รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนและกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก เพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ในด้านคดีป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า

The Development of Aerial Surveying Using Thermal and Multispectral Cameras on Unmanned Aerial System for Cases Investigation of Forest Land and Wildlife animal

ผู้วิจัย
พันตำรวจตรีณฐพล ดิษยธรรม
ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านคดีคุ้มครองผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม
สำนักงานผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านคดีพิเศษ กรมสอบสวนคดีพิเศษ
กันยายน 2562

สนับสนุนโดยสำนักงานกิจการยุติธรรม กระทรวงยุติธรรม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนและกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก เพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ในด้านคดีป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่าได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ว.ช.) ผ่านสำนักกิจการยุติธรรม (สกธ.) กระทรวงยุติธรรม พ.ศ.2561

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ	การพัฒนาเทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน และกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กเพื่อสนับสนุน งานสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ในด้านคดีป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า
ชื่อนักวิจัย	พันตำรวจตรีณฐพล ดิษยธรรม
E-mail	Natapol189@hotmail.com
ระยะเวลาโครงการ	1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2562

ปัจจุบันภัยคุกคามต่อทรัพยากรป่าไม้ในและสัตว์ป่าพื้นที่อนุรักษ์ ทั้งที่เกิดจากมนุษย์และจากธรรมชาตินั้นยากต่อการบริหารจัดการควบคุมวางแผน ไม่ว่าจะเป็นการบุกรุกทำลายป่าเพื่อการเกษตรกรรม การลักลอบตัดไม้ การล่าสัตว์ ไฟป่า ตลอดจนการติดตามการฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ เป็นปัญหาสำคัญของประเทศ รวมทั้งมีการลักลอบนำไม้ที่มีค่าและสัตว์ป่าสงวนหวงห้ามนำออกไปนอกประเทศ โดยขบวนการองค์กรอาชญากรรมที่ทำในรูปของขบวนการ ซึ่งยากแก่การตรวจจับ ทั้งนี้อันเนื่องมาจากเจ้าหน้าที่ของรัฐยังไม่มีฐานข้อมูลหรือเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการติดตามเฝ้าระวังการลักลอบการกระทำดังกล่าว ซึ่งปัญหาปัญหาดังกล่าวกรมสอบสวนคดีพิเศษได้มีการดำเนินการที่จะป้องกันและปราบปรามการกระทำความผิดที่เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติมาโดยตลอด

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการนำกล้องถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่น และกล้องถ่ายภาพความร้อนที่ติดตั้งอยู่บนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก มาใช้ในการบันทึกภาพและจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อใช้ในการจำแนกพืชพรรณที่อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติ รวมถึงศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ป่าและพฤติกรรมของผู้กระทำความผิดกรณีลักลอบล่าสัตว์ป่า หรือตัดไม้ในเขตพื้นที่อนุรักษ์ และนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นพยานหลักฐานด้านนิติวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานในชั้นศาลได้

ผลการวิจัยพบว่า กล้องถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่นสามารถใช้ในการจำแนกวัตถุต่างๆที่อยู่ในธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อใช้ในการวางแผนการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ตลอดจนเฝ้าระวังการบุกรุกทำลายทรัพยากรธรรมชาติ และกล้องถ่ายภาพความร้อนสามารถนำมาใช้ในการบันทึกพฤติกรรมของผู้กระทำความผิดกรณีการลักลอบล่าสัตว์หรือตัดไม้ในเวลากลางคืนได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานได้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(1)
บทคัดย่อภาษาไทย	(2)
สารบัญ	(3)
สารบัญตาราง	(5)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
1.6 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย	6
1.7 งบประมาณของโครงการวิจัย	7
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
2.1.1 อำนาจหน้าที่และภารกิจของกรมสอบสวนคดีพิเศษ	8
2.1.2 การรวบรวมพยานหลักฐาน	9
2.1.3 การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing)	10
2.1.4 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle - UAV)	27
2.1.5 ภาพถายทางอากาศ (Arial Photography)	32
2.1.6 ข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้อง	36
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	53
2.2.1 1 Dailymail online ,2013 จากเหตุการณ์การวางระเบิดในงาน Boston Marathon	53
2.2.2 รายงานการศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจสัตว์ป่า โดยการประยุกต์สำรวจระยะไกล ด้วยระบบกล้องถ่ายภาพความร้อน เฉพาะที่เกี่ยวข้อง	54
2.2.3 การประยุกต์และผลการใช้อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก (MiniUAV)	54
2.2.4 Nebikera et al., 2008 ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กเพื่อจัดสร้างแผนที่ทางอากาศรายละเอียดสูง	55
2.2.5 Hodgson et al., 2013 ได้ประยุกต์ระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก (UAS)	55

ในการสำรวจพยูนและทรัพยากรชายฝั่งบริเวณชาค์คเบย์
2.2.6 Charoenjit et al., 2014 ได้ทดสอบระบบอากาศยานไร้คนขับ (UAS) 55
โดยใช้กล้องถ่ายภาพช่วงคลื่นตามองเห็น (RGB camera)
2.2.7 Koedsin et al., 2016 ได้จำแนกพื้นที่และชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเล 55
บริเวณอ่าว*ป่า*คลอก จังหวัดภูเก็ต โดยประยุกต์ภาพถ่ายดาวเทียม Worldview-2
2.2.8 โครงการเสริมสร้างประสิทธิภาพการลาดตระเวน ในพื้นที่อนุรักษ์ 56
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 58
3.1 การรวบรวมข้อมูล 58
3.1.1 พื้นที่ศึกษา 58
3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา 58
3.2 การวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้ 59
บทที่ 4 ผลการวิจัย 62
4.1 ผลการประชุมเชิงวิชาการ 62
4.2 ผลการทดสอบการใช้อากาศยานไร้คนขับ และการประมวลผลข้อมูล 67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 71
5.1 สรุปผลการวิจัย 71
5.2 ข้อเสนอแนะ 73
เอกสารอ้างอิง 74
ประวัติผู้วิจัย 75

สารบัญภาพ

ภาพที่			หน้า
ภาพที่	1.1	แสดงการลักลอบค้าสัตว์ป่าและเส้นทางการลักลอบผ่านประเทศไทย	2
ภาพที่	1.2	แผนที่แสดงการจำแนกสัตว์ป่าและพืชพรรณจากกล้องหรือเซนเซอร์	3
ภาพที่	2.1	กระบวนการและองค์ประกอบการรับรู้จากระยะไกล	11
ภาพที่	2.2	ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum)	12
ภาพที่	2.3	แสดงช่วงคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	12
ภาพที่	2.4	แสดงปฏิสัมพันธ์ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับพื้นผิวโลก	17
ภาพที่	2.5	แสดงลักษณะการสะท้อนพลังงานจากพื้นผิววัตถุเรียบ และขระ	18
ภาพที่	2.6	แสดงความสะท้อนเชิงสเปกตรัมของ พืชพรรณ ดิน และน้ำ	20
ภาพที่	2.7	แสดงระบบแพสซิฟเชิงเลย	22
ภาพที่	2.8	แสดงลักษณะการบันทึกข้อมูลระบบกราดภาพขวางแนวโคจร	22
ภาพที่	2.9	แสดงลักษณะการบันทึกแบบระบบกราดภาพตามแนวโคจร	23
ภาพที่	2.10	แสดงเครื่องกราดภาพแบบมุมรอบ (ที่มา : Aronoff, S, (2005))	24
ภาพที่	2.11	แสดงระบบกวาดภาพทรงกรวย (ที่มา : Aronoff, S, (2005))	25
ภาพที่	2.12	แสดงระบบกวาดภาพหลายๆ ช่วงคลื่น (ที่มา : Aronoff, S, (2005))	26
ภาพที่	2.13	แสดงเครื่องรับรู้แบบแอ็กทิฟอิเล็กทรอนิกส์ (ที่มา : Aronoff, S, (2005))	26
ภาพที่	2.14	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับใช้คำนวณค่าพิกัดพื้นผิวด้วยสมาการสภาวะร่วมเส้น	33
ภาพที่	2.15	แสดงระบบพิกัดบนภาพถ่าย	34
ภาพที่	2.16	ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งจุดรวมแสงของเซ็นเซอร์, พิกัดบนภาพถ่ายและ พิกัดพื้นผิวโลก	34
ภาพที่	2.17	แสดงภาพถ่ายจากกล้องความร้อนที่ติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์	53
ภาพที่	2.18	ภาพโครงการ **Smart Patrol**	56

ภาพที่ 3.1 พื้นที่ศึกษา ในการศึกษาโครงการวิจัยโครงการวิจัยการพัฒนาเทคนิคการสำรวจระยะไกล โดยประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนและกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก เพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ในด้านคดีป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า 58
ภาพที่ 4.1 นายไกรศรีฯ บรรยายหัวข้อการการใช้อากาศยานไร้คนขับในการประยุกต์ใช้กับงานคดีพิเศษ 63
ภาพที่ 4.2 พ.ต.ต.ณฐพลฯ บรรยายหัวข้อการบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง 64
ภาพที่ 4.3 นายสุจิตรฯ บรรยายหัวข้อการอ่านแปลภาพถ่ายทางอากาศ 64
ภาพที่ 4.4 นายทรงธรรมฯ บรรยายหัวข้ออุโมงค์ทางเชื่อมต่อผืนป่าแบบผสมผสาน 65
ภาพที่ 4.5 นายจตุรเทพฯ บรรยายหัวข้อภารกิจจัดหาโปรแกรมประมวลผล และอากาศยานไร้คนขับ 66
ภาพที่ 4.6 โปรแกรม pix4D ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่น 67
ภาพที่ 4.7 แผนที่บริเวณเขื่อนทับลานจากกล้องหลายช่วงคลื่น และกล้องแบบ RGB 67
ภาพที่ 4.8 แสดงภาพความร้อนของกลุ่มบุคคลที่เข้าไปลักลอบล่าสัตว์ป่าฯ 68
ภาพที่ 4.9 แสดงภาพความร้อนของรถยต์หรือวัตถุพยานที่ใช้ในการล่าสัตว์ป่าฯ 69
ภาพที่ 4.10 คณะนักวิจัยฯ ทดสอบการบันทึกภาพในเวลากลางคืน 70
ภาพที่ 4.11 ภาพถ่ายความร้อนบริเวณอุโมงค์สัตว์ข้าม 70

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตารางแสดงระยะเวลาที่ทำการวิจัยตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2562 ระยะเวลา 24 เดือน (งบประมาณ 2561 - 2562)	6
2	ตารางแสดงงบประมาณการวิจัยการพัฒนาเทคนิคการสำรวจระยะไกล โดยประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนและกล้องหลายช่วงคลื่น บนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก เพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ในด้านคดีป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า	7

บทที่ 1

บทนำ

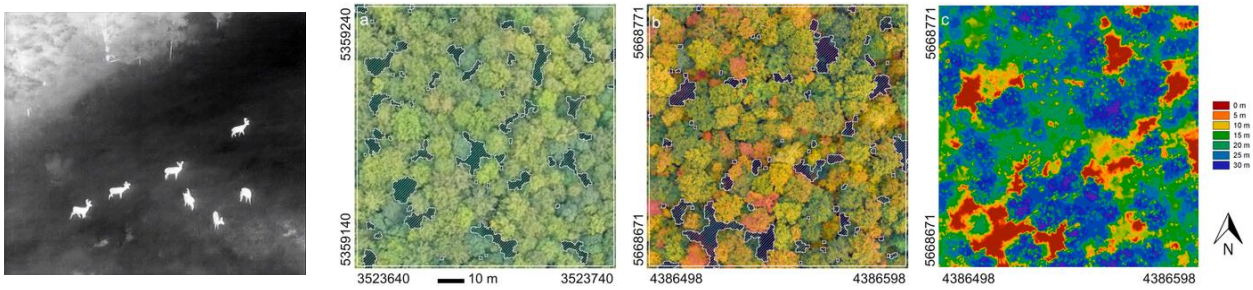
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันภัยคุกคามต่อทรัพยากรป่าไม้ในและสัตว์ป่าพื้นที่อนุรักษ์ ทั้งที่เกิดจากมนุษย์และจากธรรมชาตินั้นยากต่อการบริหารจัดการควบคุมวางแผน ไม่ว่าจะเป็นการบุกรุกทำลายป่าเพื่อการเกษตรกรรม การลักลอบตัดไม้ การล่าสัตว์ ไฟป่า ตลอดจนการติดตามการฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ เป็นปัญหาสำคัญของประเทศ รวมทั้งมีการลักลอบนำไม้ที่มีค่าและสัตว์ป่าสงวนหวงห้ามนำออกไปนอกประเทศโดยขบวนการองค์กรอาชญากรรมที่ทำในรูปของขบวนการ ซึ่งยากแก่การตรวจจับ ทั้งนี้อันเนื่องมาจากเจ้าหน้าที่ของรัฐยังไม่มีฐานข้อมูลหรือเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการติดตามเฝ้าระวังการลักลอบการกระทำดังกล่าว ซึ่งปัญหาปัญหาดังกล่าวกรมสอบสวนคดีพิเศษได้มีการดำเนินการที่จะป้องกันและปราบปรามการกระทำความผิดที่เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติมาโดยตลอด ที่ผ่านมากฎหมายที่ควบคุมความผิดดังกล่าวนั้นยังไม่อยู่ในบัญชีท้ายของพระราชบัญญัติการสอบสวนคดีพิเศษ พ.ศ. 2547 ทำให้การป้องกันและปราบปรามในขบวนการอาชญากรรม ยังไม่บรรลุผลหรือมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ต่อมากรมสอบสวนคดีพิเศษได้ดำเนินการในการนำกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการค้าสัตว์ป่า และการตัดไม้ทำลายป่า มาอยู่ในบัญชีท้ายของพระราชบัญญัติการสอบสวนคดีพิเศษ จึงทำให้กรมสอบสวนคดีพิเศษต้องพัฒนาศักยภาพในการสืบสวนสอบสวนเพื่อให้ทันต่อรูปแบบของอาชญากรรมสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอากาศยานไร้คนขับมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสืบสวนสอบสวน คดีเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี กรมสอบสวนคดีพิเศษจึงต้องการที่จะพัฒนาระบบการสืบสวนสอบสวนให้มีประสิทธิภาพจึงได้มีแนวคิดที่จะนำระบบกล้องถ่ายภาพความร้อน และกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับอากาศยานขนาดเล็ก เพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ในด้านคดีป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า การลักลอบค้าสัตว์ป่า พืชป่าและผลิตภัณฑ์ ซึ่งปัญหาดังกล่าวทำให้ประเทศไทยถูกมองว่าไม่มีการควบคุมและแก้ไขปัญหาอย่างจริงจังตามอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้จะสูญพันธุ์ (ไซเตส : CITES) ดังนั้นเมื่อกรมสอบสวนคดีพิเศษได้นำกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการลักลอบค้าสัตว์ป่าและพืชป่ามาอยู่ท้ายบัญชีตามพระราชบัญญัติการสอบสวนคดีพิเศษ แล้วจะทำให้การดำเนินการป้องกันและปราบปรามสามารถกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพ 1.1 แสดงการลักลอบค้าสัตว์ป่าและเส้นทางการลักลอบผ่านประเทศไทย

เนื่องจากการใช้วิธีการสืบสวนสอบสวนแบบเดิมที่ใช้เจ้าหน้าที่ในการเฝ้าระวังอาชญากรรมด้านสิ่งแวดล้อม (Ground monitoring) ต้องใช้บุคลากรจำนวนมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรด้านบุคคล งบประมาณ รวมถึงระยะเวลา ซึ่งต่างกับการประยุกต์เทคโนโลยีรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) เข้ามาช่วยในการปฏิบัติงานที่สามารถประเมินและวิเคราะห์ข้อมูลได้ต่อเนื่องดีกว่า ซึ่งได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite image) ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial image) แต่ก็ยังประสพปัญหาด้านข้อจำกัดของการได้มาของข้อมูล อาทิเช่น เมฆและไอน้ำที่บดบังการถ่ายภาพจากดาวเทียม ช่วงเวลาความถี่ของการถ่ายภาพตามแนวทางการโคจรของดาวเทียม (Temporal Resolution) ตลอดจนรายละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพ (Spatial Resolution) หรือ ถ้าหากนำเครื่องบินแบบมีคนขับมาจัดบินบันทึกภาพถ่ายทางอากาศก็จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ไม่คุ้มค่ากับงบประมาณที่เสียไปเนื่องจากบางพื้นทีมีลักษณะเฉพาะตัว ประกอบกับความซับซ้อนในการบินถ่ายซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและเวลาในการประมวลผลข้อมูลภาพด้วย เช่น กรณีการลักลอบตัดไม้พะยูงที่มีมูลค่าสูงแล้วส่งออกผ่านชายแดนประเทศเพื่อนบ้านนำไปสู่ประเทศที่สาม ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดในพื้นที่ป่าไม้บริเวณกว้าง และยากแก่การจับกุมผู้กระทำผิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำระบบกล้องถ่ายภาพทางอากาศ หรือเซนเซอร์ ที่มีความสามารถในการจำแนกประเภทของวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้กล้องความร้อนจำแนกหรือติดตามพฤติกรรมของสัตว์ป่า พฤติกรรมของผู้ลักลอบค้าสัตว์ป่า เส้นทางการขนส่งและลักลอบค้าสัตว์ป่า โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืนที่ไม่สามารถเฝ้าระวังและติดตามผู้กระทำความผิดได้ หรือการใช้เซนเซอร์แบบหลายช่วงคลื่นในการจำแนกชนิดของพืชพรรณ ยกตัวอย่างเช่น การจำแนกต้นพยุง หรือต้นกฤษณา จากไม้ประเภทอื่นสามารถจำแนกได้จากการสะท้อนพลังงานจากช่วงคลื่นที่ต่างกันของเซนเซอร์ ทำให้สามารถวางแผนการเฝ้าระวัง และปราบปรามผู้ลักลอบค้าไม้สงวนหวงห้ามได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพ 1.2 แผนที่แสดงการจำแนกสัตว์ป่าและพืชพรรณจากกล้องหรือเซนเซอร์

ด้วยข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ทำให้ไม่สามารถสืบสวนจับกุมผู้กระทำความผิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และต้องเสียงบประมาณและเวลาจำนวนมาก ซึ่งตรงข้ามกับข้อมูลภาพถ่ายจากระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดขนาดเล็ก (Miniature Unmanned Aerial System : UAS) ที่สามารถบันทึกข้อมูลภาพได้อย่างอิสระแบบเรียลไทม์ FPV (First Personal View) และมีรายละเอียดภาพสูง สามารถจัดทำแผนที่ ตลอดจนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) เพื่อสนับสนุนการวางแผนในการป้องกันและจับกุมผู้กระทำผิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการลักลอบตัดไม้ ค้าสัตว์ป่า พืชป่า และผลิตภัณฑ์ โดยใช้ข้อมูลจากกล้องถ่ายภาพทางอากาศหรือเซนเซอร์ ประเภทหลายช่วงคลื่น และกล้องความร้อน ที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก มาใช้ในการตรวจสอบเฝ้าระวัง ป้องกันและปราบปรามการกระทำความผิดเกี่ยวกับคดีด้านป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสม ขั้นตอนและกระบวนการในการใช้ข้อมูลจากกล้องถ่ายภาพทางอากาศหรือระบบเซนเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กในการจำแนกชนิดของพืชพรรณ สัตว์ป่า มาใช้ในการตรวจสอบเฝ้าระวัง ป้องกันและปราบปรามการกระทำความผิดเกี่ยวกับคดีด้านป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ร่วมศึกษาและวิจัยร่วมกับ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช โดยใช้พื้นที่ในเขตอุทยานแห่งชาติทับลาน อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี เป็นพื้นที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้

1.3.2 ช่วงเวลาในการศึกษาจะทำการบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ทั้งกลางวันและกลางคืน ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน และจุดที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ และค้าสัตว์ป่า หรือตำแหน่งที่กรมสอบสวนคดีพิเศษได้รับเรื่องร้องเรียนเข้ามา

1.3.3 กิจกรรมในการสำรวจพื้นที่ลักลอบตัดไม้ และลักลอบค้าสัตว์ป่าจะต้องประสานงานกับเจ้าหน้าที่กรมป่าไม้ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

1.3.4 การติดตามตรวจสอบการลักลอบตัดไม้จะพิจารณาเฉพาะต้นไม้ที่มีมูลค่าสูง เช่น ไม้สัก ไม้พะยูง เป็นต้น และการติดตามตรวจสอบการลักลอบค้าสัตว์ป่า จะเป็นสัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครอง หรือพืชป่าและสัตว์ที่ได้รับการคุ้มครองตามนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดพันธุ์สัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora :CITES)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการลักลอบตัดไม้ ค้าสัตว์ป่า พืชป่า และผลิตภัณฑ์ ของผู้กระทำความผิดเพื่อนำไปสู่การวางแผนการเฝ้าระวัง การป้องกันและปรามปราบการกระทำความผิดเกี่ยวกับคดีด้านป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่าได้

1.4.2 ได้ทราบขั้นตอน กระบวนการในการจำแนกข้อมูลจากกล้องถ่ายภาพทางอากาศ เพื่อใช้ในการจำแนกชนิดของพืชพรรณ สัตว์ป่า มาใช้ในการตรวจสอบเฝ้าระวัง ป้องกันและปราบปรามการกระทำความผิดเกี่ยวกับคดีด้านป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า และนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานในชั้นสอบสวนและชั้นศาลได้

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.5.1 ประกาศของคณะกรรมการคดีพิเศษ (กคพ.) ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2559 เรื่องกำหนดรายละเอียดของลักษณะการกระทำความผิดที่เป็นคดีพิเศษ ตามาตรา 21 วรรคหนึ่ง (1) แห่งพระราชบัญญัติการสอบสวนคดีพิเศษ พ.ศ. 2547 ซึ่งกำหนดบัญชีท้ายประกาศในคดีความผิดตามกฎหมาย ดังนี้

1) คดีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า

2) คดีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยป่าไม้

3) คดีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยป่าสงวนแห่งชาติ

4) คดีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยอุทยานแห่งชาติ

5) คดีความผิดตามประมวลกฎหมายที่ดิน

เมื่อได้มีประกาศ กคพ. ดังกล่าวกรมสอบสวนคดีพิเศษซึ่งมีหน้าที่ในการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมพิเศษจึงมีภารกิจที่เพิ่มขึ้น ในการดำเนินคดีกับผู้กระทำความผิดตามกฎหมายดังกล่าวซึ่งเกี่ยวข้องกับด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้มีการศึกษาการพัฒนาเครื่องมือเพื่อนำมาใช้ในการสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ เพื่อรองรับกฎหมายที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการเก็บรวบรวมพยานหลักฐาน ทำให้เกิดมาตรฐานและความน่าเชื่อถือในพยานหลักฐานมากยิ่งขึ้น

1.5.2 กระบวนการสืบสวนสอบสวนสมัยใหม่ เป็นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในการเก็บรวบรวมพยานหลักฐาน โดยเฉพาะเทคโนโลยีเชิงพื้นที่ด้านระบบภูมิสารสนเทศ GIS มาช่วยในการวิเคราะห์ แสดงผล ติดตาม พื้นที่เกิดเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัยตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2560 - 30 กันยายน 2562 ระยะเวลา 24 เดือน (งบประมาณ 2561 - 2562)

กิจกรรม	ต.ค. 60	พ.ย. 60	ธ.ค. 60	ม.ค. 61	ก.พ. 61	มี.ค. 61	เม.ย. 61	พ.ค. 61	มิ.ย. 61	ก.ค. 61	ส.ค. 61	ก.ย. 61	ต.ค. 61	พ.ย. 61	ธ.ค. 61	ม.ค. 62	ก.พ. 62	มี.ค. 62	เม.ย. 62	พ.ค. 62	มิ.ย. 62	ก.ค. 62	ส.ค. 62	ก.ย. 62
จัดหาอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก(UAV) พร้อมระบบกล้อง RGB/NIR Thermal และระบบโปรแกรมการประมวลผล																								
การลงพื้นที่ทดสอบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก(UAV) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน																								
การศึกษาประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในกระบวนการยุติธรรมของกรมสอบสวนคดีพิเศษ																								
การทำรายงานและสรุปผลการวิจัย																								

ตาราง 1.1 แสดงระยะเวลาที่ทำการวิจัยตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2560 - 30 กันยายน 2562 ระยะเวลา 24 เดือน (งบประมาณ 2561 - 2562)

1.7 งบประมาณของโครงการวิจัย

ประเภทงบประมาณ	รายละเอียด	งบประมาณ
งบบุคลากร	-ค่าตอบแทนนักวิจัย	48,630
งบดำเนินงาน-ค่าใช้สอย	-ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานนอกสถานที่	187,370
งบลงทุน-ค่าครุภัณฑ์	-ค่าครุภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัย	1,141,000
รวม (บาท)		1,377,000

ตาราง 1.2 แสดงงบประมาณการวิจัยการพัฒนาเทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนและกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก เพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ในด้านคดีป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 อำนาจหน้าที่และภารกิจของกรมสอบสวนคดีพิเศษ (Department of special investigation)

กรมสอบสวนคดีพิเศษมีภารกิจเกี่ยวกับการป้องกัน การปราบปราม การสืบสวนและการสอบสวนคดีความผิดทางอาญาที่ต้องดำเนินการสืบสวนและสอบสวนโดยใช้วิธีการพิเศษตามกฎหมายว่าด้วยการสอบสวนคดีพิเศษ โดยมีอำนาจหน้าที่ ดังนี้

(1) รับผิดชอบงานเลขานุการของคณะกรรมการตามกฎหมายว่าด้วยการสอบสวนคดีพิเศษ และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

(2) ป้องกัน ปราบปราม สืบสวน และสอบสวนคดีพิเศษตามกฎหมายว่าด้วยการสอบสวนคดีพิเศษ และตามหลักเกณฑ์ที่คณะกรรมการคดีพิเศษประกาศกำหนดหรือตามมติของคณะกรรมการคดีพิเศษตลอดจนปฏิบัติงานตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญาและกฎหมายอื่นอันเกี่ยวกับความผิดทางอาญาที่เป็นคดีพิเศษ

(3) ศึกษา รวบรวม จัดระบบ และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประโยชน์แก่การปฏิบัติหน้าที่ของคณะกรรมการตามกฎหมายว่าด้วยการสอบสวนคดีพิเศษ และเพื่อป้องกัน ปราบปราม สืบสวนและสอบสวน คดีพิเศษ

(4) จัดให้มีการศึกษา อบรม และพัฒนาระบบงานการสืบสวนและสอบสวนคดีพิเศษการพัฒนาความรู้และการประเมินสมรรถภาพการปฏิบัติหน้าที่ของข้าราชการ พนักงานราชการและลูกจ้างของกรม และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะมีฐานะเป็นพนักงานสอบสวนคดีพิเศษหรือเจ้าหน้าที่คดีพิเศษหรือไม่

(5) ดำเนินการเกี่ยวกับงานกฎหมายและระเบียบที่อยู่ในอำนาจหน้าที่ของกรมและงานอื่นที่เกี่ยวข้อง

(6) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กฎหมายกำหนดให้เป็นอำนาจหน้าที่ของกรม หรือตามที่รัฐมนตรี หรือคณะรัฐมนตรีมอบหมาย

คดีพิเศษ หรือคดีอาชญากรรมพิเศษในความรับผิดชอบของกรมสอบสวนคดีพิเศษ หมายถึง คดีอาญาตามกฎหมายกำหนดไว้ในบัญชีท้าย พระราชบัญญัติการสอบสวนคดีพิเศษ พ.ศ. 2547 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2551) หรือคดีอาญาที่ได้กำหนดเป็นกฎกระทรวงโดยการเสนอแนะของคณะกรรมการคดีพิเศษ (กคพ.) ซึ่งคดีดังกล่าวต้องมีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1) คดีความผิดทางอาญาที่มีความซับซ้อน จำเป็นต้องใช้วิธีการสืบสวนสอบสวนและรวบรวมพยานหลักฐานเป็นพิเศษ

2) คดีความผิดทางอาญาที่มีหรืออาจมีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อความสงบเรียบร้อยและศีลธรรมอันดีของประชาชนความมั่งคงของประเทศความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ หรือระบบเศรษฐกิจหรือการคลังของประเทศ

3) คดีความผิดทางอาญาทีมีลักษณะเป็นคดีความผิดข้ามชาติที่สำคัญหรือเป็นการกระทำขององค์กรอาชญากรรม

4) คดีความผิดทางอาญาที่มีผู้ทรงอิทธิพลที่สำคัญเป็นตัวการผู้ใช้หรือผู้สนับสนุน

5) คดีความผิดทางอาญาที่มีพนักงานฝ่ายปกครองชั้นผู้ใหญ่หรือตำรวจชั้นผู้ใหญ่ซึ่งมิใช่พนักงานสอบสวนคดีพิเศษหรือเจ้าหน้าที่คดีพิเศษเป็นผู้ต้องสงสัยเมื่อมีหลักฐานตามสมควรว่าน่าจะได้กระทำความผิดอาญา หรือเป็นผู้ถูกกล่าวหาหรือผู้ต้องหา

