บทที่ 2

การบันทึกภาพระยะไกล

การบันทึกภาพระยะไกล (Remote Sensing) หมายถึงการสำรวจวัสดุต่าง ๆบนผิวโลกหรือพื้นผิวของดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์ อื่น ๆ จากระยะทางไกลหรือที่สูง ด้วยการบันทึกภาพ (Imaging) ของวัสดุต่าง ๆ โดยที่ผู้สำรวจไม่จำเป็นต้องสัมผัสโดยตรงกับวัสดุ, เหล่านั้น เมื่อพิจารณาเฉพาะโลกของเรา มันสามารถให้ความหมายได้ 4 ประการ คือ

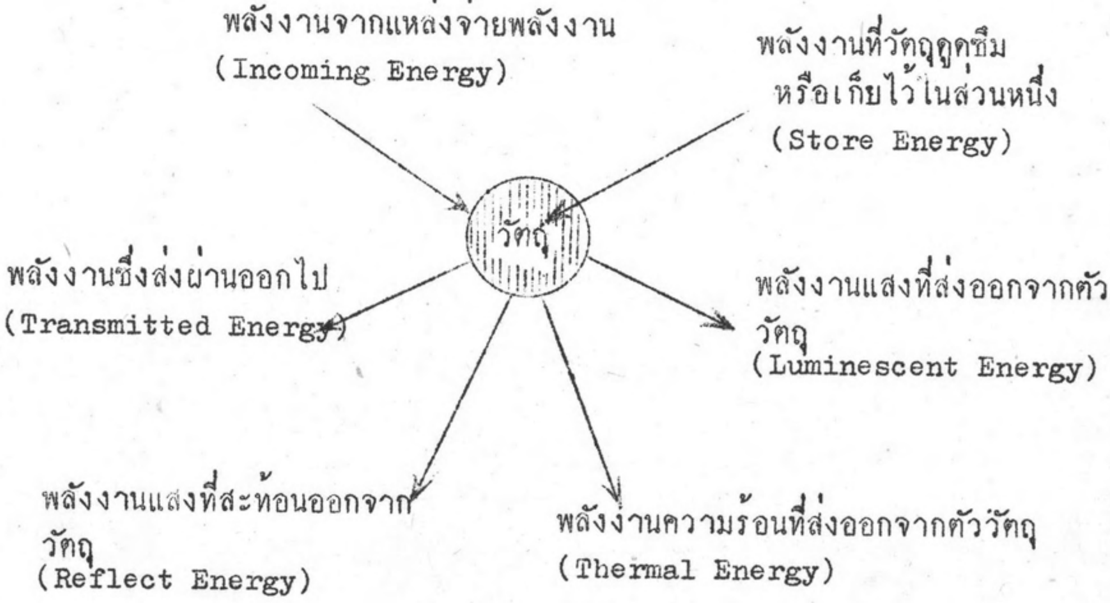
ก. การบันทึกภาพจากดาวเทียม

ข. การบันทึกภาพจากเครื่องบิน

ค. การบันทึกภาพจากบอลลูน

ง. การบันทึกภาพจากที่สูงอื่น ๆ

วัตถุหรือวัสดุใด ๆ ก็ตามเมื่อได้รับพลังงานจากแหล่งจ่ายพลังงาน (Source) เช่น ดวงอาทิตย์ จะมีการรับ การเก็บ และ การส่งพลังงาน ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุใด ๆ ได้รับพลังงาน

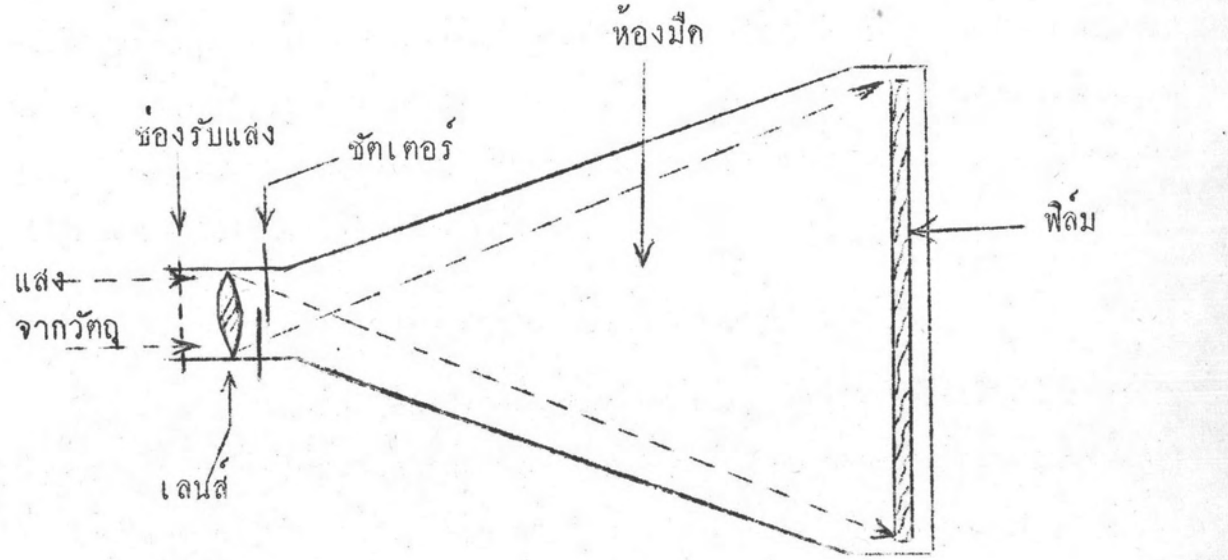
เนื่องจากผลที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุใด ๆ ได้รับพลังงาน มีอยู่ 5 ลักษณะ ตามภาพที่ 1 ดังนั้นเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการบันทึกภาพในปัจจุบันจึงทำได้หลายวิธีแตกต่างกันออกไป แต่ก็สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การบันทึกภาพโดยการใช้กล้องถ่ายภาพ (Imaging with Photographic Sensors) และการบันทึกภาพโดยไม่ใช้กล้องถ่ายภาพ (Imaging with Non - photographic Sensors)

2.1 การบันทึกภาพโดยการใช้กล้องถ่ายภาพธรรมดา

การบันทึกภาพประเภทนี้อาศัยพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์เป็นสำคัญ โดยทำการบันทึกภาพที่เกิดขึ้นจากการส่งพลังงานแบบต่าง ๆ ออกมาจากตัววัตถุด้วยอุปกรณ์ การถ่ายภาพซึ่งประกอบด้วย กล้อง เลนส์ แก้วกรองแสง ฟิล์ม และกลไกแมคแคนิคส์อื่น ๆ

2.1.1 กล้อง (Camera)

กล้องถ่ายภาพแบบง่าย ๆ จะประกอบด้วย ห้องมืด (Dark Chamber) ช่องรับแสง (Aperture) เลนส์(Lens) ฟิล์ม (Film) และชัตเตอร์ (Shutter) ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กล้องอย่างง่าย

พลังงานแสงซึ่งสะท้อนออกจากวัตถุจะผ่านช่องรับแสง ผ่านเลนส์ แล้วทะลุเลยไปตกบนฟิล์มทำให้เกิดเป็นภาพของวัตถุ ในการบันทึกภาพครั้งหนึ่ง ๆ เราสามารถที่จะปรับช่องรับแสงให้เล็กหรือโตตามความต้องการ ว่าจะให้แสงผ่านเข้าไปได้น้อยหรือมาก ชัตเตอร์จะเป็นตัวกำหนดว่าจะให้แสงตกอยู่บนฟิล์มเป็นเวลามากน้อยเพียงไร ซึ่งที่ใช้กันอยู่ใน ปัจจุบันเวลาอันนี้เป็นเศษส่วนของวินาที เช่น $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{400}$ วินาที เป็นต้น ที่ทำเช่นนี้ก็เพื่อจุดประสงค์ในการถ่ายภาพวัตถุที่เคลื่อนไหว โดยที่ตัวเราอยู่กับที่ หรือถ่ายภาพวัตถุที่อยู่นิ่งในเมื่อตัวเราเคลื่อนที่ จะทำให้ได้รับภาพที่ชัดเจน ไม่มีการสั่นไหว

