

การประมวลผลเชิงภาพ (สำหรับงานทางด้านวิทยาศาสตร์) Image Processing (for Scientific Applications)

นาย กอบ โชค งามรัตน์ ไพบุลย์
นาย ภาณุ อยู่รอด
อาจารย์ สมเกียรติ วังศิริพิทักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้นำเสนอหลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการประมวลผลเชิงภาพ ซึ่งกำลังก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันของเรามากขึ้นทุกขณะ เพราะเทคโนโลยีทางด้านนี้ ได้ช่วยขยายขีดความสามารถทางการมองเห็นของมนุษย์ให้กว้างไกลออกไปกว่าแต่ก่อนได้เป็นอย่างมาก ทำให้เราสามารถมองเห็นวัตถุที่เล็กระดับอะตอม มองเห็นวัตถุที่อยู่ห่างไกล เช่น ดวงดาวในกาแล็กซีอื่น เห็นระดับพลังงานของการสังเคราะห์อาหารของพืช และการดำเนินไปของกระบวนการทางจลนอื่นๆ ได้อย่างละเอียดอีกด้วย ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการเพิ่มขีดความสามารถให้กับงานวิจัยและพัฒนาทางเทคโนโลยีให้ก้าวไปข้างหน้าอีกระดับ รายงานชุดนี้ประกอบไปด้วยสองส่วนด้วยกัน ในส่วนแรกนั้นจะเป็นการนำเสนอตัวอย่างงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสาขาวิชาต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมาเนื่องจากเทคโนโลยีทางการประมวลผลเชิงภาพนี้ พร้อมทั้งได้ยกตัวอย่างอุปกรณ์ และกรรมวิธีที่เหมาะสมกับงานแต่ละอย่างอีกด้วย ส่วนเนื้อหาในส่วนที่สองนั้นจะเกี่ยวข้องกับหลักการ และความเข้าใจพื้นฐานของการประมวลผลเชิงภาพเพื่องานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนี้ว่ามีปัจจัยและขั้นตอนอะไรบ้างที่ควรให้ความสำคัญ และนำไปพิจารณาเพื่อให้การดำเนินงานสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต่อไปในที่สุด

Abstract

This report presents the principle technology of Image Processing, continuously play an important role in our lives in these day. From the reason that these technologies broaden the Human Vision better than before, make us see more things than we have ever seen before. Such as atom, Stars in other Galaxy, Energy levels in Botany researches, and dynamic process easily. So these added more advantages for reserches and developments. The contents of this report consist of two sections. In first section, we presents the example of various fields of scientific applications concerning with image processing. In addition, we gives examples of device and methodology that are suitable for each example kinds of task in image processing. Then, in last section, we provides some of basic concepts and recommended factors for consideration to achieve the image processing tasks.

1.) บทนำ

เทคโนโลยีทางการประมวลผลเชิงภาพหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า Image Processing นี้ ได้มีวิวัฒนาการที่ก้าวหน้าขึ้นมาเป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง และแสดงให้เห็นว่าในปัจจุบันนี้ แนวคิดและเทคโนโลยีทางด้านนี้ได้กลายมาเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่ง ในการสร้างสรรความรู้ความสามารถใหม่ๆ ให้กับมนุษยชาติ เทคโนโลยีทางการประมวลผลเชิงภาพนั้น ได้ขยายขอบเขตความสามารถในการมองเห็นและรับรู้ของมนุษย์ ไม่ให้จำกัดอยู่แค่การมองเห็นวัตถุด้วยตาเปล่าเท่านั้น เราสามารถมองเห็นสิ่งที่เล็กที่สุดซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้มาก่อนในลักษณะที่เป็นภาพสามมิติ ด้วยการประมวลผลภาพจำนวนมากที่ได้จากกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบคอนโฟคอล เราจึงสามารถมองเห็นสิ่งที่เล็กที่สุดซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้มาก่อนในลักษณะที่เป็น ภาพสามมิติ เราสามารถ มองเห็นลักษณะต่าง ๆ ทางภูมิประเทศ และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางภูมิอากาศได้ด้วยการประมวลผลภาพ ที่ถ่ายโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ เราสามารถมองเห็นสิ่งที่อยู่ไกลออกไปเป็นล้าน ๆ ปีแสงได้โดยการประมวลผลภาพ ที่ถ่ายด้วยกล้องโทรทรรศน์รังสีเอ็กซ์ เราสามารถมองเห็นระดับความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอบนใบไม้ได้ ด้วยการประมวลผลภาพถ่ายเชิงความร้อนที่ถ่ายโดยตัวตรวจจับการแผ่คลื่นรังสีอินฟราเรด และอื่นๆ อีกมาก ซึ่งการที่เราสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ที่ไม่สามารถมองเห็นได้มาก่อนเหล่านี้ ไม่ได้จบลงแค่ความสวยงามตามธรรมชาติเท่านั้น ภาพที่ได้มานี้ในแต่ละครั้งนี้ยังเป็นการปฏิวัติแนวความคิดเก่าๆ ที่ผิดพลาดล้าสมัยลงไปได้และทำให้ขอบเขตทางการศึกษาและพัฒนาความรู้ ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในแต่ละสาขาวิชา กว้างขวางไกลขึ้นไปได้อีกมากด้วยนั่นเอง

การประมวลผลเชิงภาพ คือการนำภาพที่ถ่ายได้จากกรรมวิธีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ คำนวณ และตีความออกมาเป็นข้อมูลที่ต้องการในแต่ละสาขาวิชา (Image Processing for Scientific Applications) ตลอดจนการสร้างปรับแต่ง และเปลี่ยนแปลงรูปแบบของภาพให้มีลักษณะต่างๆ ตามที่ต้องการต่อไปได้อีกด้วย (Enhancing of Image Formation)

การจับภาพ หรือถ่ายภาพ เพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลเชิงภาพนั้นมีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ การจับภาพแบบ แอคทีฟ (Active) กับการจับภาพแบบ พาสซีฟ (Passive) ซึ่งการจับภาพแบบ แอคทีฟ นั้นการจับภาพจะอาศัยการส่องแสงสว่างหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ ไปยังวัตถุ แล้วใช้เซ็นเซอร์ (Sensor) ตรวจจับการสะท้อนกลับหรือหักเหของแสงหรือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นๆ ส่วนการจับภาพแบบพาสซีฟนั้น จะใช้การตรวจจับการแผ่รังสีหรือการเปล่งแสงที่ออกมาจากวัตถุโดยตรง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นิยมใช้ในการจับภาพนั้นมีอยู่มากมายหลากหลายความถี่ตั้งแต่ความถี่แสงปกติ ความถี่แสงในแต่ละสี คลื่นความถี่อินฟราเรด อัลตราไวโอเลต ไมโครเวฟ ตลอดจนความถี่ในย่านของรังสีเอ็กซ์ ซึ่งแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของงานแต่ละชนิด

Introduction

2.) ตัวอย่างงาน

ตัวอย่างรูปแบบงาน และผลงานทางด้านการประมวลผลภาพ (Image Processing) ที่สำคัญ และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อพัฒนาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบัน ซึ่งทำให้เราสามารถค้นพบความจริงต่างๆ ทางธรรมชาติที่เคยเป็นสิ่งที่เร้นลับ และไม่สามารถหาคำตอบได้มาก่อนในอดีต

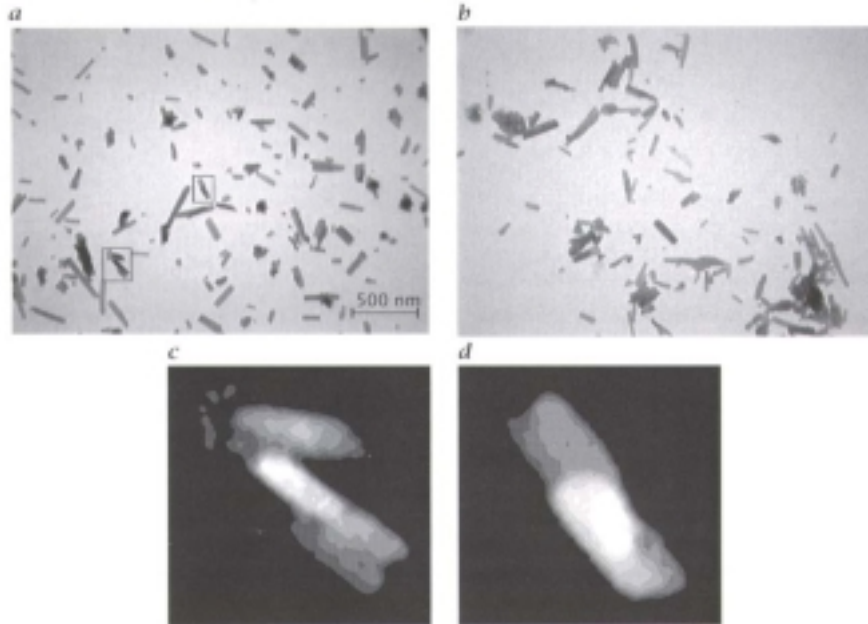
2.1) การวัดเชิงเรขาคณิต เกี่ยวกับการวัดการกระจายตัว การวัดขนาด และการนับจำนวนอนุภาค หรือสิ่งอื่นที่มีขนาดเล็กมากๆ (Geometric Measurement : Gauging & Counting)

2.1.1) การวัดการกระจายขนาดของอนุภาครังสีในภาพ (Size Distribution of Pigment Particles)

สำหรับงานทางด้านสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับผลงานทางศิลปะ งานกราฟิก งานพิมพ์ และการแสดงภาพที่ต้องการความละเอียดสูงมากนั้น การกระจายตัวของอนุภาครังสีหรือเม็ดสีบนชิ้นงานนั้นจะส่งผลต่อคุณภาพและคุณสมบัติของชิ้นงานเป็นอย่างมาก ซึ่งอนุภาคของเม็ดสีเหล่านี้ก็มีขนาดเล็กมากเกินกว่าที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงยากที่จะนับและวัดขนาดอนุภาคของเม็ดสีบนชิ้นงานออกมาได้ ดังใน รูปที่ 1

ดังนั้นเพื่อให้สามารถนับและวัดขนาดของแต่ละเม็ดสีออกมาได้อย่างชัดเจนนั้น เราจำเป็นต้องถ่ายภาพชิ้นงานที่ต้องการนั้นๆ ออกมาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนก่อน และอาศัยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้ ในการวิเคราะห์ผลกระทบและประเมินความผิดพลาดและเสียหายที่เกิดขึ้นกับงาน

- 1.) กำหนดกลุ่มก้อนของเม็ดสีที่ซ่อนทับกันอยู่
- 2.) จำแนกชั้นของอนุภาคที่ซ่อนทับกันอยู่แล้วแยกออกจากกันเสีย
- 3.) นับจำนวนอนุภาคที่เหลืออยู่ และพิจารณาขนาดของอนุภาคเหล่านั้น
- 4.) คำนวณการกระจายขนาดของอนุภาคจากภาพในแต่ละชั้น
- 5.) ประเมินผลกระทบจากการจับตัวเป็นกลุ่มก้อนของเม็ดสี

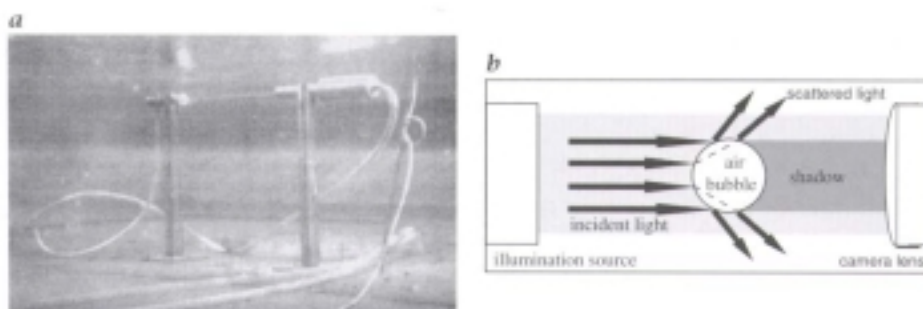


รูปที่ 1 รังควัตถุ (เม็ดสี) ที่ถ่ายโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนคู่

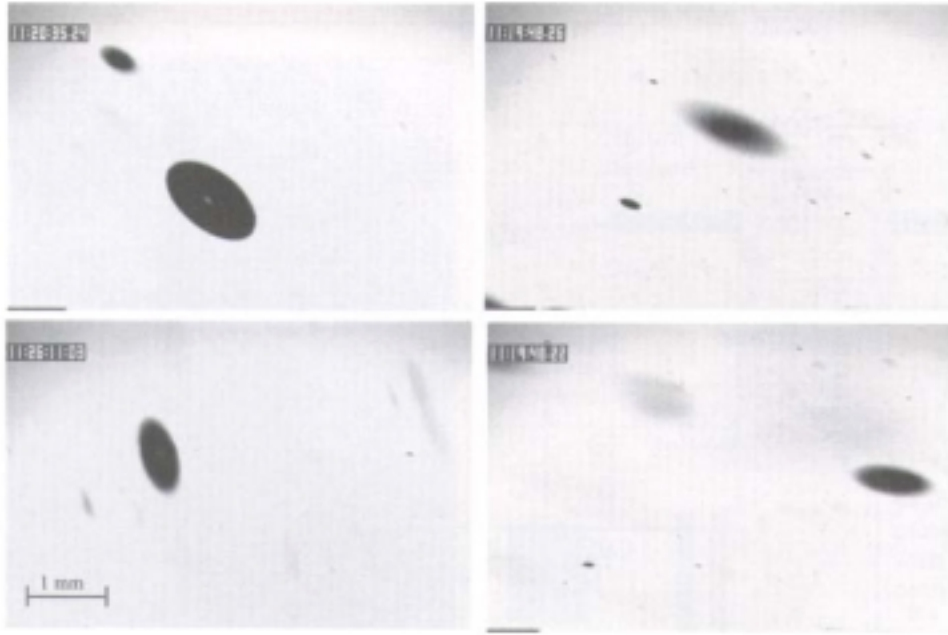
2.1.2) การวัดการกระจายขนาดของฟองก๊าซ (Gas Bubble Size Distributions)

สำหรับงานทางด้านภูมิศาสตร์ และภูมิอากาศทางทะเลนั้น วิธีการวัดในรูปแบบนี้มีความสำคัญ และถูกนำไปใช้อย่างมาก โดยการวัดขนาดและปริมาณฟองก๊าซเหนือผิวน้ำทะเล แล้วนำมาเทียบกับที่วัดได้ในชั้นบรรยากาศ เพื่อตรวจหาปริมาณการคายตัวและดูดซึมสารเคมีของท้องทะเลในพื้นที่นั้น นอกจากนี้แล้วในทางวิศวกรรมเคมี ก็ยังนำไปใช้แยกแยะระดับของเหลวในการทำปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ อีกด้วย

