรแกรมต่อไป

3.4 วิธีการจำแนกความเสียหายประเภท Cluster Pattern

ในการจำแนกความเสียหายประเภท Cluster Pattern ของการทดลองในครั้งนี้มีระเบียบวิธีชื่อ Cluster ในการตัดแยก มีพารามิเตอร์ 3 พารามิเตอร์ที่สำคัญคือ

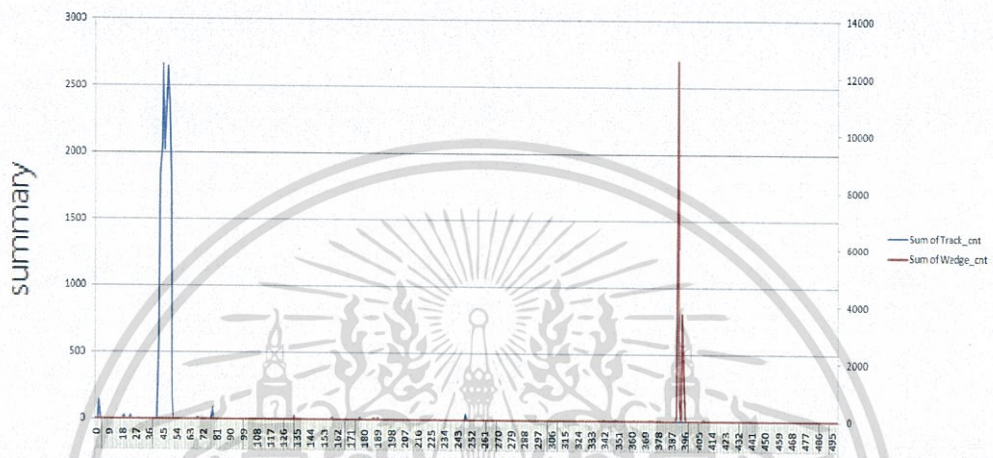
1. ความหนาแน่น (Density)
2. ความกว้าง(แกน x)ของตำแหน่งที่เกิดความเสียหายในพื้นที่ส่วนของ Wedge (Δ Wedge)
3. ความยาว (แกน y) ของตำแหน่งที่เกิดความเสียหายในพื้นที่ส่วนของ Track (Δ Track)

โดยสามารถแบ่งการจำแนกออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาตำแหน่งที่มีความเสียหายอยู่อย่างหนาแน่นมากที่สุดดังนี้

พิจารณาดำแหน่งที่มีความหนาแน่นของความเสียหายอยู่มากๆ หรือมีอัตราการเกิดความเสียหายซ้ำในตำแหน่งเดิม โดยจะพิจารณาค่าสูงสุดของการเกิดความเสียหายซ้ำในตำแหน่งเดิมนั้นมีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้หรือไม่เพราะถ้าค่าการเกิดความเสียหายซ้ำในตำแหน่งเดิมมากเกินกว่าที่กำหนดเราจึง

จัดว่าเป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลนั้นอยู่ในเงื่อนไข แล้วใช้ตำแหน่งที่อยู่ในเงื่อนไขนี้ไปทำงานในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป



ตำแหน่งที่เกิดความเสียหาย

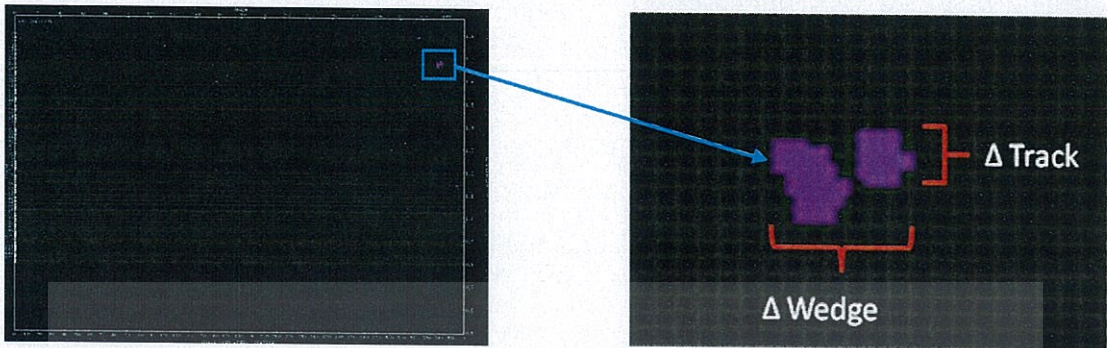
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งที่ความเสียหายเกิดขึ้นมากที่สุด

จากรูปที่ 3.9 เป็นกราฟแสดงตำแหน่งที่ความเสียหายเกิดขึ้นมากที่สุดหรือมีความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งพิจารณาที่จุดยอดของกราฟ โดยที่เส้นกราฟสีน้ำเงินหมายถึง ตำแหน่งที่ของ wedge ที่ 45 มีความเสียหายอยู่หนาแน่น และเส้นกราฟสีแดงหมายถึง ตำแหน่งที่ของ track ที่ 391 มีความเสียหายอยู่หนาแน่น โดยลักษณะของกราฟจะมีจุดที่สูงที่สุดเพียงจุดเดียวค่อนข้างโดดเด่นและชัดเจน ทำให้สามารถรู้ว่าตำแหน่งไหนเป็นตำแหน่งที่มีความเสียหายของแผ่นบันทึกข้อมูลมีอยู่อย่างหนาแน่นมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 การหาขนาดความกว้างและความยาวของตำแหน่งที่เกิดความเสียหาย

เมื่อทราบตำแหน่งที่มีความเสียหายอยู่หนาแน่นที่สุดแล้ว จึงนำตำแหน่งที่ได้จากนั้น หาความกว้าง (แกน x) ของตำแหน่งที่เกิดความเสียหายในพื้นที่ส่วนของ Wedge (ΔWedge) และความยาว (แกน y) ของตำแหน่งที่เกิดความเสียหายในพื้นที่ส่วนของ Track (ΔTrack)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ความกว้างของตำแหน่งที่เกิดความเสียหาย (ΔTrack)
และความยาว (ΔWedge)

ซึ่งหาได้จากสมการดังนี้

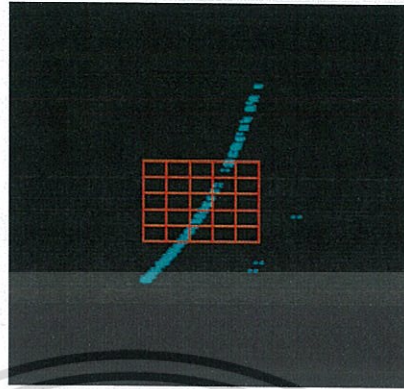
$$\Delta\text{Wedge} = \text{จุดเริ่มต้นตำแหน่งที่เกิดความเสียหายบนแกน } x - \text{จุดสิ้นสุดตำแหน่งที่เกิดความเสียหายในแนว } x \quad (19)$$

$$\Delta\text{Track} = \text{จุดเริ่มต้นตำแหน่งที่เกิดความเสียหายบนแกน } y - \text{จุดสิ้นสุดตำแหน่งที่เกิดความเสียหายในแนว } y \quad (20)$$

โดยกำหนดให้ขนาดความกว้างต้องมีค่าไม่เกิน 3 พิกเซล และความยาวไม่เกิน 3 พิกเซล เมื่อความเสียหายของแผ่นบันทึกข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ในแต่ละแผ่น ตรงกับเงื่อนไขของ 3 พารามิเตอร์ที่กำหนดแล้วและอยู่ช่วงที่กำหนดค่าไว้ จะจัดว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นประเภทนี้ว่า Cluster Pattern

3.5 วิธีการจำแนกความเสียหายประเภท Scratch Fill Pattern

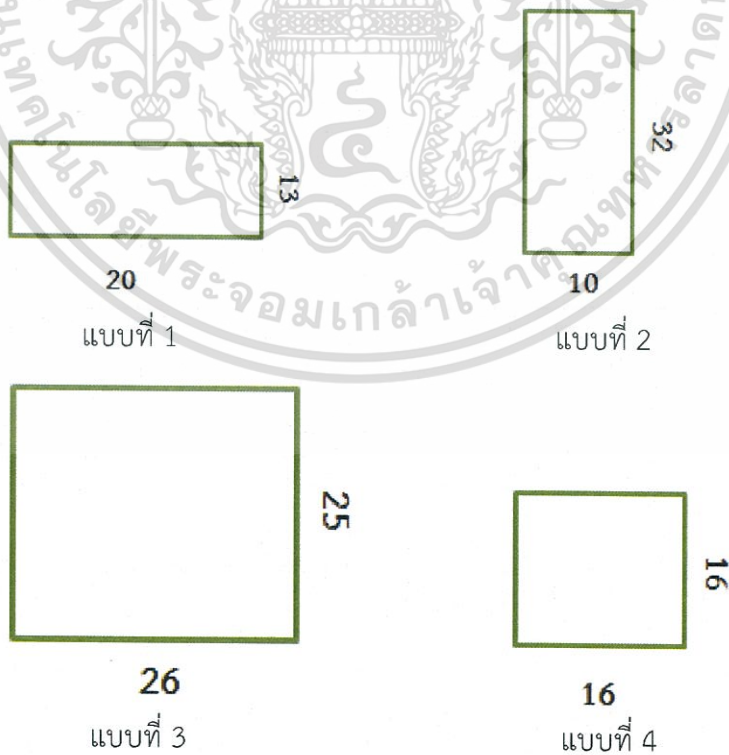
ในการจำแนกความเสียหายประเภท Scratch Fill Pattern ของการทดลองในครั้งนี้มีเมทริกซ์ชื่อ ว่า Window Scan ที่ใช้ในการคัดแยกความเสียหาย ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 3.10 การทำงานของ Window Scan

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขนาดของ window

เริ่มต้นจากการกำหนด window ขนาดกว้างxยาว ($m \times n$) โดยที่มีการปรับค่า m, n เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมกับการทดลอง ซึ่งมีขนาดของ window 4 รูปแบบ โดยที่ค่า m, n มีค่าแตกต่างกันออกไปดังรูปต่อไปนี้

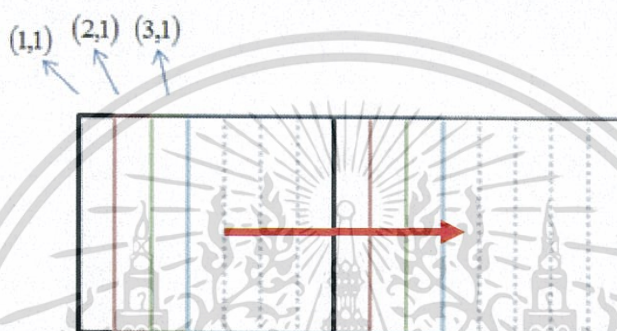


รูปที่ 3.11 รูปแบบของ Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

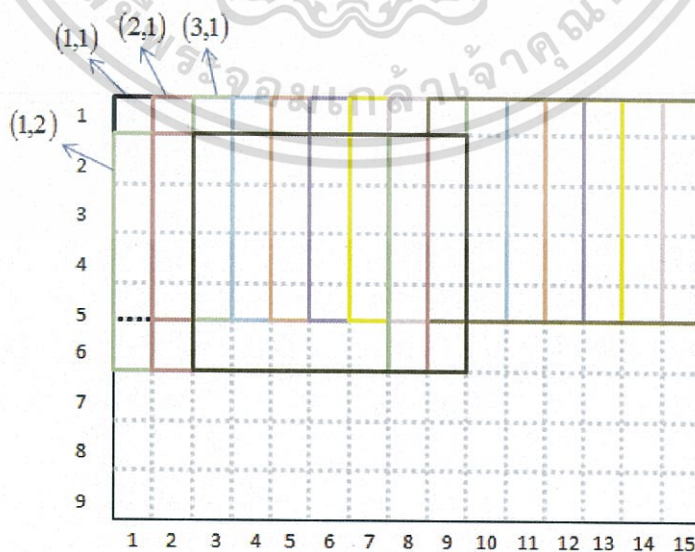
ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการสแกน

จากขั้นตอนที่ 1 และ 2 เราสามารถบอกได้ว่าลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละ window มีลักษณะเป็นเชิงเส้นหรือไม่ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าความเป็นเชิงเส้นที่เกิดขึ้นมีระยะห่างระหว่าง window เท่าไหร่หรือติดกันหรือไม่ ดังนั้นในขั้นตอนที่ 3 จะกล่าวถึงระเบียบวิธีที่นำมาใช้ในการหาระยะทางของแต่ละ window ที่มีความเสียหายเกิดขึ้นโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.12 วิธีการสแกน window ในแนวแกน x

ในการสแกนนั้น window จะเลื่อนไปในแนวแกน x ทีละ 1 จนถึง window เลื่อนไปถึงค่าสุดท้ายในแนวแกน x โดยที่ค่า y คงที่ จากนั้นจะเริ่มสแกนอีกครั้งในแนวแกน x แต่แกน y จะมีค่าเพิ่มขึ้นมาทีละ 1 ดังรูปที่ 3.13 แล้วให้ window เลื่อนไปถึงค่าสุดท้ายในแนวแกน x แล้วทำต่อแบบนี้ไปเรื่อยถึงค่าสุดท้ายของทั้งแกน x และ แกน y



รูปที่ 3.13 วิธีการสแกน window ในแนวแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแต่ละ window จะมีพิกัดบอกว่าเป็น window พิกัดอยู่ที่เท่าไร จากรูปที่ 3.18

window ที่1 พิกัดคือ (1,1) หมายถึง แถว $x=1$,แถว $y=1$

window ที่2 พิกัดคือ (2,1) หมายถึง แถว $x=2$,แถว $y=1$

window ที่3 พิกัดคือ (3,1) หมายถึง แถว $x=3$,แถว $y=1$

window ที่4 พิกัดคือ (4,1) หมายถึง แถว $x=4$,แถว $y=1$

⋮

window ที่N พิกัดคือ (u,v) หมายถึง แถว $x=u$,แถว $y=v$

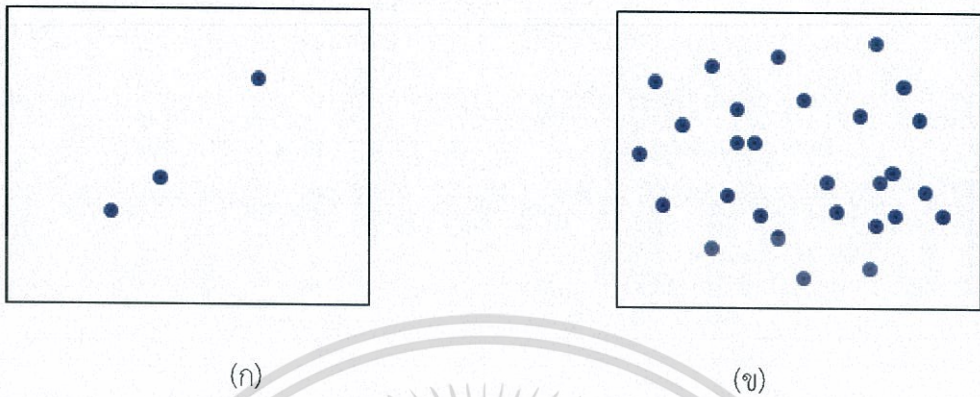
เมื่อ $N =$ number of window

$u =$ ค่าสุดท้ายในแนวแถว x

$v =$ ค่าสุดท้ายในแนวแถว y

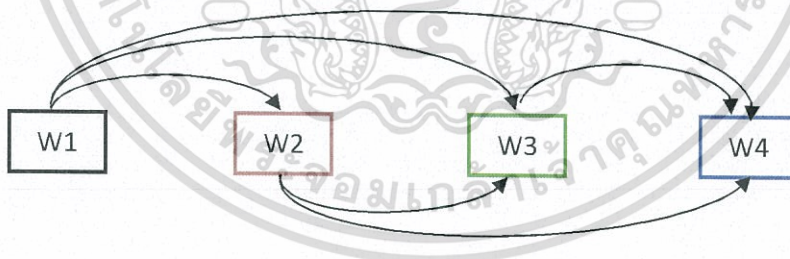
ขั้นตอนที่ 3 การหาค่า R-Squared

หลังจากที่สแกนไปเรื่อยๆบนระนาบ xy ซึ่งในแต่ละ window ที่มีการสแกนนั้นจะมีการเก็บค่าของความเสียหายในแต่ละwindowไว้ โดยค่าที่ได้จากการสแกนทั้งหมดนั้นจำเป็นต้องทำ normalization ก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการนำข้อมูลไปใช้ต่อ จากนั้นนำข้อมูลมาหาค่า R-Squared ว่าเข้าใกล้ 1 หรือไม่ เมื่อค่าที่ได้เข้าใกล้ 1 แสดงว่าไม่มีการกระจายตัวของข้อมูล ในทางตรงกันข้ามเมื่อค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีการกระจายตัวของความเสียหายมาก ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่เราต้องมีการปรับคือค่าของความเสียหายที่น้อยที่สุดและความเสียหายที่มากที่สุด เนื่องจากในกรณีที่จำนวนความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลมีปริมาณน้อยเกินไปจะทำให้ค่า R-Squared ที่ได้มีโอกาสเข้าใกล้ 1 ค่อนข้างมาก และทางตรงกันข้ามหากความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลมีมากเกินไปจะทำให้ค่า R-Squared มีโอกาสเข้าใกล้ 1 น้อย ซึ่งอาจจะผิดจากความเป็นจริง เพื่อแก้ปัญหาในส่วนนี้ จึงได้กำหนดให้ค่าเริ่มต้นของปริมาณความเสียหายที่น้อยที่สุดเป็น 16 และมากที่สุดเป็น 80



รูปที่ 3.14 ความเสียหายในแต่ละ window (ก) ความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลมีปริมาณน้อยเกินไป และ (ข) ความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลมีปริมาณมากเกินไป

ขั้นตอนที่ 3 ทหาระยะทางระหว่าง window เพื่อตรวจสอบว่าแต่ละ window อยู่ติดกันหรือไม่ การหาระยะทางนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการผ่านขั้นตอนที่ 2 มาอย่างน้อย 2 window ถึงจะสามารถหาระยะทางได้ ซึ่งการหาระยะทางอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3.15 การหาระยะทาง (distance)

จากรูปที่ 3.15 อธิบายได้ว่า มีจำนวน window ทั้งหมด 4 window (w_1, w_2, w_3, w_4) โดยแต่ละ window มีพิกัดคือ (1, 1), (2, 1), (3, 1), (4, 1) ตามลำดับ จากนั้นจับคู่ window ทีละ 2 ดังนี้

คู่ที่ 1 (w_1, w_2)

คู่ที่ 2 (w_1, w_3)

คู่ที่ 3 (w_1, w_4)

คู่ที่ 4 (w_2, w_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่ที่ 5 (w_2, w_4)

คู่ที่ 6 (w_3, w_4)

ซึ่งระยะห่างของ window แต่ละคู่จะต้องอยู่ในช่วงที่ไม่เกิน $\sqrt{2}$ จึงถือว่า window ทั้ง 2 อยู่ติดกัน

ขั้นตอนที่ 4 หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ขั้นตอนนี้เป็นการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลเฉพาะ window ที่อยู่ติดกันเท่านั้น โดยใช้ความชัน เพื่อบอกการกระจายตัวและลักษณะของความเสียหาย เมื่อความชันมีค่าเป็นบวกนั้นหมายถึง เป็นความเสียหายที่มีทิศทางเอียงไปทางด้านขวา และเมื่อค่าที่ออกมาเป็นลบความเสียหายนั้นหมายถึง ความเสียหายมีทิศทางเอียงไปทางด้านซ้าย ซึ่งหากข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้าข้อมูลแต่ละจุดอยู่ห่างไกลจากค่าเฉลี่ยเป็นส่วนมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่ามาก และเมื่อข้อมูลทุกตัวมีค่าเท่ากันหมด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือไม่มีการกระจายตัว

ขั้นตอนที่ 5 หาความยาวของ window ที่อยู่ติดกันทั้งหมด

ขั้นตอนนี้สามารถหาได้จาก หมายเลขพิกัดของ แต่ละ window หรือการหาความกว้างและความสูงของ window นั้นเอง โดยเริ่มจากการนำค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดของพิกัดในแกน x (Δx) และค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดของพิกัดในแกน y (Δy) จากนั้นเราจะทราบว่า ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลนั้นมีความยาวทั้งหมดกี่ window และมีความสูงเท่าไร

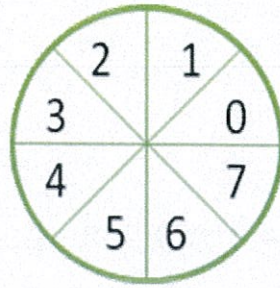
3.6 วิธีจำแนกความเสียหายประเภท Band Pattern, Circum Pattern, Spiral Pattern, High Dense Defect in Particular Angle Pattern

ในการจำแนกความเสียหายประเภท Band Pattern, Circum Pattern, Spiral Pattern และ High Dense Defect in Particular Angle Pattern ของการทดลองในครั้งนี้มีระเบียบวิธีชื่อว่า Symmetry โดยใช้หลักการแบ่งพื้นที่ของแผ่นบันทึกข้อมูล เพื่อหาความสมมาตรในการกระจายตัวของความเสียหายที่เกิดขึ้น โดยสามารถแบ่งการจำแนกออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งพื้นที่ของแผ่นบันทึกข้อมูล

แผ่นบันทึกข้อมูล 1 แผ่นจะประกอบไปด้วย wedge จำนวน 416 wedge ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่ออกเป็น 8 ส่วน ซึ่งในแต่ละส่วนจะประกอบไปด้วย wedge จำนวน 52 wedge ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 การแบ่งพื้นที่ของแผ่นบันทึกข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 การจับกลุ่ม

หลังจากแบ่งพื้นที่เสร็จแล้ว ขั้นตอนนี้คือการจัดกลุ่ม โดย 1 กลุ่มจะประกอบไปด้วย 4 ส่วน ดังรูปที่ 3.11 จะทำทั้งหมด 6 กลุ่ม (G1-G6)



รูปที่ 3.17 แสดงการจัดกลุ่มตำแหน่งความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่ม	ประกอบไปด้วยส่วนที่
A1	0+1+2+3
A2	4+5+6+7
B1	0+1+6+7
B2	2+3+4+5
C1	1+2+3+4
C2	0+5+6+7
D1	0+1+2+7
D2	3+4+5+6
E1	1+2+5+6
E2	0+3+4+7
F1	2+3+6+7
F2	0+1+4+5

ตารางที่ 3.18 รายละเอียดของส่วนประกอบในแต่ละกลุ่ม

เช่น ตัวอย่างกรณีที่ 1: G1

ประกอบไปด้วย 2 กลุ่ม คือ A1 ซึ่งมีพื้นที่ส่วนที่ 0+1+2+3 รวมกัน

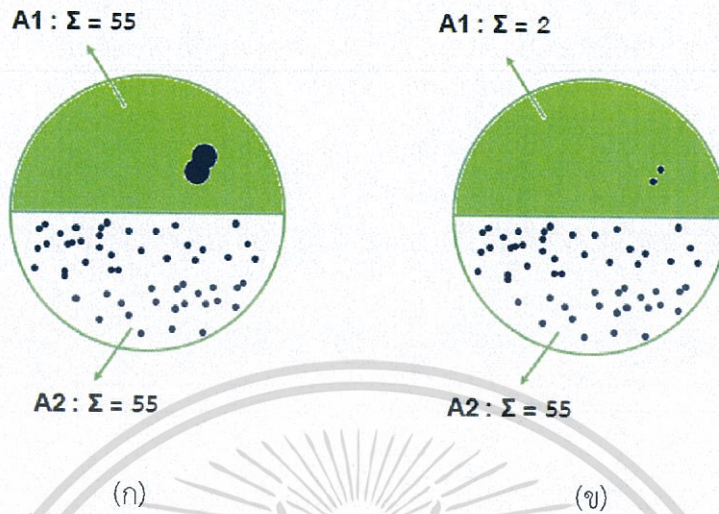
A2 ซึ่งมีพื้นที่ส่วนที่ 4+5+6+7 รวมกัน

ซึ่งทำเหมือนกันกรณีที่ 1 ทั้ง 6 กรณี

ขั้นตอนที่ 3 การทำ normalization

หลังจากที่รวมส่วนต่างๆเป็นกลุ่มทั้งหมด 12 กลุ่ม(A1,A2,B1,B2,C1,C2,D1,D2,E1,E2,F1,F2) แล้ว ในขั้นตอนนี้คือการลดความซ้ำซ้อนและโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดกับจำนวนความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ สาเหตุอาจจะมาจากบางตำแหน่งมีความเสียหายที่เกิดขึ้นซ้ำเรื่อยๆจนทำให้ มีความเสียหายขนาดใหญ่แต่เป็นเพียงบาง wedge เท่านั้น ต่างกับอีกกรณีคือ มีการกระจายตัวของความเสียหายทั่วทั้งแผ่นแต่ไม่ได้เกิดที่ตำแหน่งเดิม ยกตัวอย่างกรณี G1 ประกอบไปด้วยส่วนของ A1 และ A2 ดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 การทำ normalization (ก) ก่อนทำ (ข) หลังทำ