2.1.2 เลนส์ (**Lens**)

เลนส์โดยทั่วไปจะมีอยู่ 6 แบบ คือ (ดูภาพที่ 3)

ก. เลนส์นูน 2 หน้า (Biconvex)

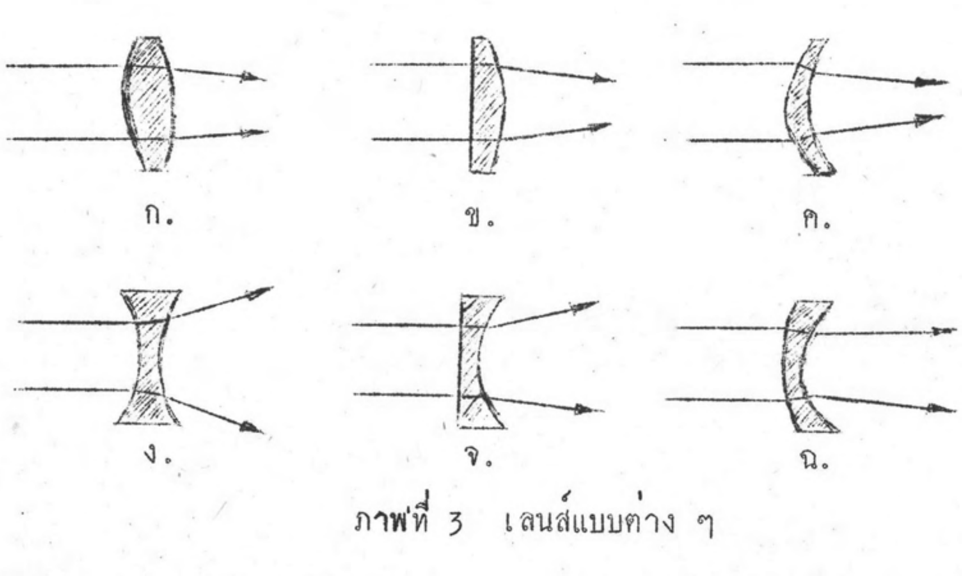
ข. เลนส์นูน 1 หน้า เรียบ 1 หน้า (Planoconvex)

ค. เลนส์นูนทางเดียว (Positive Meniscus)

ง. เลนส์เว้า 2 หน้า (Biconcave)

จ. เลนส์เว้า 1 หน้าเรียบ 1 หน้า (Planoconcave)

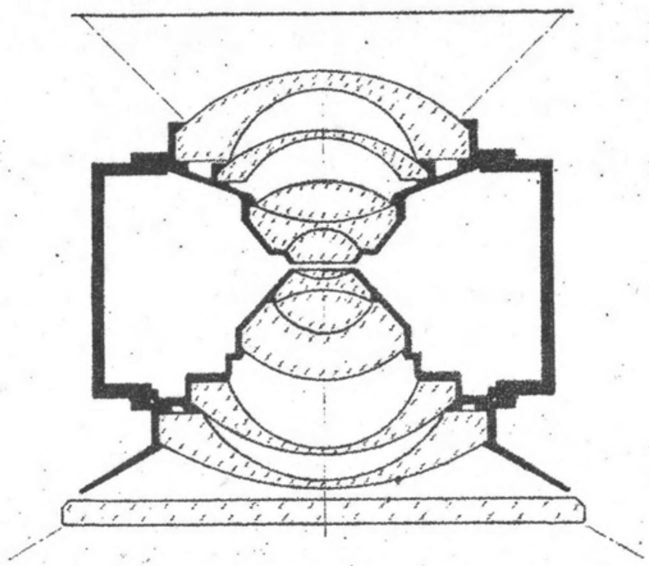
ฉ. เลนส์เว้าทางเดียว (Negative Meniscus)



ภาพที่ 3 เลนส์แบบต่าง ๆ

ภาพที่ 3 แสดงให้เห็นเลนส์ลักษณะต่าง ๆ เลนส์แต่ละแบบย่อมจะมีความคลาดเคลื่อนเฉพาะตัวของมันเอง ทำให้แสงที่ได้จากวัตถุเมื่อทะลุผ่านเลนส์ออกไปแล้วผิดพลาดจากเดิม ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากแก้วที่ใช้ทำเลนส์ก็เป็นวัตถุชนิดหนึ่งตามที่กล่าวมาแล้วตามภาพที่ 1 ดังนั้น พลังงานแสงหลังจากทะลุผ่านเลนส์ไปแล้วย่อมเปลี่ยนแปลงไป

ในการปฏิบัติงานจริง ๆ เขาจะใช้เลนส์หลาย ๆ อันมาประกอบกันเข้าเพื่อขจัดความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ให้เหลือน้อยที่สุด ดังเช่นภาพที่ 4



ภาพที่ 4 รูปตัดด้านข้างของเลนส์ที่ใช้ในการถ่ายภาพทางอากาศ ของบริษัท Wild Heerbrugg

2.1.3 แก้วกรองแสง (Filter)

แผ่นแก้วกรองแสงใช้ครอบไว้หน้าเลนส์ เวลาถ่ายภาพ ด้วยแก้วกรองแสง เขาจะตั้งหน้ากล้องให้แสงผ่านเลนส์เป็นจำนวนมากกว่าเมื่อไม่ใช้แก้วกรองแสง ลักษณะของแก้วกรองแสงเป็นแก้วหรือกระจกสี เขาใช้แก้วกรองแสงเพื่อแก้ไขสีต่าง ๆ ของแสงซึ่งได้รับจากวัตถุโดยทั่วไปจะใช้เพื่อวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ

2.1.3.1 เพื่อชดเชยสีให้ตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด แก้วกรองแสงชนิดนี้เรียกว่า "แก้วกรองแสงแก้ไข" (Correction Filter) โดยมากจะเป็นแก้วกรองแสงสีเหลือง

2.1.3.2 เพื่อให้สีที่เกิดขึ้นบนภาพเป็นสีที่อ่อนหรือเข้มกว่าความเป็นจริง แก้วกรองแสงชนิดนี้เรียกว่า "คอนแทรสต์ฟิลเตอร์" (Contrast Filter) โดยมากจะเป็นแก้วกรองแสงสีแดง เขียว ส้ม และน้ำเงิน

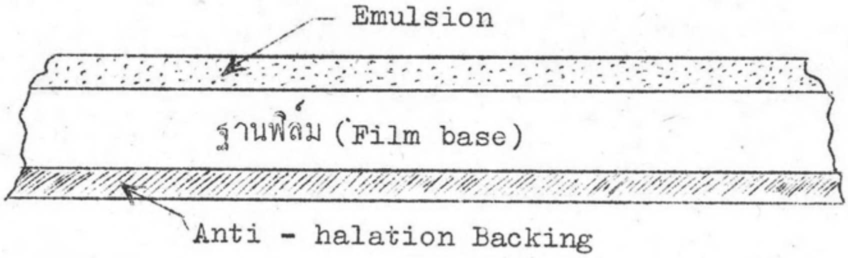
สีของฟิลเตอร์นั้นถ้าเป็นสีเดียวกันกับวัตถุที่ถูกถ่ายภาพ ฟิล์มย่อมได้รับแสงสีนั้นมากกว่าธรรมดา ดังนั้นเมื่ออัดภาพออกมาแล้ว จะปรากฏว่าวัตถุนั้นมีสีซีดจางไปในเมื่อเราทำการถ่ายภาพด้วยฟิล์มสี หรือจะปรากฏว่าวัตถุนั้นกลายเป็นสีขาวยิ่งขึ้นในเมื่อเราทำการถ่ายภาพด้วยฟิล์มขาวดำ ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นตัวอย่างของการใช้แก้วกรองแสง ในเมื่อทำการถ่ายภาพด้วยฟิล์มขาวดำ