หลักการสำคัญที่ใช้ในกรรมวิธีข้างต้นนี้ จะอาศัยการหักเหของแสงนั่นเอง โดยนำอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่ทำหน้าที่ส่องลำแสงเลเซอร์ขนาดเล็กผ่านเข้าไปในอากาศหรือของเหลวที่ต้องการทดสอบ และนำอุปกรณ์อีกตัวที่ใช้ในการรับแสงมาเป็นตัวจับภาพ ดังตัวอย่างใน รูปที่ 2 เป็นการวัดปริมาณของฟองก๊าซใต้ผิวน้ำ ฟองก๊าซที่ปะปนอยู่จะทำให้แสงที่ส่องมาหักเหออกบางส่วน ทำให้ปรากฏเป็นเงาต่างๆ ของฟองก๊าซ ปรากฏอยู่บนตัวรับภาพ ดังรูปในรูปนี้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการจับภาพด้วยกรรมวิธีนี้จะเป็นดังตัวอย่างใน รูปที่ 3



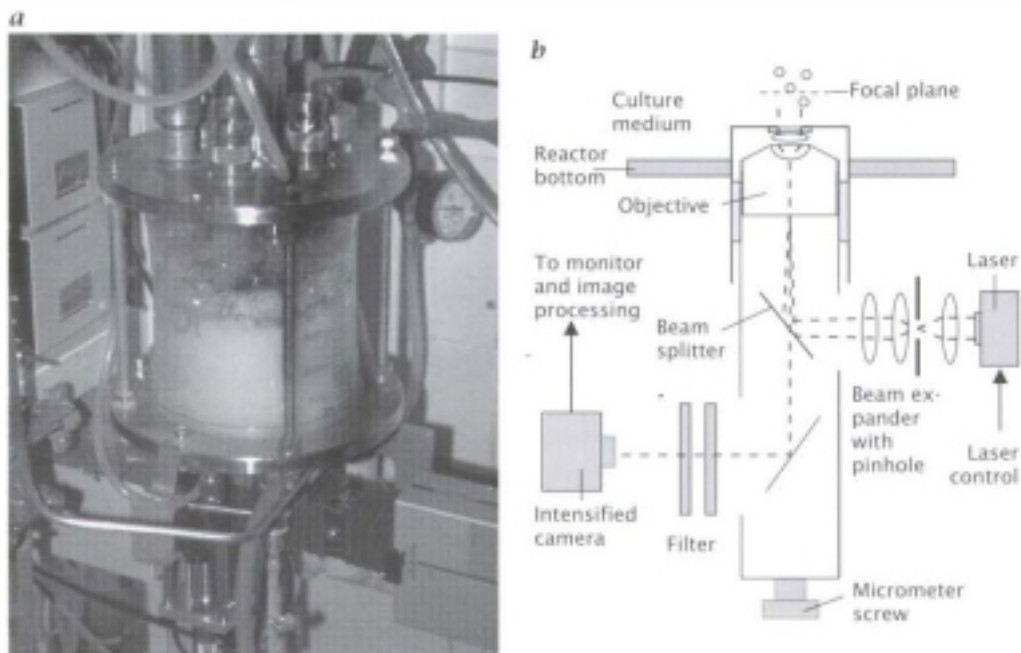
รูปที่ 2 การติดตั้งกล้องจับภาพฟองก๊าซ ใต้ผิวน้ำ



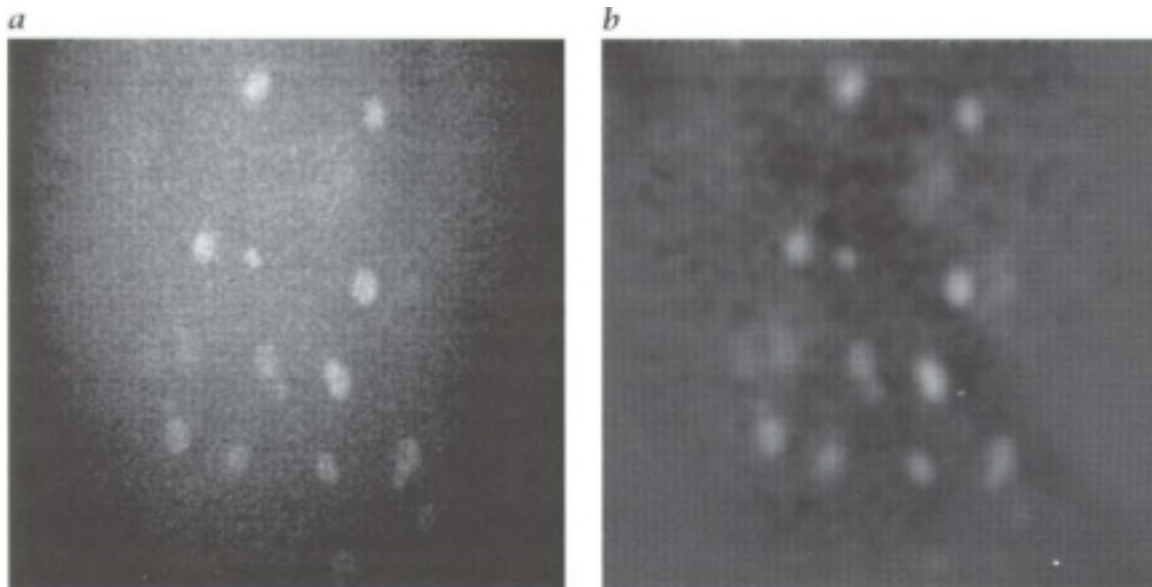
รูปที่ 3 เงามของฟองก๊าซใต้น้ำ ที่ใช้กล้องใน รูปที่ 2 จับภาพ

2.1.3) การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ในเครื่องทำปฏิกิริยาทางชีวภาพ (In Situ Microscopy of cells in Bioreactors)

แต่เดิมการวัดที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ในเครื่องทำปฏิกิริยาชีวเคมีนั้น ใช้วิธีการที่เรียกกันว่า “โฟลวไซโตเมทรี” (Flow Cytometry) ซึ่งมีข้อเสียอยู่ตรงที่ตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดนั้นจะต้องถูกสูบออกจากเครื่องทำปฏิกิริยา ซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนและติดเชื้อได้ง่าย วิธีการที่ใช้ในปัจจุบันจึงเปลี่ยนไปเป็นการนำเอาตัววัดไปติดตั้งอยู่กับโครงสร้างของเครื่องทำปฏิกิริยาชีวภาพเลย ซึ่งเรียกกันว่า In situ microscopy ดังที่แสดงเอาไว้ใน รูปที่ 4 ด้านล่างนี้



รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ในเครื่องทำปฏิกิริยาทางชีวภาพ



รูปที่ 5 การจับภาพการเรืองแสงของ NADP ในเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่ โดยกล้อง In Situ Microscopy

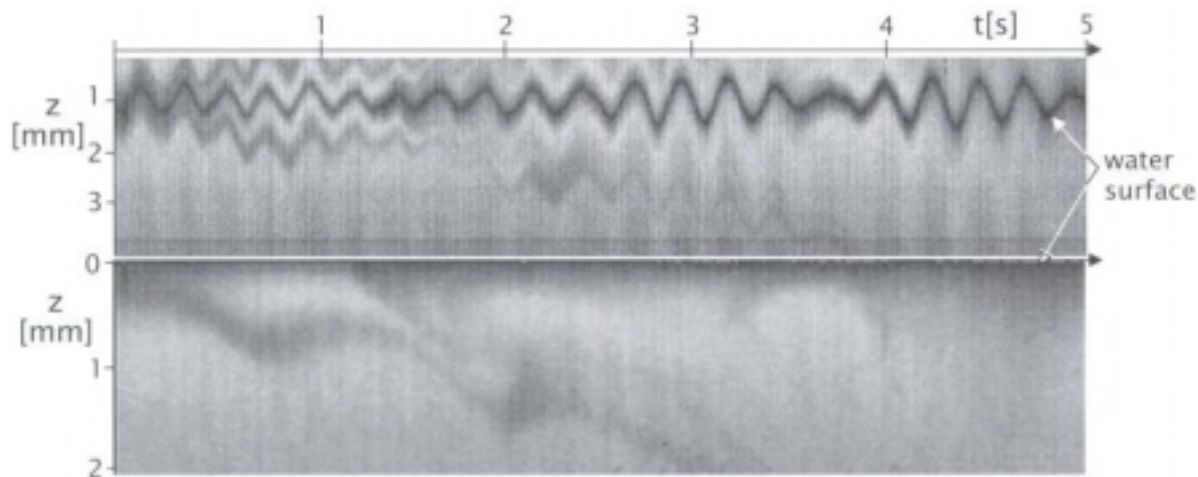
ด้วยวิธีการนี้เซลล์จะถูกทำให้มองเห็นได้ โดยการกระตุ้นการเรืองแสงของสารรับส่งโปรตอนที่ใช้ในการสังเคราะห์พลังงาน (NADP : Nicotinamide Adenine Di-nucleotide Phosphate) ของเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่ โดยการใช้ แสงเลเซอร์ที่เกิดจากไนโตรเจน ซึ่งด้วยวิธีการนี้จะทำให้เราสามารถแยกแยะเซลล์ที่มีชีวิตออกจากเซลล์ที่ตายแล้วและอนุภาคอื่นๆ ได้ดังในรูปที่ 5 ซึ่งมีปัญหาอยู่ตรงที่ แสงที่เรืองออกมาจากเซลล์นั้นมีความสว่างต่ำมาก จึงเกิดสัญญาณรบกวน ขึ้นมาได้มาก ทำให้ภาพเลือนลาง

2.2) การวัดความเข้มของคลื่นพลังงาน (Radiometric Measurement: Revealing the Invisible)

เป็นการถ่ายภาพในรูปแบบที่แตกต่างออกไป คือไม่ได้รับภาพเข้ามายังกล้องด้วยการใช้แสงสว่างส่องไปกระทบวัตถุอย่างปกติ แต่จะถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่อื่นที่ไม่ใช่ช่วงความถี่ของแสง การใช้ตัวอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Sensor) ต่างๆ เข้ามาใช้ในการจับภาพการแผ่หรือสะท้อนคลื่นรังสีของต่างๆ ของวัตถุนั้น ช่วยให้เราสามารถมองเห็นวัตถุในลักษณะที่แปลกแตกต่างออกไปจากเดิม และสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ในเชิงคุณสมบัติของเฉพาะในด้านที่ต้องการได้อย่างชัดเจน โดยไม่ต้องอาศัยการคำนวณจากปัจจัยรอบข้างอื่นๆ ที่ยุ่งยากอย่างที่เคยใช้ในอดีตได้อีกด้วย

2.2.1) การวัดการเรืองแสง ในงานที่เกี่ยวข้องกับเปลี่ยนแปลงสถานะระหว่างก๊าซกับของเหลว (Fluorescence Measurement of Air-Water Gas Transfer)

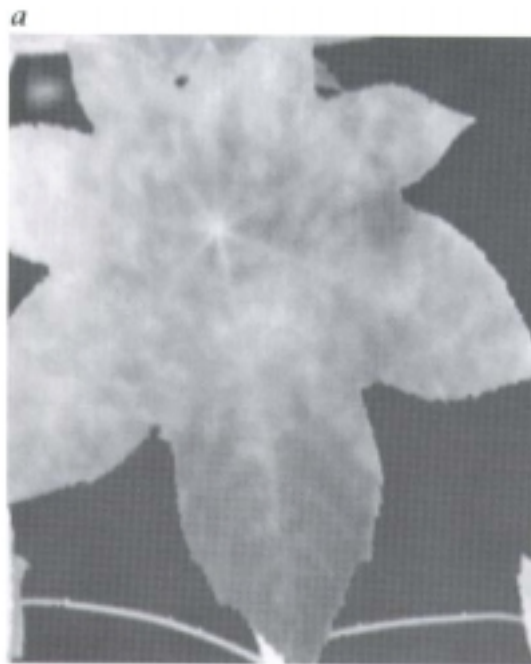
สำหรับงานทางด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ทางเคมี ส่วนใหญ่จะต้องมีการเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารอยู่เสมอ ในปัจจุบันเราใช้เทคโนโลยีทางการประมวลผลเชิงภาพเพื่อวัดค่าความเข้มข้นของสารในกรณีที่ไม่สามารถนำสารมาทดสอบได้โดยตรง ดังตัวอย่างต่อไปนี้ จะเป็นการแสดงกลวิธีที่ใช้ศึกษาการแลกเปลี่ยนสารต่างๆ ระหว่างชั้นบรรยากาศเหนือผิวน้ำทะเลกับน้ำในทะเล ที่ผิวน้ำ (Aqueous viscous boundary layer) เพื่อระบุระดับของผิวน้ำในขณะใดขณะหนึ่ง ซึ่งชั้นผิวน้ำนี้มีความหนาเพียง 30mm - 300mm เท่านั้น การระบุระดับของผิวน้ำได้นั้น จะอาศัยการวัดค่าความเข้มข้นของสารบางชนิดที่ละลายอยู่ในชั้นผิวน้ำนี้ ซึ่งการตรวจสอบในครั้งนี้จะใช้การส่องแสงเลเซอร์จาก LIF (Laser-Induced Fluorescence) ไปยังก๊าซรีแอคทีฟ 2 ชนิด คือ HCl (กรดไฮโดรคลอริก) กับ NH_3 แม้ว่ากระบวนการนี้จะมีรายละเอียดที่ซับซ้อนยุ่งยากมากก็ตาม แต่ผลลัพธ์ที่ได้ออกมา นั้นตรงไปตรงมาและง่ายต่อการนำไปใช้งานมาก เพราะความเข้มของแสงที่วัดได้จะแปรผันตรงกับปริมาณก๊าซที่ละลายอยู่ในจุดนั้น แถบบาง ๆ ทั้งที่มีมืดและสว่าง ซึ่งแทน HCl กับ NH_3 ตามลำดับนั้น แสดงถึงระดับของชั้นผิวน้ำทะเลออกมาได้อย่างชัดเจนมาก ดังใน รูปที่ 6



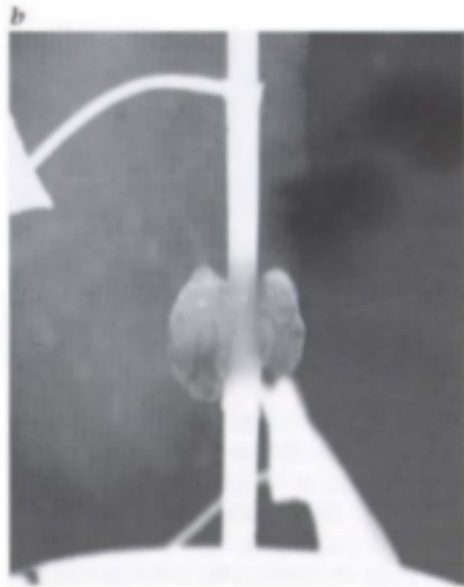
รูปที่ 6 เป็นรูปที่เครื่องวัดระดับความเข้มของแสงวาออกมา ซึ่งได้จากการทดลองหา-
ระดับแผ่นผิวน้ำ ณ จุดหนึ่งบนทะเล ในแนวตั้งฉากกับผิวน้ำ โดยทำการทดลองต่อเนื่อง-
กันนาน 5 วินาที การเลื่อนขึ้นๆ ลงๆ ของระดับผิวน้ำที่แสดงในรูปนี้เกิดจากการกระเพื่อม-
ของระลอกคลื่นในทะเลนั่นเอง