จากรูปที่ 3.12 (ก) คือความเสียหายก่อนการ normalization โดยที่ A1 มีเพียง 2 ตำแหน่งเท่านั้นที่เกิดความเสียหาย โดยแต่ละตำแหน่งมีขนาด 30 และ 25 ดังนั้นผลรวมจึงเท่ากับ 55 ในทางตรงกันข้าม A2 มีตำแหน่งที่เกิดความเสียหายทั้งหมด 55 ตำแหน่ง แต่ผลรวมได้เท่ากับ 55 ซึ่งนั่นหมายความว่า แต่ละตำแหน่งมีจำนวนของการเกิดความเสียหายเท่ากับ 1 ทำให้ในทางการประมวลผลของโปรแกรมทั้ง A1, A2 จะมีค่าเท่ากัน แต่ในความเป็นจริงแล้วความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่ได้เท่ากัน ภาพ (ข) ความเสียหายหลังการทำ normalization พบว่า A1 มีผลรวมเท่ากับ 2 เพราะในการทดลองครั้งนี้กำหนดให้ 5 คือค่าเริ่มต้น ซึ่งหมายถึง ตำแหน่งที่มีค่าเกิน 5 จะมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าน้อยกว่าจะเท่ากับ 0 ทำให้โปรแกรมสามารถแยกได้ว่า A1 และ A2 มีค่าไม่เท่ากันและไม่สมมาตรกัน

ขั้นตอนที่ 4 การหาผลต่างทั้ง 6 กรณี

หลังจากได้ค่าที่ปรับปรุงแล้ว จึงเริ่มขั้นตอนการหาผลต่างของแต่ละกรณี ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Delta} = \frac{|\left(\sum \text{Group } x\right)_1 - \left(\sum \text{Group } x\right)_2|}{|\left(\sum \text{Group } x\right)_1 + \left(\sum \text{Group } x\right)_2|} \quad (21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น กรณี G1

หาผลต่างระหว่าง A1 และ A2

$$\begin{aligned} \text{Delta} &= \frac{|\left(\sum \text{Group x}\right)_1 - \left(\sum \text{Group x}\right)_2|}{\left|\left(\sum \text{Group x}\right)_1 + \left(\sum \text{Group x}\right)_2\right|} \\ &= \frac{|\left(\sum \text{Group A}\right)_1 - \left(\sum \text{Group A}\right)_2|}{\left|\left(\sum \text{Group A}\right)_1 + \left(\sum \text{Group A}\right)_2\right|} \\ &= \frac{|2 - 50|}{|2 + 50|} \\ &= \frac{48}{52} \\ &= 0.923 \end{aligned}$$

ซึ่งในการทดลองมีการปรับค่าเดลต้า ตั้งแต่ 0-1 (โดยที่ 1 = 100%) จากนั้นจึงใช้เป็นค่าเดลต้าหลัก โดยที่ในแต่ละกรณีจะต้องมีค่าเดลต้าที่ไม่เกินกว่าค่าที่กำหนด จึงถือว่ากรณีนั้นกลุ่ม 1 และ 2 มีความสมมาตรกัน แล้วทำในลักษณะเดียวกันทั้ง 6 กรณี เพื่อดูความสมมาตรของการกระจายตัวของความเสียหาย

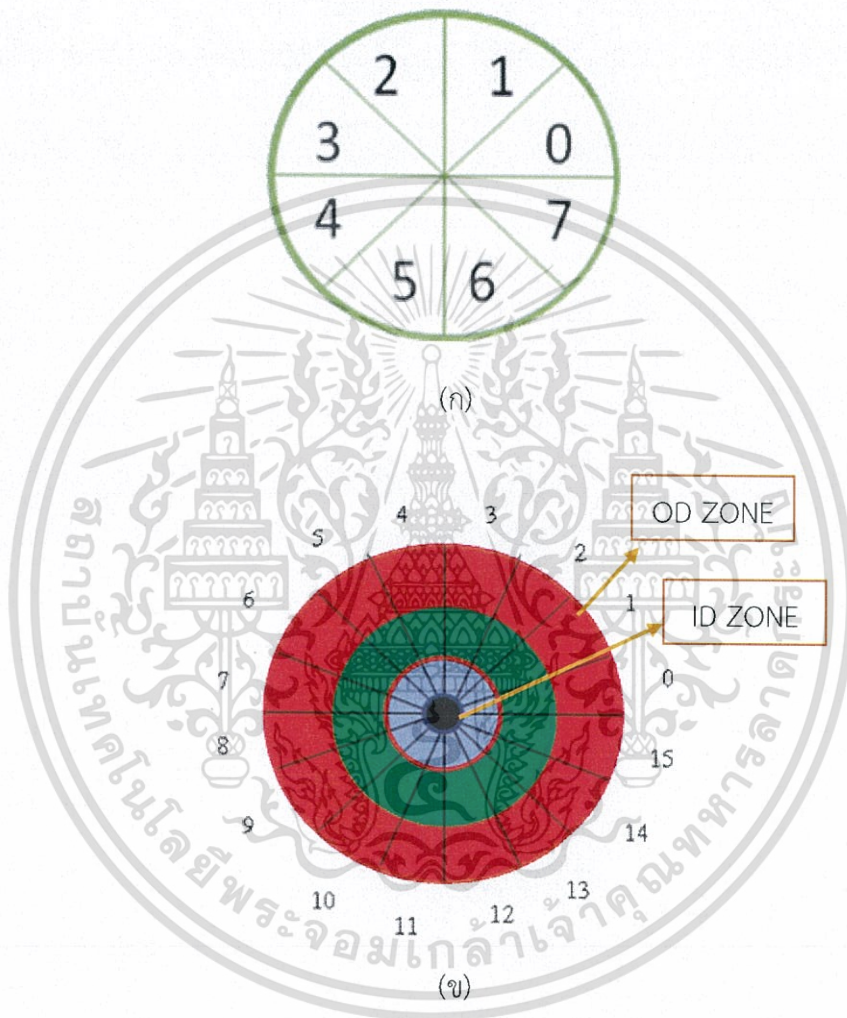
ถ้าทั้ง 6 กรณีมีจำนวนของความเสียหายในแนวนอนมีความสมมาตรแล้วมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากัน จะจัดว่าความเสียหายประเภทนี้ว่าความเสียหายประเภท Band Pattern, Circum Pattern, Spiral Pattern, High dense defect in particular angle pattern ได้ในเบื้องต้น แต่ความเสียหายที่มีความซับซ้อนและยากต่อการจำแนกนั้นไม่สามารถทำได้อย่าละเอียดและแม่นยำ จึงต้องใช้อีก 1 ระเบียบวิธีที่มีชื่อว่า Quarter มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อเป็นการบอกถึงความเสียหายนั้นครอบคลุมทั้งหมดที่ track ซึ่งจะทำให้สามารถแยก Band Pattern, Circum Pattern, Spiral Pattern ออกจากกันได้

ขั้นตอนที่ 5 การแบ่งพื้นที่เพิ่ม

จะทำการแบ่งพื้นที่ความเสียหายเพิ่มขึ้นจากเดิมมี 8 ส่วนรูปที่ 3.13 (ก) จะแบ่งพื้นที่ความเสียหายเพิ่มเป็น 16 ส่วน โดยทำขั้นตอนที่ 2,3,4 เหมือนกันกับระเบียบวิธีก่อนหน้า เพื่อที่จะสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำแนกและวิเคราะห์ความเสียหายได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น จากนั้นแบ่งความเสียหายในแนวรัศมีจากบริเวณ ID ZONE จนถึง OD ZONE เพื่ออีก 3 ส่วนดังรูปที่ 3.13 (ข)



รูปที่ 3.19 การแบ่งตำแหน่งบนแผ่นบันทึกข้อมูล (ก) แบ่ง 8 ส่วน และ

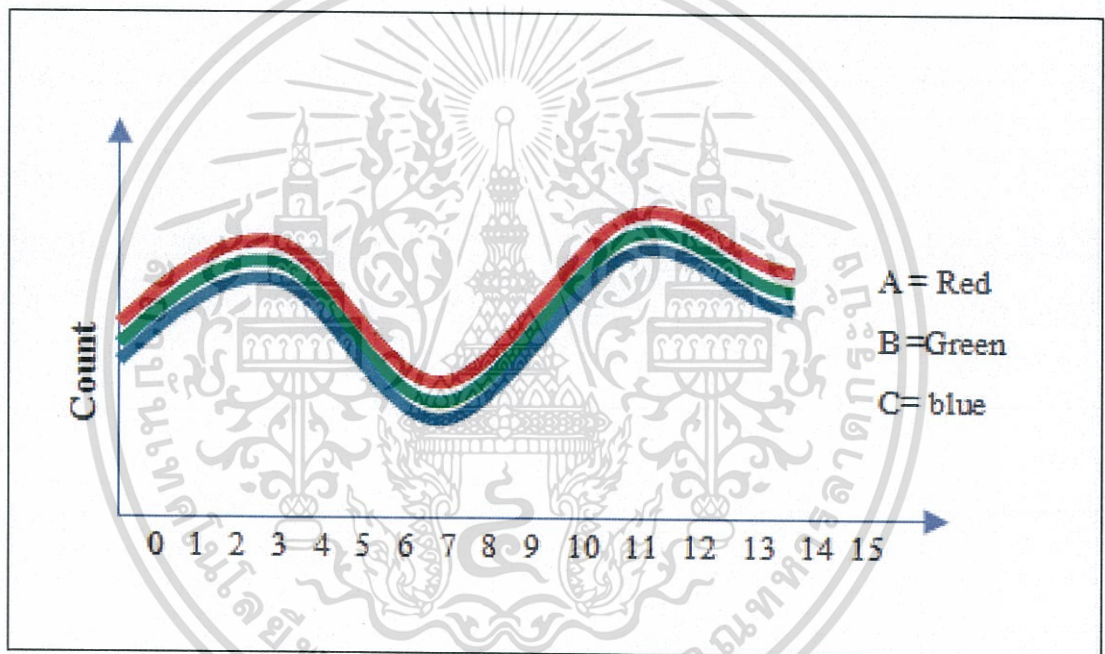
(ข) แบ่ง 16 ส่วนในแนว wedge และ 3 ส่วนในแนว track

ขั้นตอนที่ 6 หาค่าสัมประสิทธิ์

หลังจากที่แบ่งกลุ่มและ Normalization เรียบร้อยแล้ว มีการแบ่งพื้นที่เพิ่มในแนว Track ออกเป็น 3 ส่วน ซึ่งนั่นหมายความว่า จากการแบ่งพื้นที่ของความเสียหายใน 1 กลุ่มจะมีข้อมูลทั้งหมด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุด (Red, Green, blue) ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งทำจนครบ 16 ส่วน จากนั้น จากนั้นนำข้อมูลแต่ละชุดมาเปรียบเทียบดูแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์ว่าทั้ง 3 ชุดข้อมูลมีค่าไปในทางเดียวกันหรือไม่ ถ้าในบางกรณีมีค่าสัมประสิทธิ์บางค่าที่แตกต่างออกไปจะสามารถบอกได้ว่า ความกว้างของพื้นที่ความเสียหายตั้งแต่บริเวณ (Track) ตั้งแต่ ID ZONE จนถึง OD ZONE มีค่าเท่าไร จึงสามารถจัดได้ว่าความเสียหายประเภทนี้ว่า ความเสียหายรูปแบบ Band Pattern, Circum Pattern, Spiral Pattern, High dense defect in particular angle pattern