สีของแก้วกรองแสง		สีของวัตถุ		
สีแดง	ทำให้เกิดสีขาวบนภาพถ่าย	สีส้ม, สีแดง	ทำให้เกิดสีดำบนภาพถ่าย	สีน้ำเงิน, สีเขียว
สีส้ม		สีส้ม, สีแดง, สีเหลืองแก่		สีน้ำเงิน, สีเขียว
สีเหลือง		สีส้ม, สีเหลืองแก่ สีเหลืองอ่อน		สีน้ำเงิน
สีเขียว		สีเขียวแก่, เขียวอ่อน สีน้ำเงิน		สีแดง
สีน้ำเงิน		สีน้ำเงิน		สีเขียวแก่, เขียวอ่อน แดง, ส้ม, เหลือง

ตารางที่ 1 ผลของการใช้แก้วกรองแสง

2.1.4 ฟิล์ม (Film)

ฟิล์มที่ใช้ในการถ่ายภาพ ตามธรรมดาจะประกอบด้วย Cellulose Acetate เคลือบไว้ที่ผิวด้านนอกสุดของฟิล์ม หรือส่วนที่มีความไวต่อแสงมากที่สุดเขาเรียกน้ำยาที่เคลือบนี้อีกชื่อหนึ่งว่า Emulsion ส่วนผสมของน้ำยาเคลือบอันนี้ได้แก่สารจำพวกผลึกของเกลือเงิน (Silver bromide crystal) นั่นเอง



ภาพที่ 5 แสดงพื้นที่หน้าตัดด้านข้างของฟิล์ม

น้ำยาที่ใช้เคลือบฟิล์มจะจัดทำไว้ในระดับต่าง ๆ กัน เพื่อใช้ในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กันไป เช่น การถ่ายภาพในที่ซึ่งมีแสงสว่างน้อย หรือ ใช้สำหรับถ่ายภาพในที่ซึ่งมีแสงสว่างมากเกินไป

ต่อจาก Emulsion ก็คือฐานฟิล์ม มีไว้เพื่อเป็นที่รองรับการเคลือบน้ำยา เพื่อประกอบเข้ากับกลไกของกล้องและเพื่อความคงทนต่อแรงดึงและแรงฉีกขาดต่าง ๆ ทำด้วยสารจำพวก Polyester ซึ่งมีลักษณะเป็นพลาสติคผสมมีความเหนียวแน่นต่อแรงดึง มีความคงทนไม่ยืดหรือหดตัวได้ง่าย

จากนั้นก็เป็นชั้นของ "Anti - halation Backing" มีไว้เพื่อป้องกันมิให้แสงสะท้อนกลับไปทำปฏิกิริยากับน้ำยาที่เคลือบได้อีก ซึ่งความจริงแล้วไม่สามารถป้องกันได้ทั้งหมด แสงคงสะท้อนกลับไปได้บ้างแต่ก็น้อยมาก

<u>ชนิดของฟิล์ม</u>

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าฟิล์มจะแตกต่างกันก็ตรงส่วนผสมของ Emulsion จึงทำให้เกิดฟิล์มแบบต่าง ๆ มากมายหลายชนิด แต่ก็แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ฟิล์มขาวดำและฟิล์มสี

ฟิล์มขาวดำ (Black & White Film)

ก. Orthochromatic film เป็นฟิล์มซึ่งใช้ในการถ่ายทำภาพถ่ายทางอากาศในสมัยก่อน มีความไวต่อแสงสีเขียว ปัจจุบันไม่นิยมใช้แล้ว

ข. Panchromatic film ฟิล์มชนิดนี้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในวงการถ่ายทำภาพถ่ายทางอากาศในปัจจุบัน เป็นฟิล์มที่มีความไวต่อแสงมากกว่าฟิล์มชนิดอื่น บันทึกแถบสีได้กว้าง มีความไวอยู่ในช่วง 0.36 ถึง 0.72 ไมครอน มีเนื้อละเอียด (Fine grain) สามารถที่จะใช้ควบคู่กับกระจกกรองแสงบันทึกภาพให้มีคุณภาพแบบต่าง ๆได้ตามความต้องการ ตามปกติฟิล์มชนิดนี้นิยมใช้กับกระจกกรองแสงสีเหลืองอ่อนหรือสีเหลืองปานกลาง มักใช้ในการถ่ายภาพเพื่อตัดแสงสีน้ำเงินที่ต่ำกว่า 0.5 ไมครอน (Blue layer)

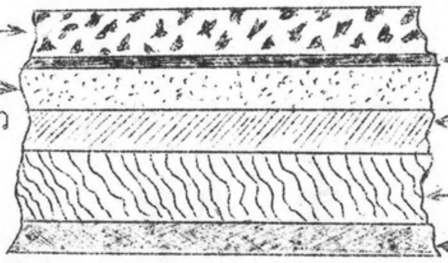
ค. Infrared film ฟิล์มชนิดนี้มีความไวต่อช่วงคลื่นแสงใต้แดง (Infrared) คือมีความไวอยู่ในช่วง 0.36 - 0.9 ไมครอน ซึ่งเป็นย่านแสงที่สายตาของมนุษย์เรามองไม่เห็น ฟิล์มชนิดนี้เมื่อใช้กับแก้วกรองแสงสีแดง จะมีความสามารถในการบันทึกภาพแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากวัสดุต่าง ๆ บนผิวโลก

ฟิล์มสี (Color film)

ฟิล์มสีมีข้อแตกต่างกับฟิล์มขาวดำตรงที่ว่า ฟิล์มสีมีการเคลือบ Emulsion หลายชั้น เพื่อใช้บันทึกแสงสีต่าง ๆ ของวัตถุ แยกเป็นชั้น ๆ ไป รูปที่ 6 แสดงให้เห็นลักษณะของฟิล์มสีทั่ว ๆ ไป ชั้นแรกเป็นชั้นที่มีความไวต่อแสงสีน้ำเงิน ติดกับชั้นนี้จะเป็น ชั้นที่ใช้กรองแสง สีน้ำเงิน ต่อไปเป็นชั้นที่มีความไวต่อแสงสีเขียวและสีน้ำเงินและไวต่อแสงสีแดงและสีน้ำเงินตามลำดับ และติดตามด้วยฐานฟิล์ม โดยมีแอนตี้ฮาเลชั่นแบคกิ้งเป็นชั้นสุดท้ายของฟิล์มสี

เป็นธรรมดาที่ฟิล์มสีจะต้องมีราคาแพงกว่าฟิล์มขาวดำ แต่มันก็ให้ผลคุ้มค่า สำหรับงานสำรวจที่ต้องการรายละเอียดสูง ฟิล์มสีซึ่งนิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ 3 ชนิด คือ

ก. Color Positive ฟิล์มชนิดนี้มีความไวต่อช่วงคลื่นแสงทั้ง 3 สี คือ แสงสีน้ำเงิน สีเขียว และ สีแดง เมื่อผลิตฟิล์มโปร่งแสง (Transparency) แล้วใช้ แสง