2.2.2) การจับภาพเชิงความร้อนในงานพฤกษศาสตร์ (Thermography for Botany)

การนำเอาเทคโนโลยีทางการประมวลผลเชิงภาพ ไปใช้ในงานทางสาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ที่สำคัญ ๆ
มีอยู่ด้วยกัน 2 ตัวอย่างคือ การถ่ายภาพความไม่สม่ำเสมอของความร้อนที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์อาหารด้วยแสงบนใบไม้
(Patchiness of Photosynthesis) ดังในรูปที่ 7 และ การถ่ายภาพซึ่งแสดงจุดที่มีความร้อนต่ำ เนื่องจากการระเหย
ที่ไม่ได้ถูกควบคุมในบริเวณใบเลี้ยงของก้อนเนื้อพืช (Uncontrolled Evaporation at Tumor Surface) ดังในรูปที่ 8 ซึ่งทั้งสองงาน
นี้ใช้หลักการเดียวกัน คือการจับภาพรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากพืชด้วยกล้องอินฟราเรด ภาพที่ได้จากการถ่ายด้วยกรรมวิธีนี้
จะออกมา ในลักษณะภาพพื้นผิวเชิงความร้อน ดังที่เห็นในรูปทั้งสองนั่นเอง



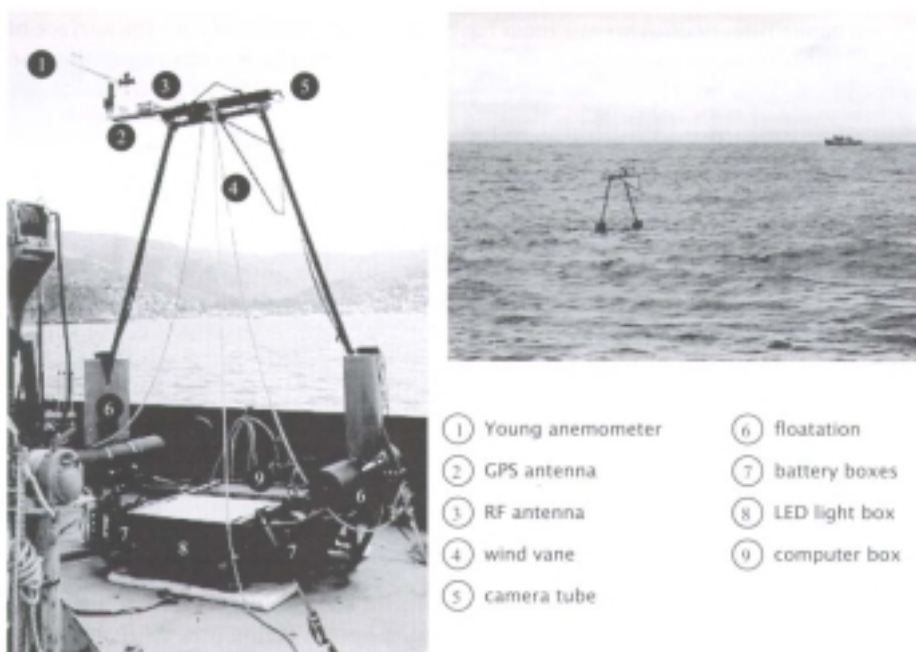
รูปที่ 7 ภาพถ่ายความไม่สม่ำเสมอของความร้อนที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์อาหาร-
ด้วยแสงบนใบไม้ (Patchiness of Photosynthesis)



รูปที่ 8 ภาพถ่ายซึ่งแสดงจุดที่มีความร้อนต่ำเนื่องจากการระเหยที่ไม่ได้ถูกควบคุมในบริเวณใบเลี้ยงของต้นอ่อนพืช
(Uncontrolled Evaporation at Tumor Surface)

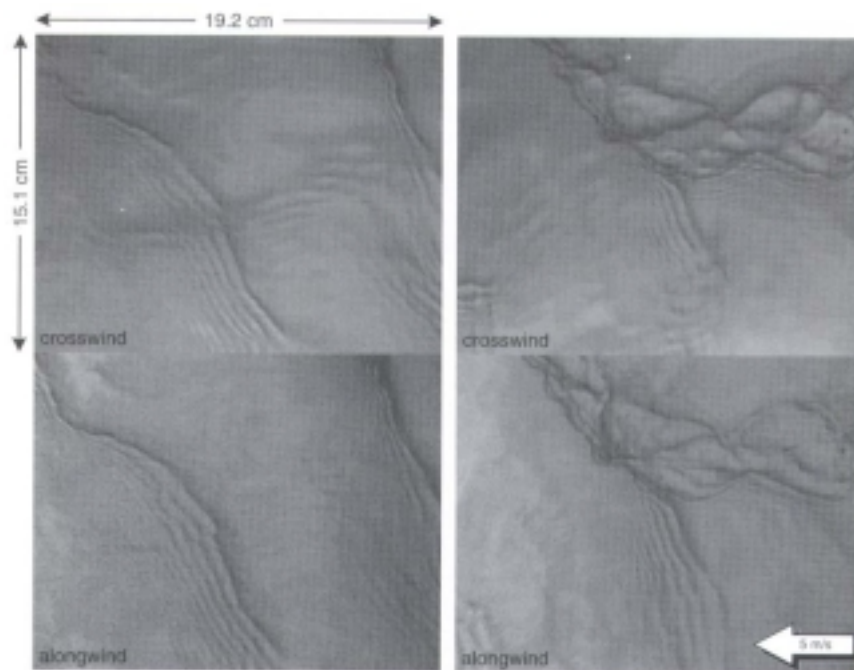
2.2.3) การจับภาพการเคลื่อนที่ของคลื่นลมทะเลระยะสั้น (Imaging of Short Ocean Wind Waves)

กลวิธีในการวัดทางแสงมักถูกนำมาใช้ในสภาวะแวดล้อมเชิงปฏิบัติ ซึ่งในบริเวณผิวน้ำที่สัมผัสกับชั้นบรรยากาศนั้นก็เป็นอย่างหนึ่งของสภาวะแวดล้อมเชิงปฏิบัติ การวัดในลักษณะนี้จริง ๆ แล้วก็เพิ่งจะประสบความสำเร็จและสามารถนำมาใช้ได้เมื่อไม่นานมานี้เอง อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในการจำลองสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการวัดอีกด้วย รูปที่ 9 แสดง ท่อนลอยน้ำ (Wave-riding buoy) ในรูปแบบใหม่ ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการวัดความชันของคลื่นลมทะเลระยะสั้น โดยเฉพาะ ซึ่งเป็นตัวอย่างที่สำคัญมากตัวอย่างหนึ่งของการนำแสงมาใช้ในการสำรวจสภาวะแวดล้อมเชิงปฏิบัติ



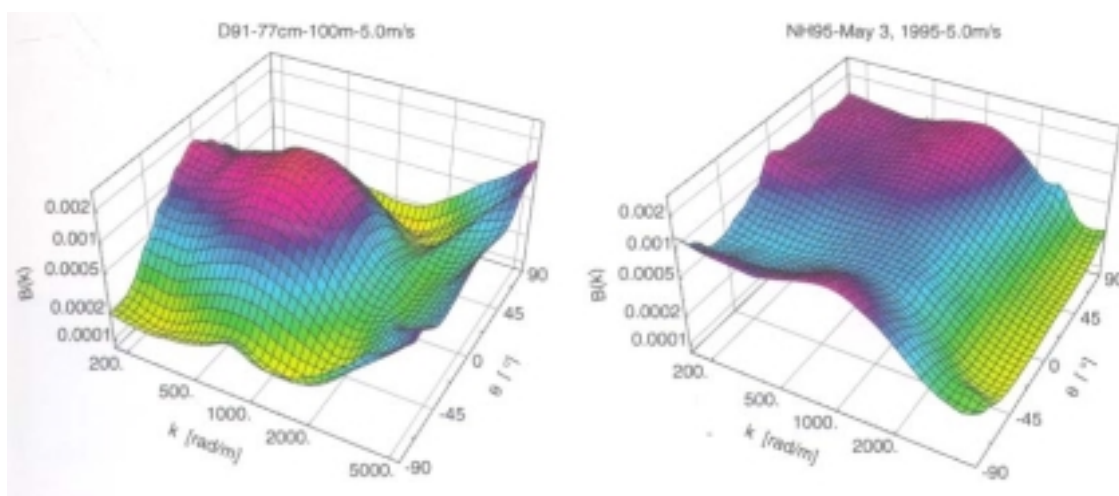
รูปที่ 9 โครงสร้างของเครื่องจับภาพความชันของคลื่นลมทะเลระยะสั้นที่ประกอบอยู่บนท่อนลอยน้ำ

จาก รูปที่ 9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการจับภาพความชันของคลื่นลมทะเลระยะสั้น ซึ่งติดตั้งอยู่บนหุ่นลอยน้ำนี้ ประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสง (LEDs) จำนวน 11,000 ตัว ที่มีการจัดเรียงตัวอยู่ในลักษณะที่เป็นอาร์เรย์ 2 มิติ ซึ่งส่องแสงในแนวตั้งฉากกัน โดยการเปล่งแสงจากอาร์เรย์ของไดโอดทั้ง 2 แถวออกมาเป็นจังหวะ ๆ สลับกันไปนั้น ทำให้สามารถจับภาพของคลื่นทั้งในแนวตามกระแสลมและทวนกระแสลมพร้อม ๆ กันได้ โดยใช้กล้องเพียงตัวเดียวในการถ่ายและภาพที่ได้จะมีลักษณะดังในรูปที่ 10



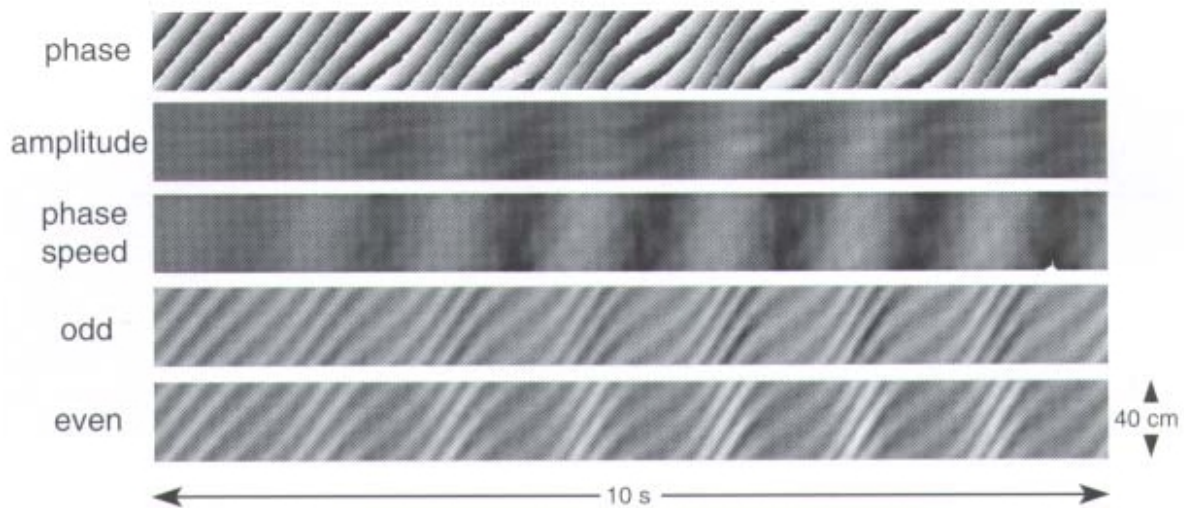
รูปที่ 10 รูปที่ถ่ายโดยเครื่องจับภาพความชันของคลื่นลมทะเลระยะสั้นที่ประกอบอยู่บนหุ่นลอยน้ำ

การประเมินความชันของคลื่นทำได้ง่ายโดยอาศัย การคำนวณ Wave Number Spectrum ในทั้งสองมิติ โดยการใช้โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับ 2-D Fourier Transform ในการวิเคราะห์ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 11 ซึ่งแสดงการกระจายความชันของคลื่นทั้งในแต่ละทิศทางและตามความยาวคลื่น



รูปที่ 11 ภาพแสดงความชันของระลอกคลื่นที่สร้างขึ้นจากการคำนวณของระบบ Computer Graphics

วิธีการหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างแต่ละระลอกคลื่นนั้น ก็คือวิธีการที่เรียกกันว่า Hilbert Filter ซึ่งวิธีการนี้จะสงวนค่าความสูงของยอดคลื่น (Amplitude) เอาไว้เป็นค่าคงที่ แล้วทำการเลื่อนเฟส (Phase Shifting) ไปข้างหน้า 90° ดังในรูปที่ 12 การเลื่อนเฟสของสัญญาณไป 90° นี้เป็นการเลื่อนจากสัญญาณสัญญาณคู่ไปเป็นสัญญาณคี่ ซึ่งทำให้ทั้งความสูงของยอดคลื่นและเฟสสามารถสามารถคำนวณออกมาได้ และเนื่องมาจากความลาดเอียงของความชันในค่าระดับสีเทาตั้งในภาพเริ่มต้น ทำให้ความเร็วของเฟสก็สามารถคำนวณออกมาได้โดยตรงอีกด้วย ซึ่งเรียกว่า Local Orientation นั่นเอง ซึ่งจะขอละที่มาของวิธีการนี้เอาไว้ เนื่องจากไม่มีความสำคัญต่อเนื้อหามากนัก



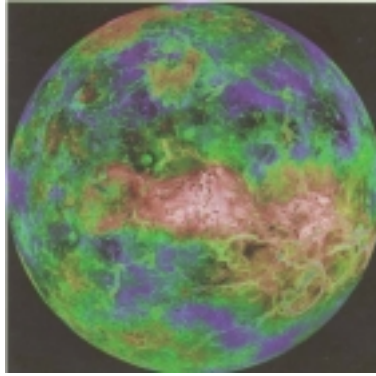
รูปที่ 12 ภาพแสดงการไขกลวิธีของ Hilbert filtering ร่วมกับ local orientation ในการวิเคราะห์ระลอกคลื่น

2.2.4 การถ่ายภาพภูมิประเทศ – ภูมิอากาศของโลกและดวงดาวต่างๆ ด้วยดาวเทียมสำรวจดวงดาว (SAR Imaging for Planetology and Earth Sciences)