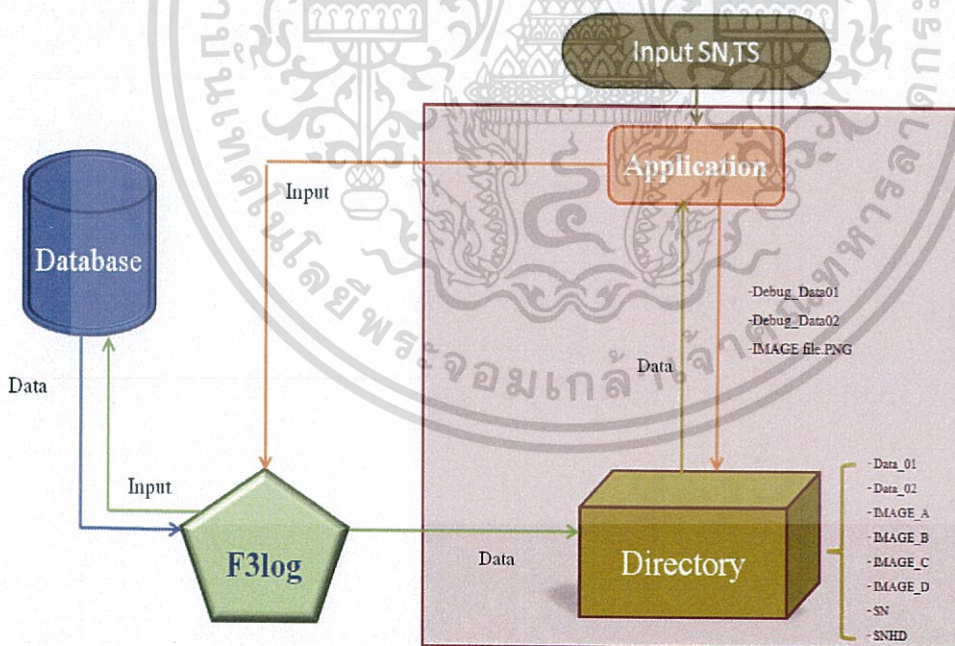


รูปที่ 3.20 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

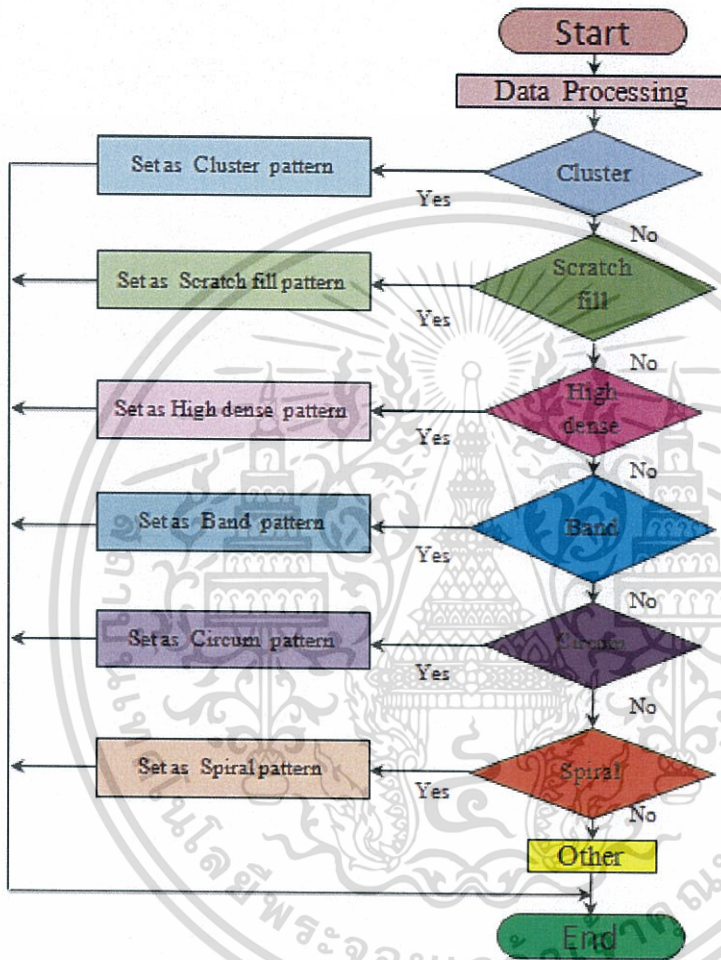
การทำงานของโปรแกรมเริ่มต้นจากใส่อินพุตนั้นคือ serial number ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวที่เราสนใจเข้าไปในโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะนำอินพุตที่ใส่มาไปดึงข้อมูลที่เรากำลังต้องการจาก database ผ่านทาง F3log จากนั้นสิ่งที่ได้ออกมาจาก database คือ data ซึ่งเป็นไฟล์.csv จากนั้นจะส่งข้อมูลเข้าโปรแกรมเพื่อประมวลผลการวิเคราะห์และจำแนกประเภทความเสียหาย สิ่งที่ได้ออกมาจากการประมวลผลคือ 1. Data_01 และ Data_02 ซึ่งเป็นไฟล์ excel โดยที่ภายในจะรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากโปรแกรม 2. IMAGE_A, IMAGE_B, IMAGE_C และ IMAGE_D คือไฟล์เตอร์ที่เป็นรูปภาพที่มีละเอียดของภาพแตกต่างกันออกไป 3. SN คือไฟล์เตอร์ที่บอกว่ามี serial number ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวที่เรานำมาทดสอบทั้งหมด 4. SNHD คือ ข้อมูลของแผ่นบันทึกข้อมูลแต่ละแผ่น ซึ่งผลที่ได้ออกมาคือข้อมูลที่สามารถบอกได้ว่าความเสียหายนั้นเป็นประเภทใดบ้าง โดยที่สามารถเรียกดูข้อมูลผ่านทาง Application ที่ชื่อว่า Debug_Data01, Debug_Data02, IMAGE file.PNG ได้ดังแผนผังดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แผนผังการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์ประเภทของความเสียหาย



รูปที่ 3.22 ขั้นตอนการวิเคราะห์ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นในบทที่แล้ว จะถูกนำมาเพื่อทำการพัฒนาการคัดแยกความเสียหายที่ปรากฏบนแผ่นบันทึกข้อมูล โดยได้แบ่งวิธีการออกเป็นสามส่วนสำคัญได้แก่ ส่วนที่หนึ่งเป็นการวิเคราะห์ประเภทความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูล โดยใช้วิธีการวัดความหนาแน่นของความเสียหายบนของแผ่นบันทึกข้อมูล วัดความกว้าง วัดความยาว โดยหาผลรวมของความเสียหายที่เกิดขึ้นในตำแหน่งเดิมบนแผ่นบันทึกข้อมูล ซึ่งถ้าค่าตัวนั้นอยู่ในเงื่อนไขที่กำหนดไว้จะถือว่าความเสียหายที่เกิดบนแผ่นบันทึกข้อมูลเป็นแบบที่เกิดจากรอยยุบตัว ส่วนการวิเคราะห์ความเสียหายบนแผ่นบันทึกข้อมูลในส่วนที่สองคือการวิเคราะห์แบบวัดความสมมาตรของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล โดยทำทั้ง 2 ระเบียบวิธีคือ วิธีการแรกวัดความสมมาตรโดยจะแบ่งพื้นที่บนแผ่นบันทึกข้อมูลออกเป็น 8 ส่วนดังที่ได้กล่าวมาจากบทก่อนหน้า วิธีการที่สองคือ แบ่งพื้นที่บนแผ่นบันทึกข้อมูลออกเป็น 16 ส่วน เพื่อเพิ่มความละเอียดในการวิเคราะห์มากขึ้น โดยในระเบียบวิธีทั้ง 2 สามารถใช้สำหรับการวิเคราะห์สำหรับความเสียหายที่เกิดบนแผ่นบันทึกข้อมูลในสี่ประเภทคือ ความเสียหายประเภทกระจายเต็มพื้นที่ทั่วทั้งแผ่น, ความเสียหายประเภทกระจายตัวเต็มเต็มพื้นที่แต่ไม่เต็มในแนวรัศมี, ความเสียหายประเภททวงแหวน, ความเสียหายประเภทก้นหอย และการวิเคราะห์ความเสียหายในชุดที่สามที่การทดลองนี้ได้นำเสนอคือการวิเคราะห์ของเสียบนแผ่นบันทึกข้อมูลโดยใช้เทคนิคการสแกนเป็น window จากนั้นดูความเป็นเชิงเส้นหรือ linear ทหาระยะทาง และหาความยาว โดยระเบียบวิธีนี้จะใช้สำหรับการวิเคราะห์ประเภทความเสียหายที่เกิดบนแผ่นบันทึกข้อมูลที่เป็นแบบเส้น ซึ่งในการทดลองในครั้งนี้จะเปรียบเทียบระหว่างการจำแนกประเภทของความเสียหายโดยมนุษย์และจากโปรแกรมที่ได้ออกแบบมา โดยใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวเดียวกัน ซึ่งค่าด้านซ้ายของตารางบอกถึงประเภทของความเสียหายซึ่งจำแนกโดยมนุษย์ และค่าที่อยู่ภายในตารางเป็นค่าที่ได้จากระเบียบวิธีต่างๆที่ได้ออกแบบในโปรแกรม โดยที่ค่าภายในตารางจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ใช้ในระเบียบวิธีนั้นๆ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและความแม่นยำ accuracy ของโปรแกรมที่ได้ออกแบบมา

4.1 ผลการทดลองของ Cluster Method

ในการจำแนกความเสียหายประเภท Cluster ของการทดลองในครั้งนี้มีระเบียบวิธีชื่อ Cluster ใช้ในการคัดแยกจะประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ 3 พารามิเตอร์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความหนาแน่น (Density)
2. ความกว้าง(แกนx)ของตำแหน่งที่เกิดความเสียหายในพื้นที่ส่วนของ Wedge (Δ Wedge)
3. ความยาว (แกน y) ของตำแหน่งที่เกิดความเสียหายในพื้นที่ส่วนของ Track (Δ Track)

ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการทดลองค่า Δ Wedge

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.1
2. Band	6	22	11	30	12	72	16	12	23	20	22.14
3. High Dense in Particular Angle	39	13	8	34	12	25	16	12	11	18	18.8
4. Circum	12	11	16	11	12	18	19	31	34	42	20.6
5. Spiral	61	76	35	34	65	21	28	32	15	17	38.4
6. Scratch Fill	5	17	18	21	6	7	11	8	5	7	10.5

จากผลการทดลองจะเห็นว่า ค่า Δ Wedge โดยเฉลี่ยที่ได้ทดลองจากโปรแกรมนี้มีได้หลายค่าซึ่งค่า โดยเฉลี่ยแล้วค่าของ Δ Wedge ที่เหมาะสมที่สุดในการบ่งบอกว่าเป็น Cluster นั้น ค่าที่ได้ต้องมีค่าที่ไม่เกิน 3 ซึ่งจากการทดลองค่าที่ได้นั้นคือ 2.1

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลผลการทดลองของค่า Δ Track

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2.5
2. Band	2	6	5	2	4	2	2	7	2	4	3.6
3. High Dense in Particular Angle	5	2	4	3	4	4	6	4	6	6	4.4
4. Circum	4	8	4	6	8	2	2	4	3	3	4.4
5. Spiral	8	2	4	4	4	5	4	5	4	4	4.4
6. Scratch Fill	4	5	4	4	4	3	5	6	4	6	4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองจะเห็นว่า ค่า Δ Track ที่ได้จากการทดลองนั้นค่าโดยเฉลี่ยจะมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่จากการคัดแยกประเภทของความเสียหายจริงโดยมนุษย์นั้นค่าของ Δ Track ที่ได้ต้องมีค่าไม่เกิน 3 จึงจะสามารถจำแนกความเสียหายประเภท Cluster ได้ซึ่งในการทดลองค่าโดยเฉลี่ยที่ได้นั้นคือ 2.5