ภาพที่ 6 รูปหน้าตัดด้านข้างของฟิล์มสี

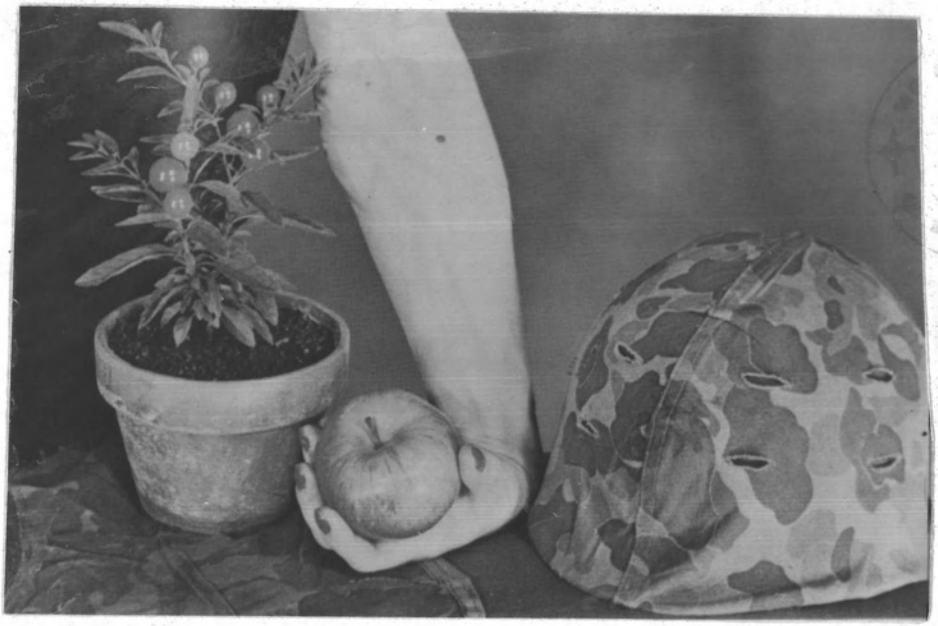
สีขาว เราจะได้ภาพที่มีสีสรรค์ต่าง ๆ เหมือนกับของจริง (Perspective) เหมาะสำหรับงานสำรวจหรืองานแปลภาพที่ต้องการรายละเอียดและความถูกต้องมาก ๆ

ข. False color film ฟิล์มชนิดนี้มีชื่อเรียกได้หลายชื่อ คือ

- Infrared Aero Ektachrome
- Comouflage-detection film
- Infrared Color film
- Color-Infrared film

มีความไวต่อย่านแสง 3 ย่าน คือ ย่าน รังสีใต้แดง (Infrared 0.9 ไมครอน) แสงสีเขียวและแสงสีแดง มักจะใช้กับแก้วกรองแสงสีเหลือง เพื่อตัดแสงสีน้ำเงิน ภาพซึ่งได้ออกมาจากฟิล์มชนิดนี้ จะมีสีผิดไปจากธรรมชาติ เช่นวัสดุสีเหลืองจะปรากฏเป็น สีขาว และสีเหลืองแดง วัสดุสีแดงจะปรากฏเป็นสีเหลือง การใช้ฟิล์มชนิดนี้จะช่วยในการวิเคราะห์แยกแยะภาพถ่ายให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตามภาพที่ 7 แสดงให้เห็นความแตกต่างที่ได้รับในเมื่อใช้ฟิล์ม Color Positive กับ False Color film

ค. Color Negative film ฟิล์มชนิดนี้มีการผสมสีเข้าเป็นส่วนประกอบ ในชั้นต่าง ๆ ของ Emulsion เพื่อวัตถุประสงค์ในการสร้างภาพสีโปร่งแสง (Transparencies) เช่น สไลด์ ภาพยนต์ หมายความว่าฟิล์มชนิดนี้ เมื่อได้จากการถ่ายภาพยังไม่



ภาพที่ 7 ก. ภาพถ่ายที่ได้รับเมื่อใช้ฟิล์ม Color Positive

ได้นำไปอัดลงบนกระดาษก็แยกเป็นสีสรรค์ต่าง ๆ ตามสีของวัสดุแล้ว ที่กล่าวว่า เขาผสมสีเข้าไปเป็นส่วนประกอบในชั้นต่าง ๆ ของ Emulsion นั้น ยกตัวอย่างเช่น ชั้นที่มีความไวต่อแสงสีน้ำเงิน เขาจะผสมสารซึ่งเมื่อถูกแสงสีน้ำเงินมากระทบแล้วทำให้ชั้นนี้กลายเป็นวัสดุโปร่งแสงสีน้ำเงิน เมื่อนำไปฉายด้วยเครื่องฉายภาพใช้แสงสีขาวก็จะได้ภาพสีน้ำเงิน ปรากฏบนจอภาพ

2.1.5 เทคนิคของการบันทึกภาพ ในเมื่อใช้กล้องถ่ายภาพธรรมดา

การบันทึกภาพเมื่อใช้กล้องถ่ายภาพธรรมดานั้นทำได้หลายหนทางจะเลือกใช้หนทางไหนนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่า ต้องการทราบรายละเอียดในแง่ใด หนทางเลือกที่เกิดขึ้นก็คือ การเลือกใช้สีของแก้วกรองแสง ชนิดของฟิล์ม การเปิดหน้ากล้อง และ อื่น ๆ ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นหนทางเลือกต่าง ๆ (Combinations) ที่เกิดขึ้น ในเมื่อใช้ฟิล์ม Panchromatic กับแก้วกรองแสงสีต่าง ๆ

จากตารางที่ 2 เราจะเห็นว่านี่เป็นเพียงหนทางเลือกที่เกิดขึ้นในเมื่อใช้ฟิล์ม Panchromatic กับแก้วกรองแสงสีต่าง ๆ เท่านั้น การปฏิบัติจริง ๆ จะต้องมีรายละเอียดต่าง ๆ มากกว่านี้ ดังนั้นเทคนิคในการบันทึกภาพโดยการใช้กล้องถ่ายภาพนี้ย่อมจะเป็นงานใหญ่ทีเดียว

ภาพที่ 7 ข. ภาพถ่ายที่ได้รับในเมื่อใช้ฟิล์ม False Color

สีของแก้วกรองแสง	ชนิดฟิล์ม	วัตถุสีน้ำเงิน	วัตถุสีเขียว	วัตถุสีเหลือง	วัตถุสีแดง
		ผลที่ได้รับในเมื่ออัดออกมาเป็นภาพ			
ไม่มีสี	Pan.	สว่าง	มืด	ธรรมดา	ธรรมดา
เหลืองอ่อน	Pan.	สว่าง	ค่อนข้างมืด	ธรรมดา	ธรรมดา
เหลือง	Pan.	ธรรมดา	ธรรมดา	ธรรมดา	สว่าง
เหลืองเข้ม	Pan.	มืด	สว่าง	สว่าง	สว่างมาก
เขียวอ่อน	Pan.	ธรรมดา	ธรรมดา	ธรรมดา	ธรรมดา
เขียวเข้ม	Pan.	ค่อนข้างมืด	สว่าง	ธรรมดา	มืด
ส้ม	Pan.	มืด	ธรรมดา	ธรรมดา	สว่างมาก
แดงอ่อน	Pan.	มืด	มืด	ธรรมดา	สว่างมาก
แดงเข้ม	Pan.	มืดมาก	มืดมาก	ธรรมดา	สว่างมาก
น้ำเงิน	Pan.	สว่าง	ธรรมดา	ค่อนข้างมืด	ค่อนข้างมืด