ทั้งนี้การกระทำความผิด ตามบัญชีท้ายพระราชบัญญัติฯ หรือคดีพิเศษเพิ่มเติมตามกฎกระทรวงฯ จะเป็นคดีพิเศษจะต้องเข้าลักษณะตาม (1) – (19) และเพื่อให้เกิดความชัดเจนยิ่งขึ้นได้มีการกำหนดลักษณะของการกระทำความผิด อาทิ มูลค่าความเสียหาย จำนวนผู้กระทำความผิดไว้ในประกาศ กคพ. เรื่องการกำหนดรายละเอียดของลักษณะของการกระทำความผิดตามมาตรา 21 วรรคหนึ่ง (1) แห่งพระราชบัญญัติการสอบสวนคดีพิเศษ พ.ศ. 2547 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2551)

2.1.2 การรวบรวมพยานหลักฐาน

การสอบสวนเป็นกระบวนการรวบรวมพยานหลักฐานเพื่อการค้นหาความจริงในคดีอาญาชั้นเจ้าพนักงานซึ่งการค้นหาความจริงจะต้องเป็นไปตามหลักการรับฟังความทุกฝ่าย ดังนั้น การดำเนินคดีอาญาในชั้นก่อนฟ้องพนักงานสอบสวนจึงต้องรวบรวมพยานหลักฐานทุกชนิดเพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับความผิดที่ถูกกล่าวหามากที่สุดทั้งพยานหลักฐานเพื่อพิสูจน์ความผิดและเพื่อพิสูจน์ความบริสุทธิ์ของผู้ต้องหา ไม่ใช่รวบรวมพยานหลักฐานเพื่อพิสูจน์ให้เห็นความผิดของผู้ต้องหาเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ เนื่องจากในชั้นสอบสวนย่อมถือว่าผู้ต้องหายังเป็นผู้บริสุทธิ์อยู่จนกว่าจะมีคำพิพากษาถึงที่สุด

การได้มาซึ่งพยานหลักฐานในคดีพิเศษอาชญากรรมพิเศษตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการสอบสวนคดีพิเศษ พ.ศ. 2547 เป็นอาชญากรรมที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม ความมั่นคงและความปลอดภัยของประเทศ การรวบรวมหลักฐานเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งและเป็นหน้าที่ของพนักงานสอบสวน คดีพิเศษต้องรวบรวมและแสวงหาพยานหลักฐานโดยอาศัยเครื่องมือต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งพยานหลักฐานที่มีความถูกต้องสามารถพิสูจน์เป็นความผิดและนำผู้กระทำความผิดมาลงโทษได้ โดยอาจอำนาจตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา พ.ศ.๒๔๗๗ ซึ่งการดำเนินคดีตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญาอย่างเดียวนั้นคงไม่สามารถพิสูจน์และหาพยานหลกัฐานเพื่อเอาตัวผู้กระทำความผิดที่มีความเชี่ยวชาญในการกระทำความผิดใน

คดีพิเศษได้เช่น อาชญากรรมทางเศรษฐกิจที่กระทบต่อระบบการการเงิน การธนาคาร การค้าพาณิชย์ การหลีกเลี่ยง ภาษีการละเมิดทรัพย์สินทางปัญญา การทำลายสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติอาชญากรรมคอมพิวเตอร์ หรืออาชญากรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่กระทำการลักลอบแก้ไขเปลี่ยนแปลงหรือทำลายข้อมูลหรือระบบปฏิบัติการของหน่วยงานต่างๆ อาชญากรรมที่มีผู้มีอิทธิพลเข้ามา เกี่ยวข้ององค์กรอาชญากรรมและอาชญากรรมข้ามชาติ ตามกฎหมายการสอบสวนคดีพิเศษจึงได้กำหนดมาตราการเสริมที่มีความสำคัญในการได้มาซึ่งพยานหลักฐานโดยเป็นมาตรการทางกฎหมายที่ เอื้อประโยชน์ให้เจ้าพนักงานสามารถใช้วิธีการได้มาซึ่งพยานหลักฐานโดยใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการสืบหาข้อมูลการกระทำความผิด เช่น การใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์และเทคนิคการสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ เป็นต้น

2.1.3 การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing)

2.1.3.1 ความหมายของการรับรู้จากระยะไกล

Remote Sensing ในภาษาไทยมีคำแปลที่ใช้กันอยู่หลายคำ ได้แก่ “การรับรู้จากระยะไกล” “การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล” “โทรสัมผัส” และ “โทรนิทัศน์” เป็นต้น โดยราชบัณฑิตยสถานใช้คำว่า “การรับรู้จากระยะไกล”

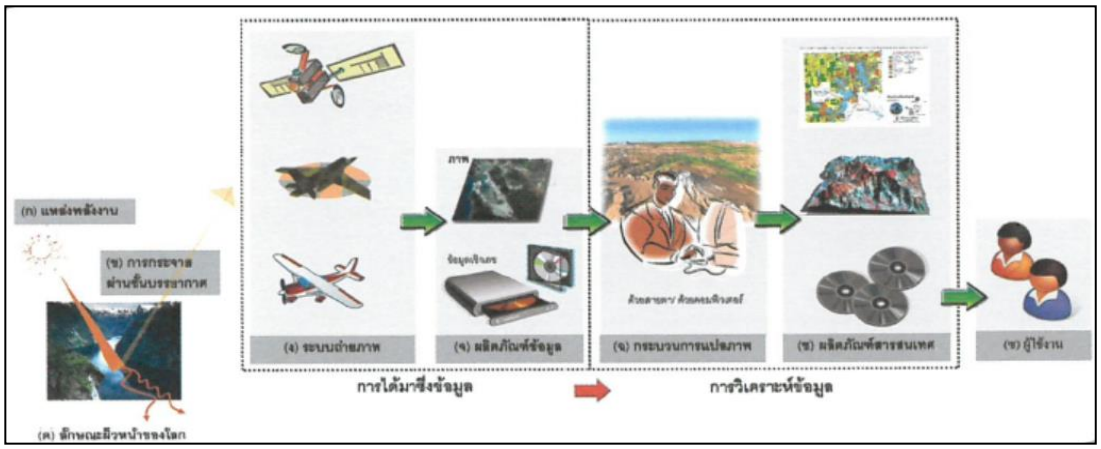
การรับรู้จากระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์บนพื้นโลก จากเครื่องรับรู้ (Sensor) โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic energy) เป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลซึ่งมีคุณสมบัติ ๓ ประการ คือ ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Spectral characteristics) ลักษณะเชิงพื้นที่ของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial characteristics) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal characteristics)

2.1.3.2 กระบวนการและองค์ประกอบการรับรู้จากระยะไกล (Processes and elements of remote sensing) ประกอบด้วย

1) การได้มาซึ่งข้อมูล (Data aacquisition) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ (ก) เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ (ข) เกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับรูปลักษณ์พื้นผิวโลก (ค) และเดินทางเข้าสู่เครื่องรับรู้ที่ติดตั้งในตัวยาน ได้แก่ เครื่องบิน ยานอวกาศ และดาวเทียม (ง) ถูกบันทึก และผลิตเป็นข้อมูลในรูปแบบภาพ (Pictorial หรือ Photograph) และ/หรือรูปแบบเชิงเลข (Digital foam) (จ)

2) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ประกอบด้วย การแปลตีความข้อมูลด้วยสายตา (Visual interpretation) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลข (Digital analysis) (ฉ) โดยมีข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยข้อมูลอ้างอิงต่าง ๆ เช่น แผนที่ดิน ข้อมูลปฏิทินและสถิติการปลูกพืช

และอื่น ๆ ได้ผลิตผล (ช) ของการแปลตีความในรูปแบบแผนที่ ข้อมูลเชิงเลข ตาราง คำอธิบาย หรือแผนภูมิ เป็นต้น เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (ซ)



ภาพที่ 2.1 กระบวนการและองค์ประกอบการรับรู้จากระยะไกล

2.1.3.3 แหล่งพลังงานและหลักการแผ่รังสี (Energy sources and radiation principle)

1) ความยาวคลื่น

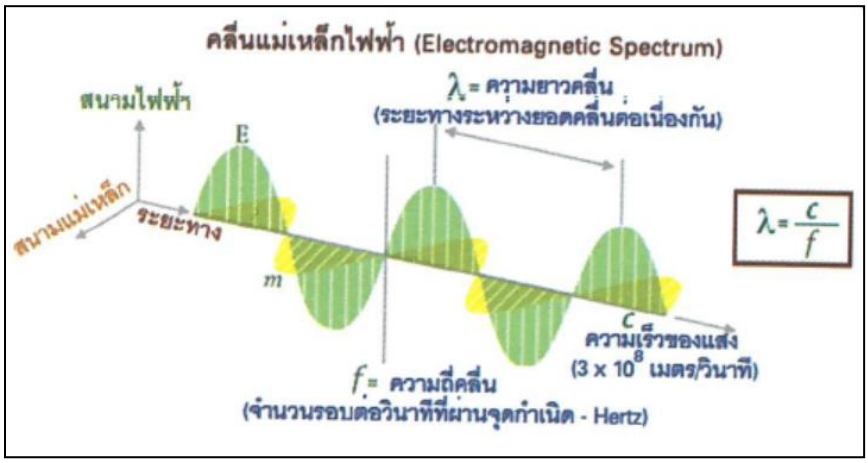
ความยาวคลื่นของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานต่อเนื่องที่มีค่าความยาวช่วงคลื่นหลายเมตรถึงเศษของพันล้านเมตร (Nanometer : 10^{-9} เมตร) โดยดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานในรูปแม่เหล็กไฟฟ้าทางธรรมชาติที่สำคัญและเป็นหลักทางการรับรู้จากระยะไกล ซึ่งจะแผ่พลังงานไปตามทฤษฎีของการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic theory) แยกออกเป็นทฤษฎีคลื่น (Wave theory) และทฤษฎีอนุภาค (Particle theory) ซึ่งในทางการรับรู้จากระยะไกลจะใช้ทฤษฎีคลื่นเป็นหลักที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิค (Harmonic motion) มีช่วงซ้ำและจังหวะเท่ากันในเวลาหนึ่งมีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง (**c**) ระยะทางจากยอดคลื่นถึงยอดคลื่นถัดไปเรียกว่าความยาวคลื่น ( ) และจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลาเรียกว่า ความถี่คลื่น (f) ซึ่งมีความสัมพันธ์ กับความเร็วคลื่น

$$\lambda = c/f$$

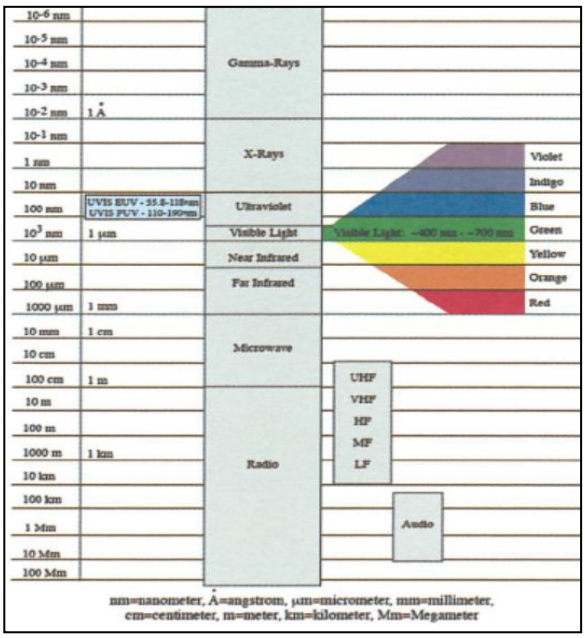
โดยที่ λ = ความยาวคลื่น
c = ความเร็วของคลื่นมีค่าคงที่ 3×10^8 เมตร/วินาที
f = ความถี่คลื่น จำนวนรอบต่อวินาที (cycle/sec หรือ hertz)

จากสมการความยาวคลื่นกับความถี่คลื่น มีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน คือ ความยาวคลื่นมาก ความถี่คลื่นจะน้อย ความยาวคลื่นมีหน่วยวัดเรียกว่า ไมโครเมตร (Micrometer) หรือ ไมครอน (Micron , μ) ซึ่งเท่ากับ 0.000001 เมตร หรือ 10^{-6} เมตร มีรายละเอียดของความยาวคลื่นในมาตราเมตริก

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งตามความยาวคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่น (Band) ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่สั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิก (Cosmic rays) มีความยาวช่วงคลื่นน้อยกว่า 10^{-10} เมตร จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่นหลายกิโลเมตร สำหรับคุณสมบัติของช่วงคลื่น ประกอบด้วยช่วงคลื่นตามลำดับความยาวดังนี้ รังสีแกมมา รังสีเอกซ์อัลตราไวโอเลต ช่วงคลื่นตามองเห็น อินฟราเรด ไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ



ภาพที่ 2.2 ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum)



ภาพที่ 2.3 แสดงช่วงคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ช่วงคลื่นที่ใช้ประกอบในการรับรู้จากระยะไกล แบ่งได้เป็น ๒ กลุ่ม คือ

- ช่วงคลื่นเชิงแสง (Optical wavelength) อยู่ระหว่าง 0.4 – 14 ไมโครเมตร สามารถถ่ายภาพและบันทึกภาพด้วยฟิลม์ถ่ายรูป และเครื่องรับรู้ ประกอบไปด้วย ช่วงคลื่นที่มีผลตอบสนองต่อตาของมนุษย์ หรือช่วงคลื่นตามองเห็น (Visible light) อยู่ระหว่าง 0.4 – 0.7 ไมโครเมตร แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ น้ำเงิน เขียว และแดง ถัดมาเป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared) หรืออินฟราเรดสะท้อนซึ่งอยู่ระหว่าง 0.7 – 3 ไมโครเมตร และอินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared) ระหว่าง 3 – 15 ไมโครเมตร
- ช่วงคลื่นไมโครเวฟ อยู่ระหว่าง 1 มิลลิเมตรถึง 1 เมตร โดยช่วงคลื่นในกลุ่มนี้มันนิยมเรียกหน่วยนับเป็นหน่วยความถี่ ต่างจากกลุ่มช่วงคลื่นเชิงแสงที่มีหน่วยเป็นความยากคลื่น ที่รู้จักกันดีก็คือระบบเรดาร์ ซึ่งจะทำการบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 3 – 12.5 GHz (ความยาวคลื่นระหว่าง 2.4 – 100 เซนติเมตร) นิยมใช้ตัวอักษรบอกช่วงคลื่น แบ่งเป็นช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้ดังนี้

ช่วงคลื่น K ความถี่	12.5 – 40	GHz	หรือความยาวคลื่น	0.70 – 2.4	เซนติเมตร
ช่วงคลื่น X ความถี่	8 – 12.5	GHz	หรือความยาวคลื่น	2.4 – 3.75	เซนติเมตร
ช่วงคลื่น C ความถี่	4 – 8	GHz	หรือความยาวคลื่น	3.75 – 7.5	เซนติเมตร
ช่วงคลื่น S ความถี่	2 – 4	GHz	หรือความยาวคลื่น	7.5 – 15	เซนติเมตร
ช่วงคลื่น L ความถี่	1 – 2	GHz	หรือความยาวคลื่น	15 – 30	เซนติเมตร
ช่วงคลื่น P ความถี่	0.3 – 1	GHz	หรือความยาวคลื่น	30 – 100	เซนติเมตร

2) การแผ่รังสีของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

การแผ่รังสีของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถอธิบายด้วยทฤษฎีอนุภาคกล่าวคือการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยหน่วยอิสระที่เรียกว่าโฟตอน (Photon) หรือควอนตัม (Quantum) พลังงานของแต่ละควอนตัมจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของคลื่น ดังนี้

$E = hf$

โดยที่ E = พลังงานของ 1 ควอนตัม มีหน่วยเป็น จูล (Joules)

h = ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's constant) = 6.626×10^{-34} J.sec

f = ค่าความถี่ของคลื่น

หรืออาจจะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความยาวคลื่นได้ดังนี้ $E = {}^{hc}/\lambda$

ดังนั้นพลังงานจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวคลื่น คือ ความยาวคลื่นมากจะให้พลังงานต่ำ ถ้าวัตถุใดส่งพลังงานช่วงคลื่นยาว เช่น ไมโครเวฟ การตรวจรับพลังงานโดยอุปกรณ์ทางการรับรู้จาก

ระยะไกลที่ช่วงคลื่นนี้จะยากกว่าการตรวจรับพลังงานที่ช่วงคลื่นสั้น ถ้าต้องการบันทึกพลังงานช่วงคลื่นยาวจะต้องบันทึกพลังงานในบริเวณกว้างและใช้เวลาในการบันทึกนาน

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สำคัญที่สุดของการรับรู้จากระยะไกล อย่างไรก็ตาม สสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าองศาสัมบูรณ์ (0 K หรือ –273°C) สามารถเปล่งพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีขนาดและส่วนประกอบของช่วงคลื่นแตกต่างกันไป ซึ่งพลังงานที่วัตถุแผ่ออกมามากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของผิววัตถุ สามารถคำนวณได้จากกฎของ Stefan Boltzmann ดังนี้

$$W = \sigma T^4$$

โดยที่ W = พลังงานทั้งหมดที่เปล่งออกมาจากผิววัตถุ Wm^{-2}

σ = ค่าคงที่ Stefan-Boltzmann ; $5.6697 \times 10^{-8}\ Wm^{-2}\ K^{-4}$

T = อุณหภูมิของวัตถุ (K)

การแผ่พลังงานทั้งหมดจากวัตถุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิยกกำลัง ๔ เห็นได้ว่าพลังงานที่ออกมาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กฎนี้ใช้ได้กับวัตถุที่มีลักษณะเรียกว่า **“เทหวัตถุสีดำ** (Black body)” ซึ่งเป็นวัตถุสมมติที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนพลังงานทั้งหมดที่มาตกกระทบ (Incident energy) และแผ่พลังงานออกไปได้สูงสุด ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ซึ่งในความเป็นจริงไม่มีวัตถุใดที่มีคุณสมบัติแบบนี้ มีเพียงใกล้เคียงเท่านั้น โดยพลังงานที่แผ่ออกไปจะแปรผันกับอุณหภูมิของวัตถุและความยาวคลื่น

พลังงานที่แผ่ออไปจะแปรผันกับอุณหภูมิของวัตถุและพลังงานนี้จะมีการกระจายของสเปกตรัมแตกต่างกันไปด้วย หรือมีสัดส่วนของสเปกตรัมแปรผันไปกับอุณหภูมิของวัตถุ แสดงความสัมพันธ์ของความยาวคลื่นกับพลังงานทั้งหมดที่เปล่งออกมาจากผิดวัตถุ และพลังงานสูงสุดของวัตถุ การกระจายของสเปกตรัมตั้งแต่อุณหภูมิจาก 200 ˚K ถึง 6,000 ˚K ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับพลังงานที่แผ่รังสีออกมาต่อ 1 ไมโครเมตร ของช่วงคลื่น ซึ่งมีหน่วยเป็น $Wm^{-2}\ \mu m^{-1}$ ดังนั้น พื้นที่ได้เส้นโค้งจะเป็นพลังงานที่แผ่ออกมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าวัตถุหรือตัวแผ่รังสีที่มีอุณหภูมิสูงให้พลังงานทั้งหมดออกมาสูงกว่า จากภาพดังกล่าวพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจุดยอดจะเอียงไปทางด้านที่มีความยาวคลื่นสั้น

อย่างไรก็ตาม สามารถคำนวณหาพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่สำหรับความยาวคลื่นหนึ่งๆ ที่กำหนดจาก **กฎของพลังค์** ดังนี้

$$W_\lambda = c_1 \lambda^{-5} \left[\exp\left[\frac{c_2}{\lambda T} \right] - 1 \right]^{-1}$$

โดยที่ C1 ค่าคงที่ = $3.74 \times 10^{-16}\ W.m^2$

C2 ค่าคงที่ = 1.44×10^{-2} m.K

T = อุณหภูมิ (K)

W_λ = พลังงานที่ความยาวคลื่น λ

เห็นได้ว่าพลังงานที่แผ่รังสีออกมาแปรผันไปตามอุณหภูมิ และความยาวช่วงคลื่น ดังนั้นเมื่อทราบอุณหภูมิก็สามารถคำนวณหาความยาวคลื่นที่ให้พลังงานสูงสุดได้จาก **กฎการแทนที่ของเวียน (Wien's displacement law)** ดังนี้

$$\lambda_m = c/T$$

โดยที่ λ_m = ความยาวคลื่นที่จะให้พลังงานสูงสุด

C = ค่าคงที่ 2.898×10^{-3} m.K

ตัวอย่างที่ 1 ที่พื้นผิวโลก มีอุณหภูมิ 300 ˚K ดังนั้น

λ m = $(2.898 \times 10^{-3})/300$m

= 9.66×10^{-6} m

= 9.66 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่น Thermal infrared) หรือประมาณ 10 ไมโครเมตร

ตัวอย่างที่ 2 ดวงอาทิตย์ มีอุณหภูมิ 6,000 ˚K ดังนั้น

λ m = $(2.898 \times 10^{-3}) / 6{,}000$ m

= 0.483×10^{-6} m

= 0.483 ไมโครเมตรหรือ ประมาณ 0.5 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่นน้ำเงิน – เขียว)

ดังนั้นอุณหภูมิของพื้นผิวโลก (พืช ดิน และน้ำ) ประมาณ 300 ˚K มีพลังงานที่แผ่ออกมาสูงสุดเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นประมาณ 10 ไมโครเมตร หรือที่ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน เนื่องจากการแผ่รังสีออกมามีความสัมพันธ์กับความร้อนของพื้นผิวโลก จึงนิยมเรียกรังสีที่แผ่ออกมานี้ว่าพลังงานอินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared energy) พลังงานนี้ไม่สามารถที่ตรวจวัดได้ด้วยการบันทึกด้วยกล้องถ่ายรูปที่ใช้ฟิลม์ทั่ว ๆ ไปแต่สามารถบันทึกด้วยเครื่องมือพิเศษ เช่น เรดิโอมิเตอร์

(Radiometer) หรือ เครื่องวาดภาพ ด้วงอาทิตย์มีพลังงานที่แผ่ออกมาสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 0.5 ไมโครเมตร ตาของมนุษย์และฟิล์มถ่ายรูปทั่วไปไวต่อพลังงานในช่วงคลื่นขนาดนี้ ดังนั้นเมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นเราสามารถมองเห็นพื้นผิวของโลก เนื่องจากการสะท้อนของพลังแสงอาทิตย์ พลังงานที่ความยาวคลื่นที่ยาวกว่านี้จะแผ่รังสีออกจากพื้นโลกเช่นกัน แต่สามารถสังเกตหรือตรวจวัดได้ด้วยระบบอื่นที่ไม่ใช่ฟิล์มถ่ายรูปทั่วๆไปดังกล่าวมาแล้ว การแบ่งขอบเขตระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อนกับอินฟราเรดความร้อนที่แผ่รังสีออกมาจากวัตถุประมาณ ๓ ไมโครเมตร (ความยาวคลื่นต่ำกว่านี้ จะมีอินฟราเรดสะท้อนเป็นส่วนใหญ่ หากสูงกว่านี้จะเป็นอินฟราเรดที่แผ่ออกจากวัตถุเอง) โดยทั่วไปแล้วระบบการรับรู้ (Ssnsing system)ที่สามารถตรวจวัดพลังงานที่สะท้อน จาก วัตถุและแผ่รังสีออกมาโดยธรรมชาติเรียกว่า **ระบบแพสซิฟ** ไม่ว่าจะอาศัยดวงอาทิตย์ หรือเป็นพลังงานที่แผ่รังสีจากตัวเองส่วนระบบการรับรู้ที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยังวัตถุเป้าหมายเรียกว่า **ระบบแอ็กทิฟ** เช่น ระบบเรดาร์ต้องส่งพลังงานที่สังเคราะห์ขึ้นไปกระทบวัตถุเป้าหมาย แล้วตรวจหา (Detect) พลังงานที่กระจัดกระจายกลับ (Backscatter)

2.1.3.4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานในชั้นบรรยากาศ(Enenrgy interactions with earth surface features)

เมื่อพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศมาตกกระทบพื้นผิวโลก จะเกิดปฏิสัมพันธ์ ๓ แบบ คือ การสะท้อนพลังงาน (Reflection) การดูดกลืนพลังงาน (Absorption) และการส่งผ่านพลังงาน (Transmission) อันเป็นปรากฏการณ์สำคัญในการรับรู้จากระยะไกล ของวัตถุบนพื้นผิวโลก สามารถเขียนเป็นสมการความสมดุลพลังงาน (Energy balance equation) ได้ดังนี้

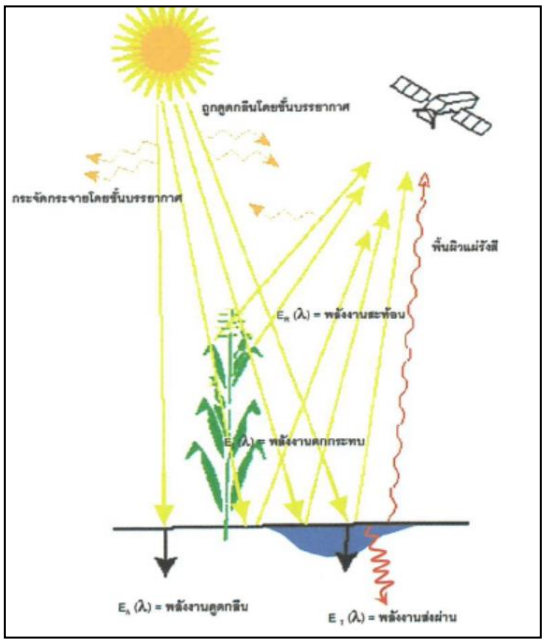
$$E_I(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda)$$

โดยที่ $E_I(\lambda)$ = พลังงานตกกระทบ (Incident energy) ที่ความยาวคลื่น λ

$E_R(\lambda)$ = พลังงานสะท้อน ที่ความยาวคลื่น λ

$E_A(\lambda)$ = พลังงานดูดกลืน ที่ความยาวคลื่น λ

$E_T(\lambda)$ = พลังงานส่งผ่าน ที่ความยาวคลื่น λ



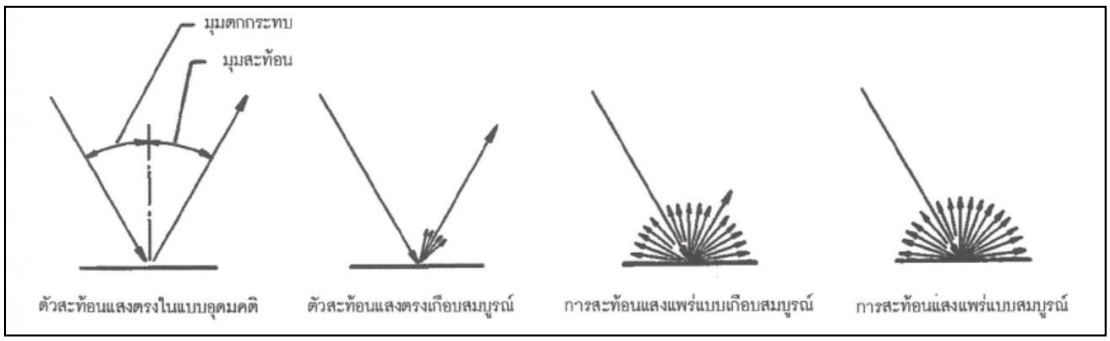
ภาพที่ 2.4 แสดงปฏิสัมพันธ์ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับพื้นผิวโลก

สัดส่วนของการดูดกลืน การส่งผ่าน การสะท้อนพลังงานแตกต่างกันตามชนิดของสสาร ทำให้สามารถแยกชนิดของวัตถุในภาพถ่ายได้ นอกจากนี้ในวัตถุเดียวกันสัดส่วนของการเกิดปฏิสัมพันธ์ทั้งสามนี้แตกต่างกันตามความยาวของช่วงคลื่นที่ตกกระทบอีกด้วย วัตถุสองชนิดอาจไม่แตกต่างกันในช่วงคลื่นหนึ่ง แต่สามารถแยกจากกันได้ในอีกช่วงคลื่นหนึ่ง ในช่วงคลื่นสายตามองเห็นความแตกต่างกันทางด้านเชิงคลื่นรังสีของวัตถุจะแสดงให้เห็นในรูปของสีต่างๆ เช่น การที่เราเห็นวัตถุเป็นสีเขียวเนื่องจากวัตถุนั้นสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีเขียวมาก เนื่องจากระบบบันทึกพลังงานส่วนใหญ่บันทึกพลังงานสะท้อน ดังนั้นการศึกษาเพื่อแยกชนิดของวัตถุจึงเป็นการศึกษาการสะท้อนพลังงานของวัตถุซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_R(\lambda) = E_I(\lambda) - [E_A(\lambda) + E_T(\lambda)]$$