4.2 ผลการทดลองของ Scratch Method

ในการจำแนกความเสียหายประเภท Scratch Fill ของการทดลองในครั้งนี้ ใช้ Window Scan ที่ในการจำแนกความเสียหาย โดยแบ่งพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องออกเป็น 4 แบบ ซึ่ง ใน 1 window จะประกอบด้วยค่า r-squared 1 ค่า แต่ window ที่ได้มีจำนวนที่ค่อนข้างมากทำให้ค่า r-squared ก็มีจำนวนมากเช่น จึงนำมาหาค่าเฉลี่ย และหาค่าที่ window มี r-squared มากที่สุดที่สามารถตรวจจับได้มาวิเคราะห์ โดยภายในจะบ่งบอกค่า r-squared ซึ่งเป็นค่าที่บ่งถึงลักษณะของความเป็นเชิงเส้น ซึ่งค่าเข้าใกล้ 1 จะดีที่สุด เพราะค่า ค่าที่ได้ในทุกๆข้อมูลอยู่ในแนวเดียวกันหรือเรียงกันเป็นเส้นตรง ไม่มีการกระจายตัวของข้อมูล ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 แบบที่ 1 ขนาด (กว้างxยาว) ของ Window เท่ากับ 20x13

ประเภทความเสียหาย ที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	0.08	0.05	0.12	0.24	0.11	0.12	0.04	0.04	0.08	0.02	0.09
2. Band	0.21	0.33	0.26	0.21	0.78	0.22	0.32	0.18	0.31	0.31	0.31
3. High Dense in Particular Angle	0.45	0.42	0.14	0.18	0.32	0.32	0.12	0.22	0.41	0.22	0.30
4. Circum	0.01	0.03	0.14	0.15	0.02	0.03	0.11	0.23	0.22	0.04	0.1
5. Spiral	0.56	0.75	0.45	0.66	0.23	0.67	0.86	0.45	0.42	0.60	0.66
6. Scratch Fill	0.77	0.72	0.90	0.5	0.7	0.83	0.82	0.84	0.63	0.82	0.80

จากตารางจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยของ r-squared ของความเสียหายประเภท Cluster, Band, High Dense in Particular Angle, Circum นั้นมีค่าที่ค่อนข้างน้อย แต่มีความเสียหาย 2 ประเภทที่เข้าใกล้ 1 นั้นคือ ความเสียหายประเภท Spiral และ Scratch Fill ซึ่งถือว่าแบบที่ 1 ที่มีขนาดของ window 20x13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งแกน x จะมีขนาดที่มากกว่า ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ได้เพราะลักษณะของขนาด window ที่ดีนั้น ควรจะตรวจจับได้เพียงแต่ความเสียหายประเภท Scratch Fill เท่านั้น ซึ่งขนาดที่กำหนดควรจะมีเหมาะสม ไม่มีขนาดเล็กเกินไปจนไม่สามารถตรวจจับ Scratch Fill ได้ แต่ก็ไม่ควรจะมีขนาดที่ใหญ่เกินไปจนสามารถตรวจจับความเสียหายประเภทอื่นได้ด้วย

ตารางที่ 4.4 แบบที่ 2 ขนาด (กว้างxยาว) ของ Window เท่ากับ 10x32

ประเภทความเสียหาย ที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	0.02	0.05	0.08	0.08	0.02	0.04	0.13	0.13	0.14	0.15	0.08
2. Band	0.18	0.17	0.39	0.05	0.44	0.42	0.54	0.21	0.05	0.27	0.272
3. High Dense in Particular Angle	0.22	0.45	0.52	0.32	0.31	0.34	0.45	0.50	0.21	0.34	0.37
4. Circum	0.01	0.03	0.14	0.15	0.02	0.03	0.11	0.03	0.02	0.04	0.06
5. Spiral	0.70	0.68	0.65	0.66	0.78	0.67	0.63	0.45	0.88	0.77	0.69
6. Scratch Fill	0.72	0.70	0.80	0.71	0.72	0.83	0.67	0.78	0.72	0.73	0.74

จากตารางจะเห็นได้ว่า ผลการทดลองของ การปรับขนาดของ window ค่าเฉลี่ยของ r-squared ของความเสียหายประเภท Cluster, Band, High Dense in Particular Angle, Circum นั้นมีค่าที่ยังคงค่อนข้างน้อย แต่มีความเสียหาย 2 ประเภทที่ค่าเข้าใกล้ 1 นั่นคือ ความเสียหายประเภท Spiral และ Scratch Fill ซึ่งถือว่าแบบที่ 2 ที่มีขนาดของ window 10x32 นั้นจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งแกน y จะมีขนาดที่มากกว่า ทำให้ขนาดของ window มีขนาดที่ใหญ่เกินไปจนสามารถตรวจจับความเสียหายประเภทอื่นได้ด้วย

ตารางที่ 4.5 แบบที่ 3 ขนาด (กว้างxยาว) ของ Window เท่ากับ 25x26

ประเภทความเสียหาย ที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	0.05	0.15	0.18	0.15	0.08	0.04	0.05	0.09	0.13	0.14	0.12
2. Band	0.2	0.19	0.69	0.39	0.42	0.18	0.21	0.34	0.30	0.03	0.29
3. High Dense in	0.41	0.05	0.31	0.37	0.31	0.34	0.45	0.5	0.21	0.34	0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Particular Angle											
4. Circum	0.08	0.72	0.69	0.66	0.78	0.67	0.63	0.45	0.88	0.77	0.05
5. Spiral	0.67	0.72	0.69	0.66	0.78	0.67	0.63	0.45	0.88	0.88	0.69
6. Scratch Fill	0.89	0.78	0.98	0.89	0.98	0.83	0.79	0.92	0.88	0.88	0.88

จากตารางจะเห็นว่า เมื่อปรับขนาดของ window ให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ทำให้ค่าเฉลี่ยของ r-squared ของความเสียหายประเภท Spiral และ Scratch Fill นั้นมีค่าเข้าใกล้ 1 มาก แต่ความเสียหายประเภทอื่นๆ ค่าที่ได้มีค่าน้อยมาก

ตารางที่ 4.6 แบบที่ 4 ขนาด (กว้างxยาว) ของ Window เท่ากับ 16x16

ประเภทความเสียหาย ที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	0.03	0.11	0.12	0.15	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.11	0.07
2. Band	0.11	0.13	0.32	0.35	0.31	0.27	0.36	0.28	0.32	0.41	0.28
3. High Dense in Particular Angle	0.23	0.16	0.29	0.29	0.31	0.21	0.12	0.5	0.21	0.34	0.24
4. Circum	0.34	0.45	0.21	0.56	0.11	0.67	0.01	0.04	0.41	0.04	0.34
5. Spiral	0.01	0.02	0.02	0.22	0.01	0.01	0.17	0.01	0.04	0.02	0.06
6. Scratch Fill	0.71	0.69	0.81	0.79	0.88	0.88	0.92	0.83	0.72	0.83	0.82

จากตารางจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยของ r-squared นั้นมีเพียงแค่ความเสียหายประเภท Scratch Fill เท่านั้นที่ค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด

Window	เฉลี่ย (r-squared)					
	Cluster	Band	High Dense in Particular Angle	spiral	circum	Scratch Fill
แบบที่ 1	0.09	0.31	0.29	0.1	0.66	0.80
แบบที่ 2	0.08	0.272	0.37	0.06	0.69	0.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 3	0.12	0.29	0.32	0.05	0.69	0.88
แบบที่ 4	0.07	0.28	0.24	0.34	0.06	0.82

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของ r-squared

จากการทดลองปรับค่าขนาดของ window ทั้งหมด 4 แบบจะเห็นว่า แบบที่ 4 ซึ่งมี ขนาด (กว้างx ยาว) ของ Window เท่ากับ 16x16 นั้นเป็นรูปแบบของ window ที่สามารถสแกนความเสียหายประเภท Scratch Fill แล้วค่า r-squared มีค่าเข้าใกล้ 1 เพียงประเภทเดียว ซึ่งสาเหตุที่ขนาดของ window แบบอื่นไม่สามารถตรวจจับ Scratch Fill แล้วค่า r-squared ที่เข้าใกล้ 1 เนื่องมาจากขนาดของ window ที่มีขนาดเล็กนั้นสามารถวิเคราะห์ความเสียหายประเภทอื่นได้ เพราะจำนวนของความเสียหายอาจจะอยู่เต็ม window ที่สร้างขึ้น ในลักษณะเดียวกันถ้า window มีขนาดที่ใหญ่เกินไป แม้จะเป็นความเสียหายที่ได้ จำแนกและวิเคราะห์โดยมนุษย์แล้วว่าเป็นประเภทเส้นหรือรอยขีด แต่ไม่สามารถตรวจจับได้เนื่องจาก window มีขนาดที่ใหญ่เกินไปไม่สามารถครอบคลุมตำแหน่งของความเสียหายหลายโซนพื้นที่ ทำให้มีการ ตรวจจับกระจายตัวของความเสียหายที่มากขึ้นภายใน window ดังนั้นขนาดของ window ที่เหมาะสมจึง ควรมีขนาดที่ไม่เล็กจนเกินไป และไม่มีความใหญ่จนเกินไป ซึ่งจากการทดลอง window ขนาด 16x16 จึงเป็นค่าที่นำมาใช้เป็นค่าหลักในการ scan หาความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อไป

ตารางที่ 4.8 จำนวน window ที่อยู่ติดกัน

ประเภทความเสียหาย ที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Band	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. High Dense in Particular Angle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. Circum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. Spiral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. Scratch Fill	14	4	1	11	14	6	3	5	3	2	6.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางจะเห็นว่า ความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้ง Cluster, Band, High Dense in Particular Angle, Circum, Spiral มีค่าเท่ากับ 0 เหตุผลเป็นเพราะว่าในการหาจำนวนที่ window อยู่ติดกันนั้นต้องเกิดจากจำนวน window อย่างน้อย 2 window จึงจะนำมาคำนวณได้ ซึ่งความเสียหายดังกล่าวไม่มี window ที่อยู่ติดกันเลย ในทางตรงกันข้ามความเสียหายประเภท Scratch Fill ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของจำนวน window ที่อยู่ติดกันถึง 6.33 โดยสามารถบ่งบอกได้ว่ามีลักษณะเป็นเส้นหรือรอยขีดที่มีความยาวค่อนข้างมาก

4.3 ผลการทดลองของ Symmetry Method

ในการจำแนกความเสียหายประเภท Band , Circum , Spiral และ High dense defect in Particular Angle Pattern ของการทดลองในครั้งนี้มีระเบียบวิธีชื่อว่า Symmetry ที่ใช้ในการคัดแยกความเสียหายเพื่อดูความสมมาตรของทั้ง 6 กรณี ซึ่งค่าที่จะสามารถบ่งบอกได้ว่าในแต่ละกรณีทั้ง 2 กลุ่มความเสียหายมีค่าที่สมมาตรกัน จากการทดลองกำหนดให้มีพารามิเตอร์ที่ชื่อว่า Delta ขึ้นมา เพื่อใช้ในการกำหนดช่วงที่จะยอมรับว่ามีความสมมาตรและใช้เป็นค่าหลักของ ระเบียบวิธีนี้ต่อไป โดยทำการทดลองด้วยการเปรียบเทียบผลต่างของแต่ละกรณี ซึ่งในตารางคือผลรวมของกรณีที่มีความสมมาตรกัน และเพื่อหาค่าที่เหมาะสมมากที่สุดในการใช้เป็นค่าหลักในการวิเคราะห์มีการปรับค่า delta จาก 0-1 รวมทั้งหมด 11 ค่า ซึ่งได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 ค่าDelta เท่ากับ 0.1

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0.2
2. Band	0	0	2	2	1	2	1	3	4	0	1.5
3. High Dense in Particular Angle	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0.4
4. Circum	6	6	6	6	6	5	6	5	6	6	5.8
5. Spiral	1	4	6	4	4	2	4	2	5	3	3.5
6. Scratch Fill	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองจะเห็นว่า ประเภทของ Circum มีความสมมาตรกันทั่วทั้งแผ่น ครบทั้ง 6 กรณี แม้ว่าค่า Delta ที่กำหนดจะมีค่าที่ค่อนข้างน้อย โดยที่ค่า Delta เฉลี่ยของประเภทความเสียหาย อื่นๆ ยังคงมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.10 ค่า Delta เท่ากับ 0.2