ตารางที่ 2 การใช้ฟิล์ม Panchromatic กับแก้วกรองแสงสีต่าง ๆ

2.2 การบันทึกภาพโดยไม่ใช้กล้องถ่ายภาพ

การบันทึกภาพโดยใช้เทคนิคอันนี้ไม่จำเป็นต้องอาศัยพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง สามารถทำการบันทึกภาพได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ตัวอย่างเช่นทำการบันทึกภาพในตอนกลางคืนโดยใช้หลักการบันทึกภาพรังสีใต้แดง (Infrared Imaging) จะทำให้ได้ภาพที่แสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิของวัสดุต่าง ๆ บนผิวโลกได้เป็นอย่างดี การบันทึกภาพโดยไม่ใช้กล้องถ่ายภาพนี้ สามารถทำการบันทึกได้ตั้งแต่ย่านไมโครเวฟ(Microwave) ไปจนถึงย่านรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet) ดังนั้นการบันทึกภาพแบบนี้ย่อมทำการบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ ได้ดีกว่าแบบที่ใช้กล้องถ่ายภาพธรรมดา เพราะแบบที่ใช้กล้องถ่ายภาพธรรมดา จะมีขีดความสามารถบันทึกภาพได้ดีเฉพาะย่านแสงที่สายตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ กับย่านรังสีใต้แดงเท่านั้น

การบันทึกภาพโดยไม่ใช้กล้องถ่ายภาพจะครอบคลุมถึงการบันทึกภาพ 4 ประการคือ

ก. การบันทึกภาพโดยการใช้เรดาห์ (Side Looking Airborne Radar - SLAR)

ข. การบันทึกภาพย่านไมโครเวฟ (Passive Microwave Imaging)

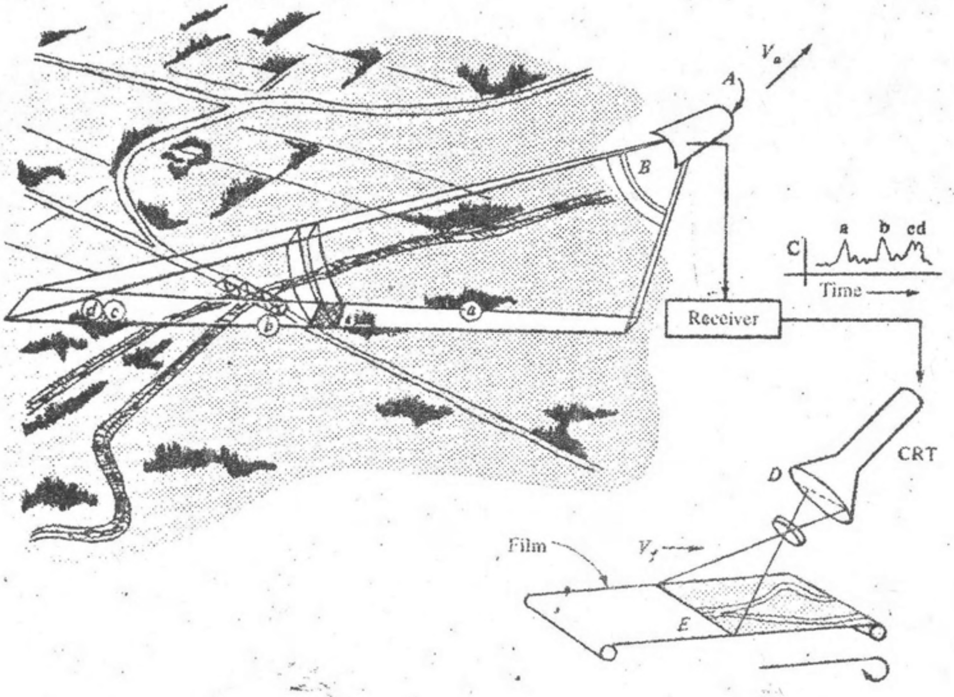
ค. การบันทึกภาพย่านรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet Imaging)

ง. การบันทึกภาพย่านรังสีใต้แดง (Infrared Imaging)

2.2.1 การบันทึกภาพโดยการใช้เรดาห์ (Side Looking Airborne Radar - SLAR)

หลักการของ SLAR เปรียบเทียบได้กับการถ่ายภาพธรรมดาโดยใช้ไฟแว้บ(Flash light) คือการให้แสงไปตกกระทบกับวัตถุที่ต้องการจะถ่ายภาพ แล้วสะท้อนกลับมาเข้ากล้องในช่วงระยะเวลาเสี้ยววินาที เราก็สามารถที่จะบันทึกภาพของวัตถุนั้นไว้บนฟิล์มได้ แต่ SLAR แทนที่จะใช้แสง เขาจะใช้ลำคลื่นวิทยุที่ตีบแคบ (Narrow beam of radio wave) ส่งออกไปกระทบกับวัตถุแล้วให้สะท้อนกลับมาที่เครื่องรับ ช่วงคลื่นที่ใช้จะมีความยาวตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ถึง 1 เมตร (ย่านไมโครเวฟ)

การบันทึกภาพโดยใช้เรดาห์นั้นทำได้หลายวิธี แต่เมื่อกล่าวถึงการบันทึกภาพ โดยเรดาห์แล้วทุกคนจะนึกถึง SLAR ทันที เพราะเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงและนิยมใช้กันมากที่สุด



ภาพที่ 8 แสดงการบันทึกภาพโดย SLAR

เหตุผลที่เขาใช้การบันทึกภาพด้วยเรดาร์โดยการมองทางด้านข้างก็เพราะว่า การมองทางด้านข้าง (การส่งคลื่นวิทยุไปกระทบด้านข้างของตัววัสดุ) จะทำให้เป็นความแตกต่างของภูมิประเทศได้อย่างชัดเจน ด้านของวัสดุที่ถูกคลื่นวิทยุกระทบจะให้ภาพเป็นสีขาว ส่วนด้านที่ไม่ถูกคลื่นวิทยุกระทบจะให้สีดำหรือให้ลักษณะเงามืดของวัสดุต่าง ๆ นั่นเอง ภาพที่ 8 แสดงให้เห็นการบันทึกภาพด้วย SLAR

A คือเสาอากาศที่ใช้ส่งคลื่นวิทยุออกไปและรับคลื่นวิทยุที่สะท้อนกลับ

a,b,c,d คือวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่บนพื้น

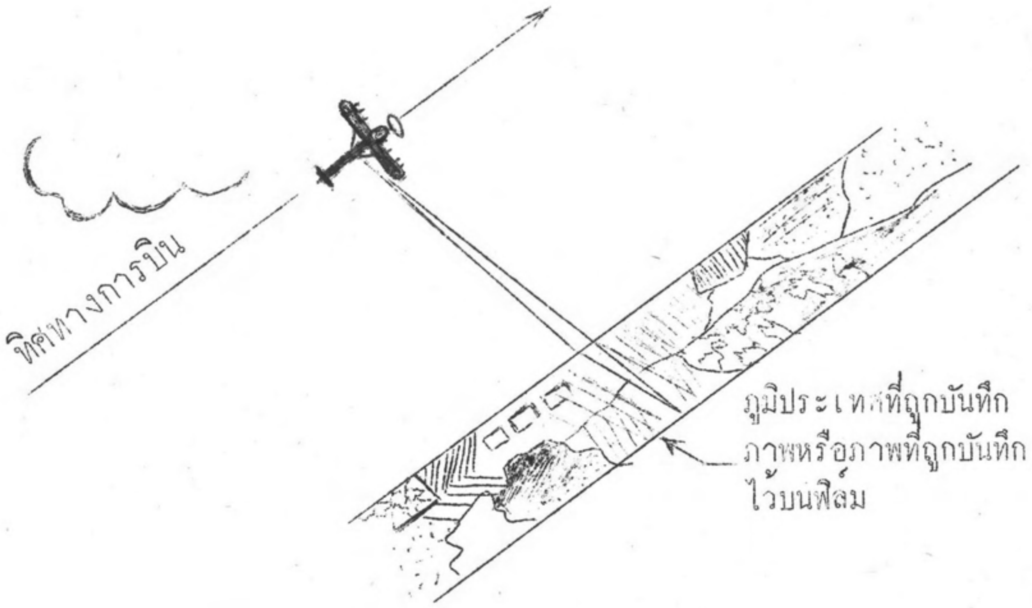
ทางสีขาว คือคลื่นวิทยุ

Va คือทิศทางและความเร็วของเครื่องบิน

B คือคลื่นที่ส่งออกไป (Transmitted pulse)