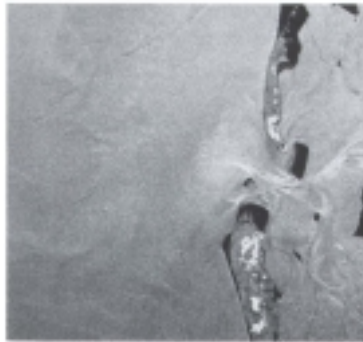
การจับภาพเพื่อใช้กับงานในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ทางกายภาพของโลกและดวงดาว จะอาศัยการถ่ายภาพโดยดาวเทียมในกลุ่ม SAR (Synthetic aperture radar) เป็นสำคัญ ซึ่งดาวเทียมในกลุ่มนี้จะอาศัยการยิงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ไมโครเวฟลงไปยังโลกหรือดวงดาวที่ต้องการสำรวจแล้วรอรับการสะท้อนกลับของคลื่นที่ส่งออกไป งานรับส่งสัญญาณที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม SAR มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงไม่กี่เมตร ซึ่งปกติแล้วจะทำให้ภาพที่ได้มีความละเอียดต่ำ แต่ SAR ใช้กลวิธีในการจับภาพที่ฉลาดคือ ในแต่ละที่ขั้วบินที่ SAR เคลื่อนที่ผ่านนั้น SAR จะยิงคลื่นลงไปยังโลกหรือดวงดาว ณ จุดที่ต้องการ เป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วก็ค่อยๆ เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ในขณะที่กำลังเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเรื่อย ๆ นั้น ก็จะรอรับสัญญาณสะท้อนกลับมาไปพร้อม ๆ กันไปด้วย ทำให้มีความสามารถในการสร้างภาพที่มีความละเอียดสูงกว่าปกติขึ้นมาใหม่ได้ เหมือนกับว่าใช้งานรับส่งสัญญาณขนาดใหญ่นั่นเอง

คุณสมบัติที่น่าสนใจของการจับภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟบนเรดาร์ของดาวเทียมนั้นก็คือความสามารถในการทะลุผ่านหมอกเมฆอันหนาที่บดบังได้เป็นอย่างดี ดังจะเห็นได้จาก รูปที่ 13 ซึ่งเป็นรูปถ่ายสภาพพื้นผิวของดาววีนัสที่มีชั้นบรรยากาศอันหนาที่ปกคลุมอยู่ จึงมองเห็นเหมือนเป็นดวงดาวสีขาวเสมอกันตลอดทั้งดวงอยู่บนท้องฟ้าและทำให้ไม่สามารถถ่ายภาพพื้นผิวของดาวดวงนี้โดยอาศัยกล้องที่รับแสงสว่างตามปกติได้นั่นเอง

ภาพในหน้าถัดไปเป็นภาพที่เกิดจากการนำเอาภาพถ่ายทางอากาศที่มีความละเอียดอยู่ในขนาด 100 X 100 ตารางเมตร จำนวนมาก ที่ถ่ายจากดาวเทียมในกลุ่ม SAR จำนวนหลายสิบตัว มาต่อเข้าด้วยกัน

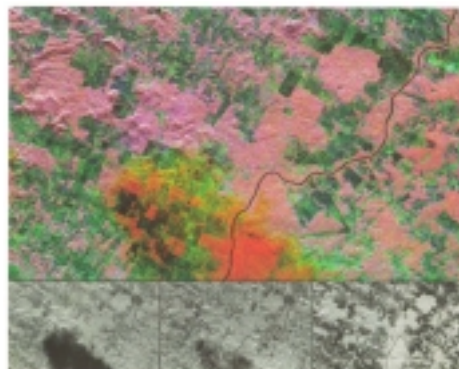


รูปที่ 13 ภาพถ่ายทางอากาศของดาววินัสที่ถ่ายโดยดาวเทียม SAR ดวงหนึ่ง



รูปที่ 14 ตัวอย่างภาพถ่ายทางทะเลโดยดาวเทียม SEASAT

รูปที่ 14 เป็นภาพถ่ายทางทะเลที่มีชื่อเสียงมากในอดีตกาลขึ้นในปี ค.ศ. 1978 และใช้ระยะเวลาในการถ่ายนานถึง 3 เดือนติดต่อกัน โดยใช้ดาวเทียม SEASAT ซึ่งเป็นดาวเทียมประเภท SAR ตัวแรกของโลก

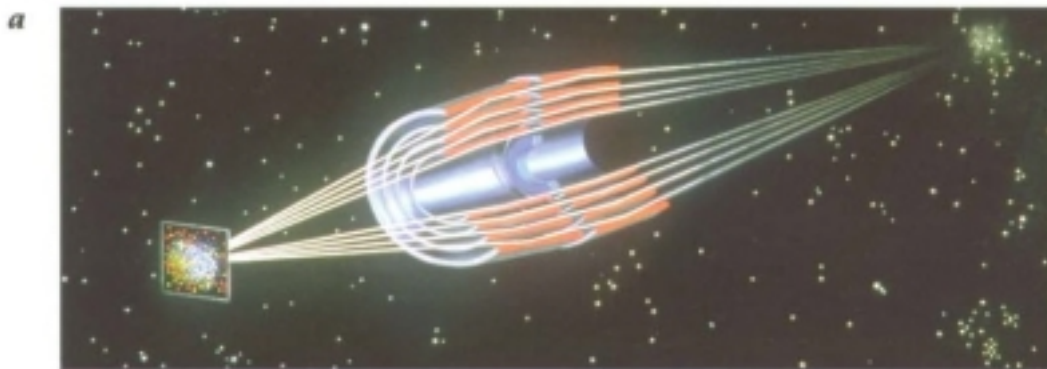


รูปที่ 15 ภาพถ่ายหลายความถี่ (Multi-Frequency image) ของดาวเทียม SAR

ภาพถ่ายหลายความถี่ (Multi-Frequency image) ที่ได้จากการรวมตัวกันของภาพ 3 ภาพเล็กทางด้านล่างของรูปที่ 15 นี้ ถ่ายโดยเรดาร์ 3 ตัว ซึ่งติดตั้งอยู่บนดาวเทียม SAR ดวงหนึ่ง ซึ่งสามารถแสดงผลภาพที่ถ่ายออกมาให้เป็นภาพสีได้ โดยแต่ละสีจะแทนข้อมูลที่มีความหมายแตกต่างกันไป เนื่องจากแต่ละความถี่ที่ใช้ในการสำรวจนั้น จะได้รับผลกระทบจากปัจจัยทางธรรมชาติที่แตกต่างกันออกไป บางความถี่จะได้รับผลกระทบโดยตรงจากสายฝนที่ตกอยู่ ณ พื้นดินนั้น ในขณะที่อีกความถี่หนึ่งอาจได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิ หรือรังสีคอสมิก (Cosmic) มากกว่า เป็นต้น 3 ภาพเล็กที่อยู่ข้างใต้ภาพใหญ่เป็นภาพก่อนนำมารวมกัน ซึ่งถ่ายได้จากเรดาร์คนละตัว ทางด้านซ้ายเป็นภาพที่ถ่ายด้วยเรดาร์ที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ X-Band ภาพกลางถ่ายด้วยเรดาร์ที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ C-Band ส่วนภาพทางขวามือสุดถ่ายด้วยเรดาร์ที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ L-Band

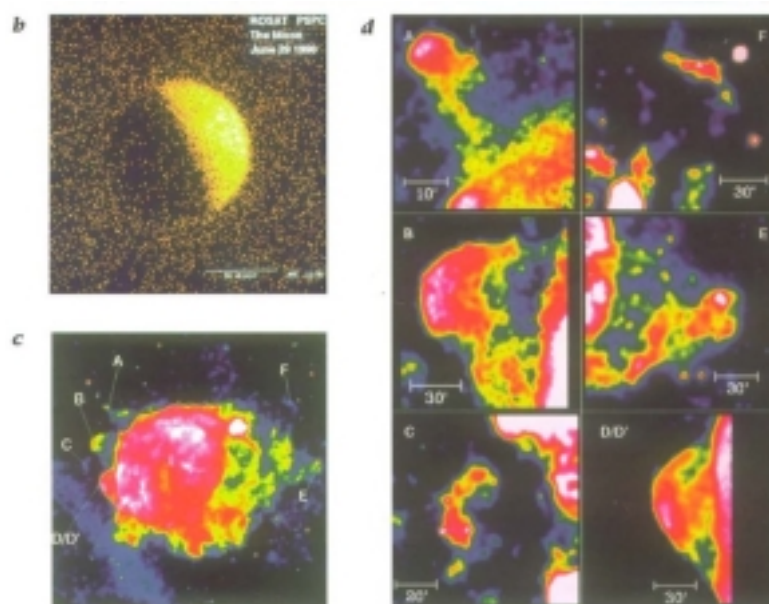
2.2.5) การจับภาพรังสีเอ็กซ์ทางด้านดาราศาสตร์ โดยใช้ดาวเทียมสำรวจอวกาศโรสแซท (X-Ray Astronomy with ROSAT)

จากการค้นพบของ Konrad W. Roentgen ทำให้มีการนำเอารังสีเอ็กซ์ เข้ามาใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในงานทางการแพทย์ งานทางด้านวิทยาศาสตร์ และทางด้านเทคโนโลยีอื่น ๆ อีกมากมาย การจับภาพจากแหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์ออกมาได้นั้นจำเป็นจะต้องมีตัวจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่รังสีเอ็กซ์ อย่างไรก็ตาม มีเพียงวิธีการเดียวเท่านั้นที่จะสร้างกล้องโทรทรรศน์ที่ไขส่องดูดาวได้ก็คือการทำให้รังสี หรือแสงที่ได้รับเข้ามาเลียดผิวกระจกกระเจกออกไปเป็นมุมกว้างๆ เพื่อทำการขยายภาพที่ตกกระทบลงบนจอรับภาพให้กว้างขึ้น หรือที่เรียกสั้นว่าวิธี Grazing incident ซึ่งตัวอย่างกล้องโทรทรรศน์ที่อาศัยหลักการนี้ได้แก่กล้องโทรทรรศน์ของ Wolters ซึ่งได้ถูกนำมาใช้สำรวจอวกาศตั้งแต่เดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 1990 แล้ว ใน รูปที่ 16 เป็นรูปแสดงโครงสร้างหลักของกล้องโทรทรรศน์ในลักษณะนี้



รูปที่ 16 โครงสร้างหลักของกล้องโทรทรรศน์ Wolters

รูปที่ 17 นี้เป็นรูปที่แสดงภาพถ่ายต่างๆ ด้านล่างนี้เป็นตัวอย่างภาพที่จับได้ด้วยกล้องโทรทรรศน์รังสีเอ็กซ์ที่ชื่อ ROSAT ของประเทศเยอรมันนี โดยในภาพแรก(ภาพ b) เป็นภาพของดวงจันทร์ ส่วนภาพ c และภาพ d เป็นภาพของการระเบิดของดวงดาว (Supernova) ที่อยู่ในหมู่ดาวเวลา (Vela Constellation) ที่อยู่ห่างออกไปถึง 1,500 ปีแสง และมีรัศมีความกว้างของการระเบิดถึง 200 ปีแสงอีกด้วย



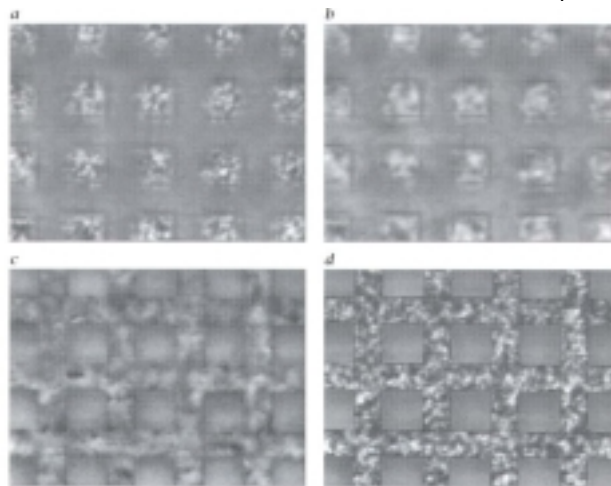
รูปที่ 17 ตัวอย่างภาพที่จับได้ด้วยกล้องโทรทรรศน์รังสีเอ็กซ์ที่ชื่อ ROSAT ของประเทศเยอรมันนี

2.3) การวัดระดับความลึกของภาพ (Depth Measurement : Exploring 3-D Space)

กรรมวิธีในการจับภาพในอดีต มักนิยมการถ่ายภาพลงบนระนาบจับภาพ ซึ่งทำให้สูญเสียรายละเอียดของข้อมูลเกี่ยวกับความลึกของภาพไป กรรมวิธีในการจับภาพยุคใหม่ที่ประกอบเข้ากับการประมวลผลเชิงภาพได้ขยายขีดความสามารถใหม่ๆ เพิ่มขึ้นให้แก่การจับภาพสามมิติ ไม่ว่าจะเป็นการเรียกคืนข้อมูลเชิงความลึกกลับออกมาจากภาพถ่ายสองมิติ ทั่วไป (3-D Image Reconstruction) หรือการถ่ายภาพเชิงสามมิติอย่างแท้จริงออกมาก็ตาม อย่างเช่นระบบที่เรียกว่าโลกความจริงเสมือน (VR : Virtual Reality)

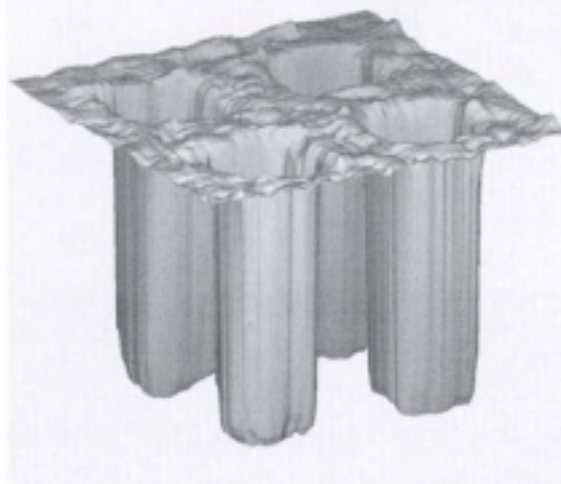
2.3.1) การสำรวจสภาพพื้นผิวภายนอกด้วยแสง (Optical Surface Profiling)