“พลังงานสะท้อนเท่ากับพลังงานตกกระทบวัตถุ ลบด้วยผลรวมของพลังงานดูดกลืนกับพลังงานส่งผ่าน”
ลักษณะพื้นผิวหน้าของวัตถุเป็นสิ่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสะท้อนพลังงานวัตถุที่มีพื้นหน้าเรียบมุมสะท้อนพลังงานจะเท่ากับมุมตกกระทบ เป็นลักษณะการสะท้อนแสงตรง (Specular reflectors) ส่วนวัตถุที่มีผิวหน้าขรุขระ การสะท้อนพลังงานจะไม่เป็นระเบียบ เรียกว่า การสะท้อนแสงแพร่ (Diffuse reflection) หรือ (Lambertian reflection) อย่างไรก็ตามวัตถุส่วนใหญ่มีลักษณะผสมผสานกันระหว่าง

สองลักษณะนี้ นอกจากลักษณะของพื้นผิววัตถุแล้วยังต้องคำนึกถึกความยาวของช่วงคลื่นที่ตกกระทบวัตถุด้วย ถ้าเป็นพลังงานช่วงคลื่นสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดอนุภาคของวัตถุที่ประกอบเป็นผิวหน้าวัตถุ หรือความต่างระดับของผิวหน้าวัตถุ การสะท้อนแสงอาจเป็นแบบให้ลักษณะวัตถุพื้นผิวขระขระได้ แต่ถ้าในวัตถุชนิดเดียวกันนี้ได้รับพลังงานตกกระทบในช่วงคลื่นยาว เมื่อเปรียบเทียบกับผิววัตถุ การสะท้อนแสงอาจเป็นแบบลักษณะของวัตถุที่มีพื้นผิวราบได้



ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะการสะท้อนพลังงานจากพื้นผิววัตถุเรียบ และขระ

ในการรับรู้จากระยะไกล เป็นการวัดสัดส่วนในการสะท้อนพลังงานของวัตถุบนผิวโลก ณ ช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่ง เรียกว่า ความสะท้อนเชิงสเปกตรัม (Spectral Reflectance) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\rho_\lambda = E_\lambda(\lambda) / E_I(\lambda)$$

โดยที่ ρ_λ = ความสะท้อนเชิงสเปกตรัม ที่ช่วงคลื่น λ
มักนิยมแสดงเป็นอัตราส่วน หรือร้อยละระหว่างพลังงานสะท้อนต่อพลังงานตกกระทบ

ดังนั้นพลังงานที่วัดได้โดยเครื่องรับรู้จึงประกอบด้วยพลังงานที่สะท้อนหรือแผ่จากพื้นผิววัตถุ พลังงานบางส่วนจากปฏิสัมพันธ์ในชั้นบรรยากาศ พลังงานที่สะท้อนกลับโดยตรงจากก้อนเมฆ ค่าที่วัดได้นี้จะน้อยหรือมาก หรือเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับสภาวะของบรรยากาศ มุมของดวงอาทิตย์ ตำแหน่งของเครื่องรับรู้ คุณสมบัติของวัตถุในการสะท้อน การดูดกลืน และการส่งผ่านพลังงาน

2.1.3.5 ความสะท้อนเชิงสเปกตรัมของพืชพรรณ ดิน และน้ำ

พืชพรรณ ดิน และน้ำ เป็นวัตถุปกคลุมผิวโลกเป็นส่วนใหญ่ การสะท้อนพลังงานที่ความยาวช่วงคลื่นต่างกันของพืชพรรณ ดิน และน้ำ ทำให้สามารถแยกประเภทของวัตถุชนิดต่าง ๆ ได้ โดยวัตถุทั้งสามชนิดหลักนี้มีรูปแบบการตอบสนองต่อช่วงคลื่นต่าง ๆ เฉพาะตัว เรียกว่า ลักษณะบ่งชี้เชิงสเปกตรัม (Spectral signature) โดยที่ช่วงคลื่นเดียวกัน วัตถุต่างชนิดจะให้ค่าการสะท้อนพลังงานต่างกัน ขณะที่ความยาวช่วงคลื่นต่างกัน วัตถุชนิดเดียวกันจะมีความสะท้อนเชิงสเปกตรัมต่างกัน ความยาวช่วงคลื่นต่างกัน วัตถุต่างกันจะมีความสะท้อนเชิงสเปกตรัมต่างกันทำให้สามารถแยกชนิดของวัตถุได้

1) พืชพรรณ

ในช่วงคลื่นสายตามองเห็น คลอโรฟิลล์ของใบพืชดูดกลืนพลังงานสีน้ำเงิน (0.4 – 0.5 ไมโครเมตร) และสีแดง (0.6 – 0.7 ไมโครเมตร) แต่สะท้อนพลังงานสีเขียว (0.5 – 0.6 ไมโครเมตร) ดังนั้นดวงตามนุษย์จึงมองเห็นใบพืชเป็นสีเขียว ถ้าใบพืชมีอาการผิดปกติ เช่น แห้ง หรือเหี่ยว ทำให้คลอโรฟิลล์ลดลงก็จะทำให้การสะท้อนที่คลื่นสีแดงสูงขึ้นในช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน (0.7 – 1.3 ไมโครเมตร) การสะท้อนพลังงานของใบพืชสูงมาก คือ สะท้อนพลังงานประมาณร้อยละ 50 ของพลังงานที่ตกกระทบ ซึ่งลักษณะของการสะท้อนพลังงานนี้เป็นผลเนื่องมาจากโครงสร้างภายในใบของพืช (Cell structre) เนื่องจากพืชก็จะสามารถแยกชนิดจะมีลักษณะโครงสร้างภายในที่แตกต่างกัน ดังนั้นการสะท้อนพลังงานในช่วงนี้ก็จะสามารถแยกชนิดของพืชได้ แม้ว่าการสะท้อนพลังงานของพืชในช่วงคลื่นสายตามองเห็นได้จะใกล้เคียงกัน ในทำนองเดียวกันการสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่นอินฟราเรดสะท้อนของพืชที่มีอาการผิดปกติทางใบ จะมีความแตกต่างไปจากการสะท้อนที่มีความยาวคลื่นเดียวกันของพืชที่สมบูรณ์กว่า ดังนั้นระบบการรับรู้จากระยะไกลสามารถบันทึกค่าสะท้อนของช่วงคลื่นนี้ได้ สามารถใช้สำรวจอาการผิดปกติของพืชได้ในช่วงคลื่นที่มีความยาวสูงกว่า 1.3 ไมโครเมตร พลังงานส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนหรือสะท้อนมีการส่งผ่านพลังงานน้อยมาก มักพบค่าต่ำลงที่ช่วงคลื่น 1.4 1.9 และ 2.7 ไมโครเมตร เพราะว่าในช่วงเหล่านี้น้ำในใบพืชจะดูดกลืนพลังงาน จึงเรียกว่า ช่วงคลื่นดูดกลืนน้ำ (Water absorption bands) ดังนั้นค่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชจึงแปรผกผันกับปริมาณน้ำในใบพืชด้วย

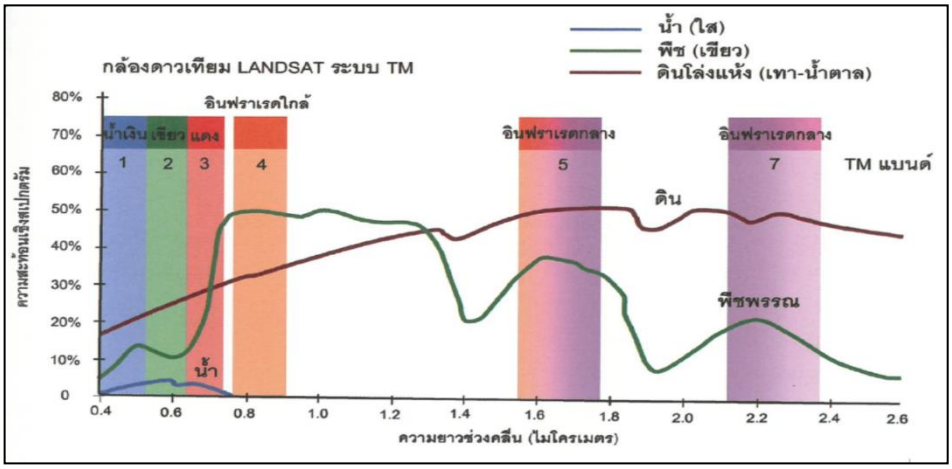
2) ดิน

การสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนพลังงานของดินกับความยาวคลื่นมีความแปรปรวนน้อย ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงานของดิน คือ ความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เนื้อดิน ปริมาณเหล็กออกไซด์ และความขระขระของผิวดิน ปัจจัยดังกล่าวมีความซับซ้อน และสัมพันธ์ซึ่งกันและ

กัน เช่น ลักษณะเนื้อดิน มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน ดินทรายหยาบมีการระบายน้ำดีจะสะท้อนพลังงานสูง ดินละเอียดมีการระบายน้ำเลวจะสะท้อนพลังงานต่ำ ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงจะมีสีคล้ำ ดูดกลืนพลังงานสูงในช่วงคลื่นสายตามองเห็น เช่นเดียวกับกินที่มีเหล็กออกไซด์ในปริมาณสูง จะปรากฏเป็นสีเข้ม เนื่องจากการสะท้อนพลังงานลดลง ความขรุขระของผิวดินมากจะทำให้การสะท้อนของพลังงานลดลงเช่นเดียวกัน

3) น้ำ

โดยทั่วไปน้ำมีคุณสมบัติดูดกลืนพลังงาน อย่างไรก็ตามน้ำมีหลายประเภทซึ่งจะทำให้การดูดกลืนพลังงานแตกต่างกันไป การสะท้อนพลังงานของน้ำมีลักษณะต่างจากวัตถุอื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงคลื่นอินฟราเรด น้ำจะดูดกลืนพลังงานอย่างสมบูรณ์ทำให้สามารถเขียนขอบเขตของน้ำได้ เนื่องจากน้ำที่ปรากฏอยู่บนผิวโลกมีหลายสภาพด้วยกัน เช่น น้ำขุ่น น้ำใส หรือน้ำที่มีสารแขวนลอยต่าง ๆ เจือปน ดังนั้นการสะท้อนพลังงานจึงแตกต่างกันออกไป บางครั้งพื้นที่ที่รองรับน้ำอาจมีผลต่อการสะท้อนพลังงานของน้ำ น้ำใสจะดูดกลืนพลังงานเล็กน้อยที่ช่วงคลื่นต่ำกว่า 0.6 ไมโครเมตร การส่งผ่านพลังงานเกิดขึ้นสูงในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน เขียว แต่น้ำที่มีตะกอนหรือมีสิ่งเจือปนการสะท้อนและการส่งผ่านพลังงานจะเปลี่ยนไป เช่น น้ำที่มีตะกอนดินแขวนลอยอยู่มาก จะสะท้อนพลังงานได้มากกว่าน้ำใส ถ้ามีสารคลอโรฟิลล์ในน้ำมากขึ้น การสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงินจะลดลงและจะเพิ่มขึ้นในช่วงคลื่นสีเขียว ซึ่งอาจใช้เป็นประโยชน์ในการติดตามและคาดคะเนปริมาณสาหร่าย นอกจากนี้ข้อมูลการสะท้อนพลังงานยังเป็นประโยชน์ในการสำรวจคราบน้ำมัน และมลพิษจากโรงงานได้



ภาพที่ 2.6 แสดงความสะท้อนเชิงสเปกตรัมของ พืชพรรณ ดิน และน้ำ

2.1.3.6 ระบบเครื่องรับรู้ (Sensor systems)

Aronoff (2005) ได้จำแนกระบบเครื่องรับรู้ออกเป็น ๓ แบบ คือ

- ระบบกล้องถ่ายรูป (Photographic camera)
- ระบบแพสซิฟอิเล็กทรอนิกส์ (Passive electronic sensors)
- ระบบแอ็กทิฟอิเล็กทรอนิกส์ (Active electronic sensors)

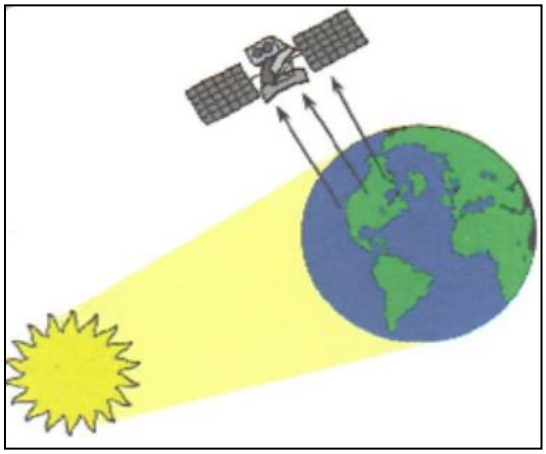
1) ระบบกล้องถ่ายรูป

ในระบบกล้องถ่ายรูปหรือฟิล์มถ่ายรูป ค่าพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่เคลือบบนแผ่นฟิล์ม ทำให้เกิดความแตกต่างตามพลังงานและช่วงคลื่นที่ได้รับ เมื่อมีการล้างฟิล์มปรกกฎความแตกต่างของสีและระดับสี สามารถอัดขยายเป็นรูปขาวดำและรูปสี ได้แก่ กล้องถ่ายรูปที่สามารถบันทึกช่วงคลื่นระหว่าง 0.3 – 0.9 ไมโครเมตร เท่านั้น กล้องถ่ายรูปที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถให้รูปถ่ายทางอากาศที่มีความละเอียดภาพสูงถึง 0.01 มิ่ลลิเมตร ซึ่งการแปลตีความรูปถ่ายทางอากาศทั่วไป ต้องการความละเอียดเพียง 0.1 มิลลิเมตร เช่น ในมาตราส่วน 1 : 50,000 จะเท่ากับระยะจริงบนพื้นดิน 5 เมตร และในมาตราส่วน 1 : 6,000 จะเท่ากับระยะจริงบนพื้นดิน 0.6 เมตร ความละเอียดของรูปถ่าย ได้จากการเรียงตัวของเส้นสลับขาวดำ มีหน่วยเป็น่จำนวนคู่เส้นต่อมิลลิเมตร (คู่เส้น/มิลลิเมตร) ฟิล์มถ่ายรูปหรือรูปถ่ายทางอากาศใช้มาตราฐานของขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัสสลับขาวและดำ ที่สายตาสามารถเห็นแยกจากกันได้อย่างชัดเจน ฟิลม์รูปถ่ายทางอากาศมีความละเอียด 100 ถึง 150 คู่เส้น/มิลลิเมตร ส่วนฟิล์มชนิดพิเศษสามารถให้ความละเอียดถึง 450 คู่เส้น/มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามปัจจัยต่างๆ ในการบินถ่ายภาพ เช่น กล้องถ่ายรูป ความไวแสงของฟิล์ม และการเคลื่อนที่ขณะถ่ายรูป เป็นต้น ทำให้ความละเอียดภาพของรูปถ่ายทางอากาศเปลี่ยนไปรูปถ่ายทางอากาศจึงนิยมใช้ในการทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่ เนื่องจากให้ความละเอียดภาพสูง และการวัดค่าความถูกต้องทางภาคพื้นดินทำได้ง่าย รวมทั้งการแปลตีความด้วยสายตาและด้วยเครื่องมือพื้นฐานอย่างง่าย นอกจากนั้นกระสวยอากาศและห้องปฏิบัติการลอยฟ้า รวมทั้งยามอวกาศของประเทศรัสเซียมักนิยมติดตั้งระบบกล้องถ่ายรูป

2) ระบบแพสซิฟอิเล็กทรอนิกส์ (Passive electronic sensors)

เป็นเครื่องมือรับรู้ที่บันทึกพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งภายนอกหรือจากธรรมชาติ (ภาพแสดงระบบแพสซิฟเชิงเลย) ซึ่งแหล่งพลังงานทางธรรมชาติที่สำคัญได้แก่ ดวงอาทิตย์ เป็นระบบการรับรู้จากระยะไกลที่ใช้งานกันแพร่หลายทั่วไป เครื่องรับรู้ที่ใช้งาน อย่างกว้างขวาง คือ ระบบกราดภาพหลายช่วง

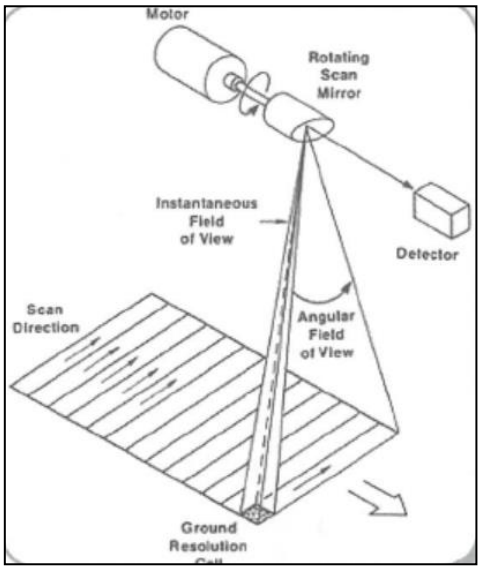
คลื่น ซึ่งจะทำการบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นต่างๆ ระหว่าง 0.3 – 14 ไมโครเมตร เครื่องกราดภาพลายเส้น (Line scanners) มี ๕ ประเภท ได้แก่



ภาพที่ 2.7 แสดงระบบแพสซิฟเชิงเลย

- เครื่องกราดภาพขวางแนวโคจร (Across track scanner)

ระบบนี้บันทึกข้อมูลโดยอาศัยกระจกหมุนกราดรับข้อมูลจากแต่ละสนามมุมมองในขณะนั้น (Instantaneous Field of Vivew : IFOV) แล้วบันทึกลงในเครื่อง (ภาพแสดง ลักษณะการบันทึกข้อมูลระบบกราดภาพขวางแนวโคจร) โดยแสดงเป็นค่าความเข้ม (Intensity) ของแต่ละจุดภาพบนภาพ

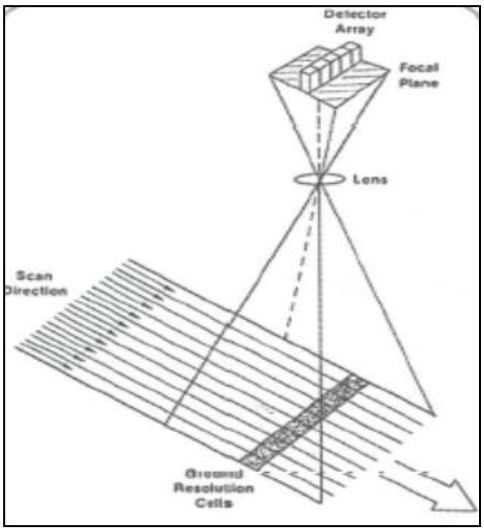


ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะการบันทึกข้อมูลระบบกราดภาพขวางแนวโคจร

การบันทึกในลักษณะข้อมูลเชิงเลข ความละเอียดภาพของข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) ขึ้นอยู่กับความละเอียดภาพบนพื้นดิน (Ground resolution) ซึ่งหมายถึงขนาดของพื้นที่เล็กที่สุดที่เครื่องรับรู้สามารถบันทึกได้ หมายความว่าเป็นกรอบพื้นที่ขนาดเล็กที่สุดที่จะ ถูกแทนที่ด้วยค่าเชิงเลข 1 ค่า โดยเป็นค่าพลังงานเฉลี่ยของการสะท้อนจากวัตถุต่างๆ ที่อยู่รวมกันในกรอบดังกล่าวนั้น เช่น ข้อมูลจากดาวเทียมความละเอียดภาพ 20 เมตร หมายถึงว่า แต่ละจุดขนาด 20 x 20 เมตร บนพื้นดิน มีค่าการสะท้อนเฉลี่ยเพียง 1 ค่า เป็นตัวแทนเฉลี่ยของวัตถุในกรอบนั้น ซึ่งเรียกว่า ค่าเชิงเลข หรือค่าจุดภาพ หรือค่าระดับสีเทา (Gray scale)

- เครื่องกราดภาพตามแนวโคจร (Along track scanner)

ข้อมูลในแต่ละแถวถูกบันทึกพร้อม ๆ กัน แต่ถูกแยกบันทึกโดยเครื่องตรวจหา (Detector) ของแต่ละเครื่อง

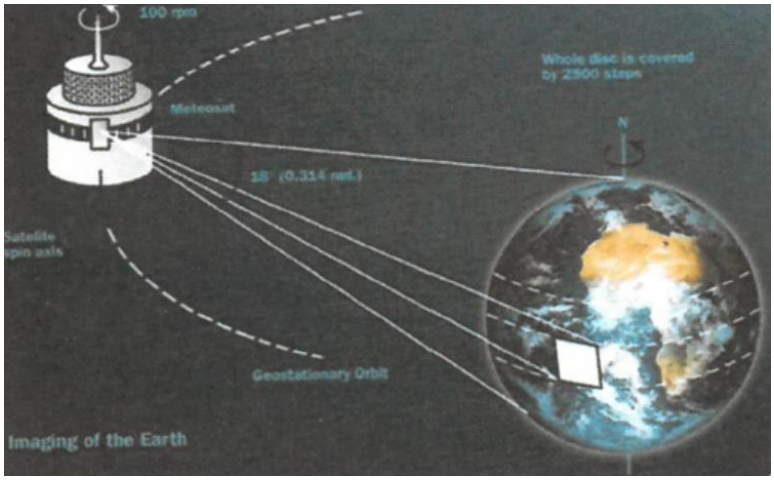


ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะการบันทึกแบบระบบกราดภาพตามแนวโคจร

- เครื่องกราดภาพแบบหมุนรอบ (Spin scanners)

เป็นเครื่องกราดภาพสำหรับดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ที่มีวงโคจรแบบค้างฟ้าหรืออยู่กับที่เหนือพื้นโลกตลอดเวลา ไม่สามารถเคลื่อนที่เพื่อบันทึกภาพของโลกตามพื้นที่ต้องการได้ วิธีหนึ่งที่ใช้ในการบันทึกภาพ คือ การหมุนรอบตัวเองของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในแกนเหนือ-ใต้ เพื่อกราดภาพโลกด้านล่าง ในแต่ละรอบ สามารถกราดถ่ายภาพได้เพียงหนึ่งแนว คือ แนวตะวันออก-ตะวันตก และปรับมุม

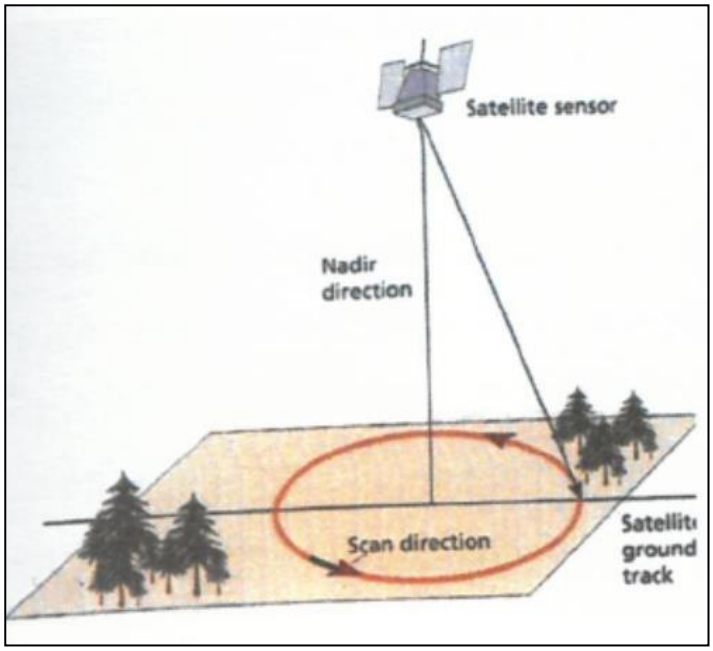
กระจกในรอบต่อมาเพื่อกราดถ่ายภาพด้านข้างจนครบพื้นที่ต้องการได้ ภาพแสดง เครื่องกราดภาพแบบมุมรอบ



ภาพที่ 2.10 แสดงเครื่องกราดภาพแบบมุมรอบ (ที่มา : Aronoff, S, (2005))

- เครื่องกราดภาพทรงกรวย (Conical scanners)

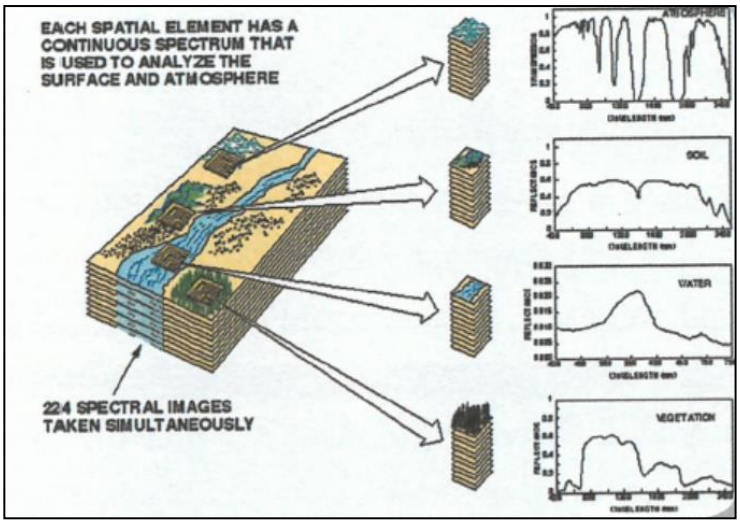
เป็นเครื่องกราดภาพในแนววงกลมหรือวงรี หากกราดภาพวงกลมในแนวดิ่งแล้ว มุมกล้องและ IFOV จะมีค่าคงที่ (ภาพแสดง ระบบกวาดภาพทรงกรวย) เป็นเครื่องกราดภาพที่ใช้ทั่วไปสำหรับดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เครื่องรับรู้นี้ทำงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดและไมโครเวฟ ที่มีความละเอียดภาพค่อนข้างหยาบประมาณ ๑ และ ๕๐ กิโลเมตร ตามลำดับ ตัวอย่างเช่นข้อมูลจากดาวเทียม TRMM (Tropical Rainfall Monitoring Mission) ซึ่งบันทึกข้อมูลช่วงไมโครเวฟ ๕ ช่วงคลื่น มีความละเอียดภาพ ๕๐ กิโลเมตร ใช้ในการศึกษาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ลมพื้นผิว ไอน้ำในบรรยากาศ ปริมาณน้ำในเมฆและอัตราน้ำฝน ดาวเทียม ERS 2 มีเครื่องรับรู้แบบ ATSR ซึ่งเป็นเครื่องกราดภาพทรงกรวย ทำงานในช่วงคลื่นจำนวน ๗ แบนด์ ในช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรด เครื่องกราดภาพทรงกรวยนี้ สามารถบันทึกภาพพื้นโลกในลักษณะทรงกรวยเฉียงในมุมที่ต่างกันในแนวดิ่ง และบันทึกภาพไปข้างหน้าใช้เวลาเพียง ๒-๓ นาที สามารถปรับแก้ผลกระทบจากชั้นบรรยากาศ ทำให้การวัดอุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีความถูกต้องจากการวัดเพียงครั้งเดียว



ภาพที่ 2.11 แสดงระบบกวาดภาพทรงกรวย (ที่มา : Aronoff, S, (2005))

- ภาพแสดง ระบบกวาดภาพทรงกรวย (ที่มา : Aronoff, S, (2005))

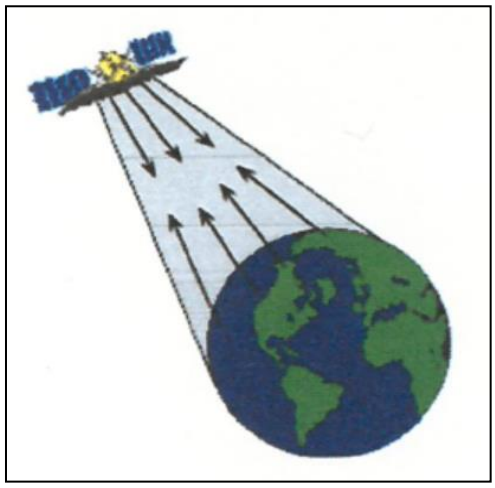
เป็นเครื่องกราดภาพตั้งแต่สามถึงสิบช่วงคลื่นพร้อมๆ กัน สามารถบันทึกภาพของช่วงคลื่นแคบๆ ได้ต่อเนื่องกันเป็นจำนวนมากจนถึงหลายร้อยช่วงคลื่น (ภาพแสดง ระบบกวาดภาพหลายๆ ช่วงคลื่น) ช่วงคลื่นแคบๆ เหล่านี้มีความกว้างแถบความถี่ (Band width) 0.015 ไมโครเมตร หรือสั้นกว่า ข้อมูลจากเครื่องกราดไฮเปอร์สเปกตรัม สามารถสร้างกราฟสเปกตรัมที่แยกความแตกต่างของลักษณะบนพื้นดินได้ดีกว่าเครื่องกราดหลายสเปกตรัมที่มีความกว้างแถบความถี่กว้างกว่า ตัวอย่างของเครื่องกราดไฮเปอร์สเปกตรัม ซึ่งพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการ JPL (Jet Propulsion Laboratory) ที่นิยมใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องรับรู้ AVIRIS (Airborne Visible Infrared Imaging Spectrometer) ซึ่งบันทึกข้อมูลถึง 224 ช่วงคลื่นมีความกว้าง 0.0096 ไมโครเมตร ระหว่างความยาวคลื่น 0.4 – 2.45 ไมโครเมตร และเครื่องรับรู้ CHRIS (Compact High Resolution Imaging Spectrometer) ขององค์การอวกาศยุโรป (ESA) สามารถบันทึกข้อมูลถึง 200 ช่วงคลื่น ระหว่าง ความยาวคลื่น 0.4 – 1.050 ไมโครเมตร และเก็บภาพต่อเนื่อง 19 ช่วงคลื่น ความกว้างแนวการถ่ายภาพขนาด 15 กิโลเมตร และมีความละเอียดภาพ 20 เมตร