เนื่องจากคลื่นที่ส่งออกไปนั้นไปกระทบวัตถุและวัสดุต่าง ๆ บนพื้นดินไม่พร้อมกัน เช่น ที่จุด a,b,c,d จุดที่อยู่ใกล้ย่อมจะทำให้คลื่นไปกระทบก่อนจึงสะท้อนกลับไปยังเครื่องรับก่อน ดังนั้นผลที่ได้ก็คือ สัญญาณซึ่งแปรผันตามเวลา (time demain) ดังที่เห็นในภาพที่ 8(C)

เพื่อให้เห็นลักษณะของการบันทึกภาพแบบ SLAR ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้แสดงการบันทึกภาพด้วย SLAR ทางเครื่องบินไว้อีกรูปหนึ่งคือภาพที่ 9

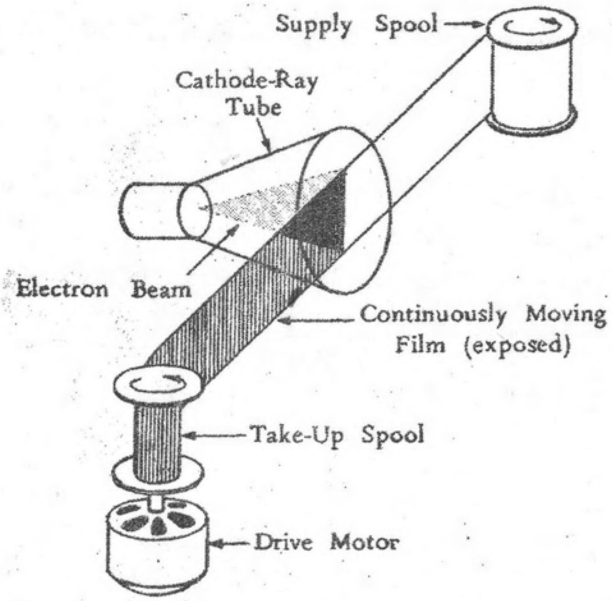


ภาพที่ 9 การบันทึกภาพอย่างต่อเนื่องของ SLAR

จากเครื่องรับเมื่อเราได้สัญญาณ (C) มาแล้ว เราจะป้อนสัญญาณนั้นไปเข้าที่ CRT (Cathode Ray Tube) โดยใช้หลักการอันเดียวกันกับโทรภาพ (Television) ที่ตำแหน่ง (D) และในที่สุดเราก็จะสามารถบันทึกภาพไว้บนฟิล์มได้ตามตำแหน่ง(E) หรือตามภาพที่ 10

เนื่องจากการบันทึกภาพโดยใช้เรดาร์นี้ใช้คลื่นวิทยุที่สร้างขึ้นมา (Artificial) เป็นลำตีบแคบไปตกกระทบวัตถุ โดยที่ไม่ต้องอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์เลย เขาจึงเรียก

กรรมวิธีเช่นนี้ว่า Active Remote Sensing



ภาพที่ 10 การบันทึกภาพจาก CRT ลงบนม้วนฟิล์ม

<u>ข้อดีสำหรับการใช้ SLAR</u>

ก. สามารถทำการบันทึกภาพได้ทั้งตอนกลางวันและกลางคืน

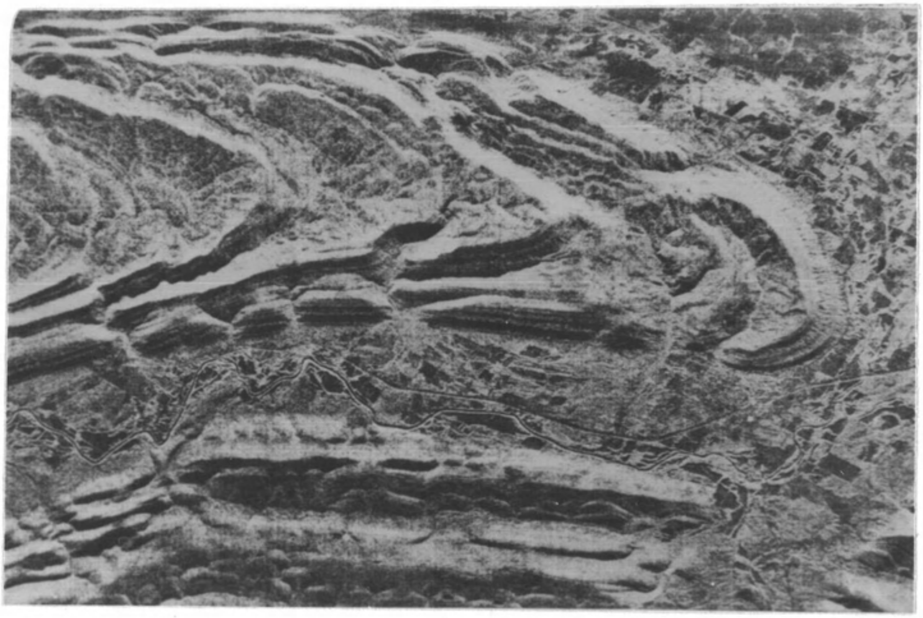
ข. สามารถถ่ายทะลุเมฆ หมอก หรือทัศนวิสัยที่ไม่ดีอื่น ๆ

ค. สามาระถ่ายทะลุยอดไม้ได้ ทำให้สามารถบันทึกรายละเอียดของสิ่งที่อยู่ใต้ต้นไม้ เช่นระดับความสูงต่ำของภูมิประเทศได้

ง. ช่วยในการวิเคราะห์แยกแยะภาพถ่ายได้ดีมาก

สำหรับข้อเสียของ SLAR ก็คือ ไม่สามารถทำการบันทึกภาพในทัศนวิสัยที่เลวมาก เช่น ฝนตก หรือหิมะตกได้ เนื่องด้วยคลื่นวิทยุจะไปกระทบกับสิ่งเหล่านี้เสียก่อน

ภาพที่ 11 แสดงให้เห็นการบันทึกภาพโดยใช้ SLAR เราจะสังเกตุเห็นว่าภาพ ที่ออกมานั้นแสดงเห็นความแตกต่างของภูมิประเทศได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 11 ภาพภูเขา Ouchita มลรัฐ Oklahoma ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งทำการบันทึกด้วย SLAR ของบริษัทเวสติ้งเฮาส์