การวัดสภาพพื้นผิวภายนอกทางกายภาพนั้น มีความคล้ายคลึงกับการสำรวจภูมิประเทศของโลกและดวงดาวอยู่บ้าง แต่ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างงานทั้ง 2 ชนิดนี้ก็คือ การวัดสภาพพื้นผิวภายนอกนี้จะกระทำกับวัตถุที่มีขนาดเล็ก ไม่ใช่พื้นที่อันกว้างใหญ่ ดังนั้นการวัดในด้านนี้จึงจำเป็นที่จะต้องกระทำการวัดที่มีความละเอียดสูงมากเป็นพิเศษ ตัวอย่างดังต่อไปนี้ผลงานที่เกิดจากกรรมวิธีใหม่ที่น่าสนใจโดยนาย Scheuermann et al. ในปี ค.ศ. 1995 การนำเทคโนโลยีทางการประมวลผลเชิงภาพเข้ามาใช้ประกอบกับกล้องจุลทรรศน์ชนิดใหม่ที่มีชื่อว่าคอนโฟคอล (Confocal Microscopy) ซึ่งแนวคิดนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่า เมื่อเราสามารถให้การเลื่อนตำแหน่งของระนาบรวมแสง (Focal Plane) เพื่อจับภาพในระยะต่างๆ ได้ เราก็จะสามารถนำเอาการเคลื่อนที่ของระนาบรวมแสงในระยะต่างๆ นี้ มารวบรวมเป็นสถิติเพื่อใช้คำนวณหาระดับความลึกของพื้นผิววัตถุ หรือชิ้นงานต่อไปได้ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการกวาดแสงเลเซอร์ในการตรวจสอบสภาพพื้นผิวอย่างที่เคยนิยมใช้กันมาก่อนแต่อย่างใด ข้อได้เปรียบของวิธีการนี้อยู่ตรงที่ เราสามารถนำเอากรรมวิธีนี้ไปใช้กับการวัดระดับพื้นผิววัตถุใดๆ ก็ได้ที่ไม่สามารถวัดด้วยการใช้แสงเลเซอร์ตามปกติ นอกจากนี้แล้วเมื่อเราไม่ได้ใช้การกวาดแสงเลเซอร์ในการตรวจสอบสภาพพื้นผิวแล้ว ดังนั้นวัตถุที่นำมาใช้จึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีความละเอียดต่างๆ ที่เหมาะสมกับการตรวจจับด้วยแสงเลเซอร์แต่อย่างใด เราจึงสามารถนำเอากรรมวิธีนี้ไปใช้ในการตรวจสอบสภาพพื้นผิวของวัตถุที่มีผิวเรียบ หรือไม่มีผิวเรียบใดๆ เลยก็ได้ เพราะการวัดระดับความลึกของพื้นผิวจะอาศัยเพียงการเลื่อนเข้าหรือออกของระนาบรวมแสงแล้วดูว่าชัดหรือไม่เท่านั้น ภาพที่จุดใดชัดก็แสดงว่าระนาบรวมแสงได้เลื่อนไปยังระยะที่แทนความลึกของบริเวณนั้นอยู่พอดี ส่วนภาพในจุดใดที่อ้อมไม่คมชัดมากเท่าใด ก็แสดงว่ายังอยู่ห่างจากระยะที่ระนาบรวมแสงพุ่งเล็งอยู่มากเช่นกัน แล้วนำมาคำนวณเปรียบเทียบอัตราส่วนต่อไปก็จะได้ระดับความลึกที่แท้จริงของพื้นผิววัตถุในระดับต่างออกมาในที่สุด ภาพข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างการถ่ายภาพโดยค่อยๆ เลื่อนระยะของระนาบรวมแสงให้พุ่งเล็งไปยังระดับความลึกที่แตกต่างกันจากผิววัตถุลงไป



รูปที่ 18 ภาพที่ถ่ายได้จากการเลื่อนระนาบรวมแสงของกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอลไปที่ระยะต่างๆ กัน

ในรูปที่ 18 นี้ ภาพ a) เป็นการจับภาพที่ความสูง 16 μm จากพื้นหลุม, ภาพ b) เป็นการจับภาพที่ความสูง 160 μm จากพื้นหลุม, ภาพ c) เป็นการจับภาพที่ความสูง 480 μm จากพื้นหลุม, และภาพ d) เป็นการจับภาพที่ความสูง 620 μm จากพื้นหลุมซึ่งอยู่ที่ระดับปากหลุมพอดี

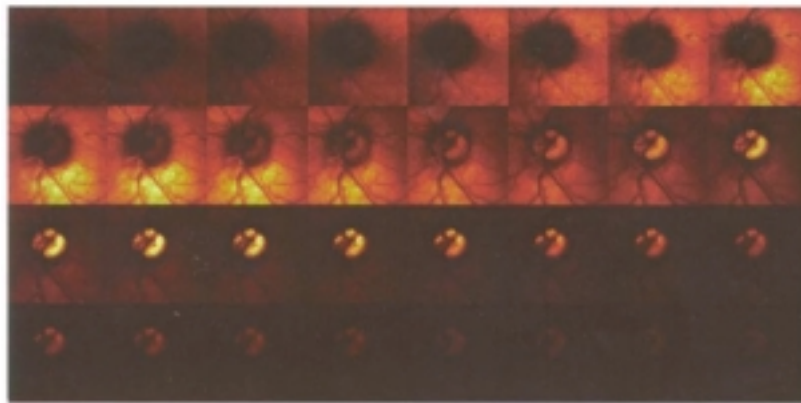


รูปที่ 19 ภาพเค้าโครงพื้นผิวสามมิติ ที่สร้างขึ้นจากระบบประมวลผลเชิงภาพด้วยคอมพิวเตอร์

เมื่อเราได้นำเอาภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอลในระยะความลึกต่างๆ มารวบรวมเป็นสถิติแล้ว เมื่อผ่านกระบวนการทางการประมวลผลภาพด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้าน การสร้างภาพสามมิติตัวหนึ่งแล้ว เราจะได้ภาพเค้าโครงพื้นผิวของวัตถุในเชิงสามมิติออกมาดังรูปที่ 19 นั่นเอง

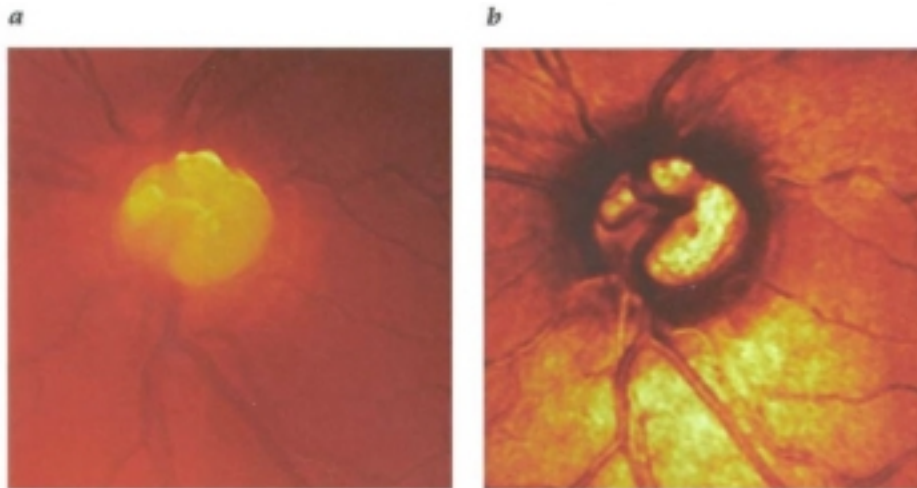
2.3.2) การถ่ายภาพสามมิติของจอประสาทตา (3-D Retina Imaging)

ต่อมา เมื่อเทคโนโลยีการจับภาพในกล้องจุลทรรศน์ได้รับการพัฒนาขึ้นมา จนสามารถนำแสงเลเซอร์ ไปประยุกต์ใช้กับหลักการจับภาพแบบคอนโฟคอลที่ใช้นี้ตัวอย่างที่แล้วได้ ในปัจจุบันจึงสามารถสร้างภาพสามมิติจริงๆ ที่เกิดจากการซ้อนรวมกันของภาพสองมิติจำนวนหลายๆ ชั้น(ดังในรูปที่20)ขึ้นมาได้โดยให้มิติและแสงเงาที่คมชัดเหมือนจริง อันเป็นตัวอย่างของภาพที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อการแพทย์เป็นอย่างมากรูปหนึ่ง



รูปที่ 20 ภาพเค้าโครงพื้นผิวสามมิติ ที่สร้างขึ้นจากระบบประมวลผลเชิงภาพด้วยคอมพิวเตอร์

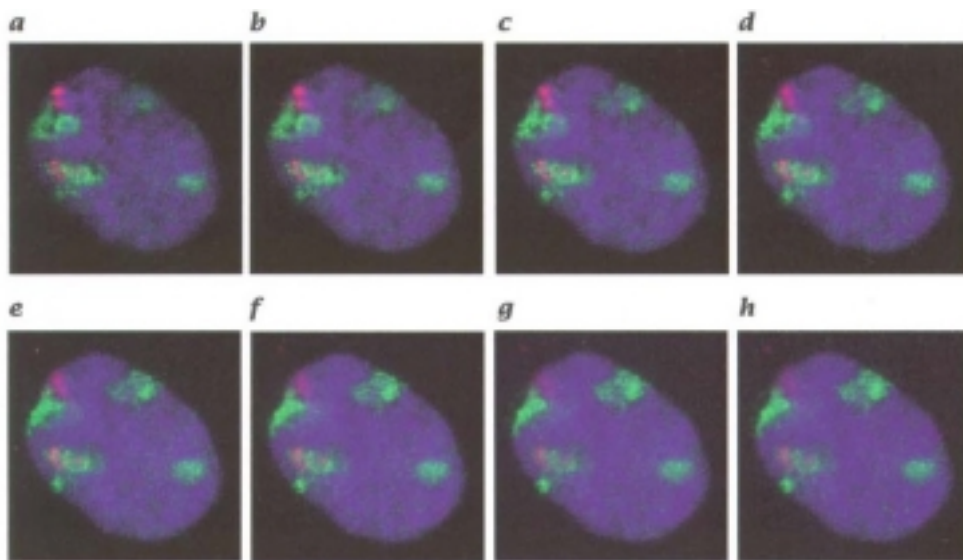
ในรูปที่ 21 นี้ เป็นภาพสามมิติที่แสดงรายละเอียดของจอประสาทตามนุษย์ได้อย่างชัดเจนมาก โดยภาพทางซ้าย เป็นการสร้างภาพโดยอาศัยกลวิธีที่เรียกว่าแผนที่ความลึก (Depth Map) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการเก็บภาพแบบคอนโฟคอลในตัวอย่างที่ผ่านมาด้วยเช่นกัน ในตัวอย่างนี้กำหนดให้แผนที่ความลึกเป็นแบบที่ให้แสงของภาพในระดับที่มีความลึกมากกว่ามีความสว่างสูงกว่าความสว่างของภาพในระดับพื้นผิวปกติ ภาพที่ได้ออกมาจึงดูเหมือนกับว่ามีแหล่งกำเนิดแสงส่องออกมาจากภายใน ส่วนภาพทางขวาสร้างขึ้นโดยอาศัยการรวมกันของคุณสมบัติการสะท้อนแสงในแต่ละระดับความลึกด้วยซึ่งเป็นกลวิธีใหม่ที่น่าสนใจกับกล้องจุลทรรศน์เลเซอร์แบบคอนโฟคอลนี้นั่นเอง ภาพที่ได้แม้ว่าจะแสดงรายละเอียดของความลึกออกมาได้ไม่เต็มที่ แต่ก็ยังเป็นวิธีที่ดีที่สุดในขณะนี้ เนื่องจากสามารถแสดงรายละเอียดขององค์ประกอบทุกจุดบนภาพออกมาได้อย่างครบถ้วนและชัดเจนมาก



รูปที่ 21 ภาพสามมิติของจอประสาทตาของมนุษย์ที่สร้างขึ้นมาโดยกระบวนการประมวลผลเชิงภาพ ภาพ a) เป็นการชี้แผนที่ความลึก ภาพ b) เป็นการซ้อนรวมคุณสมบัติการสะท้อนแสงของแต่ละองค์ประกอบในภาพ

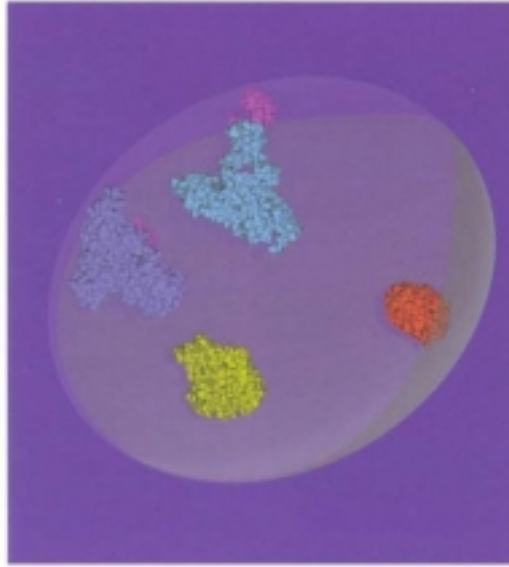
2.3.3) การวัดการกระจายตัวของโครโมโซมในเซลล์ (Distribution of Chromosomes in Cell Nuclei)

งานนี้เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่สำคัญมากของการนำแนวความคิดในการจับภาพแบบคอนโฟคอล เพราะได้ช่วยลดล้างสมมติฐานเก่าๆ บางอย่างที่เคยผิดพลาด เกี่ยวกับโครโมโซมลงไปได้ ในรูปที่ 22 นี้ผลงานทางการประมวลผลเชิงภาพชิ้นหนึ่งที่ถือได้ว่าเป็นตัวการในการปฏิวัติแนวความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีโครโมโซมได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 22 ภาพถ่ายของจอประสาทตาที่ถ่ายโดยกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอล 32 ภาพโดยแต่ละภาพจะมีความลึกมากขึ้นจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง

ถึงแม้ว่าภาพที่ได้ในรูปที่ 22 นี้จะยังมีปัญหาอยู่บ้างในแง่ของโครงสร้างย่อยที่ของแต่ละองค์ประกอบนั้นไม่ชัดเจน เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบในเซลล์นั้นเกิดจากสารเคมีที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป แต่ด้วยการแยกส่วนขององค์ประกอบย่อยออกมาแล้วค่อยๆ ทำการเก็บภาพขององค์ประกอบย่อยเหล่านั้นด้วยการจัดปัจจัยที่เหมาะสมในการวัด แล้วนำมาผ่านกระบวนการด้านการประมวลผลเชิงภาพที่ซับซ้อนและยุ่งยากอีกเล็กน้อย ก็จะสามารถสร้างภาพขององค์ประกอบย่อยเหล่านั้นออกมาได้ แม้ว่าจะไม่ใช่ภาพสามมิติที่แท้จริง แต่ก็สามารถแสดงให้เห็นถึงลักษณะขององค์ประกอบเหล่านั้นออกมาได้อย่างสมบูรณ์ในที่สุด ดังในรูปที่ 23

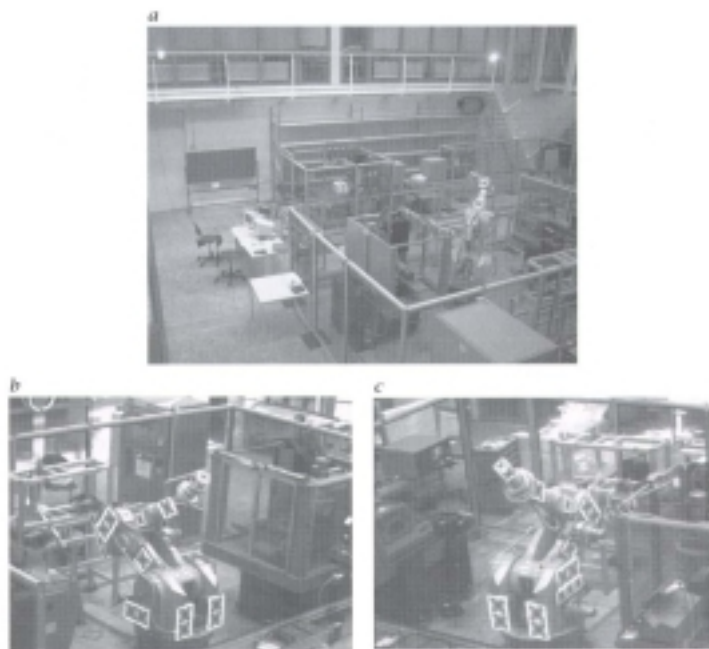


รูปที่ 23 ภาพสามมิติของโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากเทคโนโลยีการจับภาพแบบคอนโฟคอล
รวมกับกลวิธีการประมวลผลเชิงภาพ