ภาพที่ 2.12 แสดงระบบกวาดภาพหลายๆ ช่วงคลื่น (ที่มา : Aronoff, S, (2005))

3) เครื่องรับรู้แบบแอ็กทิฟอิเล็กทรอนิกส์ (Active electronic sensors)

เป็นเครื่องรับรู้ที่ผลิตพลังงานขึ้นมา ส่งพลังงานไปยังวัตถุเป้าหมาย ลัวรับพลังงานที่สะท้อนกลับจากวัตถุนั้น (ภาพแสดง เครื่องรับรู้แบบแอ็กทิฟอิเล็กทรอนิกส์) ที่รู้จักกันดี ได้แก่ ระบบถ่ายภาพเรดาร์ (Imaging radar) เป็นเครื่องรับรู้แบบแอ็กทิฟอิเล็กทรอนิกส์ บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่มีความถี่ระหว่าง 3 – 12.5 GHz (ความยาวคลื่นระหว่าง 2.4 – 100 เซนติเมตร) เครื่องรับรู้เรดาร์ทำการสะท้อนกลับ การทำงานระบบนี้ต้องอาศัยสายอากาศ (Anenna) ที่ทำหน้าที่สบับการส่งและรับสัญญาณได้ในตัวเดียวกัน สัญญาณ (Pulse) ที่สะท้อนกลับมาจากวัตถุเป้าหมายจะถูกบันทึกเอาไว้ เพื่อวิเคราะห์ต่อไป



ภาพที่ 2.13 แสดงเครื่องรับรู้แบบแอ็กทิฟอิเล็กทรอนิกส์ (ที่มา : Aronoff, S, (2005))

2.1.4 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle - UAV)

ความหมายตาม พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2544 คือ น. เครื่องนำไปทางอากาศ, ยานที่แล่นไปในอากาศ เช่น เครื่องบิน เฮลิคอปเตอร์. ดังนั้น อากาศยานไร้คนขับ จึงหมายความว่า ยานที่สามารถเล่นไปในอากาศโดยไม่มีคนขับบนยานนั้น (ราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2544, 2561)

อากาศยานไรคนขับในยุคแรกไดเกิดขึ้น จากวิศวกรและ นักวิทยาศาสตร์ ได้มีการสร้างอากาศยานไร้คนขับรุ่นแรก ซึ่งเป็นเป้าฝึกทางอากาศ (aerial target) ในชวงปพ.ศ. 2458-2459 หลังจากนั้นอากาศยานไร้คนขับก็มีการ คิดค้นพัฒนากันอยางแพร่หลายมากขึ้น โดยสรางเครื่องบินอัตโนมัติในปี พ.ศ. 2478 หลังสงครามโลกครั้งที่ 1 โดยการพัฒนาระบบควบคุมให้เป็นอากาศยานไร้คนขับที่ควบคุมได จากระยะไกล (Remote Piloted Vehicle: RPV) ต่อจากนั้นไดมีความพยายามคิดค้นและ พัฒนาการสรางอากาศยานไรคนขับอย่างต่อเนื่องด้วยเหตุผลที่ต้องการใช้เทคโนโลยีเพื่อการรักษาผลประโยชน์ของประเทศชาติ จนทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว เช่น ในช่วงสงสรามโลกครั้งที่ 2 มีการใช้อากาศยานไร้คนขับที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเป้าฝึกให้กับพลปืนต่อต้านอากาศยานแลพารกิจโจมตี (ธราวุฒิ บุญเหลือ, 2555)

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับระบบ UAV ระบบ UAV ประกอบด้วยส่วนประกอบย่อยต่างๆ กล่าวได้คือ (Suraj G. Gupta, Mangesh M. Ghonge, Dr. P. M. Jawandhiya, 2013: 1-2)

1) ส่วนอากาศยานแยกย่อยลงไปประกอบ ไปด้วยส่วนสำคัญ ส่วนโครงสร้างอากาศยาน ส่วนขับเคลื่อน อาจจะเป็นแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า หรือเครื่องยนต์ต่อเข้ากับใบพัดส่วนอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการบิน ส่วนสัมภาระบรรทุกเพื่อภารกิจ (Payload) เช่น ชุดการภาพ ส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ควบคุมการทำงานสัมภาระบรรทุกพร้อมกลไก (Gimbal System) ส่วนพื้นบังคับ (Control Surface) พร้อมกลไกขับ เคลื่อน (Servo System) ทำหน้าที่ปรับตำแหน่งพื้นบังคับให้ ผลท่าทางการบินของ UAV เปลี่ยนแปลงตามวัตถุประสงค์ของนักบินและภารกิจและส่วนอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารกับส่วน ควบคุมการบินภาคพื้น

2) ส่วนควบคุมการบินภาคพื้น ประกอบด้วย ส่วนสำคัญส่วนควบคุมแบบนักบินภายนอก (External Pilot; EP) ส่วนควบคุมแบบนักบินภายใน (Internal Pilot; IP) ส่วนควบคุมการทำงานของชุดการภาพและส่วนอิเล็กทรอนิกส์ สื่อสารกับ UAV

3) ส่วนอุปกรณ์สนับสนุน ได้แก่ ชุดอะไหล่ชุดเก็บหลังเสร็จภารกิจและเครื่องมือซ่อมภาคสนาม ณ บริเวณ พื้นที่ใช้งาน ระบบ UAV ที่ผู้ผลิตแต่ละรายสร้างขึ้นมาอาจเพิ่มเติมนอกเหนือจากนี้เพื่อให้สามารถตอบสนองกับภารกิจไดอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันยังไม่มีการจำแนกประเภท UAV ด้วยกฎเกณฑ์ที่ยึดถือโดยทั่วกันทั้งวงการเป็นแบบอย่างอันหนึ่งอันเดียว วงการทหารและพลเรือนต่างมี

กฎเกณฑ์การจำแนกเป็นของตนเอง โดยมากการจำแนก UAV เป็นกลุ่มต่าง ๆ พิจารณาตามขนาดพิสัยการบินได้ไกลและขีดความสามารถปฏิบัติการในอากาศ (Pennstate, 2014: 1)

ประเภทของอากาศยานไร้คนขับ

การแบ่งประเภทระบบอากาศยานไร้คนขับสามารถกำหนดรูปแบบการจัดได้หลายลักษณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความมุ่งหมายในการนำไปใช้ ภารกิจ คุณลักษณะเฉพาะของอากาศยานไร้คนขับเองที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการใช้งาน สำหรับภารกิจใดภารกิจหนึ่ง และ/หรือ สำหรับสภาวะของภูมิประเทศในการนำไปใช้ นอกจากนั้นในข้อพิจารณาดังกล่าว จะต้องคำนึงถึงว่าอากาศยานไร้คนขับดังกล่าวผู้นำไปใช้เป็นองค์กรใด มีการใช้เพื่อความมุ่งหมายและ/หรือเหตุผลใด โดยเราสามารถที่จะกำหนดแนวทางการแบ่งประเภทของอากาศยานไร้คนขับได้ดังนี้

การแบ่งประเภทอากาศยานไร้คนขับตามลักษณะการใช้งาน

1. เป้าหมายและเป้าล่อ เป็นเป้าฝึกให้กับพลปืนต่อต้านอากาศยานหรือขีปนาวุธ
2. ข่าวกรอง เป็นหน่วยข่าวกรองในสมรภูมิ
3. โจมตี ทำภารกิจโจมตี
4. ลำเลียง เป็นยูเอวีที่ออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อการขนส่ง
5. วิจัยและพัฒนา ใช้เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีของยูเอวีเพื่อนำไปใช้กับยูเอวีจริง
6. พลเรือนและการตลาด เป็นอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีที่ถูกออกแบบมา เพื่อใช้โดยพลเรือน

การแบ่งประเภทตามพิสัยและความสูงในการปฏิบัติการ

1. แบบขนาดเล็ก บินได้ 2,000 ฟุต (600 เมตร) พิสัย 2 กิโลเมตร
2. แบบสำหรับระยะใกล้ บินได้ 5,000 ฟุต (1,500 เมตร) พิสัย 10 กิโลเมตร
3. แบบนาโต้ บินได้ 10,000 ฟุต (3,000 เมตร) พิสัย 50 กิโลเมตร
4. แบบยุทธวิธี บินได้ 18,000 ฟุต (5,500 เมตร) พิสัย 160 กิโลเมตร
5. แบบระดับความสูงปานกลาง บินได้ 30,000 ฟุต (9,000 เมตร) พิสัยกว่า 200 กิโลเมตร
6. แบบระดับความสูงสูง บินได้ กว่า 30,000 ฟุต (9,100 เมตร) พิสัยไม่แน่นอน
7. แบบความเร็วสูงเหนือเสียง บินได้ 50,000 ฟุต (15,200 เมตร) พิสัยกว่า 200 กิโลเมตร

การแบ่งประเภทตามการทำงาน

1) Multirotor UAVs เป็นประเภทที่พบเห็นบ่อยมากที่สุด เคลื่อนตัวได้รวดเร็วและคล่องแคล่วเนื่องจากมีทั้งแบบ 4, 6 และ 8 ใบพัด ไม่ต้องใช้รันเวย์ในการบิน แต่มีข้อเสียคือ ขีดความเร็วของการบินน้อยกว่าโดรนประเภทอื่นๆ จึงทำให้บินได้ช้ากว่า ในปีที่ผ่านมา โดรนประเภทนี้ครองส่วนแบ่งการตลาดมากถึง 77%

2) Fixed-wing drones มีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกับเครื่องบิน จึงต้องมีรันเวย์ ซึ่งโดรนประเภทนี้สามารถบินได้นานกว่าและเร็วกว่า เหมาะกับการใช้งานเพื่อสำรวจในพื้นที่กว้างใหญ่ แถมยังบรรทุกของหนักได้ในระยะไกล และใช้พลังงานน้อย

3) Hybrid model (tilt-wing) สามารถบินได้เร็วกว่า ไกลกว่า และมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบที่สอง แถมไม่ต้องใช้รันเวย์ แต่โดรนประเภทนี้มีอยู่น้อยในตลาดโลก

อากาศยานไร้คนขับหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าโดรน (Drone) เป็นสิ่งที่สำคัญและขาดไม่ได้ในการปฏิบัติการ Drone ที่มีขนาดเล็กจะคล่องตัวกว่า แต่จะไม่สามารถบรรทุก payload ได้มาก และมีระยะบินไม่ไกล นอกจากนี้ นักบินมักจะเลือกใช้ UAV ขนาดใหญ่ขึ้น หรือเครื่องบินปีกสามเหลี่ยม หรือปีกใหญ่ ซึ่งจะมีการต้านทานลมทะเลได้ดี แต่อย่างไรก็ตาม หลักปฏิบัติคือ หากเกิดพายุฝน เจ้าหน้าที่มักจะยกเลิกภารกิจ เนื่องจากนอกจากจะเป็นอันตรายต่อการบังคับเครื่องบินแล้ว ภาพที่ได้มาจากกล้องส่วนมากมักจะมองไม่เห็นอะไรมากหรือได้ไม่ไกล เมื่อมีพายุฝน เนื่องจาในหลายๆครั้ง จำเป็นต้องนำปัจจัยเหล่านี้มา trade-off กัน และไม่สามารถจัดหา UAV ขนาดใหญ่ได้เจ้าหน้าที่ จะต้องเลือกหา Runway ที่อยู่ไม่ไกลจากรถ VTMS หรือศูนย์บัญชาการ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถประหยัดน้ำมันเครื่องบินให้มากที่สุด ระบบสำคัญบน uav (ที่ไม่นับรวม mechanical platform) ได้แก่

1) ระบบpayloadบน drone หรือ uav มีความสำคัญมากต่อการตรวจจับภาพที่มีคุณภาพสูง ตามปกติแล้วบน UAV จะมี payload กล้องต่างๆ ที่ควรติดตั้งอยู่บนระบบ mechanical stabilized platform หรือ gimbal และควรจะมีระบบ gyro-stabilization เพื่อชดเชยการสั่นต่างๆของกล้อง กล้องควรจะเป็นชนิด High Definition และ ปรับซูมอัตโนมัติ หรือควบคุมผ่านทาง Ground Station ได้ และหากเป็นไปได้ ควรมีกล้องหลากหลายแบบ ทั้งนี้หากใช้กล้องทางยุทธการ จะได้ภาพ day/night จากกล้องธรรมดา ภาพความร้อน จากกล้อง Thermal Camera และระยะทางไปยังเป้าหมาย จาก Laser Rangefinder พร้อมๆกัน นอกจากนี้ ในระบบคุณภาพสูง จะพบว่ามีความสามารถส่งสัญญาณ VDO ได้มากกว่า 1 ช่องสัญญาณ ส่งแบบ multiplex หรือแม้กระทั้งมีระบบ Synthetic Aperture Radar ขนาดเล็กติดตั้งอยู่ การประมวลผลกล้องและระบบเหล่านี้ มักจะถูกประมวลผลที่พื้นดินในลักษณะ post-processing หรือ near real-time เนื่องจากภาระกรรมบนเครื่องบินต้องถูกจำกัดไม่ให้สูงจนเกินไป ซึ่งจะส่งผลต่อ reliability ของระบบ

2) ระบบสื่อสารจากเครื่องบินมายัง Ground Station ส่วนมากจะแบ่งเป็น ระบบ Telemetry ซึ่งจะส่งข้อมูล flight parameter ลงมายังพื้นดิน, ระบบควบคุม หรือ flight control ซึ่งจะต้องเป็นระบบที่มี reliability สูงสุด และระบบสัญญาณภาพ และ/หรือ VDO จากกล้องต่างๆ (ส่วนมากแล้ว ระบบ flight control จะใช้ความถี่ 900 MHz, ระบบ telemetry อาจจะใช้ 2.4 GHz

หรือ 5.8 GHz, ส่วนระบบภาพ ซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่ มักจะเลือกใช้ความถี่สูงๆ หรือมิฉะนั้น อาจเป็น 1.2-1.3 GHz analogue L-band ในกรณีของ uav ราคาต่ำ

<u>การนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในประเทศไทย</u>

ประเทศไทยได้มีการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ตั้งแต่สมัยสงครามร่มเกล้า ซึ่งเป็นสงครามระหว่างประเทศไทยกับประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีการจัดหาอากาศยานไร้คนขับจากประเทศอังกฤษเข้าประจำการในกองทัพอากาศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 คือรุ่น R4D SkyEye จำนวน 7 ลำของบริษัท BAe โดยประจำการอยู่ที่ฝูงบิน 402 กองบิน 4 ตาคลี ซึ่งเป็นอากาศยานไร้คนขับประเภท RPV (Remotely Pilot Vehicle) มีภาระกิจตรวจการณ์และถ่ายภาพ โดยร่วมปฏิบัติการอยู่กับเครื่องบินลาดตระเวนแบบ Arava แต่ด้วยข้อจำกัดทางเทคโนโลยีในขณะนั้นทำให้ยาน RPV ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของกองทัพได้เท่าที่ควร เนื่องจากยาน RPV เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่เป็นพื้นที่โล่งแจ้ง แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานในภูมิประเทศที่เป็นป่าเขาอย่างประเทศไทย หลังจากนั้นอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีก็ไม่ได้รับความสนใจจากกองทัพไทยอีกจนกระทั่งปี พ.ศ. 2538 ในสมัยสงครามอ่าวเปอร์เซีย ผลงานของอากาศยานไร้คนขับทำให้นักวิชาการ และกองทัพไทยหันไปให้ความสนใจอากาศยานประเภทนี้อีกครั้งหนึ่ง แต่ก็ไม่เป็นที่แพร่หลายและให้ความสำคัญมากนัก

ในปี พ.ศ. 2546 สมัยสงครามอ่าวเปอร์เซียครั้งที่สอง อากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีได้มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการปฏิบัติภารกิจของประเทศสหรัฐอเมริการในการบุกจับซัดดัม และได้มีการพัฒนาอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว จากอากาศยานที่ใช้สำหรับการสังเกตการณ์ จนกลายเป็นอากาศยานใช้สำหรับการรบและโจมตีที่น่าเกรงกลัว และอีกครั้งที่ทำให้ประเทศไทยมีการตื่นตัวให้ความสนใจและให้ความสำคัญกับอากาศยานประเภทนี้อย่างชัดเจนมากขึ้น ดังเห็นได้จากการที่กองทัพบกมีการจัดหาอากาศยานไร้คนขับรุ่น Searcher Mk.1 จากประเทศอิสราเอลเข้ามาประจำการที่กองพลทหารปืนใหญ่ที่ 1 รักษาพระองค์ ในภารกิจตรวจการณ์ ชี้เป้า และเป็นผู้ตรวจการณ์หน้า ในการยิงปืนใหญ่ จนก่อให้เกิดโครงการวิจัยทางด้านอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีอย่างจริงจัง

สำหรับประเทศไทยซึ่งไม่มีแนวคิดในการรุกรานประเทศใด เราอาจใช้อากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีในลักษณะเป็นการอำนวยการยุทธเฉพาะพื้นที่หรือใช้ประโยชน์จากอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีในงานเฉพาะกิจสำหรับบินตรวจการณ์เฉพาะบริเวณเพื่อรักษาทรัพยากรของประเทศ เช่น ทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรทางทะเล การบินตรวจการณ์ในพื้นที่หล่อแหลม เป็นต้น ควรมีการคิดและพัฒนาอากาศยานไร้คนขับโดยยึดหลักความต้องการใช้งานของแต่ละกองทัพ เช่น กองทัพบกต้องการอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีในระดับทางยุทธวิธี มีลักษณะเป็นเอนกประสงค์ (Tactical UAV) กองทัพเรือ ต้องการอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีที่สามารถขึ้นลงทางดิ่ง สามารถลงจอดบนเรือได้ ใช้ในการลาดตระเวนของกองเรือ (Vertical Takeoff and Landing Tactical UAV) และกองทัพอากาศ

ต้องการอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีแบบติดอาวุธเพื่อใช้ในการโจมตี หรือชี้เป้าหมาย CUAV (Combat UAV) ดังนั้นอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีถือได้ว่าเป็นยุทโธปกรณ์ที่มีความสำคัญต่อกองทัพในสงครามอนาคต เพราะเป็นเหมือนตาวิเศษ หูทิพย์ ที่สามารถสร้างความได้เปรียบ ฉะนั้นการวิจัยและพัฒนาจึงเป็นความจำเป็นในลำดับแรก ๆ ของกองทัพไทยสู่การพึ่งพาตนเอง

<u>การนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในกองทัพไทย</u>

1. กองทัพบก ชื่อโครงการวิจัยและพัฒนาอากศยานไร้นักบิน (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) เริ่มตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2547 ถึงปี พ.ศ. 2550 โดยสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทหารกลาโหม (สวพ.กห.) ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นผู้สนับสนุนโครงการด้วยงบประมาณกว่า 90 ล้านบาท ใช้นักวิชาการจากสถาบันต่าง ๆ จำนวน 50 คน ได้แก่ กองพลทหารปืนใหญ่ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โรงเรียนนายเรือ โรงเรียนนายเรืออากาศ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

2. กองทัพเรือ ซึ่งเป็นกองทัพล่าสุดที่ทำการวิจัย ภายใต้ชื่อโครงการวิจัยอากาศยานไร้นักบิน ขึ้น - ลง ทางดิ่ง ซึ่งเป็นโครงการวิจัยร่วม 4 ฝ่าย ระหว่าง กองทัพเรือ สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) บริษัทเสรีสรรพกิจ จำกัด และ บริษัทกษมาเฮลิคอปเตอร์ จำกัด เพื่อนำไปใช้กับเรือรบ เพิ่มขีดความสามารถในการตรวจการณ์ทางทะเล หากประสบผลสำเร็จ ยังสามารถนำไปปรับใช้ในภาคเกษตรกรรมได้อีกด้วย

<u>การใช้อากาศยานไร้คนขับในภาคเกษตรกรรม</u>

จากผลงานการวิจยอากาศยานไร้คนขับ (Drone) สาหรับเกษตรอินทรียร์ โดย กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร

ปัญหาสารเคมีตกค้างในผลผลิตเกษตรและสิ่งแวดล้อม นอกจากจะทำให้ผู้บริโภคกังวลใจแล้วยังทำให้เกษตรกรเสียเงินตราซื้อจาก ต่างประเทศ และมีปริมาณนำเข้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัญหาดังกล่าวสามารถลดได้โดยใช้แนวทางเกษตรอินทรีย์หรือการใช้สารชีวภัณฑ์รวมทั้งหาวิธีพ่นที่สะดวกรวดเร็วลดความเหนื่อยยากของเกษตรกร การนำอากาศยานไร้คนขับพ่นสารเกษตรเป็นเทคโนโลยีใหม่เพื่อรองรับยุทธศาสตร์ Thailand 4.0 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมจึงเร่ง ดำเนินการวิจัยและได้เครื่องต้นแบบในปลายปี 2559 มีคุณลักษณะทางเทคนิค ดังนี้ (1) เป็นโดรนแบบมัลติโรเตอร์ 4 ใบพัด (2) ควบคุมการ ทำงานด้วยรีโมท (3) ใช้ต้นกำลังจากแบตเตอรี่ 16,000 mAh (4) มีระยะห่างแกนมอเตอร์ใบพัด 90 cm (5) บรรจุสารได้ครั้งละ 4 l (6) หน้า กว้างการพ่น 1.5-3.0 m (7) ความสูงที่เหมาะจากยอดพืชเป้าหมาย 1.5-2.5 m (8) มิติโดยรวม (กxยxส) 100x160x50 cm (9) น้ำหนัก 5.5 kg และ

(10) ราคาประมาณ 100,000 บาท ผลการทดสอบพ่นสาร ในแปลงผักคะน้า หอมผักชีนาข้าว และในไร่อ้อย มีความสามารถในการทำงาน 3-5 min rai-1 ซึ่งเร็วกว่า การใช้แรงงานคนที่ใช้เครื่องพ่นแบบสะพายหลัง 6-9 เท่า รวมทั้งมีละอองสารติดที่ใต้ใบมากกว่า เนื่องจากมีแรงลมจากใบพัด โดรนช่วยเป่าและทดสอบพ่นสารในสวนมะพร้าวน้ำหอมมีความสูงเฉลี่ย 11 m ใช้ เวลาประมาณ 15 min

2.1.5 ภาพถายทางอากาศ (Arial Photography)

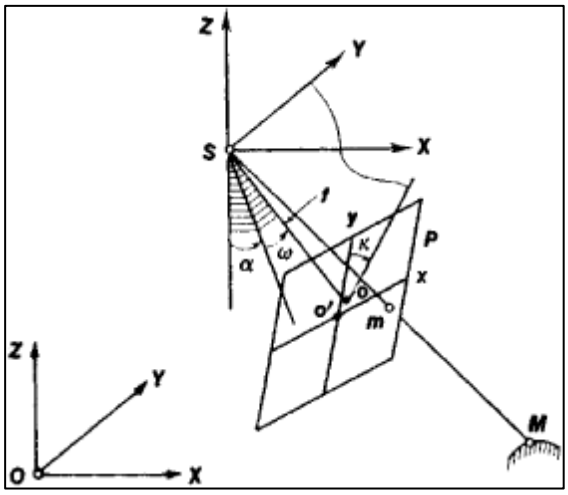
คือการบันทึกภาพโดยมีการติดตั้งกล้องถ่ายภาพกับเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุถ่ายภาพพื้นที่ที่ต้องการ ตามเส้นทางการบิน โดยจะได้ภาพถ่ายเป็นชุดตอเนื่องจำนวนมาก ซึ่งถูกถ่ายใหมีการเหลื่อมของภาพ มีจุดอางอิงรวมกันในแตละภาพ การจัดการภาพถายใน สวนของการบันทึกภาพ จัดเปนขั้นตอนแรกที่สำคัญ เพราะหากบันทึกภาพมาไม่สมบูรณ์มีความคลาดเคลื่อน ทางเรขาคณิตมาก การใชโปรแกรมคอมพิวเตอรก็ไมสามารถแกไขไดนอกจากตองเสียเวลาในการถายซอมใหม โดยเราพิจารณาปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องบินเล็กก็คือกระแสลมทฤษฎีความแปรปรวน สงผลใหเครื่องบินเล็ก เกิดการเอียงในทิศทางต่างๆ ไม่ได้ระดับกับพื้นดินทำให้กลองถายภาพเอียงตาม จึงตองมีการติดตั้งอุปกรณชวยลดความสั่นไหว (Image stabilizer) หรืออุปกรณชวยรักษาระดับ (Gyro mount) ทำใหกลองอยู่ในแนวระดับมากที่สุด เพื่อใหไดภาพถายที่ตั้งฉากกับพื้นดิน (Ortho image) ซึ่งถือวาเปนลักษณะภาพที่เหมาะสมในการนำไปใชงาน หากกลองเอียงทำมุมกับพื้นดิน จะเกิดภาพใน ลักษณะทัศนียภาพ (perspective) คือสวนที่อยู่ใกลจะมีขนาดใหญสวนที่ไกลออกไปจะมีขนาดเล็กลงอุปกรณสำคัญในการบันทึกภาพคือ เลนสควรเลือกใช เลนส์ที่มีมุมแคบในการบันทึกภาพ เช่น เลนส์ขนาดทางยาวโฟกัส 35-50 มม. สวนทางยาวโฟกัสที่น้อยกว่า เช่น 18 - 24 มม. จะมีมุมในการบันทึกภาพที่กว้าง ทำให้บันทึกภาพไดครอบคลุมพื้นที่กวางแตจะเกิดการโคงนูนของภาพ ทำใหเกิดความผิดพลาดในการตอภาพได ในการปรับตั้งกล้องควรตั้งค่าความเร็วชัตเตอร์ให้สูง เช่น 1/2000 วินาทีเพื่อลดการเกิดภาพที่ไมชัดจากการสั่น ไหวของเครื่องบินโดยปรับที่ปุ่มควบคุมความเร็วชัตเตอร หรือการปรับคาความไวแสง (ISO) ใหเพิ่มสูงขึ้นจากคา ปกติที่ 100 ก็จะทำใหความเร็วชัตเตอรเพิ่มสูงตาม การปรับตั้งคาสมดุลแสงสีขาว (White balance) ซึ่งทำหนาที่ควบคุมโทนสีของภาพใหสอดคลองกับสภาพอุณหภูมิสีที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ไมควรตั้งคาสมดุล แสงสีขาวเป็นคาอัตโนมัติเพราะจะทำใหภาพถายที่ได เป็นชุดอาจมีสีของภาพในบางสีของภาพในบางส่วนที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องเสียเวลาในขั้นตอนปรับแก้ไขโทนสีภาพทีละรูป ความสูงของเครื่องบินก็สงผลตอการครอบคลุมพื้นที่ในการถ่ายภาพยิ่งบินสูงก็ยิ่งสามารถถ่ายได้ครอบคลุมพื้นที่ กวางมากกวาการบินต่ำแตสิ่งที่ตองพิจารณาคือองศา การรับภาพของเลนสที่ใชซึ่งจะมีความแตกตางกัน จึง ควรคำนวณองศาการรับภาพของเลนสกับขอบเขตการ ครอบคลุมพื้นที่ โดยใชหลักการทางตรีโกณมิติเบื้องตน (Aber, Marzolff, and Ries, ๒๕๕๕. รวบรวมโดย ธราวุฒิ บุญเหลือ, 2555)