2.2.2 การบันทึกภาพในย่านไมโครเวฟ

เทคนิคอันนี้จะใช้บันทึกภาพในย่านเดียวกับ SLAR แต่วิธีการนั้นตรงกันข้ามกับเรดาร์ กล่าวคือ แทนที่มันจะส่งคลื่นวิทยุออกไปกระทบวัตถุ มันกลับรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งออกมาจากตัวของวัตถุ ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ถึง 1 เมตร คือย่านของไมโครเวฟนั่นเอง การที่เราสามารถทำการบันทึกภาพในย่านนี้ได้ สืบเนื่องมาจากการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัววัตถุในเมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิมากกว่า 0°K ขึ้นไปตามสมการของแพลงค์ (Plank's Equation)[1] การบันทึกภาพในย่านนี้ จะถือว่าเป็นการบันทึกในย่านรังสีใต้แดงก็ได้ แต่เป็นการบันทึกในช่วงคลื่นยาวหรือช่วงที่วัตถุต่าง ๆ มีอุณหภูมิต่ำ ตามปกติเขาจะใช้การบันทึกภาพจากรังสีใต้แดงในเมื่อต้องการทราบข้อมูลจากวัตถุที่มีอุณหภูมิประมาณ 300°K (37°C = อุณหภูมิของร่างกายคนปกติ) ขึ้นไป ย่านนี้วัตถุจะส่งคลื่นแม่เหล็ก

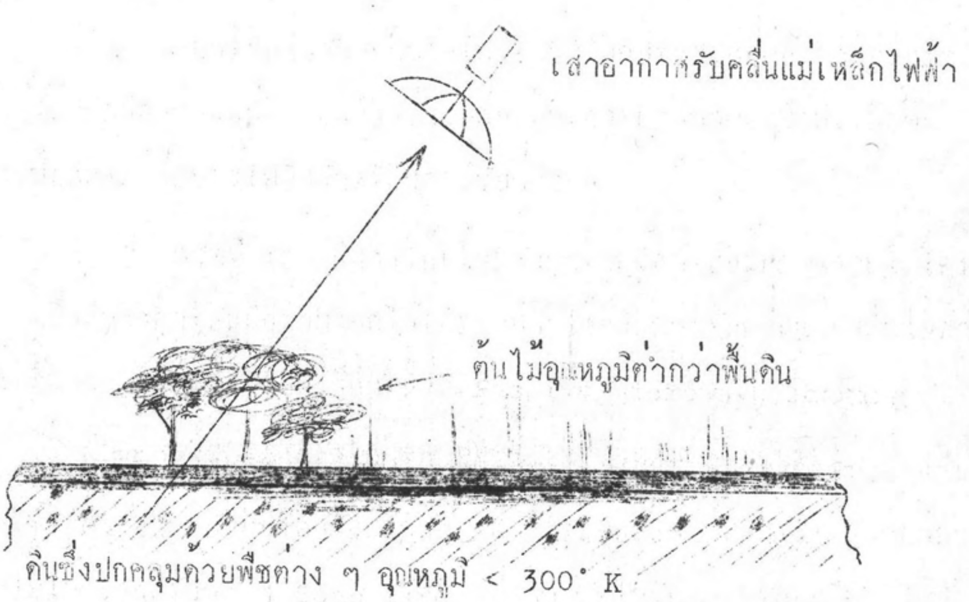
[1] Burton Bernard, abc's of Infrared (Indiana: 1970) PP.22.

ไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นประมาณ 10 ไมครอน ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในเรื่องการบันทึกภาพย่านรังสีใต้แดง

การบันทึกภาพย่านไมโครเวฟมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการจะทราบข้อมูลจากวัตถุซึ่งอยู่ใต้วัตถุอีกอย่างหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น ต้องการทราบอุณหภูมิของเนื้อดิน และความชื้นของเนื้อดิน เพื่อประโยชน์สำหรับการวิจัยต่าง ๆ

ภาพที่ 12 แสดงให้เห็นหลักการของการบันทึกภาพจากไมโครเวฟโดยสังเขป เนื่องจากการบันทึกภาพจากไมโครเวฟนั้นใช้หลักการรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากวัตถุมาสร้างเป็นภาพ เขาจึงเรียกวิธีการนี้ว่า Passive Microwave Imaging

วิธีการนี้จะใช้การบันทึกภาพโดยระบบธรรมดาหรือระบบสแคนน์ก็ได้ ถ้าเป็นระบบธรรมดาเขาจะบันทึกได้ครั้งละภาพ ถ้าใช้ระบบสแคนน์เขาจะใช้เสาอากาศหมุนกวาดรับคลื่นไมโครเวฟครั้งละ 1 Scan line ซึ่งข้อมูลที่ได้รับสามารถเปลี่ยนจากสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล แล้วนำเอาไปประมวลผลโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ สำหรับการบันทึกภาพโดยระบบสแคนน์ จะได้กล่าวในบทที่ 3 ต่อไป



ภาพที่ 12 การบันทึกภาพในย่านไมโครเวฟ

2.2.3 การบันทึกภาพในย่านรังสีเหนือม่วง

สำหรับการใช้เทคนิคอันนี้จะใช้วิธีการเช่นเดียวกับการบันทึกภาพย่านไมโครเวฟ ผิดกันตรงที่ว่าการบันทึกในย่านนี้ จะทำการบันทึกคลื่นแสงที่มีความถี่สูง มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.004 ถึง 0.380 ไมครอน คือ ช่วงของรังสีเอกซ์ (X - Rays) และช่วงของรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet) วัตถุที่จะสามารถส่งช่วงคลื่นอันนี้ออกมาได้ จะต้องมีอุณหภูมิตั้งแต่ 1,000°K ขึ้นไป (ประมาณจุดหลอมเหลวของโลหะ เช่น เงิน ทอง เหล็ก เป็นต้น) ดังนั้น ในงานทั่ว ๆ ไปจึงไม่นิยมใช้การบันทึกภาพจากรังสีเหนือม่วง

ถ้าหากเราต้องการใช้เทคนิคอันนี้สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงก็คือ

ก. ลักษณะของช่วงคลื่นของแหล่งกำเนิดแสง

ข. ผลจากตัวกลางในสภาวะอากาศต่าง ๆ กัน

ค. การสะท้อนช่วงคลื่นของวัตถุที่เราต้องการทราบข้อมูล

ง. การสะท้อนช่วงคลื่นของสิ่งแวดล้อมของวัตถุอันนั้น

2.2.4 การบันทึกภาพในย่านรังสีใต้แดง

การบันทึกภาพย่านรังสีใต้แดงปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะจะสามารถให้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูง รังสีใต้แดง (Infrared) ถูกค้นพบในปี พ.ศ.2343โดย Sir William Herschel ในขณะที่เขากำลังทำการทดลองวัดอุณหภูมิของแสงสีต่าง ๆ ที่ทะลุผ่านปริซึมออกมา เขาพบว่าเมื่อเลื่อนเทอร์โมมิเตอร์เลยออกไปจากแถบสีแดง อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์จะสูงขึ้น เขาสรุปผลว่าต่อจากแถบแสงสีแดงจะต้องมีแถบแสงซึ่งสายตามนุษย์มองไม่เห็นอย่างแน่นอน เขาเรียกแถบแสงนั้นว่า "รังสีใต้แดง" (Infrared)

รังสีใต้แดงสามารถอธิบายให้เข้าใจได้ตามกฎเกณฑ์และทฤษฎีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.2.4.1 พลังงานที่ตกกระทบต่อวัตถุ (Coming Energy) ย่อมเท่ากับผลรวมของพลังงานที่สะท้อน (Reflectivity) พลังงานที่ถูกดูดซึม (Absorptivity) และพลังงานที่ส่งผ่านออกไป (Transmissivity)

เราจะได้สมการว่า

$$1 = \rho + \alpha + \tau$$

ในเมื่อ ρ = อัตราการสะท้อนพลังงาน

α = อัตราการดูดซึมพลังงาน

τ = อัตราการส่งผ่านพลังงาน

และจะได้ผลสรุปว่า

ก. วัตถุใดมี $\tau = 0$ เราเรียกวัตถุนั้นว่าวัตถุทึบแสง (Opaque)