2.4) การวัดระดับความเร็ว (Velocity Measurement : Exploring Dynamic Processes)

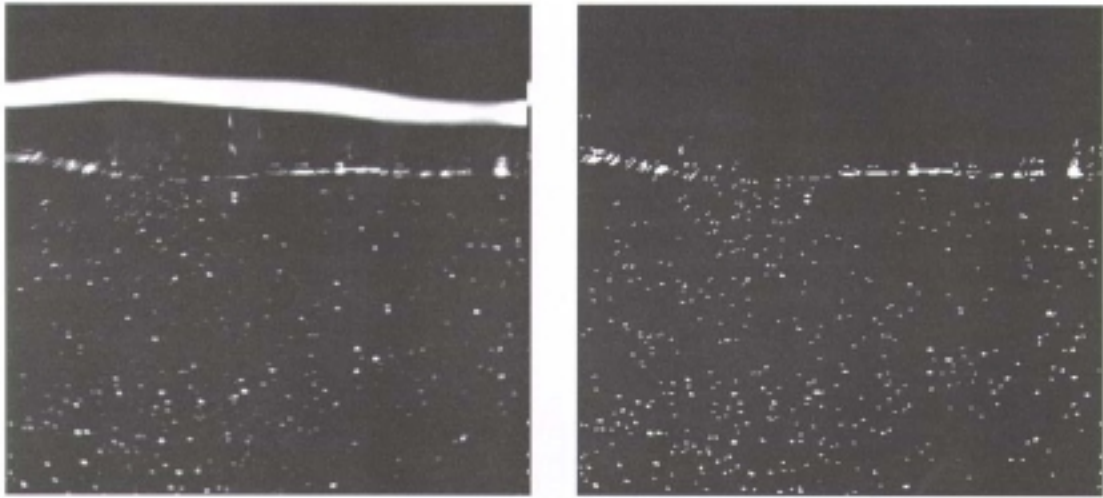
การเปลี่ยนแปลงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่เสมอในโลกแห่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การถ่วงน้ำหนักตามปกติที่เป็นอยู่จึงไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการทางเทคโนโลยีในปัจจุบันได้ เทคนิคการถ่ายภาพเคลื่อนไหวจึงได้ถือกำเนิดขึ้นมา เพื่อใช้ในการจับภาพการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่าง ๆ ควบคุมการเคลื่อนที่ เคลื่อนไหวของวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องจักร การติดตามการเคลื่อนไหวของสิ่งต่างๆ เป็นต้น โดยมักใช้กรรมวิธีในการดำเนินกับเฟรมของภาพนิ่งต่างๆ เป็นหลัก

2.4.1) การวัดและควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ (Dynamic Calibration of Robots)



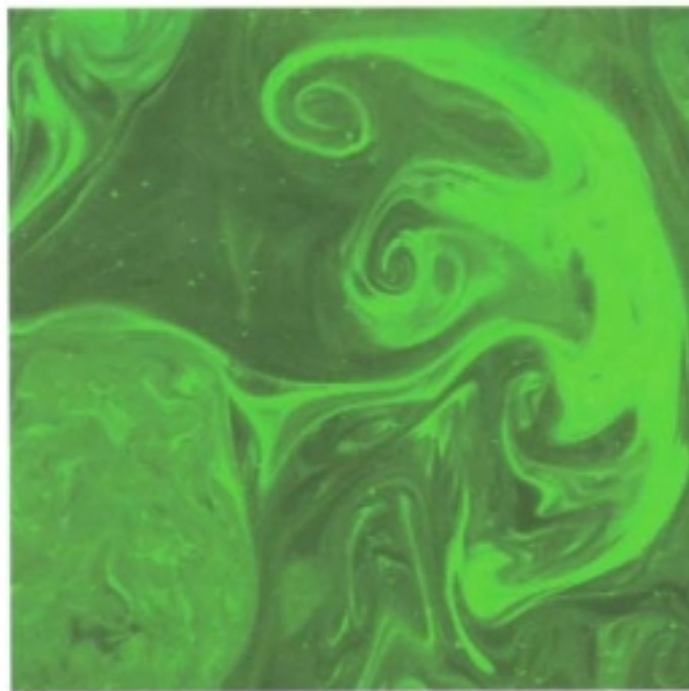
รูปที่ 24 ภาพตัวอย่างหุ่นยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการติดตั้งระบบปรับแต่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์
(Dynamic Calibration System) เอาไว้

2.4.2) การติดตามความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาค (Particle Tracking Velocimetry)

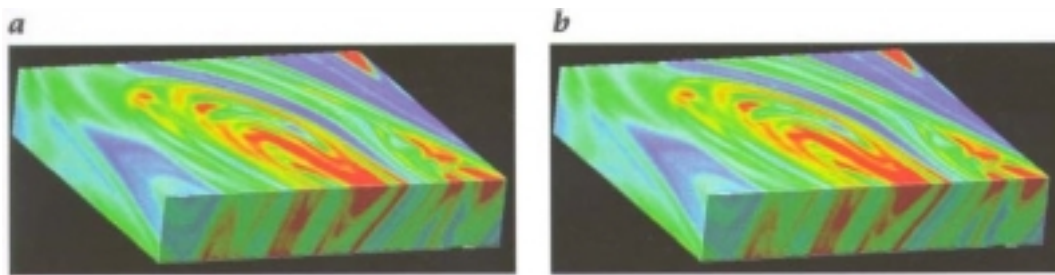


รูปที่ 25 ตัวอย่างการจับภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาค

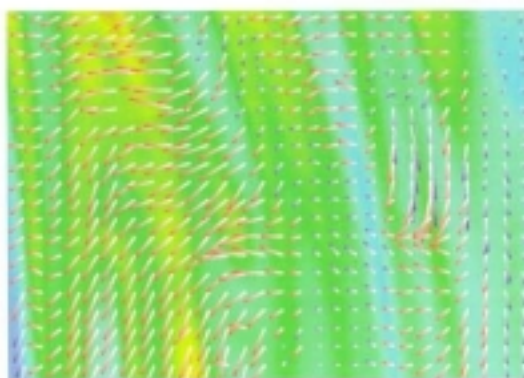
2.4.3) การสร้างภาพตัดขวางของของไหลใน 3 มิติ (3-D Flow Tomography)



รูปที่ 26 ภาพแสดงการไหลของของเหลวที่ผสมสารเรืองแสงลงไปเพื่อช่วยในการตรวจจับทิศทางการไหลเวียน



รูปที่ 27 รูปแสดงภาพตัดขวางของการไหลใน 3 มิติ



รูปที่ 28 รูปแสดงการพิจารณาพื้นที่หมุนวนของ ของไหล โดยใช้เทคนิค *least-squares matching*

Basic Concepts

3.) พื้นฐานของการประมวลผลภาพแบบดิจิทัล

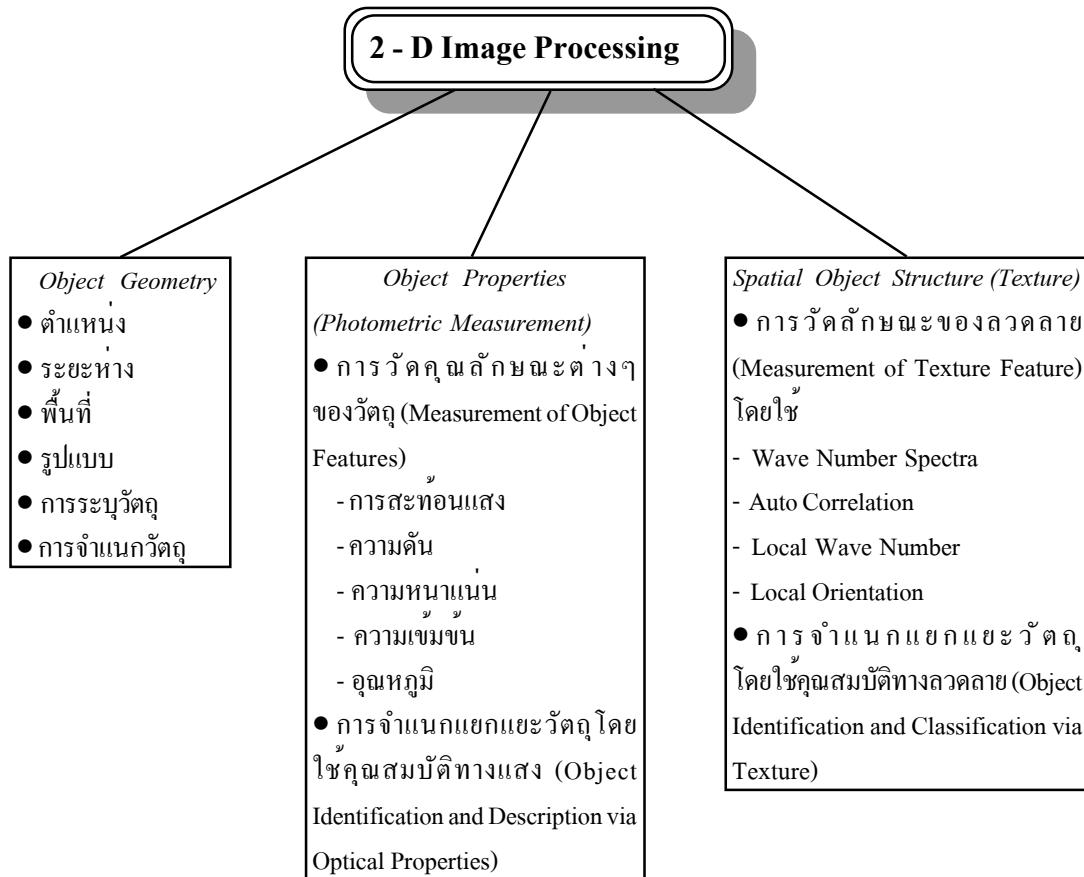
งานทางด้านการวัดและประมวลผลภาพแบบดิจิทัลนั้น เป็นพัฒนามาจากการวัดโดยใช้ คลื่นเสียง ต่อมาจึงเริ่มมีการนำคลื่นแสง คลื่นรังสีพลังงาน และคลื่นของอนุภาคต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในที่สุด ประเด็นสำคัญที่น่าสนใจเกี่ยวกับงานวัดในด้านนี้คือ ความแตกต่างระหว่าง การมองเห็นของมนุษย์ กับการมองเห็นของเครื่อง (Human Vision vs Machine Vision)

จุดประสงค์หลักของการประมวลผลเชิงภาพในงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Image Processing for Scientific & Technique Applications) คือการนำเอารังสีที่แผ่ออกจากวัตถุต่างๆ มาใช้ โดยอาศัยระบบจับภาพ (Imaging System) ซึ่งจะทำการรวบรวมรังสีต่างๆ ที่แผ่ออกจากวัตถุ เพื่อนำมาใช้สร้างภาพในแฉกมุมต่างๆ ตามที่ต้องการศึกษาในเบื้องต้นขึ้นมาให้ได้ก่อน หลังจากนั้นกระบวนการประมวลผลเชิงภาพทั้งหลายที่ได้เลือกขึ้นมาใช้ให้เหมาะสมกับงานนั้นก็จะช่วยขยายขีดความสามารถของการวัดในมุมมองของสาขาวิชาต่างๆ ตามที่ต้องการต่อไปได้ในที่สุด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดนั้น จะมีประสิทธิภาพและรายละเอียดที่เหนือกว่าการวัดเชิงจุด หรือเชิงตำแหน่งเป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่เพียงแต่ช่องว่างระหว่างอนุภาคเล็กๆ เท่านั้นที่สามารถตรวจจับและนำมาวิเคราะห์ได้ (ดังตัวอย่างของการนำไปใช้ในงานวัดเชิงเรขาคณิตที่เกี่ยวกับขนาดและจำนวน) รูปร่างของวัตถุในเชิงความร้อนก็ยังสามารถนำมาใช้งาน โดยกระบวนการประมวลผลเชิงภาพในบางรูปแบบได้อีกด้วย ดังตัวอย่างการจับภาพเชิงความร้อนในงานด้านฟิสิกส์เป็นต้น

ในรูปที่ 2.1 และ 2.2 แสดงรายละเอียดและระบบในการจำแนกคุณลักษณะต่างๆ ที่ดึงออกมาได้จากข้อมูลของภาพ ซึ่งในขั้นแรกนั้น เราได้ทำการแบ่งชนิดของภาพออกเป็น 3 ระบบก่อนคือ

1. ระบบภาพ 2 มิติ
2. ระบบภาพ 3 มิติ
3. ระบบภาพเคลื่อนไหว

➤ ระบบภาพ 2 มิติ



รูปที่ 29 แผนภาพแสดงรายละเอียดของระบบภาพ 2 มิติ

ในระบบภาพ 2 มิตินั้น เราสามารถแบ่งรูปแบบของการวัดออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ การวัดเชิงเรขาคณิต (Geometry), การวัดเชิงเทียบแสง (Photometry), และการวัดเชิงลวดลาย (Spatial Structure / Texture)

ในกรณีง่ายๆ ของการวัดทั่วไปนั้น ต้องการแค่เพียง ขนาด ตำแหน่ง และรูปแบบของวัตถุเท่านั้น จากนั้นระบบที่เกี่ยวข้องกับการส่องสว่าง - เรืองแสง กับระบบที่เกี่ยวข้องกับการจัดตั้งชุดอุปกรณ์จับภาพก็กลายเป็นสิ่งที่ต้องการตามมา เนื่องจากถ้าทำได้เหมาะสมแล้ว ก็จะสามารถทำให้วัตถุหรือจุดที่สนใจ มีความแตกต่างจากพื้นหลังขึ้นมาได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะช่วยให้งานง่ายขึ้นมาได้อีกมาก

ในกรณีของงานวัดเชิงเทียบแสงนั้นก็กำลังเป็นที่สนใจมากขึ้น เนื่องจากการส่องแสงสว่าง ลงบนระนาบของภาพ(หรือวัตถุ)นั้น จะช่วยทำให้เห็นคุณลักษณะทางการสะท้อนแสงของวัตถุนั้นๆ ขึ้นมาได้อย่างชัดเจน โดยไม่ขึ้นกับผลกระทบจากปัจจัยอื่นๆ รอบข้าง กลวิธีของการวัดเทียบแสงนี้สามารถแสดงสิ่งต่างๆ ให้เราให้เห็นได้อีกหลายอย่าง ตามแต่แบบแผนของวิธีการจับภาพที่เลือกใช้ดังต่อไปนี้

1.) จัปภาพโดยอาศัยชนิดของการแผ่รังสี (Type of Radiation)

- การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation)
รังสีแกมมา (Gamma), รังสีเอ็กซ์ (X-Ray), รังสีเหนือม่วง (Ultraviolet), รังสีแสง (Light),
รังสีอินฟราเรด (Infrared), คลื่นไมโครเวฟ (Microwave), คลื่นวิทยุ (Radiowave)
- การแผ่คลื่นอนุภาค (Particle Radiation)
อิเล็กตรอน (Electrons), นิวตรอน (Neutrons), โฟตอน (Photons), อนุภาคน้ำหนักที่มีประจุ
(Heavy – ions)
- การแผ่สนามพลังงานรวม (สนามควอซี : Quasi - Static Fields)
สนามไฟฟ้า (Electric), สนามแม่เหล็ก (Magnetic), สนามความโน้มถ่วง (Gravity)
- การแผ่คลื่นพลังงาน (Elastic / Acoustic Waves)
คลื่นเสียง (Sound), คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasound), คลื่นการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว
(Seismic Wave)

2.) จัปภาพโดยอาศัยคุณสมบัติทางแสงของวัตถุ (Properties used for imaging)

- คุณสมบัติทางแสงในเชิงพื้นผิว (Surface Related)
 - 2.2.1 การสะท้อนแสง (Reflectance)
การคาดคะเน (Specular), การแพร่กระจายของแสง (Diffuse)
 - 2.2.2 การหักเหของแสง (Refraction)
การเปล่งแสงจากพื้นผิว (Surface Emittance)
- คุณสมบัติทางแสงในเชิงปริมาตร (Volume Related)
การเปล่งแสง (Emittance), การดูดกลืนแสง (Absorbency), การเรืองแสง (Scattering), การเปลี่ยนความถี่
(Frequency Shift / Doppler Effect), การแยกหรือเปลี่ยนขั้วของคลื่นแสง (Polarization Changing),
ปรากฏการณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นของแสง (Nonlinear Effects)

3.) จัปภาพโดยอาศัยกระบวนการเกิดภาพ (Imaging Mechanism)

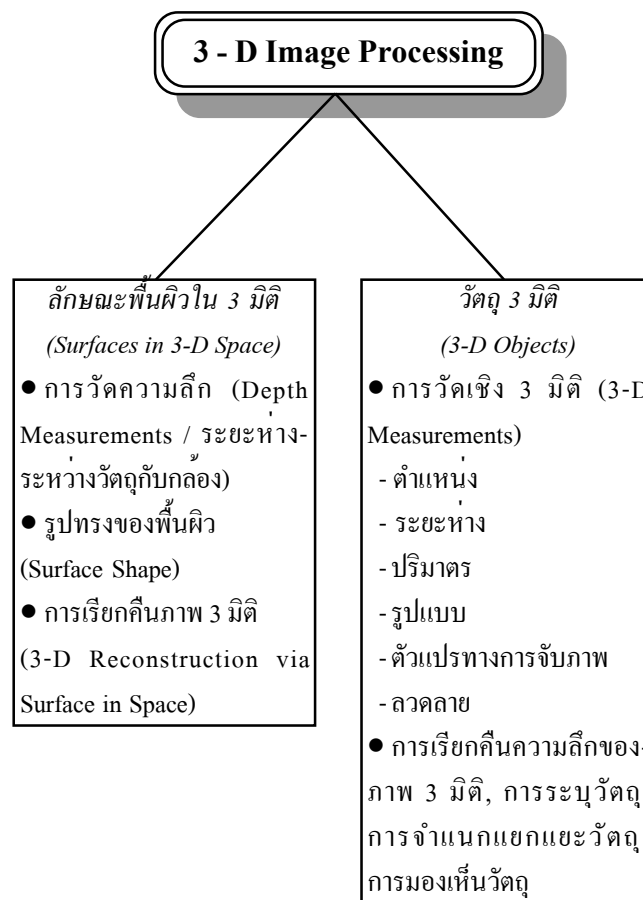
- ภาพที่เกิดจากระบบการทางแสง (Optical System)
การสะท้อน (Reflective), การหักเห (Refractive), การกระจายรังสีแสง (Diffractive), การรวมแสง
(Hybrid)
- ภาพที่เกิดจากการฉายทอดแสงเงา (Shadow Casting)
การฉายเทเงาแบบขนาน (Parallel Projection), การฉายเทเงาแบบรวมศูนย์ (Central Projection)
- ภาพที่เกิดจากการกวาดภาพ (Scanning)
1-มิติ, 2-มิติ, 3-มิติ Near – Field Imaging
- ภาพที่เกิดในทางอ้อม (Indirect Imaging)
การสร้างภาพระนาบตัดขวางของร่างกายในทางการแพทย์ โดยใช้รังสีเอ็กซ์ (Tomography), การสร้างภาพ
3 มิติโดยอาศัยการสะท้อนของลำแสงเลเซอร์ ลงบนฟิล์ม (Holography)

➤ ระบบภาพ 3 มิติ

การประมวลผลภาพในระบบภาพ 3 มิตินั้น ขั้นแรกคือการคำนวณหาความลึกของภาพ (ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุที่อยู่ในภาพนั้น) เพื่อใช้ในการดึงเอามิติที่ 3 ออกมาจากภาพ 2 มิติที่มีอยู่ให้ได้ออกไป ซึ่งมีการทำงานที่ใกล้เคียงกับระบบการมองเห็นของมนุษย์มากขึ้น กรรมวิธีต่างๆ ที่นำมาใช้กันก็มีหลายอย่าง เช่น Stereo Vision อันจะทำให้เราสามารถประเมินระยะห่างของวัตถุใน 3 มิติได้ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยข้อมูล 3 มิติจริงๆ นอกจากนั้นยังมีความสามารถเพียงพอที่จะใช้วัดความลึกของวัตถุที่ขุ่นมัว หรือทึบแสงภายใต้โอกัด้วย

ที่จริงแล้วระบบการมองเห็นของมนุษย์เรานั้น ไม่สามารถจับภาพที่เป็น 3 มิติจริงๆ ออกมาได้ แต่ด้วยกรรมวิธีการประมวลผลภาพของคอมพิวเตอร์ จะมีความสามารถที่สูงกว่าสายตามนุษย์มาก มันช่วยให้เราสามารถมองเห็นทะลุเข้าไปยังภายในของวัตถุใดๆก็ได้ งานหลักๆ ที่นำเอาวิทยาการด้านนี้ไปใช้นั้นเริ่มต้นที่งานทางด้านการแพทย์ก่อน หลังจากนั้นมาจึงเริ่มแพร่หลายเข้าสู่การศึกษาทางธรรมชาติในสาขาต่างๆ และเข้าสู่สาขาวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในที่สุด

เนื่องเราไม่สามารถที่จะให้เครื่องคอมพิวเตอร์นึกคิดหรือจินตนาการเอามิติที่ 3 ออกมาได้เอง ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์พิเศษต่างๆ เข้ามาใช้ในการจับภาพ โดยค่อยๆ เลื่อนกล้องจับภาพให้หมุนไปรอบๆ วัตถุทีละระนาบหรือไม่เราก็สามารถลดรูปการบันทึกภาพในเชิง 3 มิติจริงให้เป็นการบันทึกภาพแบบ 2 มิติธรรมดา แต่อาศัยความแตกต่างของภาพที่มองเห็นได้จากหลายๆ จุดที่มอง (เลียนแบบระบบการมองเห็นของมนุษย์ที่มีตา 2 ข้างอยู่ใกล้ๆ กันในการมองภาพให้เห็นเป็น 3 มิติได้



รูปที่ 30 แผนภาพแสดงรายละเอียดของระบบภาพ 3 มิติ

➤ ระบบภาพเคลื่อนไหว

พัฒนาการขั้นล่าสุดคือ การวิเคราะห์ระบบภาพเคลื่อนไหวนั้น ช่วยให้เราสามารถเข้าไปศึกษาถึงภายในกระบวนการทำงานที่มีการเคลื่อนไหว (Dynamic Process) ได้ ซึ่งปกติแล้วเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและซับซ้อนมาก เพราะเราสามารถที่จะวัดการเคลื่อนไหวของวัตถุได้ ก็แต่เฉพาะการเคลื่อนไหวที่อยู่ในแนวระนาบจับภาพเท่านั้น แต่การเคลื่อนไหวของวัตถุที่แท้จริง นั้นอาจจะไม่ได้มีอยู่แต่ในเฉพาะระนาบที่กล้องตั้งอยู่ก็ได้ ซึ่งก็คือการเคลื่อนไหวในแนวลึก เข้าหา หรือออกจากตัวกล้องด้วยนั่นเอง

ระบบภาพเคลื่อนไหว

การเคลื่อนที่ และกระบวนการ เคลื่อนไหว

(Motion & Dynamics of Processes)

- การแยกส่วนการเคลื่อนที่ (Segmentation)
 - เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความความเร็วใน 2 มิติ
 - เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความความเร็วใน 3 มิติ ร่วมกับการเรียกคืนฉาก 3 มิติ
- การติดตามวัตถุ (Tracking)
- การเคลื่อนที่เพื่อติดตามจับภาพ (Active Vision)

รูปที่ 31 แผนภาพแสดงรายละเอียดของระบบภาพเคลื่อนไหว

การใช้งานในแนวทางอื่นนั้นก็มีเช่นการสร้างระบบให้มีความสามารถที่จะตอบสนองต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ ที่ต้องการ หรือตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวที่อยู่ภายในกรอบที่กำลังจับภาพอยู่นั้น ซึ่งเรียกว่าการติดตามวัตถุ (Tracking) อันเป็นหนึ่งในกระบวนการทางด้านแอคทีฟวิชัน (Active Vision) นั่นเอง

ความแตกต่างระหว่างการวัดและการรับรู้ (Measuring versus Recognizing)

ข้อแตกต่างที่สำคัญที่สุดระหว่างระบบการมองเห็นของมนุษย์กับเครื่องจักรก็คือ มนุษย์จะเรียนรู้และจะจดจำภาพของวัตถุ แต่เครื่องจักรนั้นจะรู้จักวัตถุได้ โดยอาศัยการวัดดังที่มีผู้กล่าวเอาไว้ว่า “Humans recognizing, Machines measuring” ตามตัวอย่างการเปรียบเทียบต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบการมองเห็นของมนุษย์กับระบบการมองเห็นของเครื่องจักร

รูปแบบงาน	ระบบการมองเห็นของมนุษย์	ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร
ระบบการมองเห็น	ทฤษฎีภูมิ อาศัยการสะท้อนกลับของแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวของวัตถุ เป็นหลัก	ทำได้ทั้งปฐภูมิและทฤษฎีภูมิคือสามารถควบคุมการส่งคลื่นพลังงานต่างๆ ทั้งที่เป็นแสงและไม่ใช่ว่าแสงให้ออกไปตกกระทบบนพื้นผิวของวัตถุเองแล้วรอการสะท้อนกลับมา หรือตรวจจับการสะท้อนหรือปลดปล่อยคลื่นพลังงาน ตามธรรมชาติของวัตถุก็ได้
รูปแบบการรับภาพ	อาศัยการหักเหของแสง	มีหลากหลายวิธี
การควบคุมปริมาณแสง	ใช้กล้ามเนื้อควบคุมการขยายตัวหรือหดตัวของรูม่านตา	ใช้มอเตอร์ควบคุมจอร์รับแสง (Motorized apertures), ใช้กงล้อควบคุมตัวกรองแสง (Filter wheels), หรือใช้ตัวกรองแสงที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ (Tunable filters)
การจับภาพ	ใช้กล้ามเนื้อตาเปลี่ยนแปลงความยาวโฟกัสของกระบอกตา	ใช้ระบบออโตโฟกัส ซึ่งขึ้นกับระยะทางที่ต้องการ
การติดตามการเคลื่อนไหว	ใช้การเคลื่อนที่ของลูกตา	ใช้ระบบกวาดภาพประกอบด้วยหุ่นยนต์ที่ติดกล้องถ่ายภาพ
กระบวนการวิเคราะห์และประมวลผล	ใช้การประมวลผลแบบขนานอย่างเป็นลำดับขั้นในปริมาณที่สูงมาก	ใช้กระบวนการประมวลผลแบบขนานซึ่งยังเป็นเทคโนโลยีใหม่อยู่ในขณะนี้

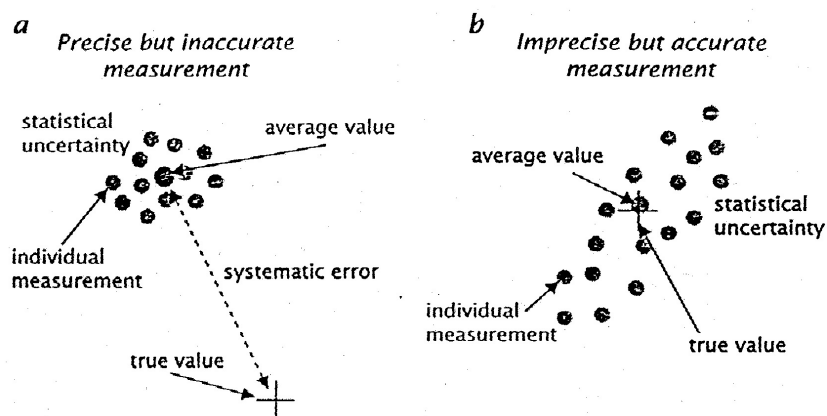
หน้าที่ของระบบการมองเห็นของมนุษย์นั้น คือการเรียนรู้และจดจำสภาพแวดล้อมรอบๆ ตัว แต่ระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์และเครื่องจักรต่างๆ ในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น จะเน้นไปที่การวัดเชิงปริมาณมากกว่าการวัดในเชิงคุณภาพ แม้ว่าจะมีการดำเนินงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลทางคุณภาพอยู่มากมายหลายอย่างก็ตาม เช่นที่เป็นระบบฟัซซี่ลอจิก (Fussy Logic) แต่การทำงานหลักๆ ของระบบเครื่องจักรก็ยังคงมุ่งเน้นไปที่การวัดเชิงปริมาณอยู่ดี

สำหรับระบบที่ต้องการกรรมวิธีการจับภาพที่เข้มงวดและมีรูปแบบเฉพาะแล้วนั้น การดำเนินงานโดยเครื่องจักรจะให้ประสิทธิภาพที่เป็นเลิศกว่า แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการเชื่อมโยงและปรับเปลี่ยนกระบวนการประมวลผลภาพที่กว้างขวางและเปี่ยมประสิทธิภาพของมนุษย์นั้น ก็ยังคงเป็นความสามารถหนึ่งที่ห่างไกลจากเครื่องจักรมาก และแม้ว่าเราจะอาศัยการกระบวนการทางชีวภาพ เช่นการมองเห็นของมนุษย์ ในการศึกษาและพัฒนากระบวนการประมวลผลภาพ แต่ก็ยังไม่มีความเป็นไปได้ที่เราจะจัดการถ่ายทอดความสามารถและการทำงานของมนุษย์ลงไปสู่เครื่องจักรได้เลย นอกจากนี้แล้วความสัมพันธ์ระหว่างการมองเห็นของเครื่องกับของมนุษย์ก็ยังมีอีกตรงที่ว่า จากข้อมูลที่เครื่องจักรประเมินค่าออกมาได้นั้นเราไม่สามารถที่จะจินตนาการออกได้เลยว่าภาพจะมีลักษณะอย่างไรถ้าเรายังไม่ได้เห็นภาพนั้นด้วยตาจริงๆ

3.3) สัญญาณ และความไม่แน่นอนของการวัด (Signals and Uncertainty)