กระบวนการคำนวณค่าพิกัดของวัตถุที่ได้จากภาพถ่าย

ในการคำนวณค่าพิกัดจากภาพในภารกิจการใช้ UAV ตรวจการณ์ชายฝั่งทะเล ใช้วิธีการรังวัดภาพถ่ายเดี่ยวโดยใช้สมการสภาวะร่วมเส้น หรือ Co – linearity equation ซึ่งเป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่งจุดรวมแสงของเซ็นเซอร์ (Exposure station), พิกัดบนภาพถ่าย (image coordinate) และ พิกัดพื้นผิวโลก (Ground coordinate) โดยสำหรับการรังวัดภาพถ่ายเดี่ยวในภารกิจครั้งนี้ จะทำการคำนวณหาตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของวัตถุที่ปรากฏบนภาพถ่าย หรือเป็นการใช้ค่าพารามิเตอร์จากเซ็นเซอร์ และพิกัดภาพถ่าย ในการคำนวณพิกัดผิวโลก โดยรายละเอียดมีดังนี้

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากเซ็นเซอร์

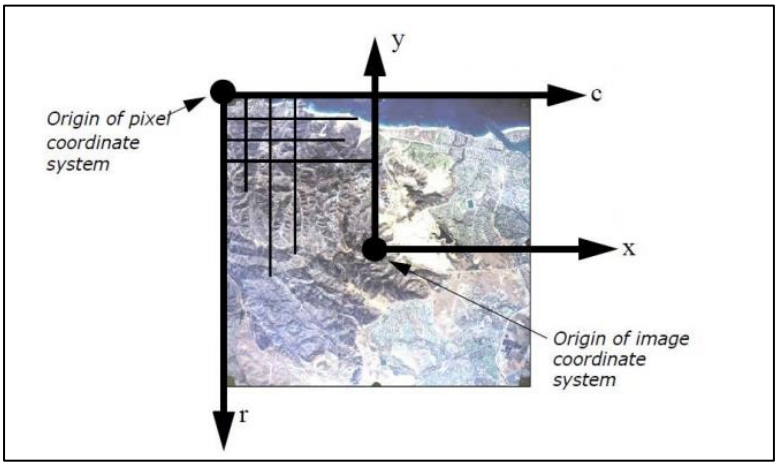
ในการคำนวณหาค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ของวัตถุที่ปรากฏบนภาพถ่ายด้วยสมการสภาวะร่วมเส้นนั้น ค่าพารามิเตอร์ที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ ประกอบไปด้วย ค่าความยาวโฟกัสของเซ็นเซอร์ (Focal length, f), ค่าพิกัดของ sensor (ตำแหน่งของจุดเปิดถ่าย x_o, y_o, z_o) และค่าหมุนแกนของ sensor (ค่าหมุนแกน x, y, z หรือ ω, φ, κ) รายละเอียดตามภาพที่ 1



ภาพที่ 2.14 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับใช้คำนวณค่าพิกัดพื้นผิวด้วยสมาการสภาวะร่วมเส้น (https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/photogrammetry)

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากภาพถ่าย

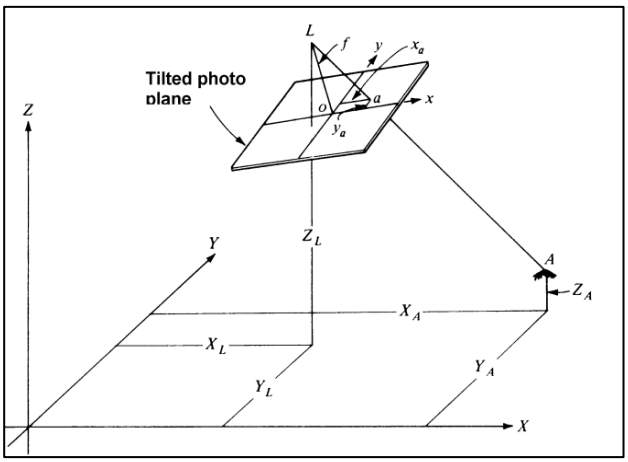
สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากภาพถ่ายได้แก่ พิกัดภาพถ่าย (Image coordinate system) โดยเป็นค่าพิกัดของพิกเซลต่างๆที่อยู่บนภาพ (ไม่ใช่ pixel coordinate system) ซึ่งมีจุดศูนย์กลางอยู่ตรางกลางของภาพถ่ายและเมื่อลากเส้นในแนวนอนและแนวตั้งผ่านตำแหน่งดังกล่าวจะเป็นการแบ่งภาพถ่ายออกเป็น 4 ส่วน



ภาพที่ 2.15 แสดงระบบพิกัดบนภาพถ่าย

ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์

สำหรับค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ ในการศึกษากรณีดังกล่าวใช้เพียงค่าความระดับความสูง (elevation) ของวัตถุที่อยู่ในภาพเพื่อทำการคำนวณตำแหน่งทางราบ (ละติจูด และลองจิจูด) โดยในความเป็นจริงแล้วเราไม่มีทางรู้ได้ว่าตำแหน่งค่าระดับของวัตถุที่อยู่ในภาพจะมีค่าเท่าใด เพื่อให้สามารถนำค่าระดับที่เราไม่ทราบมาคำนวน เราจึงต้องสมมุติ โดยยึดว่า ค่าระดับของวัตถุมีค่าเป็น 0 ซึ่งอยู่ต่ำกว่าตำแหน่งของ UAV เท่ากับค่าความสูงของ UAV ที่ได้รับจาก GPS เมื่อเราได้ค่าระดับแล้วจึงสามารถนำมาใช้ในการคำนวณพิกัดทางราบของวัตถุที่อยู่ในภาพได้ โดยรายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งจุดรวมแสงของเซ็นเซอร์, พิกัดบนภาพถ่ายและ พิกัดพื้นผิวโลก แสดงได้ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งจุดรวมแสงของเซ็นเซอร์, พิกัดบนภาพถ่ายและ พิกัดพื้นผิวโลก

การคำนวณตำแหน่งของวัตถุในภาพถ่าย

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆแล้ว จึงทำการคำนวณหาตำแหน่งวัตถุในภาพด้วยสมการดังนี้

$$\begin{pmatrix} a_1 a_2 a_3 \\ a_4 a_5 a_6 \\ a_7 a_8 a_9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & \sin\omega \\ 0 & -\sin\omega & \cos\omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\varphi & 0 & -\sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\kappa & -\sin\kappa & 0 \\ \sin\kappa & \cos\kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

โดยที่ X_0, Y_0, Z_0 หมายถึง ตำแหน่งของจุดเปิดถ่าย

X, Y, Z หมายถึง ตำแหน่งของวัตถุ โดย ค่า X และ Y เป็นค่าที่เราต้องการหา ส่วนค่า Z เกิดจากการสมมุติขึ้นมาที่ความสูงระดับน้ำทะเลปานกลาง

x, y หมายถึง ตำแหน่งพิกัดภาพของวัตถุที่สังเกตเห็นได้จากภาพถ่าย

สำหรับค่า a_n หมายถึง เมทริกซ์การหมุนสำหรับแกนทั้ง 3 แกน (การหมุนรอบแกน x , y และ z) โดยสามารถเขียนได้ดังนี้

โดย ω หมายถึงค่าหมุนแกน x

φ หมายถึงค่าหมุนแกน y

κ หมายถึงค่าหมุนแกน z

จากสมการที่ได้กล่าวมาก็สามารถทำการคำนวณหาค่าพิกัดทางราบของวัตถุในภาพได้

$$X = (Z-Z_0)\frac{a_1x + a_4y - a_7f}{a_3x + a_6y - a_9f} + X_0$$

$$Y = (Z-Z_0)\frac{a_2x + a_5y - a_8f}{a_3x + a_6y - a_9f} + Y_0$$

2.1.6 ข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

2.1.6.1 พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2484

การทำไม้และเก็บหาของป่า

ส่วนที่ 1 การกาหนดไม้หวงห้าม ค่าภาคหลวงและขนาดจากัด

มาตรา ๖ ไม้หวงห้ามมีสองประเภท คือ ประเภท ก. ไม้หวงห้ามธรรมดา ได้แก่ไม้ซึ่งการทาไม้จะต้องได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่ หรือ ได้รับสัมปทานตามความในพระราชบัญญัตินี้ ประเภท ข. ไม้หวงห้ามพิเศษ ได้แก่ไม้หายากหรือไม้ที่ควรสงวนซึ่ง ไม่อนุญาตให้ทาไม้ เว้นแต่ รัฐมนตรีจะได้อนุญาตเป็นกรณีพิเศษ

มาตรา 7 (7) ไม้สักในป่าทั่วราชอาณาจักรเป็นไม้หวงห้ามประเภท ก. ไม้อื่นในป่าท้องที่ใดจะเป็นไม้หวงห้ามประเภทใด ให้กาหนดโดยพระราชกฤษฎีกา

มาตรา 8 (8) การเพิ่มเติมหรือเพิกถอนชนิดไม้หรือเปลี่ยนแปลงประเภทไม้หวงห้ามที่ได้มีพระราชกฤษฎีกากาหนดไว้แล้วก็ดี หรือจะกาหนดไม้ชนิดใดให้ เป็นไม้หวงห้ามประเภทใดขึ้นในท้องที่ใด นอกจากท้องที่ที่ได้มีพระราชกฤษฎีกา กาหนดตามความในมาตราก่อนแล้วนั้นก็ดีให้กาหนดโดย พระราชกฤษฎีกาพระราชกฤษฎีกาซึ่งตราขึ้นตามความในมาตรานี้ ให้ใช้บังคับได้เมื่อ พ้นกาหนดเก้าสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา

มาตรา 9 (9) ให้รัฐมนตรีมีอานาจกาหนดอัตราค่าภาคหลวงดั่งต่อไปนี้ สาหรับการทาไม้สัก ให้กาหนดเป็นราย ๆ ไป แต่ไม่เกินกว่าเมตรลูกบาศก์ละ สิบห้าบาท สาหรับการทาไม้อื่นให้กาหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาตามชนิด ของไม้เป็นท้องที่ ๆ ไป แต่ไม่เกินกว่าเมตรลูกบาศก์ละสิบบาท

มาตรา 10 ให้รัฐมนตรีมีอานาจกาหนดขนาดจากัดไม้หวงห้ามโดย ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ---------- (7) มาตรา ๗ แก้ไขโดย พ.ร.บ.ป่าไม้ (ฉบับที่ 5) พ.ศ.2518 มาตรา 7 (8) มาตรา 8 แก้ไขโดย พ.ร.บ.ป่าไม้ (ฉบับที่ 5) พ.ศ.๒๕๑๘ มาตรา 8 (ไม่มีความใหม่แทน) (9) มาตรา 9 แก้ไขโดย พ.ร.บ.ป่าไม้ (ฉบับที่ 5) พ.ศ.2518 มาตรา 9

บทลงโทษ

มาตรา 69 (36) ผู้ใดมีไว้ในครอบครองซึ่งไม้หวงห้ามอันยังมิได้แปรรูปโดยไม่มีรอยตราค่าภาคหลวง หรือรอยตรารัฐบาลขาย เว้นแต่จะพิสูจน์ได้ว่าได้ไม้นั้นมาโดยชอบด้วยกฎหมาย ต้องระวางโทษจาคุกไม่เกินห้าปี หรือปรับไม่เกินห้าหมื่นบาท หรือทั้งจาทั้งปรับ
ในกรณีความผิดตามมาตรานี้ ถ้าไม้ที่มีไว้ในครอบครองเป็น

1. ไม้สัก ไม้ยาง หรือไม้หวงห้ามประเภท ข. หรือ

2. ไม้อื่นเป็นต้นหรือเป็นท่อนอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างรวมกันเกินยี่สิบต้นหรือท่อนหรือรวมปริมาตรไม้เกินสี่ลูกบาศก์เมตร

ผู้กระทาความผิดต้องระวางโทษจาคุกตั้งแต่หนึ่งปีถึงยี่สิบปี และปรับตั้งแต่ห้าพันบาทถึงสองแสนบาท

2.1.6.2 พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507

มาตรา 4 ในพระราชบัญญัตินี้

“ป่า” หมายความว่า ที่ดินรวมตลอดถึง ภูเขา ห้วย หนอง คลอง บึง บาง ลำน้ำ ทะเลสาบ เกาะ และที่ชายทะเลที่ยังมิได้มีบุคคลได้มาตามกฎหมาย

“ป่าสงวนแห่งชาติ” หมายความว่า ป่าที่ได้กำหนดให้เป็นป่าสงวนแห่งชาติตามพระราชบัญญัตินี้

“ไม้” หมายความว่า ไม้ทุกชนิดทั้งที่เป็นต้น กอ หรือเถา ไม่ว่ายังยืนต้นหรือล้มลงแล้ว และหมายความรวมตลอดถึง ราก ปุ่ม ตอ หน่อ กิ่ง ตา หัว เหง้า เศษ ปลายหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของไม้ ไม่ว่าจะถูกตัด ฟัน เลื่อย ผ่า ถาก ทอน ขุด หรือกระทำโดยวิธีการอื่นใด

“ของป่า” หมายความว่า สิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหรือมีอยู่ในป่า เป็นต้นว่า

(1) ไม้ฟืน ถ่าน เปลือกไม้ ใบไม้ ดอกไม้ เมล็ด ผลไม้ หน่อไม้ ชันไม้ และยางไม้

(2) หญ้า อ้อ พง แขม ปรือ คา กก กระจูด กล้วยไม้ กูด เห็ด และพืชอื่น

(3) ซากสัตว์ ไข่ หนัง เขา นอ งา กราม ขนาย กระดูก ขน รังนก ครั่ง รังผึ้ง น้ำผึ้งและมูล ค้างคาว

(4) ดิน หิน กรวด ทราย แร่และน้ำมัน

บทกำหนดโทษ

มาตรา 31 (6) ผู้ใดฝ่าฝืนมาตรา 14 ต้องระวางโทษจำคุกตั้งแต่หกเดือนถึงห้าปี และปรับตั้งแต่ห้าพันบาทถึงห้าหมื่นบาท

ในกรณีความผิดตามมาตรานี้ ถ้าได้กระทำเป็นเนื้อที่เกินยี่สิบห้าไร่ หรือก่อให้เกิดความเสียหายแก่

(1) ไม้สัก ไม้ยาง ไม้สนเขาหรือไม้หวงห้ามประเภท ข. ตามกฎหมายว่าด้วยป่ าไม้ หรือ

(2) ไม้อื่นที่เป็นต้นหรือเป็นท่อนอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างรวมกันเกินยี่สิบต้นหรือท่อน หรือรวมปริมาตรไม้เกินสี่ลูกบาศก์เมตร หรือ

(3) ต้นน้ำลำธาร

ผู้กระทำความผิดต้องระวางโทษจำคุกตั้งแต่สองปี ถึงสิบห้าปี และปรับตั้งแต่สองหมื่นบาทถึงหนึ่งแสนห้าหมื่นบาท

2.1.6.3 พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2559

“มาตรา 31 ผู้ใดฝ่าฝืนมาตรา 14 ต้องระวางโทษจำคุกตั้งแต่หนึ่งปีถึงสิบปีและปรับตั้งแต่สองหมื่นบาทถึงสองแสนบาท

ในกรณีความผิดตามมาตรานี้ ถ้าได้กระทำเป็นเนื้อที่เกินยี่สิบห้าไร่หรือก่อให้เกิดความเสียหายแก่

(1) ไม้สัก ไม้ยาง ไม้สนเขา หรือไม้หวงห้ามประเภท ข. ตามกฎหมายว่าด้วยป่าไม้ หรือ

(2) ไม้อื่นที่เป็นต้นหรือเป็นท่อนอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างรวมกันเกินยี่สิบต้นหรือท่อน

หรือรวมปริมาตรไม้เกินสี่ลูกบาศก์เมตร หรือ

(3) ต้นน้ำลำธาร หรือ

(4) พื้นที่ชายฝั่ง

ผู้กระทำความผิดต้องระวางโทษจำคุกตั้งแต่สี่ปีถึงยี่สิบปี และปรับตั้งแต่สองแสนบาทถึงสองล้านบาท

ในกรณีที่มีคำพิพากษาชี้ขาดว่าบุคคลใดกระทำความผิดตามมาตรานี้ ถ้าปรากฏว่าบุคคลนั้นยึดถือหรือครอบครองที่ดินในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ศาลมีอำนาจสั่งให้ผู้กระทำความผิด คนงาน ผู้รับจ้าง ผู้แทนและบริวารของผู้กระทำความผิดออกจากเขตป่าสงวนแห่งชาติ ตลอดจนสั่งให้ผู้กระทำความผิดรื้อถอน สิ่งปลูกสร้างหรือนำสิ่งใด ๆ อันก่อให้เกิดการเสื่อมเสียแก่สภาพป่าสงวนแห่งชาติออกจากป่าสงวนแห่งชาติภายในระยะเวลาที่กำหนด”

ไม้หวงห้ามที่ทางการกำหนดไว้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ไม้หวงห้ามประเภท ก. เป็นพันธุ์ไม้ที่ให้เนื้อไม้มีคุณภาพดี ซึ่งใช้ในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนได้นั้น ทางการจะยอมให้ตัดฟันและชักลากออกมาทำสินค้าได้ ทั้งนี้ต้องได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่เสียก่อน ได้กำหนดให้อยู่ในประเภทนี้มีจำนวนกว่า 250 ชนิด พร้อมทั้งกำหนดอัตราค่าหลวงไว้ด้วย ตัวอย่างเช่น

- ไม้มะค่าโมง (Afzelia xylocarpa) เป็นไม่ผลัดใบ สูง 15-20 เมตร เนื้อไม้สีน้ำตาลอมเหลือง ดอกสีเขียวๆ ผลเป็นฝักแบบหนาแห้งแข็ง ชอบขึ้นในป่าเบญจพรรณ
- ประดู่ (Tterocarpus macrocarpus) เป็นไม้ผลัดใบ สูง 20-25 เมตร เนื้อไม้สีแดงคล้ำ ดอกสีเหลืองหอม ผลเป็นฝักแบนกลมมีครับโดยรอบ ชอบขึ้นในป่าเบญจพรรณ
- อินทนิล (Lagerstroemia speciosa) เป็นไม้ผลัดใบ สูง 15-20 เมตร เปลือกสีน้ำตาลเป็นสะเก็ดล่อนออกบางๆ เนื้อไม้สีน้ำตาลอ่อน ดอกสี

ม่วงเข้ม ผลขนาดใหญ่ ผิวแข็ง แกจัดแยกออกเป็นเสี่ยงๆ ขอบขึ้นในป่าดิบแล้ง ริมลำธาร

- อื่น ๆ เช่น ตะแบกเปลือกหนา ตะแบกเปลือกบาง เสลา ตะเตียน สนทะเล เต็งหรือเปา ยางกราด ยางพลวง เป็นต้น

2. ไม้หวงห้ามประเภท ข. ได้แก่พันธุ์ไม้บางชนิดที่ทางการได้พิจารณาเห็นว่าเป็นไม้ชนิดดีมีค่าหายาก หรือมีคุณค่าพิเศษอย่างอื่น เช่น เปลือกหรือเนื้อไม้มีกลิ่นหอม เป็นสมุนไพรที่หายาก หรือเนื้อไม้มีน้ำมัน หรือชัน ซึ่งใช้ประโยชน์ในการอุตสาหกรรมที่จะหาของอื่นใช้แทนไม่ได้ หรือ มีผลที่เป็นสมุนไพร ใช้แก้โรคติดต่อร้ายแรงบางโรคได้ ทางการจะห้ามมิให้ตัดฟัดโค่นล้ม เว้นแต่จะได้รับอนุญาตเป็นกรณีพิเศษ

2.1.6.4 ประเทศไทยกับอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (The Convention on Inter-national Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora-CITES)

เมื่อประเทศไทยได้ประกาศใช้ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มีหน้าที่ดูแลการ บังคับใช้กฎหมายฉบับนี้ อย่างไรก็ดีเมื่อรัฐบาลได้จัดตั้งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ ขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2545 อำนาจหน้าที่ดัง กล่าวได้ถูกโอนมาให้กระทรวงซึ่งได้ถูกจัดตั้งขึ้นใหม่ดังกล่าว โดยมีหน่วยงานหลัก 3 หน่วยงาน ภายใต้กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติฯ มีหน้าที่หลักในการดูแลบังคับใช้ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า และกฎเกณฑ์ที่ออกภายใต้กฎหมายดังกล่าว ในการนี้ภายใต้ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติฯ มีหน้าที่และอำนาจในการอนุรักษ์สัตว์ป่าโดยทั่วไป กรมประมงซึ่งอยู่ภายใต้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีหน้าที่เกี่ยวกับสัตว์น้ำ พ.ร.บ. ป่าไม้ให้อำนาจกรมป่าไม้ในการควบคุม การตัดไม้โดยผิดกฎหมาย กรมอุทยานแห่งชาติฯ รับผิดชอบในการออกใบอนุญาตประกอบการสวนสัตว์ ส่วนหน่วยงานอื่นๆ มีหน้าที่ลำดับรองในการบังคับใช้ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ซึ่ง พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าได้ทำให้เกิดการจัด ตั้งคณะกรรมการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกจากหลายกระทรวงเพื่อดำเนินการดูแลการบังคับใช้ กฎหมาย (มาตรา 9) อย่างไรก็ดีคณะกรรมการชุดนี้มีอำนาจในการควบคุมดูแลมากกว่าการมีอำนาจในการบังคับใช้ (มาตรา 15)

พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ได้คุ้มครองชะนีประจำถิ่นจำนวนสี่ชนิดและควบคุมการค้าสัตว์ชนิดดังกล่าว โดยที่ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า กำหนดควบคุมการนำเข้าหรือส่งออกชนิดสัตว์ประจำถิ่น (มาตรา 23) และชนิดสัตว์ ตามบัญชีไซเตส (มาตรา 24) ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2553 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ ได้ออกประกาศ6 ภายใต้ พ.ร.บ. สงวน และคุ้มครองสัตว์ป่า เพื่อห้ามการนำเข้าและส่งออกซึ่งชนิดสัตว์ที่อยู่ภายใต้บัญชีของไซเตสภาคผนวก 1 และ 2 โดยได้ห้าม การนำเข้าและส่งออกลิงไม่มีหาง

มาตรา 4 แห่ง พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า กำหนดบทนิยาม โดยได้กำหนดนิยามคำว่า “สัตว์ป่า” หมายถึง สัตว์ทุกชนิดที่อาศัยอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งรวมถึงชนิดพันธุ์ที่มิได้มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย แต่ไม่รวมถึงชนิดที่อยู่ในอันดับขั้นสูง ขึ้นไป ทั้งนี้กฎหมายได้กำหนดควบคุมสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดพันธุ์ที่มิได้มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทยภายใต้บัญชีไซเตสจำนวน 11 ชนิด กฎหมายได้นิยามคำว่า “สัตว์สงวน” หมายถึงสัตว์ป่าที่หายากตามบัญชีท้าย พ.ร.บ. นี้ ซึ่งรวมจำนวนเพียง 15 ชนิด โดยไม่ครอบคลุมถึงลิงไม่มีหางแต่อย่างใด นอกจากนี้กฎหมายยังได้นิยามคำว่า “สัตว์ป่าคุ้มครอง” ไว้ซึ่งหมายถึงสัตว์ป่าที่ถูก กำหนดไว้ในกฎกระทรวง และได้นิยามคำว่า “ล่า” รวมถึงการจับ7 กฎกระทรวง พ.ศ. 2546 กำหนดชนิดสัตว์กว่า 1,300 ชนิด ซึ่งชนิดส่วนใหญ่เป็นสัตว์ประจำถิ่นของประเทศไทยโดยรวมถึงชะนีประจำถิ่นสี่ชนิดซึ่งพบในประเทศไทยด้วยอันได้แก่: ชะนีดำ ใหญ่ Hylobates syndactylus (Symphalangus syndactylus), ชะนีมือขาว Hylobates lar, ชะนีมงกุฎ H. pileatus, และชะนีมือดำ H. agilis. อย่างไรก็ดี ไม่มีลิงไม่มีหางชนิดอื่นถูกระบุในกฎกระทรวงดังกล่าว

ในปี พ.ศ. 2558 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติได้แก้ไขกฎกระทรวง พ.ศ. 2546 เพื่อสนับสนุนการต่อต้านการค้า งาช้างแอฟริกาโดยผิดกฎหมาย ภายใต้กฎกระทรวงฉบับใหม่ช้างแอฟริกาถือเป็นสัตว์ในจำนวน 11 ชนิด ที่เป็นชนิดพันธุ์ที่ มิได้มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทยภายใต้บัญชีไซเตสและมีกระดูกสันหลังซึ่งได้รับการคุ้มครองในประเทศไทย นอกจากนี้การ แก้ไขกฎกระทรวงดังกล่าวยังคุ้มครองเต่าประจำถิ่นอีกด้วย คือเต่านามลายู Malayemys macrocephala ซึ่งอยู่ในบัญชีไซเต สภาคผนวกที่ 210 พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ไม่ได้กำหนดนิยามของการครอบครองและไม่ได้ระบุถึงการมีกรรมสิทธิ์เหนือสัตว์ป่ายกเว้นภายใต้ความหมายของคำว่า “ค้า” ซึ่งหมายถึงการโอนกรรมสิทธิ์ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ไม่ได้ใช้ คำว่า “เจ้าของ” หรือ “กรรมสิทธิ์” สำหรับการอนุรักษ์และป้องกันสัตว์ป่าหากแต่อ้างถึงเฉพาะกรณีการครอบครองสัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครองเท่านั้น พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าควบคุมเฉพาะการครอบครองชนิดพันธุ์ที่มิได้มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย 11 ชนิดซึ่งเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังภายใต้บัญชีไซเตสและซากของสัตว์ดังกล่าว โดยไม่ได้ควบคุมการครอบครองสัตว์ป่าประจำถิ่นซึ่งไม่ได้ถูกรวมอยู่เป็นจำพวกสัตว์ป่าสงวนหรือสัตว์ป่าคุ้มครอง ทั้งนี้ประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ได้นิยามการเป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์สัตว์ป่าและนิยามการการครอบครองในความหมายทั่วไปพ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า (มาตรา 4) กำหนดนิยามคำว่า “ค้า” หมายถึง ซื้อ ขาย แลกเปลี่ยน จำหน่ายจ่ายแจก หรือโอนกรรมสิทธิ์ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในทางการค้า และหมายความรวมถึง มีหรือแสดงไว้เพื่อขายด้วย กฎหมายอาญาของประเทศไทยกำหนดว่าหากบุคคลใดครอบครองทรัพย์สินเพื่อวัตถุประสงค์ในการกระทำความผิดอาญา การครอบครองดังกล่าวจะถูกใช้เป็นหลักฐานในการดำเนินคดีด้วยแม้ว่าบุคคลที่ได้ครอบครองทรัพย์สินดังกล่าวนั้นไม่ใช่เจ้าของกรรมสิทธิ์ (มาตรา 32)พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ยังได้นิยามคำว่า “นำเข้า” หมายถึง นำหรือสั่งเข้ามาในราชอาณาจักร และ ยามคำว่า “ส่งออก”

หมายความว่า นำหรือส่งออกไปนอกราชอาณาจักร การนิยามคำว่า “ค้า” ดังกล่าวจึงไม่สอดคล้องกับนิยามซึ่งกำหนดตามไซเตสซึ่งรวมถึงการส่งกลับออกไปและการนำสินค้าเข้าทางทะเล

พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ห้ามการค้า “สัตว์ป่าสงวน สัตว์ป่าคุ้มครอง ซากของสัตว์ป่าสงวน ซากของสัตว์ป่าคุ้มครอง หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากซากของสัตว์ป่าดังกล่าว” เว้นแต่เป็นการค้าสัตว์ป่าคุ้มครองที่ได้มาจากการเพาะพันธุ์ตามเงื่อนไขของ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า (มาตรา 20) ในการนี้ กฎกระทรวง พ.ศ. 254611 ได้กำหนดรายการของชนิดสัตว์ประจำถิ่นซึ่งสามารถเพาะพันธุ์ได้ในประเทศไทยซึ่งไม่รวมถึงลิงไม่มีหางแต่อย่างใดกฎหมายฉบับดังกล่าวกำหนดห้ามการนำเข้า ส่งออก และการนำผ่าน ซึ่งสัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครองโดยปราศจากใบอนุญาต (มาตรา 23) ทั้งยังได้กำหนดว่าการนำเข้า การส่งออก และการนำผ่านสัตว์ป่าและซากทั่วทั้งราชอาณาจักรจะต้องได้รับการอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรซึ่งเป็นไปตามที่กำหนดในไซเตส และกำหนดให้มีกฎกระทรวงเกี่ยวกับรายละเอียดด้านกระบวนการและเงื่อนไขการนำเข้า ส่งออก และนำผ่าน (มาตรา 24) อนึ่งทั้งมาตรา 23 และ 24บังคับใช้กับชนิดสัตว์ตามบัญชีไซเตสด้วยกฎกระทรวง พ.ศ. 255812 กำหนดให้บุคคลใดที่มีความประสงค์จะนำเข้า ส่งออก หรือนำผ่านชนิดสัตว์ตามบัญชีไซเตส รวมทั้งซากและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากซาก จะต้องมีใบอนุญาต (ข้อ 1 และ 4) และกำหนดกระบวนการออกใบอนุญาตและเงื่อนไข (ข้อ 3) ทั้งนี้ยังได้กำหนดให้การนำเข้า ส่งออก และนำผ่านชนิดสัตว์ตามบัญชีไซเตสจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของไซเตส (ข้อ 5) อนึ่ง กฎกระทรวง พ.ศ. 2558 ได้ออกมาแทนที่ กฎกระทรวง พ.ศ. 2537 และได้กำหนดเงื่อนไขมากขึ้นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากสัตว์ป่า โดยกฎกระทรวง พ.ศ. 2558 กำหนดเงื่อนไขโดยคำนึงถึงสวัสดิภาพของสัตว์ตลอดกระบวนการขนส่งซึ่งผู้นำเข้า ผู้ส่งออก หรือบุคคลที่นำผ่านตามกฎหมายจะต้องปฏิบัติตามในประเทศไทย สำหรับการนำเข้า ส่งออกและนำผ่านชนิดสัตว์ตามบัญชีไซเตส ผู้ถือใบอนุญาตจะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดภายใต้ใบอนุญาตนั้นๆ

พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า กำหนดความรับผิดทางอาญาสำหรับการครอบครอง การนำเข้า การส่งออก และการนำผ่าน สัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครอง รวมทั้งชนิดสัตว์ตามบัญชีไซเตสซึ่งได้รับการคุ้มครองในประเทศไทย โดยปราศจากใบอนุญาต โดยมีระวางโทษจำคุกไม่เกินสี่ปีหรือปรับไม่เกิน 40000 บาท (1151 ดอลลาร์) หรือทั้งจำทั้งปรับ (มาตรา 47) โทษเช่นเดียวกันนี้ยังใช้บังคับกับกรณีการนำเข้า ส่งออก และนำผ่านชนิดสัตว์ตามบัญชีไซเตส อย่างไรก็ตาม ไม่มีการกำหนดโทษทางอาญาสำหรับการครอบครองชนิดสัตว์ตามบัญชีไซเตสที่ไม่ได้ขึ้นบัญชีคุ้มครองในประเทศไทย ซึ่งมีเพียงสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง ชนิดพันธุ์ที่มิได้มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย ตามบัญชีไซเตสเพียง 11 ชนิดที่การครอบครองมี ความผิดอาญาตาม พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า กฎหมายฉบับนี้ยังกำหนดให้อธิบดี13 สามารถระงับข้อพิพาทคดีอาญาได้ หากผู้กระทำความผิดเสนอที่จะจ่ายค่าปรับภายใน 30 วัน (มาตรา 60) อย่างไรก็ดี ณ เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 กรมอุทยาน แห่งชาติฯ ยังไม่เคยบังคับใช้มาตราดังกล่าวเพื่อการ

ระงับข้อพิพาททางอาญาแต่อย่างใด นอกจากนี้การอ้างถึงการ “ค้า” ภายใต้ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ยังพบในบทเฉพาะกาลซึ่งบังคับใช้กับ สัตว์ป่าและซากซึ่งบุคคลในประเทศไทยครอบครองในวันที่กฎกระทรวงว่าด้วยสัตว์ป่าคุ้มครองมีผลบังคับใช้เมื่อ พ.ศ. 2546 อย่างไรก็ดีในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยได้ออกกฎกระทรวงเพื่อควบคุมการเพาะพันธุ์สัตว์ป่าคุ้มครองและการครอบครอง เพื่อการค้าซึ่งสัตว์ป่าคุ้มครองที่ได้เพาะพันธุ์14 พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ให้อำนาจเจ้าพนักงานในการสอบสวนซึ่งรวมถึงอำนาจในการป้องกันการเกิด อาชญากรรมและอำนาจในการจับกุมเช่นเดียวกันเจ้าหน้าที่ตำรวจและเจ้าหน้าที่ปกครองตามกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา (มาตรา 45) นอกจากนี้ พ.ร.บ. ป่าไม้ ยังกำหนดอำนาจเช่นเดียวกันให้แก่เจ้าหน้าที่ป่าไม้ (มาตรา 64) ภายหลังการจับกุม เจ้าหน้าที่ตำรวจมีความรับผิดชอบในการพิจาณาสอบสวนเพื่อดำเนินการฟ้องร้องคดีอาญาต่อผู้ต้องหา พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า กำหนดให้มีการรับใบอนุญาตเพื่อครอบครองสัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครอง ซากของสัตว์ดังกล่าวและผลิตภัณฑ์ของสัตว์ดังกล่าว โดยยกเว้นการได้มาจากการเพาะพันธุ์หรือเพื่อจัดแสดงในสวนสัตว์ (มาตรา 19) พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ไม่ได้กำหนดให้การครอบครองชนิดสัตว์ที่ไม่ได้ระบุไว้ในกฎหมายว่าเป็น สัตว์ป่าสงวนหรือสัตว์ป่าคุ้มครองต้องได้รับใบอนุญาต อย่างไรก็ดีมีชนิดสัตว์มากกว่า 1000 ชนิดตามบัญชีไซเตสซึ่งไม่ได้รับ

การระบุไว้ใน พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า กฎกระทรวง พ.ศ. 2558 กำหนดให้บุคคลใดที่ครอบครอง สัตว์ป่าที่ได้รับการคุ้มครองหรือซากสัตว์ป่าดังกล่าวหรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ดังกล่าวต้องรายงานไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หากอธิบดีพบว่าบุคคลใดครอบครองสัตว์ป่าที่มีชีวิตและเข้าหลักเกณฑ์ที่กำหนด อธิบดีสามารถออกใบอนุญาตชั่วคราวเพื่อ ครอบครองสัตว์ดังกล่าว อย่างไรก็ดีกฎกระทรวงไม่ได้กำหนดระยะเวลาของใบอนุญาตชั่วคราวไว้ หากอธิบดีพบว่าบุคคล ผู้ครอบครองสัตว์ที่มีชีวิตไม่สามารถเข้าหลักเกณฑ์ที่กำหนดได้ อธิบดีสามารถสั่งให้นำสัตว์ส่งไปยังสวนสัตว์หรือบุคคลอื่น ที่มีใบอนุญาตเพาะพันธุ์ได้ภายใน 120 วัน พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า อนุญาตการครอบครองแต่ไม่ใช่การมีกรรมสิทธิ์ เหนือสัตว์ป่าสงวนหรือสัตว์ป่าคุ้มครอง ดังนั้นการการเปลี่ยนมือการครอบครองสัตว์ป่าหรือสัตว์จึงเป็นเพียงการส่งมอบการ ครอบครองไม่ใช่การโอนกรรมสิทธิ์ หากบุคคลใดไม่เปลี่ยนมือการครอบครองสัตว์ไปยังสวนสัตว์หรือบุคคลผู้ถือใบอนุญาต เพาะพันธุ์ภายใน 120 วัน จะต้องส่งมอบสัตว์ดังกล่าวไปให้หน่วยงานราชการและสัตว์ที่ได้รับการคุ้มครองเช่นว่าจะตกเป็น ของแผ่นดิน ประกาศกระทรวงทรัพยากรฯ พ.ศ. 2558 กำหนดให้บุคคลใดที่ได้รับใบอนุญาตครอบครองสัตว์ป่าคุ้มครองจะต้องดูแลตามเงื่อนไขที่ระบุในใบอนุญาต รวมทั้งการให้อาหารที่เหมาะสมเพียงพอ และป้องกันสัตว์จากอันตราย ความเจ็บป่วย ความเครียด และความกลัว16 พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า กำหนดให้การยึดสัตว์ป่าสงวนหรือสัตว์ป่าคุ้มครองและซาก รัง หรือผลิตภัณฑ์ จากสัตว์เหล่านั้นซึ่งได้มาหรือครอบครองโดยฝ่าฝืนกฎหมายฉบับนี้ (มาตรา 58) การยึดจะกระทำได้เมื่อมีคำสั่งศาล ทั้งนี้ มาตรา 58 ยังกำหนดให้

สัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครองและผลิตภัณฑ์จากสัตว์เหล่านั้นซึ่งได้มาโดยผิดกฎหมายจะต้อง ถูกยึด และเมื่อถูกยึดแล้วให้ตกเป็นของแผ่นดิน นอกจากนี้ระเบียบของกรมป่าไม้ พ.ศ. 2540 ยังกำหนดให้สัตว์ป่าซึ่งเป็น ทรัพย์สินของแผ่นดินจะไม่สามารถขาย จำหน่ายออก หรือโอนได้17 ระเบียบดังกล่าวยังกำหนดว่าสัตว์ที่มีชีวิตจะต้องถูกส่ง ไปยังสถานอนุรักษ์สัตว์ป่าที่ใกล้ที่สุดเพื่อให้ได้รับการรักษาและส่งกลับสู่ธรรมชาติ ซากของสัตว์ที่ตายแล้วจะต้องถูกส่งไปยัง สถานอนุรักษ์สัตว์ป่าที่ใกล้ที่สุดเพื่อเก็บรักษา หากซากดังกล่าวเก็บรักษาไม่ได้ก็จะต้องถูกทำลาย (ข้อ 5) ทั้งนี้ ข้อ 5 ยังบังคับ ใช้กับสัตว์ป่าทุกชนิดโดยไม่คำนึงว่าจะได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสัตว์ป่าสงวนหรือสัตว์ป่าคุ้มครองหรือไม่ อนึ่งหากพิจารณา ภายใต้ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ซึ่งกำหนดนิยามคำว่า “สัตว์ป่า” นั้น ระเบียบฉบับนี้ก็จะใช้กับชนิดพันธุ์ที่มิได้มีถิ่นกำเนิด ในประเทศไทยด้วย นอกจากนี้ไซเตสกำหนดหลักเกณฑ์เรื่องการยึดตัวอย่างพันธุ์ภายใต้มาตรา 8 ของอนุสัญญา

พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ควบคุมการประกอบกิจการสวนสัตว์โดยกำหนดให้บุคคลใดมีความประสงค์จะ ดำเนินกิจการสวนสัตว์จะต้องได้รับใบอนุญาต (มาตรา 29) สวนสัตว์จะต้องมีใบอนุญาตครอบครองสัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่า คุ้มครอง (มาตรา 19) การดำเนินการของสวนสัตว์จะต้องมีใบอนุญาตเพื่อที่จะผสมพันธุ์ชนิดสัตว์ที่สงวนหรือคุ้มครอง (มาตรา 18) บทบัญญัติเหล่านี้บังคับใช้กับสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดพันธุ์ที่มิได้มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทยตามบัญชีไซเตสซึ่งได้ขึ้นบัญชี ภายใต้ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ห้ามการครอบครองรังของสัตว์ป่าสงวนหรือสัตว์ป่าคุ้มครอง (มาตรา 21) แต่ควบคุมการครอบครองสัตว์ป่าสงวนหรือสัตว์ป่าคุ้มครองประจำถิ่นในกรณีของการประกอบกิจการสวนสัตว์ (มาตรา 19 และ 30) ทั้งนี้กฎกระทรวง พ.ศ. 254018 กำหนดกระบวนการสำหรับการขอรับใบอนุญาตเพื่อจัดตั้งและดำเนินกิจการ สวนสัตว์ ทั้งนี้โดยกำหนดว่า:

- สวนสัตว์จะต้องจ้างนักวิทยาศาสตร์ด้านสัตว์ป่าและสัตวแพทย์
- ที่พักพิงจะต้องเหมาะสมกับขนาดและจำนวนสัตว์
- การแสดงของสัตว์ป่าจะต้องไม่เป็นการทารุณหรือทำร้ายสัตว์ และ
- สวนสัตว์จะต้องมีระบบการป้องกันมลภาวะและระบบรักษาความปลอดภัย

อย่างไรก็ดีกฎกระทรวงไม่ได้นิยามคำว่า “ทารุณ” หรือการ “ทำร้าย” และไม่ได้ให้รายละเอียดการพิจารณาถึง ความ “เหมาะสม” ของที่พักพิง

มาตรา 227 แห่งประมวลกฎหมายวิธีพิจาณาความอาญากำหนดให้บุคคลได้รับการสันนิษฐานให้บริสุทธิ์ ทั้งยัง กำหนดว่าหากมีข้อสงสัยว่าผู้ต้องหากระทำความผิดจริงหรือไม่กฎหมายได้ยกประโยชน์ให้ผู้ต้องหาในความสงสัยดังกล่าว ในคำวินิจฉัยศาลรัฐธรรมนูญที่ 12/2555 กำหนดข้อสันนิษฐานว่าบทบัญญัติของ พ.ร.บ. ขายตรงและตลาดแบบตรง พ.ศ. 2545 กำหนดภาระการพิสูจน์เป็นของกรรมการของนิติบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการกระทำความผิดตาม พ.ร.บ. เป็นบทบัญญัติ ที่ไม่สามารถบังคับได้

ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความแพ่งกำหนดให้คู่กรณีฝ่ายที่กล่าวอ้างเป็นผู้นำสืบข้อเท็จจริงเพื่อสนับสนุน ข้อกล่าวหายกเว้นกรณีที่ข้อเท็จจริงดังกล่าวเป็นที่รู้กันโดยทั่วไป ไม่สามารถโต้แย้งได้ หรือยอมรับโดยฝ่ายตรงข้าม (มาตรา 84/1) มาตรา 15 ของประมวลกฎหมายวิธีพิจาณาความอาญากำหนดว่าหากไม่มีบทบัญญัติบังคับแก่กระบวนการพิจารณาให้ ใช้บทบัญญัติของประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความแพ่งบังคับเท่าที่ใช้ได้

มาตรา 59 แห่ง พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า มีบทบัญญัติที่เหมือนกันกับ พ.ร.บ. ขายตรงและตลาดแบบตรง ดังนั้นหากพิจารณาในบริบทของคำวินิจฉัยศาลรัฐธรรมนูญที่ 12/2555 แล้ว บทบัญญัติของ พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า ย่อมไม่สามารถใช้บังคับได้ บทบัญญัติของประมวลกฎหมายวิธีพิจาณาความแพ่งจะนำมาบังคับใช้เมื่อไม่มีบทกฎหมายอื่นใด บังคับใช้แก่กรณี เป็นไปได้ที่จะแก้ไข พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า เพื่อให้มีการเปลี่ยนภาระการพิสูจน์โดยกำหนดให้ ผู้ค้าหรือบุคคลใดที่มีการครอบครองชนิดพันธุ์ที่มิได้มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทยตามบัญชีไซเตสเป็นผู้พิสูจน์ว่าพวกเขาได้รับ สัตว์ป่ามาอย่างถูกกฎหมาย

ในปี พ.ศ. 2550 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ ได้ออกระเบียบกำหนดการส่งสัตว์ป่ากลับถิ่นกำเนิด19 ซึ่งสอดคล้องกับ มาตรฐานไซเตส ระเบียบดังกล่าวกำหนดให้ประเทศต้นทางของชนิดพันธุ์ที่มิได้มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทยที่ถูก ยึด จะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายการดูแลรักษาสัตว์ป่าดังกล่าวตั้งแต่วันที่ได้มีการยึด จนถึงวันที่ได้มีการส่งกลับประเทศ รวมทั้งค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการขนส่งกลับไป ยังประเทศต้นทาง ภายใต้ระเบียบฉบับนี้ รัฐมนตรีมีอำนาจในการยกเว้นค่าใช้ จ่ายดังกล่าวซึ่ง ระเบียบดังกล่าว ยังกำหนดให้ประเทศไทยไม่สามารถดำเนินการส่งกลับสัตว์ป่าได้จนกว่าสัตว์ป่าดังกล่าวตก เป็นของแผ่นดินแล้ว ซึ่งยังผลให้มีการนำบทบัญญัติของประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ และประมวลกฎหมายวิธีพิจารณา ความอาญามาใช้บังคับ ในปี พ.ศ. 2558 กรมอุทยานแห่งชาติฯ โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า แห่งชาติ ได้ยกเลิกระเบียบปี พ.ศ. 2550 เนื่องจากก่อให้เกิดความขัดแย้งกันระหว่างอำนาจของรัฐมนตรีและอธิบดีในการ กำหนดค่าใช้จ่ายอันเกี่ยวเนื่องกับการดูแลและส่งกลับรวมถึงการยกเว้นค่าใช้จ่ายดังกล่าว ดังนี้มีระเบียบสองฉบับที่เกี่ยวข้อง กับการส่งสัตว์ป่ากลับ คือ: ระเบียบกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ว่าด้วยการปฏิบัติเกี่ยวกับของกลางในคดีความผิดเกี่ยวกับ การป่าไม้ พ.ศ. 253320 และระเบียบกรมป่าไม้ ว่าด้วยการดำเนินการเกี่ยวกับสัตว์ป่าหรือซากของสัตว์ป่าที่ตกเป็นของแผ่นดิน พ.ศ. 2540

ในปี พ.ศ. 2552 มีการพบอุรังอุตังจำนวน 11 ตัว ริมถนนในจังหวัดภูเก็ต การส่งอุรังอุตังเหล่านี้กลับรวมทั้งสัตว์อื่น อีกสามตัวไม่เกิดขึ้นจนกระทั้งปี พ.ศ. 2558 ฐานทางกฎหมายสำหรับการรักษาสัตว์เป็นเวลาห้าปีเกิดจากประมวลกฎหมาย แพ่งและพาณิชย์ซึ่งควบคุมทรัพย์สินชนิดใดๆ โดยมาตรา 1327 กำหนดให้รัฐเป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์ในทรัพย์สินใดๆ ที่ได้มา โดยผิดกฎหมายและเป็นผลให้ทรัพย์สิน

ดังกล่าวต้องอยู่ในความดูแลของรัฐจนกว่าจะมีเจ้าของที่แท้จริงมาร้องคืน มาตรา 36 ของประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์กำหนดให้เจ้าของที่ชอบด้วยกฎหมายมีสิทธิเรียกร้องขอคืนทรัพย์สินที่รัฐได้ยึดไว้ ภาย ใต้ประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ หากไม่สามารถระบุตัวเจ้าของทรัพย์สินได้ รัฐจะต้องเก็บรักษาทรัพย์สินนั้นไว้เป็นเวลา ห้าปี อย่างไรก็ดีประมวลกฎหมายอาญามิได้มีบทบัญญัติในลักษณะดังกล่าว ด้วยเหตุที่ไม่มีผู้เรียกร้องว่าเป็นเจ้าของที่แท้จริง ในอุรังอุตังดังกล่าวตามประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ ประเทศไทยจึงต้องเก็บรักษาทรัพย์สินดังกล่าวไว้เป็นเวลาห้าปีก่อน ที่จะส่งคืนกลับไปได้ ภายใต้ระเบียบของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติฯ ซึ่งใช้บังคับอยู่ในเวลานั้น ประเทศต้นทางจะต้องรับ ผิดชอบในค่าใช้จ่ายในการส่งคืน ในกรณีของอุรังอุตัง มีการใช้วิธีการทางทูตเพื่อขอยกเว้นที่จะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่าย

2.1.6.5 ประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน พ.ศ. 2558

โดยที่มาตรา 24 แห่งพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ.2497 กำหนดให้รัฐมนตรีมีอำนาจอนุญาตและกำหนดเงื่อนไขการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม จึงออกประกาศกำหนดหลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาต และเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบิน จากภายนอก พ.ศ. 2558”

ข้อ 2 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศเป็นต้นไป

ข้อ 3 ในประกาศนี้

“อากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก” หมายความว่า อากาศยานที่ควบคุมการบิน โดยผู้ควบคุมการบินอยู่ภายนอกอากาศยานและใช้ระบบควบคุมอากาศยาน ทั้งนี้ ไม่รวมถึงเครื่องบินเล็กซึ่งใช้เป็นเครื่องเล่นตามกฎกระทรวงกำหนดวัตถุซึ่งไม่เป็นอากาศยาน พ.ศ. 2558

“ระบบควบคุมอากาศยาน” หมายความว่า ชุดอุปกรณ์อันประกอบด้วยเครื่องเชื่อมโยงคำสั่งควบคุมหรือการบังคับอากาศยาน รวมทั้งสถานีหรือสถานีที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์เหล่านี้หรือเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการบินจากภายนอกและตัวอากาศยานด้วย

ข้อ 4 อากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอกตามประกาศนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ประเภทที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเล่นเป็นงานอดิเรกเพื่อความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬา แบ่งออกเป็น

2 ขนาด คือ

(ก) ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม

(ข) ที่มีน้ำหนักเกิน 2 กิโลกรัมแต่ไม่เกิน 25 กิโลกรัม

2) ประเภทที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นนอกจาก (1) ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 25 กิโลกรัม ดังต่อไปนี้

(ก) เพื่อการรายงานเหตุการณ์หรือรายงานการจราจร (สื่อมวลชน)

(ข) เพื่อการถ่ายภาพ การถ่ายทำหรือการแสดงในภาพยนตร์หรือรายการโทรทัศน์

(ค) เพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน

(ง) เพื่อการอื่น ๆ

ข้อ 5 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคมอนุญาตให้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่มีน้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเล่นเป็นงานอดิเรก เพื่อความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬา ตามข้อ 4 (๑) (ก) ได้ โดยผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องมีอายุเกินกว่า 18 ปีบริบูรณ์ เว้นแต่จะมีผู้แทนโดยชอบธรรมควบคุมดูแล และต้องปฏิบัติตามเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

(1) ก่อนทำการบิน

(ก) ตรวจสอบว่าอากาศยานอยู่ในสภาพทสามารถทำการบินได้อย่างปลอดภัย ซึ่งรวมถึงตัวอากาศยานและระบบควบคุมอากาศยาน

(ข) ได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ที่จะทำการบิน

(ค) ทำการศึกษาพื้นที่และชั้นของห้วงอากาศที่จะทำการบิน

(ง) มีแผนฉุกเฉิน รวมถึงแผนสำหรับกรณีเกิดอุบัติเหตุ การรักษาพยาบาล และ การแก้ปัญหากรณีไม่สามารถบังคับอากาศยานได้

(2) ระหว่างทำการบิน

(ก) ห้ามทำการบินในลักษณะที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สิน และรบกวนความสงบสุขของบุคคลอื่น

(ข) ห้ามทำการบินเข้าไปในบริเวณเขตห้าม เขตกำกัด และเขตอันตรายตามที่ประกาศใน เอกสารแถลงข่าวการบินของประเทศไทย (Aeronautical Information Publication –

Thailand หรือ AIP – Thailand) รวมทั้ง สถานที่ราชการ หน่วยงานของรัฐ โรงพยาบาล เว้นแต่จะได้รับอนุญาต จากหน่วยงานเจ้าของพื้นที่

(ค) แนวการบินขึ้นลงของอากาศยานจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง

(ง) ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องสามารถมองเห็นอากาศยานได้ตลอดเวลาที่ทำการบิน และห้ามทำการบังคับอากาศยานโดยอาศัยชุดกล้องบินอากาศยานหรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียง

(จ) ต้องทำการบินในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก ซึ่งสามารถมองเห็นอากาศยานได้อย่างชัดเจน

(ฉ) ห้ามทำการบินเข้าใกล้หรือเข้าไปในเมฆ

(ช) ห้ามทำการบินภายในระยะเก้ากิโลเมตร (ห้าไมล์ทะเล) จากสนามบินหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวของอากาศยานเว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของหรือผู้ดำเนินการสนามบินอนุญาตหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวอนุญาต

(ซ) ห้ามทำการบินโดยใช้ความสูงเกินเก้าสิบเมตร (สามร้อยฟุต) เหนือพื้นดิน

(ฌ) ห้ามทำการบินเหนือเมือง หมู่บ้าน ชุมชน หรือพื้นที่ที่มีคนมาชุมนุมอยู่

(ญ) ห้ามบังคับอากาศยานเขาใกล้อากาศยานซึ่งมีนักบิน

(ฎ) ห้ามทำการบินละเมิดสิทธิส่วนบุคคลของผู้อื่น

(ฏ) ห้ามทำการบินโดยก่อให้เกิดความเดือดร้อน ความรำคาญ แก่ผู้อื่น

(ฐ) ห้ามส่งหรือพาวัตถุอันตรายตามที่กำหนดในกฎกระทรวงหรืออุปกรณ์ปล่อยแสงเลเซอร์ติดไปกับอากาศยาน

(ฑ) ห้ามทำการบินโดยมระยะห่างในแนวราบกับบุคคล ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้างหรืออาคาร น้อยกว่าสามสิบเมตร (หนึ่งร้อยฟุต)

เมื่ออปรากฏว่า ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานไม่สามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดข้างต้นได้ ให้ระงับการบังคับหรือปล่อยอากาศยาน เว้นแต่จะได้รบอนุญาตตามข้อ 17

ข้อ 6 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคมอนุญาตให้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่มีน้ำหนักเกินกว่า 2 กิโลกรัมแต่ไม่เกิน 25 กิโลกรัม ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเล่นเป็นงานอดิเรก เพื่อความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬาตามข้อ 4 (๑) (ข) ได้เมื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานมีคุณสมบัติและ

ลักษณะ ตามข้อ 7 และได้ขึ้นทะเบียนตามข้อ 8 โดยผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องปฏิบัติตามเงื่อนไข ที่กำหนดตามข้อ 9

ข้อ 7 ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานตามข้อ 6 ต้องมีคุณสมบัติและลักษณะ ดังต่อไปนี้

(๑) มีอายุไม่ต่ำกว่ายี่สิบปีบริบูรณ์

(๒) ไม่เป็นผู้มีพฤติการณ์อันเป็นภัยต่อความมั่นคงของประเทศ

(๓) ไม่เคยต้องโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุกในความผิดตามกฎหมายว่าด้วยยาเสพติดหรือกฎหมายว่าด้วยศุลกากร

ข้อ 8 ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานตามข้อ 6 ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนต่ออธิบดีพร้อมด้วยเอกสารและหลักฐานแสดงรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(1) สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน หรือสำเนาหนังสือเดินทาง

(2) สำเนาทะเบียนบ้าน

(3) แบบ ยี่ห้อ หมายเลขประจำตัวเครื่อง จำนวน และสมรรถนะของอากาศยาน รวมทั้งอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

(4) สำเนากรมธรรมประกันภัย ซึ่งคุ้มครองความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สาม วงเงินประกันไม่ต่ำกว่าหนึ่งล้านบาทต่อครั้ง

(5) วัตถุประสงค์ของการใช้อากาศยาน

(6) ขอบเขตของพื้นที่ ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่จะทำการบิน

(7) ข้อมูลติดต่อของผู้ยื่นคำขอลงทะเบียน

(8) คำรับรองว่าผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานมีคุณสมบัติและลักษณะตามข้อ 7

ข้อ 9 ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่ได้ขึ้นทะเบียนตามข้อ 8 แล้ว ปฏิบัติตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(1) ก่อนทำการบิน

(ก) ดำเนินการตาม ข้อ 5 (1) (ก) ถึง (ง)

(ข) มีการบำรุงรักษาตามคู่มือของผู้ผลิต

(ค) มีความรู้ความชำนาญในการบังคับอากาศยานและระบบของอากาศยาน

(ง) มีความรู้ความเข้าใจในกฎจราจรทางอากาศ

(จ) นำหนังสือหรือสำเนาหนังสือการขึ้นทะเบียนติดตัวตลอดเวลาที่ทำการบิน

(ฉ) มีอุปกรณ์ดับเพลิงทสามารถใช้งานได้ติดตัวตลอดเวลาที่ทำการบิน

(ช) มีการทำประกันภัยสำหรับความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สาม วงเงินประกันไม่ต่ำกว่าหนึ่งล้านบาทต่อครั้ง

(2) ระหว่างทำการบิน

(ก) ดำเนินการตาม ข้อ 5 (2) (ก) ถึง (ฐ)

(ข) ห้ามทำการบินโดยมีระยะห่างในแนวราบกับบุคคล ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง อาคารที่ไม่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการบินน้อยกว่าห้าสิบเมตร (หนึ่งร้อยห้าสิบฟุต)

(ค) เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแก่อากาศยาน ให้ผู้บังคับหรือผู้ปล่อยอากาศยานแจ้งอุบัติเหตุนั้น ต่อพนักงานเจ้าหน้าที่โดยไม่ชักช้า

เมื่อปรากฏว่าผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ตามวรรคหนึ่ง ให้อธิบดีมีอำนาจสั่งให้แก้ไขการกระทำนั้นภายในระยะเวลาที่กำหนด หากไม่ดำเนินการหรือการฝ่าฝืนหรือการไม่ปฏิบัติดังกล่าวจะก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัย ให้อธิบดีมีอำนาจสั่งเพิกถอนการขึ้นทะเบียนตามข้อ 6 ได้

ข้อ 10 รัฐมนตรีวาการกระทรวงคมนาคมอนุญาตให้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่มีน้ำหนัก ไม่เกิน 25 กิโลกรัม ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นตามข้อ 4 (2) ได้เมื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน มีคุณสมบัติและลักษณะตามข้อ 11 และได้ขึ้นทะเบียนตามข้อ 12 โดยผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดตามข้อ 13