ข. วัตถุใดมี $\alpha = 1$ เราเรียกวัตถุนั้นว่า Black Body

ค. วัตถุใดมี $0 < \alpha < 1$ เราเรียกนั้นว่า Gray Body

2.2.4.2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Law)

กล่าวว่าวัตถุที่มีอุณหภูมิเท่ากันตลอดจะมีการดูดซึมและการปล่อยพลังงาน (Emissivity) เท่ากัน

ดังสมการ $\alpha = \varepsilon$

ในเมื่อ ε = อัตราการปล่อยพลังงาน

∴ เราจะได้สมการว่า

$$\alpha = \varepsilon = 1 - (\rho + \tau)$$

2.2.4.3 แฟคเตอร์ของการปล่อยพลังงาน (Emissivity Factor)

อัตราการปล่อยพลังงานของวัตถุนั้นสามารถวัดได้โดยเปรียบเทียบอัตราการปล่อยพลังงานของวัตถุใด ๆ เทียบกับ Black Body ในเมื่อมีอุณหภูมิเท่า ๆ กัน

เราจะได้สมการว่า

$$\varepsilon = \frac{W_O}{W_{bb}}$$

i 17687639

ในเมื่อ

W_O = พลังงานที่ส่งออกจากวัตถุ (Object Radiant Energy)

W_{bb} = พลังงานที่ส่งออกจาก Black Body

ตารางที่ 3 แสดงอัตราการปล่อยพลังงานของวัตถุต่าง ๆ เราจะเห็นว่าพวกที่มีอัตราการปล่อยพลังงานน้อยได้แก่พวกโลหะ ดังนั้นถ้าหากเราเอาโลหะไปวางไว้กลางแดด ย่อมจะมีอุณหภูมิสูงมากกว่าพวกอโลหะ

ประเภท	ϵ
อลูมิเนียม	0.05
คาร์บอน	0.81
ผ้าค็อทตอน	0.77
ทองคำ	0.02
กระดาษ	0.75
ปลาสเตอร์	0.92
ทราย	0.76
เงิน	0.02
ไม้	0.89

ตารางที่ 3 อัตราการปล่อยพลังงานของวัสดุต่าง ๆ

2.2.4.4 กฎของ Stefan - Boltzman

กล่าวว่า "วัตถุยิ่งร้อนมากขึ้นเท่าใดก็จะส่งรังสีใต้แดงออกไปมากเท่านั้น" ตามสมการ

$$W = \epsilon \sigma T^4$$

ในเมื่อ W = พลังงานที่ส่งออก (Watt/cm^2)

ϵ = แฟคเตอร์ของการปล่อยพลังงาน

σ = ตัวคงที่ของ Stefan - Boltzman ($5.67 \times 10^{-12} W/cm^2 \cdot K^4$)

T = อุณหภูมิ (°K)

2.2.4.5 สมการของแพลงค์ (Plank's Equation)

เป็นสมการที่แสดงพลังงานที่ได้รับจากวัตถุโดยใช้ความสัมพันธ์ของ อัตราการปล่อยพลังงาน อุณหภูมิ ความยาวคลื่น และตัวคงที่ของแพลงค์ ดังสมการ

$$W_\lambda = \frac{\epsilon_\lambda C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)}$$

ในเมื่อ W_λ = พลังงานที่ส่งออกจากวัตถุเมื่อความยาวคลื่น λ ($\frac{Watt}{cm^2}$ / ไมครอน)

ϵ_λ = แฟคเตอร์ของการปล่อยพลังงานเมื่อความยาวคลื่น λ

C_1 = ตัวคงที่อันดับ 1 ของแพลงค์ ($3.75 \times 10^{-12} W.cm^2$)

C_2 = ตัวคงที่อันดับ 2 ของแพลงค์ (1.438 cm°K)

λ = ความยาวคลื่น (ไมครอน)

e = 2.718

T = อุณหภูมิ (°K)

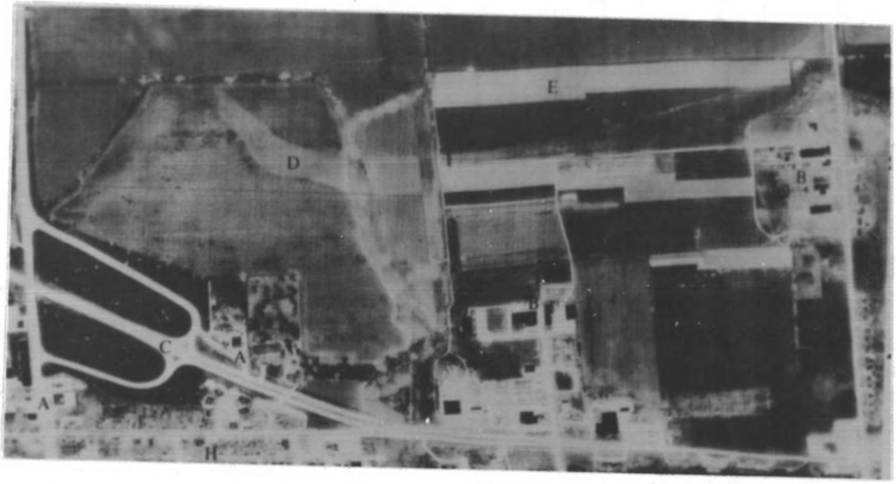
สมการของแพลงค์เป็นสมการที่มักจะถูกอ้างถึงในเมื่อมีการอธิบายเกี่ยวกับการบันทึกภาพในย่านรังสีใต้แดง การบันทึกภาพรังสีใต้แดงเริ่มกระทำครั้งแรกในปี พ.ศ.2493 โดยใช้หลักการสแคนน์ 2 อย่าง คือ (ดูหลักการสแคนน์บทที่ 3)

ก. Thermal Scanner หมายถึงการบันทึกภาพโดยการเปลี่ยนพลังงานจากรังสีใต้แดงให้เป็นพลังงานความร้อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน เพราะว่าไม่มีความรวดเร็วตามต้องการสำหรับการบันทึกภาพระยะไกล

ข. Photoelectrics Scanner หมายถึงการบันทึกภาพโดยการเปลี่ยนพลังงานจากรังสีใต้แดงให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Analog Signal) โดยใช้หลักการของ Photoelectrics

การบันทึกภาพย่านรังสีใต้แดงนิยมทำการบันทึกในย่าน 3 - 20 ไมครอนโดยเฉพาะช่วงประมาณ 10 ไมครอน ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงนี้เป็นอุณหภูมิปกติทั่ว ๆ ไปของ ผิว

โลก (300°K) และเป็นอุณหภูมิปกติของร่างกายมนุษย์ การใช้การบันทึกภาพย่านรังสีใต้แดงสามารถทำการบันทึกการซ่อนพรางในทางทหารได้เป็นอย่างดี [2]



ภาพที่ 13 การบันทึกภาพย่านรังสีใต้แดงในตอนกลางคืน

ภาพที่ 13 เป็นการบันทึกภาพย่านรังสีใต้แดงในตอนกลางคืน มีรายละเอียดของภาพดังต่อไปนี้

A คือรถยนต์

B คืออาคารพาณิชย์

C คือทางหลวง

D คือพื้นที่ดินทราย

E คือพื้นที่ดินว่าง ๆ

F คือต้นไม้

G คือหญ้า

H คือพื้นที่อาคารบ้านเรือนย่านชุมนุมชน

เราจะสังเกตพบว่าส่วนที่สว่างมากในภาพก็คือส่วนที่มีอุณหภูมิสูงมาก ทำให้ส่งรังสีใต้แดงได้มาก ความสว่างจะลดน้อยลงตามลำดับของวัตถุที่มีอุณหภูมิน้อยลดหลั่นกันไป

[2] NASA, Remote Sensing (Washington, D.C. : 1970) PP.128