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0.4
2. Band	2	2	2	2	2	3	4	3	4	4	2.8
3. High Dense in Particular Angle	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0.5
4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5.9
5. Spiral	3	4	6	4	4	4	4	3	5	3	4
6. Scratch Fill	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0.4

จากผลการทดลองจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยของความเสียหายทุกประเภทมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยค่าที่มีความแตกต่างจากเดิมมากที่สุดคือ ประเภท Spiral จากเดิมค่า Delta เท่ากับ 0.1 มีความสมมาตรเฉลี่ยจำนวน 3.5 กรณี แต่เมื่อเปลี่ยนค่า Delta ที่เป็น 0.2 มีความสมมาตรเฉลี่ยจำนวน 4 กรณี ซึ่งค่าเฉลี่ยเพิ่มจากเดิมมากถึง 0.5

ตารางที่ 4.11 ค่า Delta เท่ากับ 0.25

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	0	0	0	0	2	2	1	2	0	0	0.7
2. Band	4	3	2	3	2	4	4	5	4	4	3.5
3. High Dense in Particular Angle	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0.6
4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5. Spiral	5	6	6	4	5	5	6	5	5	5	5.3
6. Scratch Fill	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองจะเห็นว่า ความเสียหายประเภท Band มีค่าเฉลี่ยของจำนวนความสมมาตรกันเท่ากับ 3.5 กรณี, Circum มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6 กรณี, Spiral มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.3 กรณี ค่าที่ได้ของทั้งสามประเภทมีค่าโดยเฉลี่ยมากกว่า 3 กรณี ซึ่งความเสียหายในลักษณะอื่นๆ มีค่าที่ได้นั้นจะไม่เกิน 1 ซึ่งผลที่ได้สามารถทำให้เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.12 ค่าDelta เท่ากับ 0.3

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	0	0	1	0	2	2	1	2	0	0	0.8
2. Band	4	3	2	3	2	4	4	5	4	4	3.5
3. High Dense in Particular Angle	2	2	0	0	0	0	1	1	1	0	1
4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5. Spiral	5	6	6	4	5	5	6	5	5	5	5.3
6. Scratch Fill	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0.67

จากการทดลองจะเห็นว่า โดยเฉลี่ยแล้วค่าที่ได้ไม่แตกต่างจากค่า Delta 0.25 และค่าที่ได้นั้นมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันทุกๆ ประเภทของความเสียหาย โดยที่เพิ่มจำนวนกรณีที่สมมาตรกันขึ้นมา ประเภทละเล็กน้อยในหน่วยของทศนิยม หรือไม่เห็นถึงความแตกต่าง

ตารางที่ 4.13 ค่าDelta เท่ากับ 0.4

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	2	3	1	0	2	2	3	2	4	0	1.9
2. Band	4	3	2	3	4	4	4	5	4	4	3.7
3. High Dense in Particular Angle	2	2	0	0	0	0	1	1	1	0	1
4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Spiral	5	6	6	4	5	5	6	5	5	5	5.3
6. Scratch Fill	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0.67

จากการทดลองจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยนั้นมีค่าที่เพิ่มมากขึ้นทุกประเภทของความเสียหาย ในทางตรงกันข้ามแม้ ค่า Delta จะมีค่าที่เพิ่มขึ้นแล้ว แต่ไม่มีความแตกต่างจากค่า Delta ก่อนหน้า

ตารางที่ 4.14 ค่าDelta เท่ากับ 0.5

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	5	5	1	0	2	4	3	3	4	2	2.9
2. Band	4	4	3	4	4	4	6	6	5	4	4.4
3. High Dense in Particular Angle	2	2	0	0	0	0	1	1	1	0	1
4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5. Spiral	5	6	6	4	5	5	6	5	5	5	5.3
6. Scratch Fill	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0.67

จากการทดลองจะเห็นว่า เมื่อค่า Delta ที่เพิ่มมากขึ้น แม้แต่ Cluster เอง ซึ่งในการคัดแยกด้วยตาของมนุษย์ มีความเป็นไปได้ยากที่จะสมมาตรกัน แต่ในการทดลองนี้ พบว่าค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.9 ซึ่งเป็นค่าที่เยอะพอสมควร อาจจะเรียกว่า ความผิดพลาด (error) ที่เกิดจากการกำหนดช่วงที่กว้างเกินไปอาจจนทำให้จำนวนตำแหน่งที่พบความเสียหายนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันของแต่ละกลุ่มของการแบ่งพื้นที่ความเสียหาย

ตารางที่ 4.15 ค่าDelta เท่ากับ 0.6

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	5	6	4	1	2	4	6	6	6	4	4.4
2. Band	4	4	3	4	4	5	6	6	6	4	4.6
3. High Dense in Particular Angle	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5. Spiral	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6. Scratch Fill	1	1	5	2	1	1	3	2	2	2	2

จากการทดลองจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยที่พบนั้นมีค่าที่มากขึ้นเรื่อยๆ จากตารางก่อนหน้าในทุกๆประเภท ค่าที่ได้เฉลี่ยเกิน 4 ยกเว้น High Dense in Particular Angle และ Scratch Fill เท่านั้นที่เฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 2 เท่านั้น

ตารางที่ 4.16 ค่าDelta เท่ากับ 0.7

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	6	6	6	4	2	4	6	6	6	6	5.2
2. Band	4	4	4	4	5	6	6	6	6	4	4.9
3. High Dense in Particular Angle	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	2
4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5. Spiral	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6. Scratch Fill	2	4	6	2	3	3	4	2	4	3	3.3

จากการทดลองจะเห็นว่า เหลือเพียงแค่ High Dense in Particular Angle เท่านั้นที่ค่ายังคงน้อยกว่าครึ่งหนึ่งนั่นคือมีจำนวนเฉลี่ยเพียง 2 กรณี

ตารางที่ 4.17 ค่าDelta เท่ากับ 0.8

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	6	6	6	5	5	4	6	6	6	6	5.6
2. Band	4	4	5	6	6	6	6	6	6	4	5.3
3. High Dense in Particular Angle	2	3	2	3	3	3	2	3	4	2	2.75
4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Spiral	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6. Scratch Fill	3	4	6	3	3	4	3	4	3	3	3.67

จากการทดลองจะเห็นว่า เหลือเพียงแค่ High Dense in Particular Angle เท่านั้นที่ค่ายังน้อยกว่าครั้งหนึ่งนั่นคือมีจำนวนเฉลี่ยเพียง 2.75 กรณี

ตารางที่ 4.18 ค่าDelta เท่ากับ 0.9

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	5.8
2. Band	4	5	6	6	6	6	6	6	6	4	5.5
3. High Dense in Particular Angle	3	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4
4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5. Spiral	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6. Scratch Fill	5	6	6	4	5	6	6	4	5	5	5.33

จากการทดลองจะเห็นว่า เมื่อเพิ่มค่า Delta ให้มากขึ้น จนถึง 0.9 ความเสียหายทุกประเภทมีค่ามากกว่าครั้งหนึ่งของทั้งหมด ซึ่งค่าที่ได้มาจากความผิดพลาดของการกำหนดช่วงที่ยอมรับได้มากเกินไป

ตารางที่ 4.19 ค่าDelta เท่ากับ 1

ประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้น	ตัวอย่าง										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Cluster	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2. Band	4	5	6	6	6	6	6	6	6	4	5.5
3. High Dense in Particular Angle	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Circum	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5. Spiral	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6. Scratch Fill	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

จากการทดลองจะเห็นว่า เมื่อกำหนดให้ Delta มีค่าเท่ากับ 1 แล้ว จำนวนกรณีที่มีความสมมาตรกันนั้นส่วนใหญ่มีค่าเท่ากับ 6 ซึ่งเป็นความผิดพลาดของการกำหนดช่วงที่มากเกินไปแล้วทำให้ค่าที่ได้ ออกมานั้นมีค่าที่ต่างจากความเป็นจริงที่เกิดจากการใช้มนุษย์เป็นผู้วิเคราะห์

ดังนั้นค่า Delta ที่ใช้ในการทดลองเพื่อใช้เป็นค่าหลักในระเบียบวิธีนี้ คือ 0.25 ซึ่งจากการทดลอง ตัวอย่างจำนวน 60 ตัวอย่างค่า delta ค่านี้เป็นค่าที่เหมาะสมที่ในการเป็นค่า Delta หลักของระเบียบวิธีนี้ โดยที่ค่าที่ได้เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ระเบียบวิธีจำแนกความเสียหายประเภทที่มีลักษณะเป็นวงในแนวรัศมีหรือในแนว Track ใช้ความสมมาตร โดยวิธีการคือ ว่าเมื่อเราแบ่งพื้นที่ออกเป็น ส่วน จากนั้นนำมาจัดกลุ่มเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ซึ่งในระเบียบวิธีนี้จะแบ่งทั้งหมด 16 ส่วน ในแนว Wedge และ 3 ชุดในแนว Track ซึ่งจะได้ข้อมูลทั้งหมด 16 ส่วน ซึ่งในแต่ละส่วนนั้นจะประกอบไปด้วยอีก 3 ชุดย่อย ซึ่งจะทำให้มีความละเอียดและแม่นยำมากโดยที่จะสามารถแยกความเสียหายประเภท High dense defect in Particular Angle ออกจาก Band, Circum, Spiral ในการทดลองในครั้งนี้มีระเบียบวิธีชื่อว่า Quarter ซึ่งได้ผลดังตารางต่อไปนี้ ตารางที่ 4.20 สรุปผลการทดลองของระเบียบวิธีที่ 3 (Quarter Method)

ประเภทความเสียหาย	ผลที่เกิดขึ้น
1. Cluster	ความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น 16 ส่วน ผลคือไม่มีความสมมาตรกัน และเมื่อแบ่งพื้นที่เพิ่มอีก 3 ชุดพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่ 3 ค่า มีความแตกต่างกัน
2. Band	ความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น 16 ส่วน ผลคือมีความสมมาตรกัน และเมื่อแบ่งพื้นที่เพิ่มอีก 3 ชุดพบว่าความเสียหายมีค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มที่เท่ากัน
3. High dense defect in Particular Angle	ความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น 16 ส่วน ผลคือไม่มีความสมมาตรกัน และเมื่อแบ่งพื้นที่เพิ่มอีก 3 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	พบว่าความเสียหายมีค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มที่เท่ากัน แต่มีบางกรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 มีค่าที่แตกต่างกันออกไป
4. Circum	ความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น 16 ส่วน ผลคือมีความสมมาตรและเมื่อแบ่งพื้นที่เพิ่มอีก 3 ชุด พบว่าความเสียหายมีค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มที่เท่ากัน
5. Spiral	ความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น 16 ส่วน ผลคือมีความสมมาตรและเมื่อแบ่งพื้นที่เพิ่มอีก 3 ชุด พบว่าความเสียหายมีค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มที่เท่ากัน
6. Scratch Fill	ความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อแบ่งข้อมูลออกเป็น 16 ส่วน ผลคือไม่มีความสมมาตรกัน และเมื่อแบ่งข้อมูลออกจากเดิมเป็นอีก 3 ชุด พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ค่า มีความแตกต่างกัน

4.4 ผลการทดลอง

ความเสียหาย	Cluster Method	Symmetry Method	Quarter Method	Scratch Method
1. Cluster	✓	✗	✗	✗
2. Band	✗	✓	✓	✗
3. High dense defect in particular angle	✗	✗	✓	✗
4. Circum	✗	✓	✓	✗
5. Spiral	✗	✓	✓	✗
6. Scratch fill	✗	✗	✗	✓

ตารางที่ 4.21 ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทดสอบในการทดลองครั้งนี้คือข้อมูลจากการจำลองประเภทของเสียบนแผ่นบันทึกข้อมูลทั้ง 6 ประเภท ซึ่งในการทดลองจะเปรียบเทียบระหว่างการจำแนกประเภทความเสียหายโดยมนุษย์และจากซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นมา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและความแม่นยำ accuracy ของการทำงานจากซอฟต์แวร์

เพื่อวิเคราะห์และจำแนกประเภทของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลซึ่งผลการทดลองที่ได้มีดังนี้