ข้อ 11 ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานตามข้อ 10 ต้องมีคุณสมบัติและลักษณะ ดังต่อไปนี้

(1) เพื่อการรายงานเหตุการณ์หรือรายงานการจราจร (สื่อมวลชน) ต้องเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์และดำเนินการด้านสื่อสารมวลชน เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร วิทยุและโทรทัศน์ เป็นต้น

(2) เพื่อการถ่ายภาพ การถ่ายทำหรือการแสดงในภาพยนตร์หรือรายการโทรทัศน์ต้องเป็น

(ก) บุคคลธรรมดา

1) มีอายุไม่ต่ำกว่ายี่สิบปีบริบูรณ์

2) ไม่เป็นผู้มีพฤติการณ์อันเป็นภัยต่อความมั่นคงของประเทศ

3) ไม่เคยต้องโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุกในความผิดตามกฎหมาย ว่าด้วยยาเสพติดหรือกฎหมายว่าด้วยศุลกากร

(ข) นิติบุคคล ซึ่งผู้แทนนิติบุคคลและผู้จัดการของนิติบุคคลนั้น มีคุณสมบัติตาม (ก)

(3) เพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน ต้องเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์และดำเนินการเพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน

(4) เพื่อการอื่น ต้องมีคุณสมบัติและลักษณะตาม (๒) (ก) (ข)

ข้อ 12 ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานตามข้อ 10 ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนต่ออธิบดีพร้อมด้วยเอกสารและหลักฐานแสดงรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(1) กรณีผู้ขอขึ้นทะเบียนเป็นนิติบุคคล

(ก) หนังสือรับรองหรือหลักฐานการเป็นนิติบุคคล ซึ่งแสดงรายการเกี่ยวกับชื่อ วัตถุประสงค์ที่ตั้งสำนักงาน และผู้มีอำนาจลงนามผูกพันนิติบุคคลที่เป็นปัจจุบัน โดยมีคำรับรองของผู้มีอำนาจให้คำรับรองตามกฎหมายไม่เกินสามสิบวัน นับแต่วันที่ออกหนังสือรับรองหรือหลักฐานนั้น

(ข) บัญชีรายชื่อหุ้นส่วนผู้จัดการหรือกรรมการผู้จัดการ และผู้มีอำนาจควบคุม (ถาม)

(ค) สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน หรือสำเนาหนังสือเดินทางของบุคคลตาม (ข)

(ง) รายชื่อของผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานและบุคคลอื่นที่จำเป็นต้องมีในการปฏิบัติการบิน
ของอากาศยาน

(จ) สำเนาบัตรประจำตัวประชาชนและสำเนาทะเบียนบ้าน รวมทั้งเอกสารแสดงความยินยอมของบุคคลตาม (ง)

(ฉ) แบบ ยี่ห้อ หมายเลขประจำตัวเครื่อง จำนวน และสมรรถนะของอากาศยาน รวมทั้งอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

(ช) สำเนากรมธรรมประกันภัย ซึ่งคุ้มครองความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สาม วงเงินประกันไม่ต่ำกว่าหนึ่งล้านบาทต่อครั้ง

(ซ) วัตถุประสงค์ของการใช้อากาศยาน

(ฌ) ขอบเขตของพื้นที่ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่จะทำการบิน

(ฎ) ข้อมูลติดต่อของผู้ยื่นคำขอลงทะเบียน

(ฏ) คำรับรองว่าผู้แทนนิติบุคคลและผู้จัดการของนิติบุคคล มีคุณสมบัติและลักษณะตามข้อ 11 (2)

(2) กรณีผู้ขอขึ้นทะเบียนเป็นบุคคลธรรมดา

(ก) สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน หรือสำเนาหนังสือเดินทาง

(ข) สำเนาทะเบียนบ้าน

(ค) รายการตาม (1) (ฉ) ถึง (ฏ)

ข้อ 13 ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่ได้ขึ้นทะเบียนตามข้อ 12 แล้ว ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน ข้อ ๙ โดยอนุโลม

ข้อ 14 เมื่ออธิบดีได้รับคำขอขึ้นทะเบียนตามข้อ 8 หรือข้อ 12 แล้ว ให้อธิบดีตรวจสอบคุณสมบัติและลักษณะของผู้ขอตามที่กำหนดในข้อ 7 หรือข้อ 11 รวมทั้งเอกสารหลักฐานตามที่กำหนดในข้อ 8 หรือข้อ 12 แล้วแต่กรณี

หากตรวจสอบตามวรรคหนึ่งแล้ว เห็นว่าผู้ขอมีคุณสมบัติและลักษณะ รวมทั้งเอกสารหลักฐานถูกต้องครบถ้วน ให้อธิบดีออกหนังสือการขึ้นทะเบียนมอบไว้แก่ผู้ขอ หรือมิฉะนั้น ให้อธิบดียกคำขอและแจ้งให้ผู้ขอทราบ ทั้งนี้ไม่ตัดสิทธิผู้ขอที่จะยื่นคำขอใหม่

ข้อ 15 หนังสือการขึ้นทะเบียนตามข้อ 14 ให้มีอายุสองปี นับตั้งแต่วันที่ออกหนังสือ

ข้อ 16 เมื่อผู้ได้รับหนังสือการขึ้นทะเบียนประสงค์จะใช้อากาศยานที่ขึ้นทะเบียนไว้ต่อไป ให้ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนตามข้อ 8 หรือข้อ 12 แล้วแต่กรณี ต่ออธิบดี ก่อนวันที่หนังสือการขึ้นทะเบียนสิ้นอายุไม่น้อยกว่าสามสิบวัน

ข้อ 17 ในกรณีที่ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานไม่สามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขตามที่กำหนด ในข้อ 5 ข้อ 9 และ ข้อ 13 และมีหนังสือแจ้งให้อธิบดีทราบแล้ว ให้อธิบดีมีอำนาจอนุญาตให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานปฏิบัติแตกต่างไปจากที่กำหนดได้ ทั้งนี้อธิบดีอาจกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดเพิ่มเติมเพื่อความปลอดภัยไว้ด้วยก็ได้

ข้อ 18 ผู้ใดประสงค์จะบังคับหรือปล่อยอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอกที่มีน้ำหนักเกิน 25 กิโลกรัม ให้ยื่นขออนุญาตต่ออธิบดีเป็นกรณีไป และจะบังคับหรือปล่อยอากาศยานได้ต่อเมื่อได้รับ อนุญาตเป็นหนังสือจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม และต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนด

การใช้งานของอากาศยานทั้งที่มีนักบินและไร้นักบินนั้น จะต้องอยู่ภายใต้ข้อบังคับและกฎการบินโดยเคร่งครัด ซึ่งจะต้องมีการส่ง Flight plan หรือแผนการบินล่วงหน้าอย่างน้อย 1 ชม. ไปยังเจ้าหน้าที่ควบคุมการจราจรทางอากาศ (air traffic controller) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการบิน ในกรณีที่โดรนจะทำการบินในระดับสูง จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่แสดงตนเอง เพื่อการพิสูจน์ทราบ และ

ปฏิบัติการบินตามคำอนุญาตโดยเคร่งครัด ในพื้นที่ที่เป็นสีฟ้าเป็นพื้นที่อันตราย (Danger Area) ซึ่งจะต้องทำการบินและต้องปฏิบัติตามกฎการบินโดยเคร่งครัด การที่จะทำการบินเข้าไปในเขตห้าม (Prohibited Area) เขตกำกัด (Restricted Area) และ เขตอันตราย (Danger Area) จะต้องได้รับอนุญาตจากผู้ที่รับผิดชอบดูแลพื้นที่ก่อนล่วงหน้าทุกครั้ง หากไม่เช่นนั้น อาจจะถูกสกัดกั้นหรือถูกทำลาย จากหน่วยงานความมั่นคงที่รับผิดชอบได้ ซึ่งนักบินที่จะทำการบินในราชอาณาจักรจะต้องดูและปฏิบัติตามเอกสารบรรณสารการบินแห่งประเทศไทย (Aeronautical Information Publication: AIP) อย่างเคร่งครัด

ในประเทศไทยมีการนำมาใช้นานแล้ว เริ่มตั้งแต่ที่มีการจับกล้องใส่ในโดรนเพื่อใช้ถ่ายภาพ หลังจากนั้นสำนักข่าวต้องการมุมมองที่หลากหลายเพื่อทำข่าว และประสบการณ์ในการใช้โดรนจะมีช่วงเกิดเหตุการณ์ม็อบ ซึ่งลักษณะการบินของโดรน มีลักษณะทุกอย่างเหมือนอากาศยาน จึงอาจตกได้ ดังนั้น การมีประกันภัยอุบัติเหตุจากโดรนตามประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่องหลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. 2558 เป็นเรื่องที่ดี แต่ในปัจจุบันอาจไม่ practical นัก เพราะยังไม่มีบริษัทรับประกันภัยเรื่องนี้ในประเทศไทย

เรื่องการถ่ายภาพทางอากาศ หรือสำรวจทางอากาศ อาจเป็นการรบกวนหรือมีการละเมิดทาง Privacy ด้วย ดังนั้น สิ่งที่ท้าทายและเป็นประเด็นทางกฎหมายในต่างประเทศอยู่ไม่น้อย โดรนเป็นที่เรียกกันว่า internet of things ซึ่งสามารถเก็บวิดีโอของบุคคล และมีการเก็บข้อมูลของส่วนบุคคล ซึ่งสามารถถ่าย 360 องศา โดยใน USA ถ้ารัฐจะใช้โดรน ต้องมีหมายก่อน ถือว่าเป็นการค้น แต่ถ้าเป็นกรณีเอกชนหรือประชาชนทั่วไปในการใช้นั้นมีกฎหมายคุ้มครองเครื่องโดรน ถ้าใครยิงหรือทำลายจะกระทำไม่ได้ ซึ่งหมายถึงกฎหมายสหรัฐมุ่งคุ้มครองเรื่องทรัพย์สินและความปลอดภัย (safety) แต่ไม่ได้ให้น้ำหนักทาง Privacy ในปัจจุบันใช้ในทางทหารหรือนักข่าวครอบคลุมอยู่แล้ว แต่ที่สำคัญสำหรับชาวบ้านทั่วไป กรณีที่โดนโดรนถ่ายรูปในยุโรป จะต้องมีการใช้กฎหมายต่างหากที่จะคุ้มครอง privacy

การควบคุมการบิน และ กติกาการบินโดรน

เมื่อวันที่ 27 สิงหาคม 2558 ได้มีการประกาศในราชกิจจานุเบกษา ประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่องหลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. 2558 โดยมีสาระสำคัญแบ่งอากาศยานไร้นักบินเป็น 2 ประเภท คือ

1) เล่นเพื่องานอดิเร บันเทิง กีฬา

ก. ขนาดไม่เกิน 2 กิโลกรัม

ข. ขนาดเกิน 2 กิโลกรัม แต่ไม่เกิน 25 กิโลกรัม

2) ไม่ใช่เพื่องานอดิเรก แต่เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่น เพื่อการทำข่าว ช่วยเหลือรายงานจราจร ภาพยนตร์ วิจัยและพัฒนา อื่นๆ เป็นต้น ซึ่งมีน้ำหนักไม่เกิน 25 กิโลกรัม ต้องมีการจดทะเบียนเป็นนิติบุคคล หรือบุคคลธรรมดา

โดยก่อนทำการบินต้องมีการตรวจเช็คตามที่ประกาศกระทรวงคมนาคมกำหนด และเมื่อบินแล้วต้องไม่รบกวนผู้อื่น และที่สำคัญคือ ไม่ให้บินในบริเวณ เขตห้าม (Prohibited Area) เขตกำกัด (Restricted Area) และ เขตอันตราย (Danger Area) ตามที่ประกาศของ AIP ประเทศไทย หากมีเหตุสงสัยการฝ่าฝืนสามารถ ดำเนินต่อการฝ่าฝืนได้ตามกฎหมาย

ทุกคนที่ทำการบินต้องได้รับอนุญาต และต้องมีการส่งแผนการบินให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีหน้าที่ดูแลเรื่องการบินเพื่อควบคุมและหลีกเลี่ยงความไม่ปลอดภัยอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Dailymail online ,2013 จากเหตุการณ์การวางระเบิดในงาน Boston Marathon ได้จับกุมผู้ต้องสงสัยในการวางระเบิดได้คือ นาย Dzhokhar Tsarnaev ในวอเตอร์ทาวน์ เมื่อวันที่ 19 เมษายน 2556 ซึ่งในการจับกุมโดยใช้เทคโนโลยีการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศด้วยกล้องความร้อน จากเฮลิคอปเตอร์ของตำรวจรัฐแมสซาชูเซต ที่สามารถบันทึกภาพผู้ต้องสงสัยได้โดยผู้ต้องสงสัยหลังจากได้วางระเบิดแล้วได้หลบหนีซ่อนตัวอยู่ภายในเรือที่มีสิ่งปกคลุม และมีผู้แจ้งเบาะแสว่าปรากฏรอยเลือดบริเวณเรือ จึงได้แจ้งเจ้าหน้าที่ เนื่องจากผู้ต้องสงสัยได้หลบซ่อนอยู่ภายในเรือซึ่งเมื่อสังเกตจากภายนอกจะไม่สามารถมองเห็นได้จนกระทั่งเวลากลางคืน เจ้าหน้าที่จึงได้ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนซึ่งสามารถจำแนกวัตถุที่แผ่ความร้อนออกมาได้ชัดเจน เนื่องจากกล้องสามารถจำแนกคนซึ่งมีความร้อนออกจากวัตถุรอบข้างที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน จึงเป็นเหตุให้เจ้าหน้าที่สามารถควบคุมตัวผู้ต้องสงสัยได้สำเร็จ

ภาพที่ 2.17 แสดงภาพถ่ายจากกล้องความร้อนที่ติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์

2.2.2 รายงานการศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจสัตว์ป่า โดยการประยุกต์ สำรวจระยะไกล ด้วยระบบกล้องถ่ายภาพความร้อน เฉพาะที่เกี่ยวข้อง (Critical reviews) ได้แก่ (Betke et al., 2008), (Boonstra et al., 1994), (Boonstra et al., 1995), (Bowers et al., 2009), (Hodnett., 2005), (Justyna et al., 2013), (Nebikera et al., 2008), (Speakman et al., 1998

2.2.3 การประยุกต์และผลการใช้อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก (MiniUAV) หรือระบบที่คล้ายกันในการเฝ้าตรวจกิจกรรมผิดกฎหมายหรือการขนถ่ายน้ำมันเถื่อนรายงาน Maritime Patrol Review ปี ค.ศ.2001 ของประเทศนิวซีแลนด์ [4] ในการตรวจจับเรือผิดกฎหมายเข้าออกชายฝั่ง ที่เน้นให้เกิดการตระหนักรู้สถานการณ์ทางทะเลของประเทศนิวซีแลนด์ ในกิจกรรมที่ก่อให้เกิดภัยคุกคามต่อความมั่นคงทางทะเล เช่น การประมงผิดกฎหมาย การขนถ่ายยาเสพติด การอพยพเข้าประเทศผิดกฎหมาย และอาชญากรรมข้ามชาติ เป็นต้น รายงานฉบับดังกล่าวสรุปว่าต้องมีหรือเพิ่มภารกิจให้มีความถี่ในการตรวจการณ์ทางทะเลจากภาคอากาศบ่อยครั้งขึ้นอีกถึง 10 เท่า อีกทั้งความต้องการในการตรวจการณ์เพื่อรักษาความมั่นคงจากภาคเอกชนยิ่งทวีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ และยิ่งเพิ่มช่องว่างในการตระหนักรู้สถานการณ์ทางทะเลและชายฝั่งยิ่งขึ้น มีเพียงการตรวจการณ์ด้วย UVA เท่านั้นที่จะเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว เพราะนอกจากขีดความสามารถในการทำการบนอากาศได้นานแล้ว UAV ยังมีข้อดีในเรื่องการตรวจการณ์ที่ระยะต่ำ ขนาดเล็ก เสียงเบา โครงสร้างทำจากวัสดุคอมโพสิต และขณะปฏิบัติภารกิจสามารถเก็บรวบรวมข่าวกรองได้อย่างไรก็ตามยานไร้คนขับถูกนำมาใช้ในการลาดตระเวนและการตรวจการณ์มานานแล้ว [5] แต่ในปัจจุบันนี้ถูกนำไปใช้ในภารกิจที่ผู้ออกแบบยานไร้คนขับไม่เคยคาดคิดมาก่อน เนื่องจากความคล่องตัวและขีดความสามารถของยานไร้คนขับ ทำให้มีผู้วิเคราะห์และเสนอแนะให้นำภารกิจของยานใช้คนขับมาใช้ยานไร้คนขับ และเสนอแนะเพิ่มเติมว่าให้นำยานใช้คนขับและใช้ยานไร้คนขับมาปฏิบัติงานร่วมกัน อีกทั้งยังเสนอให้สภาครองเกรสสหรัฐฯ ไตร่ตรองภารกิจที่จะนำยานไร้คนขับมาทดแทนยานใช้คนขับมากยิ่งขึ้น

ตามวิวัฒนาการของเทคโนโลยีเรื่อยมาเป็นลำดับและพยากรณ์ไปถึงปี ค.ศ.2025 นั้น ล้วนแล้วแต่สนับสนุนข้อสรุปที่ว่าขีดความสามารถของยานไร้คนขับจะมีอย่างเพียงพอที่จะทำให้สภาคองเกรสสหรัฐฯ เลือกที่จะรวมการยานไร้คนขับเข้าไว้เป็นเพียงแค่หนึ่งระบบ [6] เนื่องจากอากาศยานไร้คนขับจะสามารถตรวจจับขบวนการขนถ่ายยาเสพติดและรายงานกลับไปยังศูนย์ควบคุมสั่งการ [7] โดยส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังศูนย์รักษาการณ์ชายฝั่ง กองทัพเรือ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศแถบทะเลแคริบเบียนหรืออเมริกากลางเพื่อดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องการประยุกต์ใช้งานอากาศยานไร้คนขับเป็นแบบฉบับเฉพาะของอากาศยานแต่ละแบบ [8] โดยเฉพาะอย่างยิ่งภารกิจทางด้านการลาดตระเวน การเฝ้าตรวจ และการตรวจการณ์ เช่น การกู้ชีพ การถ่ายภาพทางอากาศ การเฝ้าตรวจน้ำมันรั่ว เป็นต้น

2.2.4 Nebikera et al., 2008 ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กเพื่อจัดสร้างแผนที่ทางอากาศรายละเอียดสูงและงานทางด้านการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetry) ซึ่งภาพถ่ายทางอากาศจากระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก ให้รายละเอียดจุดภาพประมาณ 1 – 20 เซนติเมตร

2.2.5 Hodgson et al., 2013 ได้ประยุกต์ระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก (UAS) ในการสำรวจพยูนและทรัพยากรชายฝั่งบริเวณชาค์คเบย์ ชายฝั่งทางตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย (Shark Bay, Western Coast Australia) โดยครอบคลุมพื้นที่ 1.3 ตร.กม. และกำหนดระดับเพดานบินที่แตกต่างกัน ผลการสำรวจพบว่าระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กสามารถเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเป็นอย่างมากในการสำรวจสำรวจพยูนและทรัพยากรชายฝั่งและค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณจำนวนพยูนขึ้นอยู่กับรายละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพ (Spatial resolution) ความขุ่นของกระแสน้ำ (Turbidity)

2.2.6 Charoenjit et al., 2014 ได้ทดสอบระบบอากาศยานไร้คนขับ (UAS) โดยใช้กล้องถ่ายภาพช่วงคลื่นตามองเห็น (RGB camera) ในการสำรวจพื้นที่หญ้าทะเล บริเวณอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าระบบอากาศยานไร้คนขับ สามารถผลิตภาพถ่ายทางอากาศรายได้รายละเอียด 5 ซม. และสามารถใช้ดัชนี GRVI (Green-Red Vegetation Index) ช่วยในการจำแนกพื้นที่หญ้าทะเลออกจากพื้นที่อื่นๆ และเสนอแนะการประยุกต์กล้อง Near Infrared (NIR) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนกพื้นที่หญ้าทะเล

2.2.7 Koedsin et al., 2016 ได้จำแนกพื้นที่และชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเล บริเวณอ่าว*ป่า*คลอก จังหวัดภูเก็ต โดยประยุกต์ภาพถ่ายดาวเทียม Worldview-2 จากการทดลองพบว่าการผสมช่วงคลื่น Near Infrared (NIR) ในการจำแนกแบบ Maximum Likelihood ได้ผลลัพธ์การจำแนก เพิ่มความถูกต้องมากยิ่งขึ้นทั้งค่า Overall accuracy และค่าความเชื่อมั่น Kappa Index

Band Combination	Overall Accuracy (%)	Kappa Index
coastal, green, red edge, NIR-2	88.00	0.79
coastal, green, yellow, red edge, NIR-2	88.67	0.80
coastal, green, red, red edge, NIR-1, NIR-2	90.67	0.84

2.2.8 โครงการเสริมสร้างประสิทธิภาพการลาดตระเวน ในพื้นที่อนุรักษ์ (**S**mart Patrol Technique for Protected Area Management)

ปัจจุบันเป็นที่ประจักษ์ว่าทรัพยากรธรรมชาติ เช่น เสือโคร่ง ช้างป่า ไม้กฤษณา ไม้พะยูง ฯลฯ ซึ่งล้วนมีมูลค่าสูง มีผู้คิดตักตวงผลประโยชน์ตลอดเวลา ทรัพยากรเหล่านี้จึงเสื่อมสภาพหรือสูญพันธุ์ไปในพื้นที่ที่มีการป้องกันที่อ่อนแอ ในด้านการคุ้มครองป้องกัน การมีระบบลาดตระเวนโดยเจ้าหน้าที่พิทักษ์ป่าเป็นรูปแบบมาตรฐานในการปกปักษ์รักษาทรัพยากรธรรมชาติที่มีมูลค่าสูงให้คงอยู่ในพื้นที่อนุรักษ์ทั่วโลก แต่ความเป็นจริงที่น่าหดหู่คือ สัตว์ป่าและพันธุ์พืชที่มีมูลค่าสูงได้ถูกลักลอบล่าและตัดฟันจนใกล้สูญพันธุ์ในพื้นที่อนุรักษ์ ทั้งที่มีกำลังเจ้าหน้าที่ดูแลรักษา แต่ขาดประสิทธิภาพ ดังนั้นเจ้าหน้าที่และนักอนุรักษ์ในหลายประเทศจึงได้พยายามพัฒนาระบบลาดตระเวนให้ทันสมัยโดยใช้วิทยาศาสตร์และ

ภาพที่ 2.18 ภาพโครงการ **S**mart Patrol

เทคโนโลยีเสริมการทำงานของเจ้าหน้าที่พิทักษ์ป่า โดยในประเทศไทยเรียกระบบนี้ว่า “ระบบลาดตระเวนเชิงคุณภาพ (Smart Patrol System)” ซึ่งใช้ระบบฐานข้อมูล ชื่อว่า สมาร์ท SMART (Spatial Monitoring And Reporting Tool) มีจุดมุ่งหมายให้เจ้าหน้าที่มีข้อมูลและเทคโนโลยีดูแลรักษาทรัพยากรเหล่านั้นอย่างมีประสิทธิภาพ มีกำลังใจที่เข้มแข็ง และมีความภูมิใจในหน้าที่เป็นผู้พิทักษ์ป่า เป้าหมายสูงสุดของระบบนี้คือ เพื่อให้สัตว์ป่าและพันธุ์พืชที่มีค่าและใกล้สูญพันธุ์เหล่านั้นรอดพ้นจากความโลภและความไม่ใส่ใจของมนุษย์ที่ยังมีอยู่ไม่น้อยในสังคม และให้โอกาสแก่สัตว์ป่าและพันธุ์พืชทำหน้าที่ดำรงรักษาระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมที่ดีให้แก่สังคมโดยรวมตลอดไป

ดังนั้น ด้วยการตระหนักถึงปัญหาและความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องปรับปรุงพัฒนาระบบลาดตระเวนในพื้นที่อนุรักษ์ให้มีความเข้มแข็งและมีประสิทธิภาพ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ร่วมกับ สมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า (WCS) ประเทศไทย ชุดครูฝึกกองกำกับการฝึกอบรมพิเศษ 2 กองบังคับการฝึกพิเศษ กองบัญชาการตำรวจตระเวนชายแดน กองกำกับการฝึกอบรมพิเศษ 6 กองบังคับการฝึกพิเศษ กองบัญชาการตำรวจตระเวนชายแดน และกองกำกับการปฏิบัติการพิเศษ กองบังคับการสืบสวนสอบสวน ตำรวจภูธรภาค 3 จึงมีการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการลาดตระเวนในระดับต่าง ๆ ภายใต้ โครงการเสริมสร้างประสิทธิภาพและเทคนิคการ

ลาดตระเวน ตามหลักสูตรเทคนิคการลาดตระเวนเชิงคุณภาพเพื่อการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ การพัฒนาบุคลากรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการลาดตระเวนเพื่อการอนุรักษ์สัตว์ป่าเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ หากต้องการให้การลาดตระเวนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลสัมฤทธิ์ การพัฒนาบุคลากรจะต้องไม่ใช่เพียงการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ลาดตระเวน ให้สามารถปฏิบัติงานได้เท่านั้น แต่ต้องเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและพัฒนาศักยภาพของเจ้าหน้าที่ให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างเต็มกำลัง เต็มความสามารถ ภายใต้การสนับสนุนด้านความรู้เทคนิค อุปกรณ์ และเสบียงอย่างเพียงพอ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูล

3.1.1 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาโครงการวิจัยการพัฒนาเทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนและกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กเพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ในด้านคดีป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า ในครั้งนี้คณะวิจัยฯ ได้กำหนดพื้นที่ศึกษาบริเวณอ่างเก็บน้ำทับลาน และบริเวณอุโมงค์สำหรับสัตว์ข้าม (Wildlife Overpass) ตั้งอยู่บนถนนสายสุวินทวงศ์ (นาดี-นครราชสีมา) หรือทางหลวงหมายเลข 304 ช่วงพื้นที่ จังหวัดปราจีนบุรี เชื่อมต่อไปยังจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งทั้งสองพื้นที่อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติทับลาน อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี

ภาพที่ 3.1 พื้นที่ศึกษา ในการศึกษาโครงการวิจัยการพัฒนาเทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนและกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กเพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ในด้านคดีป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการสืบสวนสอบสวนคดีด้านป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลจากกล้องถ่ายภาพทางอากาศหรือเซนเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก ประกอบด้วยกิจกรรมที่สำคัญ คือ ศึกษาระบบกล้องถ่ายภาพทางอากาศ แบบความร้อน (Thermal) และแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ที่ใช้ในการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ มีรายละเอียดดังนี้

1) ศึกษาระบบกล้องแบบความร้อน เพื่อจำแนกประเภทของวัตถุ เช่น คน สัตว์ พืชพรรณ สิ่งก่อสร้าง หรือวัตถุอื่นๆ ในช่วงความร้อนต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการลักลอบค้าสัตว์ป่า จุดเสี่ยงในการลักลอบค้าสัตว์ป่า หรือเส้นทางในการลักลอบค้าสัตว์ป่า

2) ศึกษาระบบกล้องแบบหลายช่วงคลื่น เพื่อจำแนกประเภทของพืชพรรณ เช่น ต้นพยุง ต้นสัก ต้นกฤษณา หรือต้นไม้ที่มีมูลค่าสูง เพื่อนำมาวิเคราะห์และใช้ในการวางแผนการสืบสวนสอบสวนดำเนินคดีกับผู้กระทำความผิด

3.2 การวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้

3.2.1 ศึกษาการควบคุมระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบผสมผสานระหว่างการบังคับโดยมนุษย์ (Remote control) และแบบอัตโนมัติ (Autopilot) เพื่อเตรียมพร้อมการจัดทำแผนที่รายละเอียดสูง การควบคุมกล้องเพื่อส่งภาพนิ่งและเคลื่อนไหวแบบเรียลไทม์ พร้อมเสนอต้นแบบระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กที่เหมาะสมในการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า เบื้องต้น

3.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียและบูรณาการระหว่างข้อมูลภาพจากระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก และข้อมูลภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรป่าไม้ ที่ดิน และสัตว์ป่า

3.2.3 ศึกษาระบบ Software Development Kit (SDK) ในการควบคุมกล้องของอากาศยานไร้คนขับและแนวการบินเพื่อบันทึกข้อมูลภาพแบบอัตโนมัติ (Grid mission and Free flight mission) ในสถานการณ์ฉุกเฉิน อาทิ การลักลอบตัดไม้ การลักลอบขนสัตว์ป่า หรือ การทำแผนที่ป่าไม้