การประมวลผลเชิงภาพนั้นจริงๆ แล้วสามารถพิจารณาได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีทางการวัดและประมวลผลสัญญาณ ซึ่งหมายความว่า การวัดค่าต่างๆ เช่นขนาด และตำแหน่งของวัตถุ หรือค่าเฉลี่ยระดับสีเทาที่ได้มาจากการใช้ภาพถ่ายนั้น จะมีความหมายถูกต้องก็ต่อเมื่อ เราได้ถึงถึงความไม่มั่นคงของสัญญาณที่ใช้ทำการวัดเป็นอย่างดีแล้วนั่นเองซึ่งก็เป็นที่น่าทึ่งในหมู่วิศวกร และนักวิทยาศาสตร์มาตั้งแต่สมัยอดีตกาล แต่ด้วยการใช้สมการเอ็มพิริคัล (Empirical) และกลวิธีที่มีรากฐานที่ไม่ค่อยดี ทำให้การประเมินความผิดพลาดที่น่าเชื่อถือ ไม่สามารถทำได้สำเร็จและถูกละเลยเรื่อยมา แต่ในปัจจุบันความรู้และพัฒนากการทางารประมวลผลภาพได้ก้าวไกลไปมากและสามารถทำได้สำเร็จในที่สุด โดยมีหลักการที่สำคัญดังต่อไปนี้

- ✓ ความไม่แน่นอนของสัญญาณมีอยู่ 2 รูปแบบด้วยกัน



รูปที่ 31 รูปแบบของความไม่แน่นอนของสัญญาณที่เกิดขึ้นกับระบบการวัด

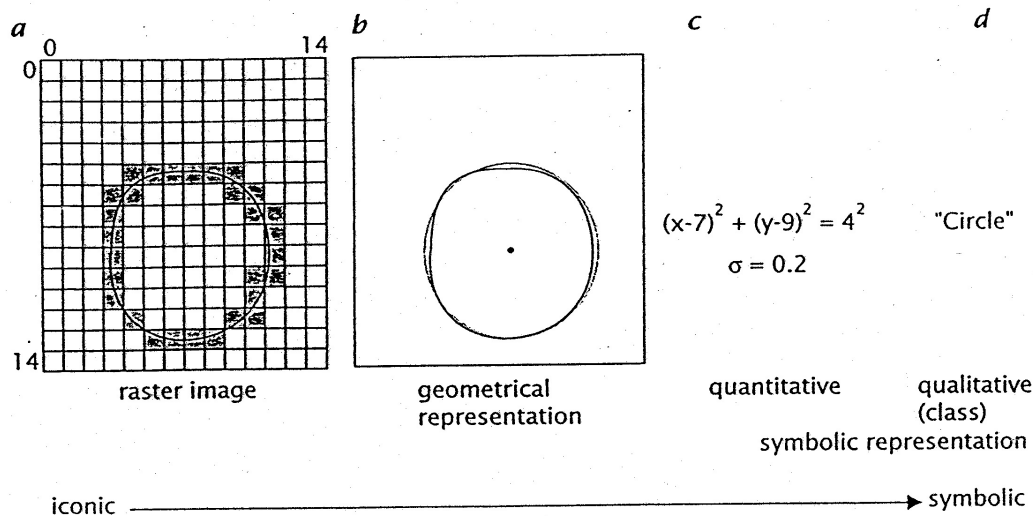
➤ ความคลาดเคลื่อนของการวัด (Statistical Error) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่มักเกิดกับการวัดอนุภาคหรือวัตถุที่มีขนาดเล็กมากๆ ซึ่งเกิดจากปัจจัยต่างๆ ได้มากมาย ที่ทำให้สัญญาณเกิดการเบี่ยงเบนไปในทิศทางที่ไม่แน่นอน ทำให้ตำแหน่งที่ตรวจจับได้เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งจริงอยู่เสมอ นอกจากนี้ยังมีการกระจายตัวของความคลาดเคลื่อนในรูปแบบที่ไม่สามารถคาดคะเนได้อีกด้วยคือค่าที่วัดได้ไม่มีความชัดเจน แต่ผลลัพธ์เฉลี่ยของการวัดนั้นมีความถูกต้องสูง (Imprecise but accurate) วิธีเดียวที่จะสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ก็คือ การพยายามทำการวัดซ้ำที่เดิมหลายๆ ครั้งด้วยสภาวะแวดล้อมและอุปกรณ์ชุดเดิมแล้วหาระยะตำแหน่งศูนย์กลางความถ่วงของทุกๆ จุดรวมกัน ดังนั้นยิ่งเราวัดมากครั้งเท่าใด ตำแหน่งศูนย์กลางความถ่วงก็จะยิ่งเข้าใกล้ตำแหน่งที่แท้จริงของจุดที่ต้องการวัดมากขึ้นเท่านั้น

➤ ความผิดพลาดของระบบ (Systematic Error) ซึ่งปกติแล้วจะเกิดจากความบกพร่องของตัวผู้ดำเนินการวัดเองที่ไม่เข้าใจขบวนการในการดำเนินงานที่ดีพอ หรือทำการจัดตั้งอุปกรณ์ได้ไม่เหมาะสม ซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมานั้นจะมีลักษณะคือ ค่าที่วัดออกมาได้จะจับกลุ่มกันเป็นกลุ่มก่อนอย่างชัดเจน แต่ผลลัพธ์เฉลี่ยที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมาก (Imprecise but accurate) ซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้ นอกเสียจากจะไปปรับปรุงระบบการวัดแล้วเริ่มต้นขบวนการวัดใหม่ขึ้นมาแทนเท่านั้น

3.4) กลวิธีในการเก็บและแสดงผลรูปภาพ (Representation and Algorithms)

สิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการประมวลผลภาพก็คือ ก่อนที่เราจะสามารถนำภาพใดๆ เข้ามาประมวลผลได้นั้น เราจะต้องนำภาพเหล่านั้นเข้ามาเก็บในระบบคอมพิวเตอร์ให้ได้เสียก่อน ซึ่งกระบวนการนำภาพเข้ามาเก็บไว้ในระบบคอมพิวเตอร์นั้นเราจะเรียกกันว่ากระบวนการราสเตอร์ไรเซชัน (Rasterization) และภาพที่ถูกนำเข้ามาเก็บเอาไว้ในระบบคอมพิวเตอร์แล้วนั้นก็เรียกกันว่าภาพบิตแมป (Raster Image) ซึ่งมีลักษณะเป็นการเรียงตัวกันของจุดแสงสว่างหรือที่เรียกกันว่าพิกเซล (Pixel) ที่มีสีแตกต่างกันตามที่กำหนดเอาไว้โดยข้อมูลของภาพนั่นเอง (Bit – Map or Iconic Representation) ซึ่งความราบรื่นของภาพจะมีมากน้อยเพียงใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับความละเอียด และความสามารถของกระบวนการราสเตอร์ไรเซชันนั่นเอง

จริงๆ แล้ว จุดประสงค์หลักของขั้นตอนนี้ก็ก็คือ การเลือกสรรกลวิธีในการเก็บและแสดงผลรูปภาพเดียวกันนี้ในรูปแบบอื่นๆ ที่ดีหรือมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานกว่าตัวอย่างเช่นภาพเคลื่อนไหวที่สร้างด้วยโปรแกรม Macromedia Flash ซึ่งทำการจัดเก็บในรูปของ Vector Graphics นั้นจะมีขนาดเล็กมาก ซึ่งเล็กกว่าภาพในระบบ GIF Animation ที่อาศัยการเข้ารหัสรูปภาพที่เป็น Bitmap จึงเหมาะสมกับงานทางด้าน WebPages Design และเป็นรูปแบบที่กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบัน

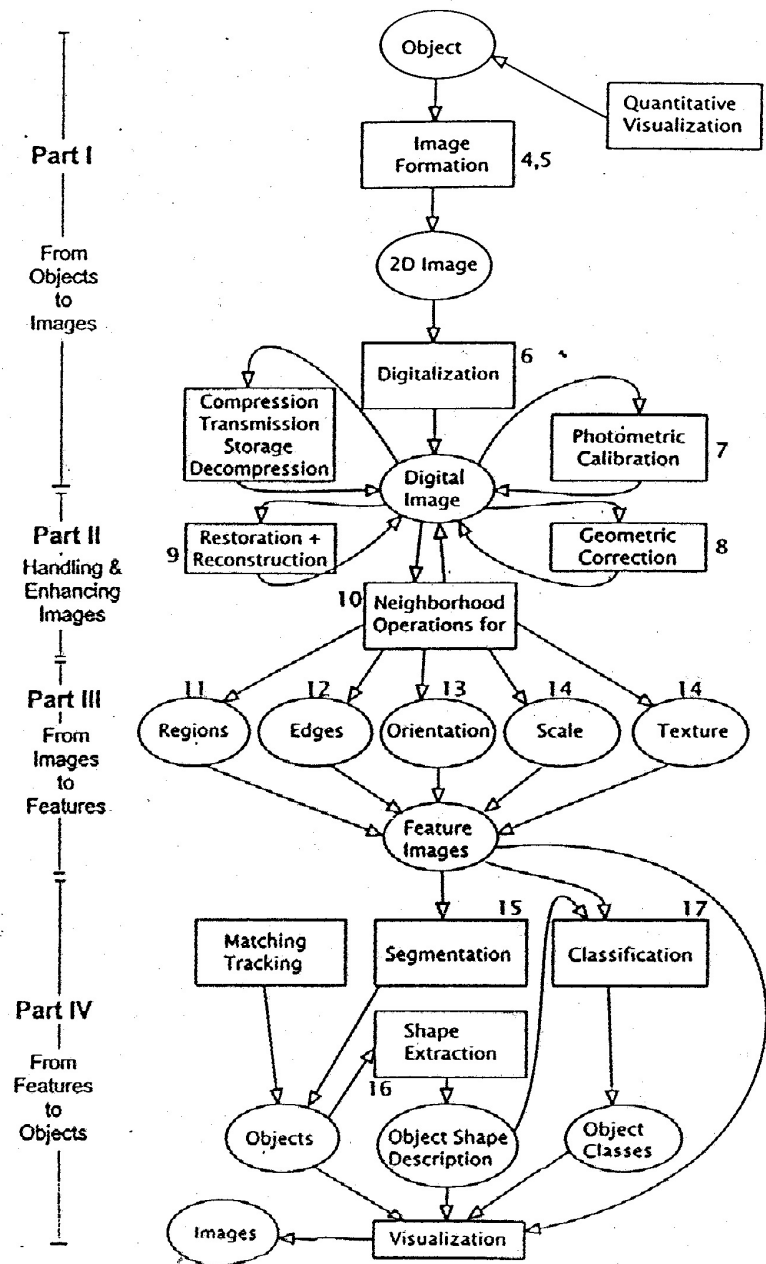


รูปที่ 32 ลำดับขั้นตอนในการถ่ายทอดรูปแบบการแสดงผลจากรูปภาพ (Iconic Representation) ไปสู่การแสดงผลด้วยรูปแบบของสัญลักษณ์ (Symbolic Representation)

ปกติแล้วการนำเอาภาพเข้ามาสู่ระบบคอมพิวเตอร์นั้น ภาพที่ได้ในตอนแรกเริ่มนั้นจะมีลักษณะเป็นรูปภาพเชิงจุดคือจะแบ่งซอยภาพทั้งหมดออกเป็นพิกเซล โดยที่แต่ละพิกเซลจะเก็บค่าสีและความสว่างของตัวเองเอาไว้ในรูปแบบเลขฐานสองเป็นบิตๆ ตามความละเอียดที่กำหนด เช่น 16 บิตสี, 24 บิตสี, 32 บิตสี เป็นต้น ตัวอย่างในรูปที่ 32 ข้างต้นเป็นการแสดงให้เห็นลำดับขั้นตอนในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลการแสดงผล จากรูปภาพดั้งเดิมที่เก็บค่าของภาพเป็นจุดๆ (Iconic Representation) ไปสู่การเก็บค่าของรูปภาพเป็นลักษณะทางเรขาคณิต (Geometric Representation), ระบบสมการเวกเตอร์ (Vector Representation หรือ Quantitative) ที่มีค่าความคลาดเคลื่อน บิตเบี้ยวของรูปภาพประกอบอยู่ด้วย

และสุดท้ายคือการจัดเก็บรูปภาพในระบบประเภทของสัญลักษณ์ (Symbolic Representation หรือ Qualitative Class) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดเก็บข้อมูลรูปภาพแบบดั้งเดิมที่เก็บค่าเป็นจุดๆ นั้นทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บมากเกินไป แต่ก็มีข้อดีคือง่ายต่อการดำเนินการแก้ไขข้อมูลโดยละเอียดในระดับพิกเซล ส่วนการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบทางเรขาคณิตนั้นก็จะช่วยประหยัดเนื้อที่ในการเก็บลงไปได้มาก เนื่องจากจะจัดเก็บแต่เฉพาะบริเวณที่มีข้อมูลเท่านั้น โดยไม่สนใจเนื้อที่ว่างเปล่า การจัดเก็บในรูปแบบสมการก็ยังทำให้เนื้อที่ที่ต้องการในการจัดเก็บลดน้อยลงไปอีกเพราะสามารถนำตัวอักษรเพียงไม่กี่ไบต์ในสมการมาใช้แทนลักษณะเส้นหรือลวดลายของรูปภาพได้และง่ายต่อการนำไปใช้ในการคำนวณต่างๆ เกี่ยวกับรูปภาพ เช่นการคำนวณพื้นที่ภายในของรูปภาพ การคำนวณจุดศูนย์กลาง ความถ่วงของรูปภาพ และการจัดจำแนกหมวดหมู่ของรูปภาพ เป็นต้น ส่วนในรูปแบบสุดท้ายคือการเก็บค่าประเภทของรูปแบบ หรือสัญลักษณ์นั้น ก็จะมีประโยชน์อย่างมากต่องานทางด้านความรู้จำวัตถุ (Object Recognition) นั่นเอง

3.5) ลำดับขั้นของการดำเนินงานในด้านการประมวลผลเชิงภาพ



รูปที่ 34 ลำดับขั้นของงานประมวลผลเชิงภาพ (Hierarchy of Image Processing Tasks)

3.6) อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการประมวลผลเชิงภาพ (Tools)

3.6.1) กล้องถ่ายภาพ และอุปกรณ์จับเฟรมภาพ (Camera and Frame Grabber)

3.6.2) ระบบคอมพิวเตอร์ (Computer System)

3.6.2.1) ชุดอุปกรณ์แสดงผล (Image display)

3.6.2.2) หน่วยความจำ (Memory)

3.6.2.3) (Memory bandwidth)

3.6.2.4) (Computing power)

3.6.3) โปรแกรมประยุกต์และกลวิธีในการดำเนินงานที่เหมาะสม (Software and Algorithms)

บรรณานุกรม

Berdn Jahne "Practical Handbook On Image Processing for Scientific Applications" CRC Press. 1997.
ISBN 0-8493-8906-2

นิตยสาร Quick PC เดือน สิงหาคม - กันยายน. สำนักพิมพ์ Quick PC ปี พ.ศ. 2542