- การจำแนกประเภทความเสียหายแบบรอยยุบตัวโดยซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 90% เมื่อเทียบกับการจำแนกโดยมนุษย์
- การจำแนกประเภทความเสียหายแบบกระจายตัวทั่วทั้งแผ่นโดยซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 80% เมื่อเทียบกับการตัดแยกโดยมนุษย์
- การจำแนกประเภทความเสียหายแบบกระจายตัวเต็มเต็มพื้นที่แต่ไม่เต็มในแนวโดยซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 80% เมื่อเทียบกับการตัดแยกโดยมนุษย์
- การจำแนกประเภทความเสียหายแบบวงแหวนโดยซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 80% เมื่อเทียบกับการตัดแยกโดยมนุษย์
- การจำแนกประเภทความเสียหายแบบก้นหอย โดยซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 80% เมื่อเทียบกับการตัดแยกโดยมนุษย์
- การจำแนกประเภทความเสียหายแบบเส้น โดยซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและความแม่นยำ 80 % เมื่อเทียบกับการตัดแยกโดยมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่การทดลองนี้ได้นำเสนอนั้น เป็นวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นอีกวิธีหนึ่ง โดยการจำลองจากการนำข้อมูลที่ได้ถูกจัดเก็บไว้ในกระบวนการผลิตมาใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งข้อมูลที่น่ามาพิจารณาในการทดลองคือนำข้อมูลของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูล โดยที่ลักษณะของความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นจะสามารถอธิบายได้โดยอาศัยรูปแบบการเกิด ซึ่งลักษณะที่เกิดขึ้นจะสามารถบ่งชี้ถึงสาเหตุที่แท้จริงของความเสียหายที่เกิดขึ้น

ในการพิจารณาลักษณะของตำแหน่งความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นบันทึกข้อมูลนั้น จะพิจารณาโดยอาศัยเครื่องมือที่ได้มาจากการศึกษา การออกแบบตามที่ได้นำเสนอและมีการพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์ซึ่งในส่วนของการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือนี้ได้นำเอาความรู้และเทคนิคการวิเคราะห์ โดยใช้ระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์และองค์ความรู้ด้านอื่น ๆ มาใช้ประกอบกันซึ่งเป็นการนำเอาองค์ความรู้ที่ได้ในสถานศึกษานำมาใช้งานให้เกิดผลในทางปฏิบัติ

โดยผลที่ได้จากการทดลองนั้นได้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่งและมีความรวดเร็วในการทำงานสูง แต่เมื่อนำไปใช้จริงควรจะมีการปรับแต่งค่าตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ต่างๆและจำเป็นต้องมีการปรับวิธีการแบบใหม่ในกรณีที่มีรูปแบบของของเสียขึ้นมาใหม่ และข้อควรระวังในการปรับค่าพารามิเตอร์นั้นควรจะต้องใช้ความรอบคอบและควรมีการวางแผนการปรับแต่งและการทดสอบหลังการปรับแต่งทุกครั้งเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบกับความสามารถของระบบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ประเภทของความเสียหายที่สามารถคัดแยกหรือจำแนกได้ในการทดลองในครั้งนี้อยู่เป็นแบบกว้างๆ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วยังมีรูปแบบอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งสามารถแบ่งแยกย่อยลงไปได้อีกตั้งนั้นการพัฒนาเครื่องมือ เพื่อเพิ่มความสามารถและความแม่นยำในการจำแนกประเภทของความเสียหายได้มากขึ้นย่อมทำให้เครื่องมือที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วย

นอกจากการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของความเสียหายเพียงอย่างเดียวควรจะมีการนำระเบียบวิธีที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในงานในกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ เพื่อจำแนกแผ่นบันทึกข้อมูลที่เกิดความเสียหายเกิดขึ้นออกจากแผ่นบันทึกข้อมูลที่ดีเป็นต้น



เอกสารอ้างอิง

- [1] มนตรี กาญจนะเดชะ. รูปร่างของภาพและมาตรฐานของสี. สืบค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2558. จากเว็บไซต์: <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/image/chap1.htm>.
- [2] ธีรวัฒน์ นาคะบุตร. ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling). สืบค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2558. จากเว็บไซต์: <http://home.npru.ac.th/teerawat/pdf/math3.pdf>.
- [3] วราชัย สิงห์จันทร์. (2550). การวิเคราะห์ห่อการเสียของฮาร์ดดิสก์โดยวิธีการเหมืองข้อมูล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [4] วรณ รักสกุลกานต์.(2554). การประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ดีพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] สิริศักดิ์ เลียงวงษ์สันต์.(2555). การตรวจรูปแบบการเสียของแผ่นบันทึกข้อมูลโดยใช้การประมวลผลภาพและโครงข่ายประสาทเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาวิทาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [6] Abdullah A. M., Guo X. G. and Chao B. Hard Disk Drive Mechatronics and Control. New York: CRC Press, 2007.
- [7] Lindsay I. A tutorial on Principal Components Analysis, Retrieved November 11. 2015. from http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf.
- [8] Kimme C., Ballard D. and Sklansky J. Finding Circles by an Array of Accumulators. Communications of ACM, vol. 18, no. 2, pp. 120-122, 1975.
- [9] Wilhelm B. and Mark J. B. (2009). Principles of Digital Image Processing. UK: Springer Press.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON

```
#!/usr/bin/env python

import csv

from glob import glob

import linecache

import tkinter

import os

import sys

import math

import numpy as np

import numpy as float64

from PIL import Image

import itertools as it

import pprint

pth = 'C: \\Desktop\\defect classification project\\data\\'

def Sort_serial_num():

    object_check = 0

    Ccheck_SN = 'SERIAL_NUM'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

with open(pth +A.csv', 'rb') as f:

```
reader = csv.reader(f)
```

```
for row in reader:
```

```
aa = row[2]+' '+row[15]+' '+row[16]+' '+row[17]+' '+row[18]+' '+row[19]+' '+row[20]+' '+row[21]+' '+row[22]+' '+row[23]+' '+row[24]
```

```
if row[0] == 'A':
```

```
if Ccheck_SN != row[2]:
```

```
Ccheck_SN = row[2]
```

```
if object_check == 1:
```

```
fileObj.close()
```

```
object_check = 0
```

```
fileObj = open(pth+'SN\\'+str(row[2])+'.csv','w')
```

```
object_check = 1
```

```
fileObj.write(aa+'\n')
```

```
else :
```

```
fileObj = open(pth+'SN\\'+str(row[2])+'.csv','w')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```

object_check = 1

fileObj.write(aa+'\n')

elif object_check == 1:

    fileObj.write(aa+'\n')

else :

    pass

fileObj.close()

#=====End preparing the data=====#
#=====Sort serial head=====#

def Sort_serial_head():

    pth_A = pth+'SN\'

    dirlist = os.listdir(pth_A)

    listfileindex = len(dirlist)

    for j in range(listfileindex):

        bb = dirlist[j].split('.')

        for k in range(0,12):

            fileObj = open(pth+'SNHD\''+bb[0]+'-'+str(k)+'.csv','w')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

with open(pth_A + dirlist[j], 'rb') as ff:

```
    reader = csv.reader(ff)
```

```
    for row in reader:
```

```
        aa = row[0]+' '+row[1]+' '+row[2]+' '+row[3]+' '+row[4]+' '+
            row[5]+' '+row[6]+' '+row[7]+' '+row[8]+' '+row[9]+' '+row[10]
```

```
        if row[1] == str(k):
```

```
            fileObj.write(aa+'\n')
```

```
    fileObj.close()
```

```
#===== Find Cluster pattern=====
```

```
def Dens_defect():
```

```
    pth_B = pth+'SNHD\'
```

```
    dirlist = os.listdir(pth_B)
```

```
    listfileindex = len(dirlist)
```

```
    index = np.arange(0, 499, 1)
```

```
    fileObj = open(pth+'DATA_01\'+ 'debug_data'+'.csv','w')
```

```
    fileObj.write('Serial_num'+','+'Head'+','+'Index'+','+'Wedge_cnt'+','+'Track_cnt'+','+
        '+mov_ave_wdg'+','+'mov_ave_trk'+'\n')
```

```
    for j in range(listfileindex):
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```

#===== Clear data =====

wedge_cnt = np.zeros(500)

track_cnt = np.zeros(500)

mov_ave_trk = np.zeros(500)

mov_ave_wdg = np.zeros(500)

#===== Clear data =====
bb = dirlist[j].split('.')
cc = bb[0].split('-')
with open(pth_B + dirlist[j], 'rb') as fg:
    reader = csv.reader(fg)
    for row in reader:

        acc_t = int(row[2])/1000 #track

        acc_w = int(row[10]) #wedge

        wedge_cnt[acc_w] = wedge_cnt[acc_w] + 1

        track_cnt[acc_t] = track_cnt[acc_t] + 1

    mov_ave_trk = movingaverage(track_cnt,5)

    mov_ave_wdg = movingaverage(wedge_cnt,5)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
for k in range(0,499):
```

```
    fileObj.write(str(cc[0])+','+str(cc[1])+','+str(k)+','+str(wedge_cnt[k])+','+
        str(track_cnt[k])+','+str(mov_ave_wdg[k])+','+
        str(mov_ave_trk[k])+'\n')
```

```
fileObj.close()
```

```
##### create 2D images#####
```

```
def Dens_defect_xy():
```

```
    pth_C = pth+'SNHD\'
```

```
    dirlist = os.listdir(pth_C)
```

```
    listfileindex = len(dirlist)
```

```
    for j in range(listfileindex):
```

```
        defect_cnt = np.zeros((500,500))
```

```
        bb = dirlist[j].split('.')
```

```
        cc = bb[0].split('-')
```

```
        with open(pth_C +dirlist[j], 'rb') as fg:
```

```
            reader = csv.reader(fg)
```

```
            for row in reader:
```

```
                acc_t = int(row[2])/1000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```

acc_w = int(row[10])

defect_cnt[acc_t][acc_w] = defect_cnt[acc_t][acc_w] + 1

max_defect = defect_cnt.max()

nor_defe_cnt = defect_cnt/max_defect

arr = (nor_defe_cnt * -255)+255

#=====

arr = (nor_defe_cnt * -255)+255

level_A = 254

for mm in range(0,499):
    for nn in range(0,499):
        if arr[mm][nn] < level_A:
            arr[mm][nn] = 0

        else:

            arr[mm][nn] = 255

img = Image.fromarray(arr)

img.save(pth+'IMAGE_A\\'+str(bb[0])+'.tiff')

#=====

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
arr = (nor_defe_cnt * -255)+255
```

```
level_A = 250
```

```
for mm in range(0,499):
```

```
    for nn in range(0,499):
```

```
        if arr[mm][nn] < level_A:
```

```
            arr[mm][nn] = 0
```

```
        else:
```

```
            arr[mm][nn] = 255
```

```
img = Image.fromarray(arr)
```

```
img.save(pth+'IMAGE_B\\'+str(bb[0])+'.tiff')
```

```
#=====
```

```
arr = (nor_defe_cnt * -255)+255
```

```
level_A = 240
```

```
for mm in range(0,499):
```

```
    for nn in range(0,499):
```

```
        if arr[mm][nn] < level_A:
```

```
            arr[mm][nn] = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

else:

```
arr[mm][nn] = 255
```

```
img = Image.fromarray(arr)
```

```
img.save(pth+'IMAGE_C\\'+str(bb[0])+'.tiff')
```

```
#=====
```

```
arr = (nor_defe_cnt * -255)+255
```

```
level_A = 230
```

```
for mm in range(0,499):
```

```
    for nn in range(0,499):
```

```
        if arr[mm][nn] < level_A:
```

```
            arr[mm][nn] = 0
```

```
        else:
```

```
            arr[mm][nn] = 255
```

```
img = Image.fromarray(arr)
```

```
img.save(pth+'IMAGE_D\\'+str(bb[0])+'.tiff')
```

```
#===== Defect area=====
```

```
def Defect_area():
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```

pth_B = pth+'SNHD\'

dirlist = os.listdir(pth_B)

listfileindex = len(dirlist)

index = np.arange(0, 499, 1)

fileObj = open(pth+'DATA_02\\'+ 'debug_data2'+'.csv','w')

fileObj.write('Serial_num'+','+'Head'+','+'Max_cnt_trk'+','+'Max_index_trk'+','
+'Start_trk'+','+'Stop_trk'+','+'Max_cnt_wdg'+','+'Max_index_wdg'+','
+'Start_wdg'+','+'Stop_wdg'+','+'percentage(%)'+'\n')

for j in range(listfileindex):

#===== Clear data =====

wedge_cnt = np.zeros(500)

track_cnt = np.zeros(500)

#===== Clear data =====

bb = dirlist[j].split('.')

cc = bb[0].split('-')

with open(pth_B +dirlist[j], 'rb') as fg:

    reader = csv.reader(fg)

    for row in reader:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```

acc_t = int(row[2])/1000

acc_w = int(row[10])

wedge_cnt[acc_w] = wedge_cnt[acc_w] + 1

track_cnt[acc_t] = track_cnt[acc_t] + 1

#=====Summary data =====#

Max_cnt_trk = max(track_cnt)

accu = 0
accu_2 = 0
for kk in range(0,498):
    if track_cnt[kk]>track_cnt[accu]:
        accu = kk

Max_index_trk = accu

for jj in range(0,Max_index_trk):

    if track_cnt[Max_index_trk - jj] < (track_cnt[Max_index_trk]/2):

        accu_2 = (Max_index_trk - jj)

        break

Start_trk = accu_2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```

for ii in range(Max_index_trk,499):

    if track_cnt[ii] < (track_cnt[Max_index_trk]/2):

        accu_2 = ii

        break

Stop_trk = accu_2
Max_cnt_wdg = max(wedge_cnt)
accu = 0
accu_2 = 0
for kk in range(0,498):
    if wedge_cnt[kk]>wedge_cnt[accu]:
        accu = kk

Max_index_wdg = accu

for jj in range(0,Max_index_wdg):

    if wedge_cnt[Max_index_wdg-jj] < (wedge_cnt[Max_index_wdg]/2):

        accu_2 = (Max_index_wdg - jj)

        break

Start_wdg= accu_2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
for ii in range(Max_index_wdg,499):
```

```
    if wedge_cnt[ii] < (wedge_cnt[Max_index_wdg]/2):
```

```
        accu_2 = ii
```

```
        break
```

```
Stop_wdg = accu_2
```

```
data_0 = max(wedge_cnt)
```

```
total = sum(wedge_cnt)
```

```
percentage=(float(data_0)*100/total)
```

```
fileObj.write(str(cc[0])+','+str(cc[1])+','+str(Max_cnt_trk)+' '+str(Max_index_trk)
+ ','+str(Start_trk)+' '+str(Stop_trk)+' '+str(Max_cnt_wdg)+' '+
str(Max_index_wdg)+' '+str(Start_wdg)+' '+str(Stop_wdg)+' '+
str(percentage)+'\n')
```

```
fileObj.close()
```

```
#===== moving average=====
```

```
def movingaverage(data,N):
```

```
    LNN = len(data)
```

```
    data_01 = np.zeros(LNN+(N-1))
```

```
    for aa in range(0,(LNN + N - 1),1):
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```

if aa < N -1:

    data_01[aa] = data[(LNN-(N-1))+aa]

else:

    data_01[aa] = data[(aa-(N-1))]

data_02 = np.zeros(LNN)

for bb in range(0,LNN,1):

    data_02[bb] = (sum(data_01[bb:bb+N]))/N

return data_02

#===== Find Symmetry method=====#

def Pizza_classification(D_cnt,delta_p):

    pth_C = pth+'SNHD\'\'

    dirlist = os.listdir(pth_C)

    listfileindex = len(dirlist)

    check_p = np.zeros(6)

    for j in range(listfileindex):

        defect_cnt = np.zeros((500,500))

        bb = dirlist[j].split('.')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
cc = bb[0].split('-')
```

```
with open(pth_C + dirlist[j], 'rb') as fg:
```

```
    reader = csv.reader(fg)
```

```
    for row in reader:
```

```
        acc_t = int(row[2])/1000
```

```
        acc_w = int(row[10])
```

```
        defect_cnt[acc_t][acc_w] = defect_cnt[acc_t][acc_w] + 1
```

```
    for ii in range(0,499,1):
```

```
        for jj in range(0,499,1):
```

```
            if defect_cnt[ii][jj] > D_cnt:
```

```
                defect_cnt[ii][jj] = 1
```

```
            else:
```

```
                defect_cnt[ii][jj] = 0
```

```
defect_cnt_w = sum(defect_cnt)
```

```
ll = 0
```

```
pizza = np.zeros(8)
```

```
for kk in range(0,415,1):
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
flag_1 = (kk + 1) % 52
```

```
if flag_1 == 0:
```

```
    ll = ll + 1
```

```
    pizza[ll] = pizza[ll] + defect_cnt_w[kk]
```

```
#+++++
```

```
A1 = pizza[0] + pizza[1] + pizza[2] + pizza[3]
```

```
A2 = pizza[4] + pizza[5] + pizza[6] + pizza[7]
```

```
if A1 + A2 != 0:
```

```
    percent_A = abs(A1 - A2) / (A1 + A2)
```

```
else :
```

```
    percent_A = 0
```

```
if percent_A < delta_p :
```

```
    check_p[0] = 1
```

```
else:
```

```
    check_p[0] = 0
```

```
#+++++
```

```
B1 = pizza[0] + pizza[1] + pizza[6] + pizza[7]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
B2 = pizza[4]+pizza[5]+pizza[2]+pizza[3]
```

```
if B1+B2 !=0:
```

```
    percent_A = abs(B1 - B2)/(B1 + B2)
```

```
else :
```

```
    percent_A = 0
```

```
if percent_A < delta_p :
```

```
    check_p[1] = 1
```

```
else:
```

```
    check_p[1] = 0
```

```
#####
```

```
C1 = pizza[1]+pizza[2]+pizza[3]+pizza[4]
```

```
C2 = pizza[0]+pizza[5]+pizza[6]+pizza[7]
```

```
if C1+C2 !=0:
```

```
    percent_A = abs(C1 - C2)/(C1 + C2)
```

```
else :
```

```
    percent_A = 0
```

```
if percent_A < delta_p :
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
check_p[2] = 1
```

```
else:
```

```
check_p[2] = 0
```

```
#+++++
```

```
D1 = pizza[0]+pizza[1]+pizza[2]+pizza[7]
```

```
D2 = pizza[3]+pizza[4]+pizza[5]+pizza[6]
```

```
if D1+D2 !=0:
```

```
percent_A = abs(D1 - D2)/(D1 + D2)
```

```
else :
```

```
percent_A = 0
```

```
if percent_A < delta_p :
```

```
check_p[3] = 1
```

```
else:
```

```
check_p[3] = 0
```

```
#+++++
```

```
E1 = pizza[1]+pizza[2]+pizza[5]+pizza[6]
```

```
E2 = pizza[3]+pizza[4]+pizza[0]+pizza[7]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
if E1+E2 !=0:

    percent_A = abs(E1 - E2)/(E1 + E2)
```

```
else :
```

```
    percent_A = 0
```

```
if percent_A < delta_p :
```

```
    check_p[4] = 1
```

```
else:
```

```
    check_p[4] = 0
```

```
#+++++
```

```
F1 = pizza[2]+pizza[3]+pizza[6]+pizza[7]
```

```
F2 = pizza[0]+pizza[1]+pizza[4]+pizza[5]
```

```
if F1+F2 !=0:
```

```
    percent_A = abs(F1 - F2)/(F1 + F2)
```

```
else :
```

```
    percent_A = 0
```

```
if percent_A < delta_p :
```

```
    check_p[5] = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

else:

```
check_p[5] = 0
```

```
#===== ==Window scan =====#
```

```
law_a = []
```

```
law_b = []
```

```
def Window_scan():
```

```
    pth_C = pth+'SNHD\\'
```

```
    dirlist = os.listdir(pth_C)
```

```
    listfileindex = len(dirlist)
```

```
    for j in range(listfileindex):
```

```
        defect_cnt = np.zeros((416,500))
```

```
        bb = dirlist[j].split('.')
```

```
        cc = bb[0].split('-')
```

```
        with open(pth_C + dirlist[j], 'rb') as fg:
```

```
            print dirlist[j]
```

```
            reader = csv.reader(fg)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
for row in reader:
```

```
    acc_t = int(row[2])/1000
```

```
    acc_w = int(row[10])
```

```
    defect_cnt[acc_t][acc_w] = defect_cnt[acc_t][acc_w] + 1
```

```
for ii in range(0,416,1):
```

```
    for jj in range(0,499,1):
```

```
        if defect_cnt[ii][jj] >= 2:
```

```
            defect_cnt[ii][jj] = 1
```

```
        else:
```

```
            defect_cnt[ii][jj] = 0
```

```
debug_d = defect_cnt.sum()
```

```
axx = 16 # window setting
```

```
ayy = 16 # window setting
```

```
w_block = 416/axx
```

```
t_block = 500/ayy
```

```
wdata = np.zeros((axx,ayy))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```

ii = 0

pp = 0

ee=0

maxtrix = np.zeros((30,5))

cordinate = []

#===== block operate =====
for ii in range(0,w_block,1):
    sxx = ii*axx
    for jj in range(0,t_block,1):
        syy = jj*ayy
        for mm in range(0,axx,1):
            for nn in range(0,ayy,1):

                wdata[mm][nn] = defect_cnt[sxx+mm][syy+nn]

    total = wdata.sum()

    if total >= 16 and total < 80 : #important

#===== linear equation =====

    x = np.zeros(total)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
y = np.zeros(total)
```

```
NN = 0
```

```
for eii in range(0,axx,1):
```

```
    for ejj in range(0,ayy,1):
```

```
        if wdata[eii][ejj] == 1:
```

```
            y[NN] = eii
```

```
            x[NN] = ejj
```

```
            NN = NN + 1
```

```
xy = x*y
```

```
xx = x*x
```

```
yy = y*y
```

```
s_x = x.sum()
```

```
s_y = y.sum()
```

```
s_xy = xy.sum()
```

```
s_yy = yy.sum()
```

```
s_xx = xx.sum()
```

```
a = ((s_y*s_xx) - (s_x*s_xy))/((total*s_xx)-(s_x*s_x))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
b = ((total*s_xy) - (s_x*s_y))/((total*s_xx)-(s_x*s_x))

r = ((total*s_xy) - (s_x*s_y))/math.sqrt(((total*s_xx)-(s_x*s_x))*
((total*s_yy)-(s_y*s_y)))
```

```
rr = pow(r,2)
```

```
if rr >= 0.5 :
```

```
    maxtrix[pp][0] = jj
```

```
    maxtrix[pp][1] = ii
```

```
    maxtrix[pp][2] = a
```

```
    maxtrix[pp][3] = b
```

```
    maxtrix[pp][4] = rr
```

```
    pp = pp+1
```

```
A = maxtrix
```

```
#===== end block operate =====
```

```
#-----Prepare the data-----#
```

```
law_a[:]=[]
```

```
for loop_02 in range(0,pp):
```

```
    law_a.append(maxtrix[loop_02][2])
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```

law_b[:]=[]

for loop_03 in range(0,pp):

    law_b.append(maxtrix[loop_03][3])

coordinate[:]=[]

for loop_01 in range(0,pp):

    coordinate.append((maxtrix[loop_01][0],maxtrix[loop_01][1]))

print coordinate

#-----Prepare the data-----#

coordi = list(it.combinations(coordinate, 2))

pprint.pprint(coordi)

looper = distance_points(coordi)

print looper

#===== distance =====#

def distance_points(coordi):

    looper = []

    ee=0

    looper = np.zeros((100,10))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

```
for loop_2 in coordi:
```

```
    px1 = loop_2[0][0]
```

```
    px2 = loop_2[1][0]
```

```
    py1 = loop_2[0][1]
```

```
    py2 = loop_2[1][1]
```

```
    sum_distance = ((px1-px2)**2 + (py1-py2)**2)**0.5
```

```
    if sum_distance < 1.5:
```

```
        looper[ee][0] = sum_distance
```

```
        looper[ee][1] = px1 #coordinate(x,y)
```

```
        looper[ee][2] = py1
```

```
        looper[ee][3] = px2
```

```
        looper[ee][4] = py2
```

```
    ee = ee+1
```

```
return looper
```

```
Sort_serial_num()
```

```
Sort_serial_head()
```

```
Dens_defect()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งโปรแกรม PYTHON (ต่อ)

Pizza_classification(5,0.25)

Dens_defect_xy()

Defect_area()

Window_scan()



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