3.2.4 จัดทำคู่มือการใช้งาน (ภาษาไทย) ในการประยุกต์ระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก กำหนดต้นแบบระบบระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก ซึ่งประกอบด้วยลำตัวอากาศยาน (Aircraft) ระบบการบินควบคุมแบบอัตโนมัติ (Autopilot system) และระบบบันทึกภาพ (Camera) ซึ่งมีอุปกรณ์และรายละเอียดดังนี้

- ลำตัวอากาศยานแบบใช้พลังงานไฟฟ้า 4 ใบพัด (Quad-rotors) พร้อมติดตั้งอุปกรณ์พื้นฐานต้นกำลังขับการบิน ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมชุดควบคุมความเร็ว (Motor and Speed Controller) ใบพัด (Propeller) แผงวงจรส่วนกลาง (Center Board) พร้อมติดตั้งกับตัวอากาศยาน โดยต้องมีความคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน ได้แก่ สามารถบินกลับที่เดิมได้และลงจอดแบบอัตโนมัติ (Return to Home) เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน อาทิ สัญญาณวิทยุขาดหาย แบตเตอรี่มีพลังงานต่ำมาก เป็นต้น
- ชุดควบคุมระบบการสื่อสาร (Communication Unit) ได้แก่ ชุดวิทยุบังคับ (Remote Control : RC) โดยมนุษย์ ทั้งภาคส่งและภาครับ (Transmitter and

Receiver) สำหรับควบคุมการบินของเครื่องบิน ตลอดจนโปรแกรมระบบควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Station) ซึ่งสามารถติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนหรือแท็บเลตซึ่งมีระบบปฏิบัติการ IOS หรือ Android อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยมีความสามารถในการกำหนดจุดบินแบบอัตโนมัติ (Way points) รวมทั้งกำหนดความสูงเพดานบิน ความเร็วแนวระนาบและการสั่งบินกลับ เป็นต้น

- แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมโพลีเมอร์ (Lithium Polymer : LiPo) สำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานจำนวน พร้อมอุปกรณ์เครื่องชาร์ตแบตเตอรี่ โดยสามารถบินต่อเนื่องได้ไม่น้อยกว่า 15-20 นาทีต่อ 1 เที่ยวบิน
- ระบบบันทึกภาพทางอากาศช่วงตามองเห็นแบบดิจิตอล (Visible camera) พร้อมอุปกรณ์ควบคุมเสถียรภาพ (Gimbal) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้
    - ตัวเซนเซอร์กล้องต้องสามารถตรวจวัดช่วงคลื่นตามองเห็น (RGB) และมีรายละเอียดไม่ต่ำกว่า 12 ล้านพิกเซล
    - ตัวกล้องต้องมีระบบอัตโนมัติและระบบการปรับแก้ค่าพื้นฐานโดยมนุษย์ ซึ่งสามารถปรับความไวแสง (ISO) กำหนดเวลาการบันทึกภาพ (Interval capture) ได้
    - ตัวกล้อง (Visible camera) ต้องมีระบบบันทึกภาพนิ่งในรูปแบบการบีบอัดของไฟล์ JPEG และภาพเคลื่อนไหวในรูปแบบการบีบอัดไฟล์ MPEG4 หรือรูปแบบอื่นๆที่เหมาะสมและมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน
    - จัดให้มีระบบบันทึกค่าพิกัดภาพ (Geotag)
    - ตัวกล้องต้องมีอุปกรณ์ช่วยเสถียรภาพ (Gimbal) ในการบันทึกข้อมูลภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหว โดยต้องสามารถชดเชยรูปแบบการเอียงตัว (Motion Compensation) ในแกน Roll and Tilt พร้อมทั้งควบคุมองศาการถ่ายภาพ (Camera Tilt Control) ในแนวเฉียงและแนวดิ่งได้ (Oblique and Nadia Views)
- ระบบส่งข้อมูลภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวระยะไกลแบบเรียลไทม์ (First Personal View : FPV) โดยอาศัยการส่งด้วยสัญญาณ WiFi (standard protocol IEEE 802.11b/g) ประกอบด้วยโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนหรือแท็บเลต ซึ่งมีระบบปฏิบัติการ IOS หรือ Android อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งมีขนาดหน้าจออย่างน้อย 5 นิ้วขึ้นไป และภาคขยายสัญญาณ (WiFi Repeater) โดยต้องมีระยะการส่ง

ข้อมูลได้อย่างน้อย 1,600 เมตรขึ้นไปสำหรับในที่โล่ง พร้อมติดตั้งโปรแกรม (Application) สำหรับควบคุมการทำงานของกล้อง อาทิ การสั่งบันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว การปรับองศากล้องเพื่อการถ่ายภาพในแนวดิ่งและเฉียง เป็นต้น

3.2.5 ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการประยุกต์ใช้ระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เบื้องต้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) จัดฝึกอบรมปฏิบัติการให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมสอบสวนคดีพิเศษหรือกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการคัดเลือก จำนวนไม่น้อยกว่า 20 คน (2 คน/หุ่นยนต์อากาศยาน) โดยมีชั่วโมงทฤษฎีและปฏิบัติ ไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง/กลุ่ม

2) จัดฝึกอบรมครอบคลุมเนื้อหาดังต่อไปนี้

- การวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลจากกล้องถ่ายภาพทางอากาศประเภทต่างๆ
- ความเป็นมา พัฒนาการและองค์ประกอบของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก
- หลักการควบคุมอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก และมาตรฐานความปลอดภัยในการบินต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน
- การวางแผนแนวการบินและการตั้งค่าพื้นฐานกล้อง ตลอดจนการสำรวจแบบเรียล์ไทม์ FPV สำหรับบันทึกภาพถ่ายหรือภาพเคลื่อนไหวทางอากาศเพื่อการสำรวจทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม
- การประมวลผลภาพเบื้องต้นและการจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- การบำรุงดูแลรักษาระบบอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กและการจัดเก็บ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ คณะนักวิจัยได้จัดให้มีการประชุมวิชาการเชิงปฏิบัติการจำนวน 1 ครั้ง ระหว่างนักวิจัยของกรมสอบสวนคดีพิเศษ และเจ้าหน้าที่จากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ระหว่างวันที่ 5 - 7 มิถุนายน 2562 ณ ที่ทำการอุทยานแห่งชาติทับลาน อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี และได้ลงพื้นที่ทดสอบอุปกรณ์โดยนำอากาศยานไร้คนขับโดยติดตั้งกล้องหลายช่วงคลื่นและกล้องความร้อนในการบันทึกภาพและทำแผนที่บริเวณเขื่อนทับลาน และบริเวณอุโมงค์สำหรับสัตว์ข้าม (Wildlife Overpass) ซึ่งตั้งอยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน

ซึ่งผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการประชุมเชิงวิชาการเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักวิจัย และเจ้าหน้าที่จากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบการใช้อากาศยานไร้คนขับที่ติดตั้งกล้องหลายช่วงคลื่น และกล้องความร้อนบันทึกภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษา

4.1 ผลการประชุมเชิงวิชาการ

การประชุมได้มีการเสวนาถึงปัญหาด้านทรัพยากรธรรมชาติ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติและได้มีการแลกเปลี่ยนความรู้โดยมีผู้ร่วมเสวนา ดังนี้

ระหว่างวันที่ 5 - 7 มิถุนายน 2562 คณะวิจัยได้เดินทางไปที่อุทยานแห่งชาติทับลาน จังหวัดปราจีณบุรี เพื่อทำการฝึกภาคปฏิบัติและการสัมมนากลุ่มร่วมกับเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติทับลาน ส่วนวิจัยกรมอุทยานแห่งชาติ ทหารและผู้เชี่ยวชาญด้านอากาศยานไร้คนขับภาคเอกชน ในการศึกษาเกี่ยวกับปรสิทธิภาพของอากาศยานไร้คนขับในการติดตามเฝ้าระวังการบุกรุกทำลายทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ทั้งกลางวันกลางคืน รวมถึงมีการทดลองการใช้อุปกรณ์กล้องถ่ายภาพความร้อน และกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก ในการฝึกปฏิบัติในครั้งนี้มีการบรรยาย การสัมมนา การทดลองการบินทั้งกลางวันและกลางคืน รวมทั้งให้เจ้าหน้าที่กรมสอบสวนคดีพิเศษ ดังนี้

4.1.1 นายไกรศรี สว่างศรี ตำแหน่งเจ้าหน้าที่คดีพิเศษชำนาญการ

ได้บรรยายสรุปได้ดังนี้ เนื่องจากประเทศไทยได้มีการลักลอบค้าสัตว์ป่า และบุกรุกตัดไม้ทำลายป่าไม้เป็นจำนวนมาก กรมสอบสวนคดีพิเศษ จึงมีวัตถุประสงค์ ในการศึกษาการประยุกต์การใช้อุปกรณ์กล้องถ่ายภาพความร้อนและกล้องหลายช่วงคลื่นบนอากาศยานไร้คนขับ (Drone) ใน

การรวบรวมพยานหลักฐานในการกระทำความผิดเกี่ยวกับคดีด้านสัตว์ป่า ป่าไม้ และที่ดิน และเพื่อสร้างมาตรฐานการสร้างพยานหลักฐาน และสามารถนำไปใช้เป็นพยานหลักฐานในชั้นศาล ซึ่งทางกรมสอบสวนนคดีพิเศษ ได้มีกฎหมายที่บัญญัติเกี่ยวกับเรื่องคดีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า, คดีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยป่าไม้, คดีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยป่าสงวนแห่งชาติ, คดีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยอุทยานแห่งชาติ, คดีความผิดตามประมวลกฎหมายที่ดิน ไว้บัญชีท้าย ประกาศ กคพ. ฉบับที่ ๗ พ.ศ. ๒๕๖๒ สามารถเป็นคดีพิเศษได้โดยอัตโนมัติ ไม่ต้องเข้าสู่คณะอนุกรรมการคดีพิเศษ

ภาพที่ 4.1 นายไกรศรีฯ บรรยายหัวข้อการการใช้อากาศยานไร้คนขับ
ในการประยุกต์ใช้กับงานคดีพิเศษ

4.1.2 พันตำรวจตรีณฐพล ดิษยธรรม ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านคดีคุ้มครองผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม การบรรยายหัวข้อ การบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ดังนี้

กรมสอบสวนคดีพิเศษ ได้จัดทำการวิจัยขึ้น เนื่องจากมีวัตถุประสงค์ ๒ ประการ คือ ๑. ศึกษาทำวิจัยเกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับ (Drone) และ ๒. Knowledge Management หรือ KM เกี่ยวกับการสืบสวนทางอากาศ เพื่อศึกษาการรวบรวมพยานหลักฐานของทางวิทยาศาสตร์พัฒนาระบบ และหลักฐานที่ได้จากวิทยาศาสตร์สามารถช่วยในเรื่องเกี่ยวกับการป้องกันการบุกรุกทำลายป่า รวมทั้งสามารถนำตัวผู้กระทำความผิดมาลงโทษได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้มีการจัดทำวิจัยขึ้นเพื่อที่เป็นหลักฐาน และเป็นผลงานทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเชื่อถือได้ นำมาสู่การสืบสวนสอบที่มีประสิทธิภาพ และสิ่งที่สำคัญคือ การบูรณาการกับหน่วยงานต่างๆหลายหน่วยงาน เกี่ยวกับการป้องกันการบุกรุกทำลายป่า

ภาพที่ 4.2 พ.ต.ต.ณฐพลฯ บรรยายหัวข้อการบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

4.1.3 นาย สุจิตร จันทร์สว่าง นักวิชาการและแผนที่ภาพถ่ายชำนาญการพิเศษ การบรรยายหัวข้อ “การอ่านแปลภาพถ่ายทางอากาศ” บรรยายเกี่ยวกับการอ่านแปลภาพถ่ายทางอากาศ โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม และจากอากาศยานไร้คนขับ (Drone) เพื่อนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานในชั้นศาล คดีที่เกี่ยวกับข้อพิพาทระหว่างกรมอุทยานแห่งชาติกับประชาชน

ภาพที่ 4.3 นายสุจิตรฯ บรรยายหัวข้อการอ่านแปลภาพถ่ายทางอากาศ

4.1.4 นายทรงธรรม สุขสว่าง ผู้อำนวยการอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชรักษาการในตำแหน่งผู้ทรงคุณวุฒิด้านป่าไม้ และสัตว์ป่า การบรรยายหัวข้อ “อุโมงค์ทางเชื่อมต่อผืนป่าแบบผสมผสาน” สรุปได้ดังนี้

ภาพที่ 4.4 นายทรงธรรมฯ บรรยายหัวข้ออุโมงค์ทางเชื่อมต่อผืนป่าแบบผสมผสาน

อุโมงค์ทางเชื่อมผืนป่าเพื่อให้สัตว์ป่าข้าม นับเป็นโครงการต้นแบบในพื้นที่อนุรักษ์แห่งแรกและครั้งแรกที่ดำเนินการก่อสร้างขึ้นในประเทศไทย ที่มีการบูรณาการเทคนิคทางวิศวกรรมงานโครงสร้างธรณีวิทยาและฐานราก ด้านสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการเข้ามามีส่วนร่วมของภาคประชาชนเข้าด้วยกัน การออกแบบทางเชื่อมผืนป่าอยู่ภายใต้แนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และความเป็นอยู่ของสัตว์ป่าและการใช้งานของมนุษย์ที่สามารถเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ อุโมงค์ทางเชื่อมผืนป่าเพื่อให้สัตว์ป่าข้ามเพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นในอนาคต เนื่องจากเป็นเส้นทางที่ใช้ในการเดินทางขนส่งสินค้าระหว่างภาคตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการจราจรคับคั่ง และเป็นเส้นทางสายสำคัญในการเชื่อมต่อการเดินทางกับประเทศเพื่อนบ้าน กัมพูชา และ สปป.ลาว เข้าสู่ท่าเรือน้ำลึกแหลมฉบัง พื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก และพื้นที่ EEC และที่ผ่านมาเส้นทางดังกล่าวเกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อยครั้งต่อทั้งสัตว์ป่าและผู้ใช้เส้นทาง บริเวณทางขึ้น-ลง เขาลาดชันหรือทางโค้งกรมทางหลวง จึงได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาพร้อมไปกับพัฒนาด้านคมนาคมโครงข่ายทางหลวง โดยคงไว้ซึ่งการรักษาผืนป่ามรดกของไทย ให้คงความเป็นมรดกโลกทางธรรมชาติอย่างยั่งยืน ตามเงื่อนไขของยูเนสโก เมื่อปี ๒๕๔๘ ที่เห็นชอบให้ผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ ขึ้นบัญชีเป็นแหล่งมรดกโลก การดำเนินงานออกแบบและก่อสร้างได้ให้ความสำคัญในการศึกษาการจัดทำแนว

เชื่อมต่อทางนิเวศวิทยา ผืนป่าด้านตะวันออกและตะวันตก ที่เชื่อมระหว่างอุทยานแห่งชาติทับลาน และอุทยานแห่งชาติ เขาใหญ่ โดยมีวัตถุประสงค์หลักๆ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการชนสัตว์ ให้สัตว์ป่าได้มีโอกาสอพยพ หรือเคลื่อนย้ายตามธรรมชาติอย่างอิสระ ให้ผู้ใช้รถใช้ถนนในเส้นทางลอดผ่านอุโมงค์ไปมาสะดวก ไม่รบกวนการใช้ชีวิตการเดินทางตามวิถีธรรมชาติของสัตว์ป่าด้านบนอุโมงค์

1.4.5 นายจตุรเทพ โควินทวงศ์ ผู้อำนวยการศูนย์เฝ้าระวังอุทยานแห่งชาติ การบรรยายหัวข้อ “ภารกิจจัดหาโปรแกรมประมวลผล และอากาศยานไร้คนขับ (Drone)”

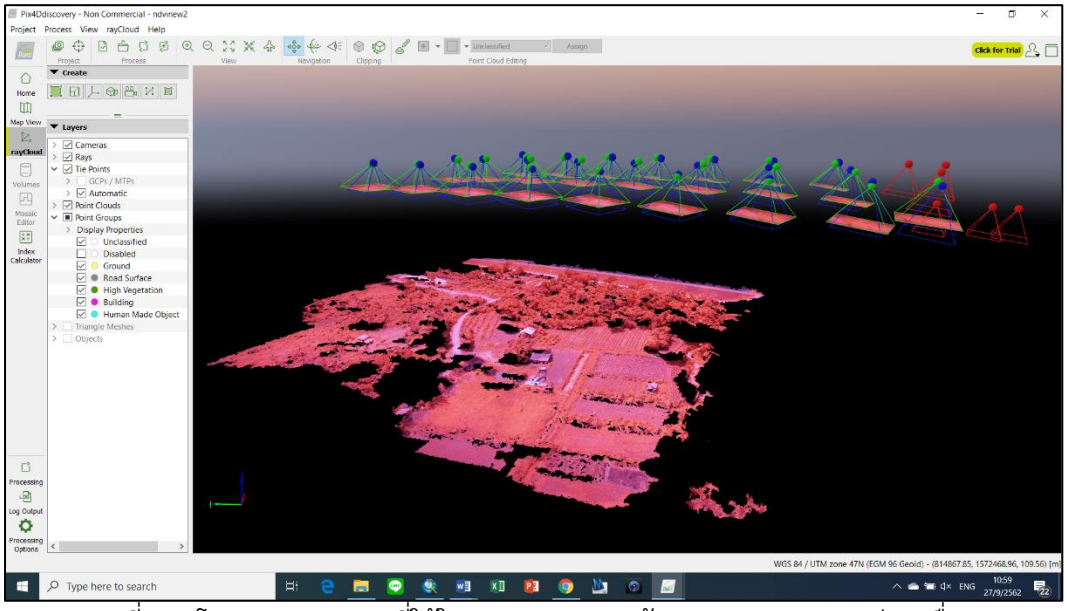
ภาพที่ 4.5 นายจตุรเทพฯ บรรยายหัวข้อภารกิจจัดหาโปรแกรมประมวลผล และอากาศยานไร้คนขับ

บรรยายเกี่ยวกับการจัดหาโปรแกรมประมวลผล และอากาศยานไร้คนขับ (Drone) เพื่อนำมาปฏิบัติภารกิจของกรมอุทยานแห่งชาติ โดยตั้งเป้าว่าจะให้ทุกอุทยานฯมีอากาศยานไร้คนขับ (Drone) ไว้ใช้ประจำอุทยานฯ และภารกิจดังกล่าวจะถูกส่งแผนการบินจากส่วนกลางไปยังอุทยานฯนั้นๆ เพื่อให้ผลที่ได้มีความถูกต้อง และแม่นยำเหมือนกันทุกอุทยานฯ

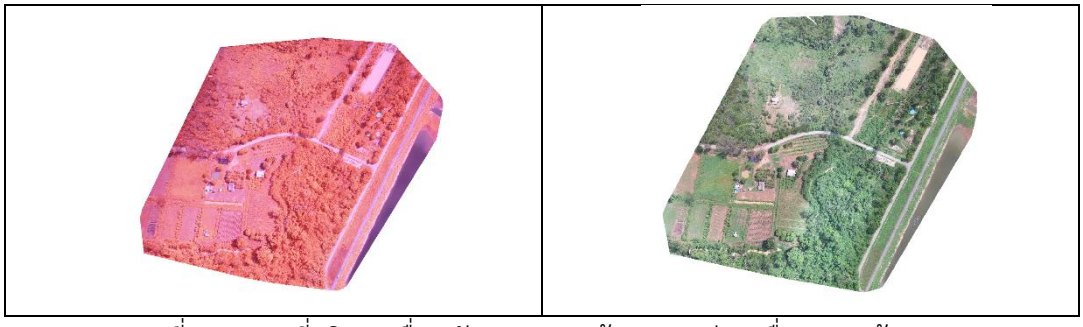
4.2 ผลการทดสอบการใช้อากาศยานไร้คนขับ และการประมวลผลข้อมูล

4.2.1 การประมวลผลจากกล้องบันทึกภาพแบบหลายช่วงคลื่น

หลังจากที่ได้บันทึกภาพถ่ายโดยใช้กล้องแบบหลายช่วงคลื่นบันทึกภาพบริเวณเขื่อนทับลาน จากนั้นนำมาประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Pix4D โดยใช้โมดูลการประมวลผลแบบ NDVI (ดัชนีพืชพรรณ) เพื่อใช้ในการจำแนกประเภทวัตถุต่างๆ ในภูมิประเทศที่แตกต่างกันได้ จากการวิเคราะห์พบว่าวัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้นเช่น ถนน อาคาร หรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ จะสะท้อนพลังงานต่างจากพืชหรือแหล่งน้ำ ทำให้สามารถจำแนกวัตถุจากภาพถ่ายทางอากาศที่แตกต่างกันได้ชัดเจนขึ้น แต่กรณีการแยกประเภทของพืชพรรณสามารถจำแนกได้เฉพาะพืชที่แตกต่างกันชัดเจนได้เท่านั้น เช่น ต้นไม้ขนาดใหญ่ ไม้ทรงพุ่มขนาดเล็ก และทุ่งหญ้า แต่ไม่สามารถจำแนกได้ว่าต้นไม้แต่ละชนิด เช่น ต้นสัก ต้นกระถิน ต้นพยุง มีความแตกต่างกันอย่างไร



ภาพที่ 4.6 โปรแกรม pix4D ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่น

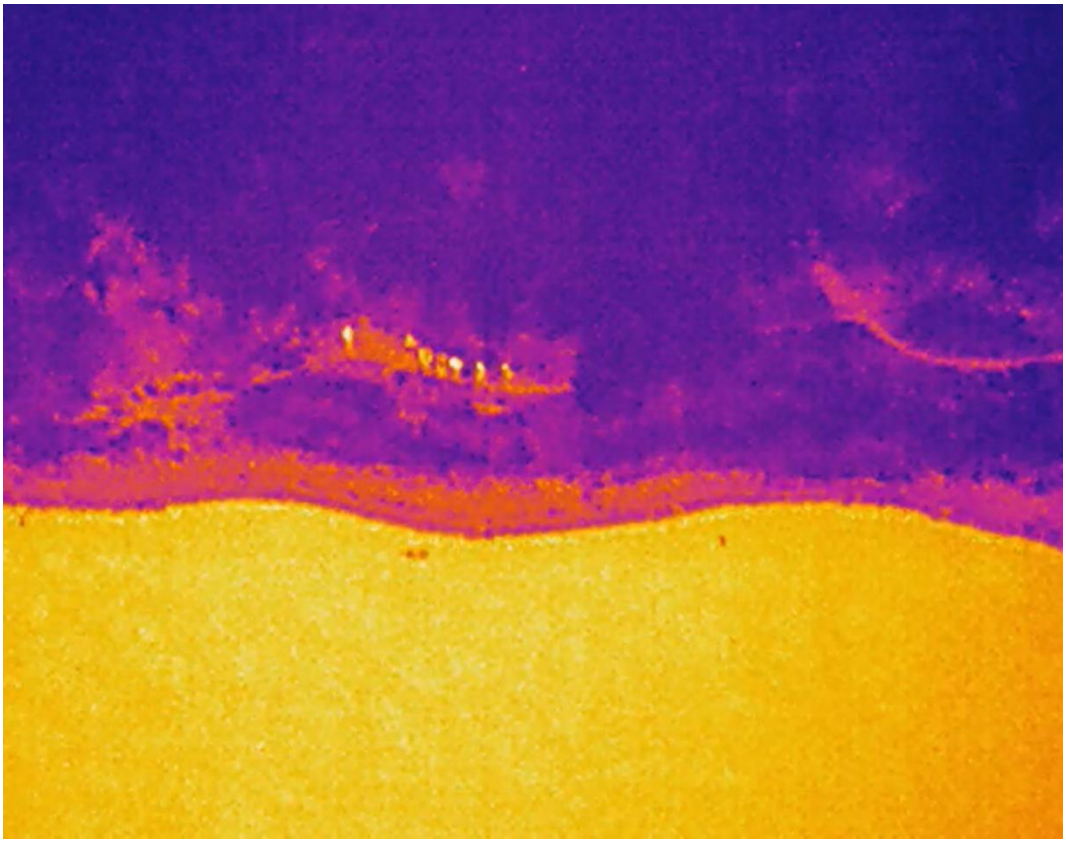


ภาพที่ 4.7 แผนที่บริเวณเขื่อนทับลานจากกล้องหลายช่วงคลื่น และกล้องแบบ RGB

4.2.2 การประมวลผลจากกล้องบันทึกภาพแบบความร้อน

คณะนักวิจัยฯ ได้กำหนดสถานการณ์เพื่อใช้ในการทดสอบการบันทึกภาพจากกล้องความร้อน ในเวลากลางคืนโดยใช้พื้นที่ศึกษาบริเวณเขื่อนทับลาน และอุโมงค์สัตว์ข้าม โดยตั้งสมมุติฐาน คือ

1) ได้บันทึกภาพความร้อนเวลากลางคืนบริเวณเขื่อนทับลาน โดยกำหนดสถานการณ์จำลองว่ามีกลุ่มของบุคคลจำนวน 8 คน ใช้รถยนต์จำนวน 1-3 คัน เข้าไปลักลอบล่าสัตว์บริเวณเขื่อนทับลาน และมีการนำอาวุธปืนเข้าไปใช้ในการล่าสัตว์ด้วย คณะนักวิจัยฯ ได้นำอากาศยานไร้คนขับโดยใช้กล้องความร้อนเพื่อบันทึกภาพพฤติกรรมของบุคคลดังกล่าว ผลการทดสอบพบว่า สามารถเห็นภาพของบุคคลดังกล่าวในเวลากลางคืนได้อย่างชัดเจน สามารถเห็นรถยนต์ อาวุธปืน ที่ใช้ในการกระทำความผิดได้ แต่ไม่สามารถเห็นใบหน้าของบุคคลได้อย่างชัดเจน เนื่องจาภาพที่บันทึกจะแสดงเป็นภาพความร้อน ที่จะแสดงได้เพียงรูปร่างของบุคคลหรือวัตถุเท่านั้น



ภาพที่ 4.8 แสดงภาพความร้อนของกลุ่มบุคคลที่เข้าไปลักลอบล่าสัตว์ป่าฯ

ภาพที่ 4.9 แสดงภาพความร้อนของรถยต์หรือวัตถุพยานที่ใช้ในการล่าสัตว์ป่าฯ

2) ได้บันทึกภาพความร้อนเวลากลางคืนบริเวณอุโมงค์สัตว์ข้าม โดยกำหนดสมมติฐานเพื่อดูพฤติกรรมของสัตว์ป่า ว่ามีพฤติกรรมในการอยู่อาศัยหรือดำรงชีพอย่างไร และสัตว์แต่ละชนิดจะออกหากินบริเวณใดหรือในช่วงเวลาใด โดยใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนในการบันทึกภาพ ผลการทดสอบพบว่า ในบริเวณอุโมงค์สัตว์ข้ามเป็นบริเวณที่มีรถยนต์จำนวนมาก และนักวิจัยใช้เวลาเฝ้าระวังจุดทดสอบเพื่อติดตามสัตว์ป่าเพียงช่วงเวลาสั้นๆ (1-2 ชั่วโมง) ทำให้ไม่สามารถพบสัตว์ป่าได้ แต่ภาพจากกล้องความร้อนสามารถจำแนกวัตถุที่ต่างประเภทกันบริเวณอุโมงค์สัตว์ข้ามได้ เช่น ถนน รถยนต์ ต้นไม้ เป็นต้น

ภาพที่ 4.10 คณะนักวิจัยฯ ทดสอบการบันทึกภาพในเวลากลางคืน

ภาพที่ 4.11 ภาพถ่ายความร้อนบริเวณอุโมงสัตว์ข้าม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 องค์ความรู้ในเรื่องการสืบสวนทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ

ในการวิจัยเรื่อง ในครั้งนี้ เป็นวิธีการกระบวนการหรือองค์ความรู้ใหม่ที่คณะผู้วิจัยมีความต้องการพัฒนาทรัพยากรบุคคลให้มีความเป็นมืออาชีพ ในการสืบสวนสอบสวนการแสวงหาข้อเท็จจริง และหลักฐานที่เกี่ยวกับมุมมองจากทางอากาศลงมาสู่พื้นดินว่ามีอะไรเกิดขึ้นในพื้นที่ในภาพรวมของสภาพภูมิศาสตร์ เพื่อที่จะทราบรายละเอียดแห่งความผิด ดังนั้นพนักงานสอบสวนคดีพิเศษ มีอำนาจกระทำทุกอย่างเท่าที่จำเป็นเพื่อให้ได้พยานหลักฐานเพื่อพิสูจน์ความผิด โดยเฉพาะเทคโนโลยีสืบสวนสอบสวนทางอากาศสามารถที่จะนำไปใช้ในการสืบสวนสอบสวนในพื้นที่ปิด พื้นที่ที่มีการระวังการเข้าออก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดทำแผนที่ทางอากาศชนิดรายละเอียดสูง ดังนั้นการสืบสวนสอบสวนทางอากาศจึงจำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ให้แก่บุคลากรของกรมสอบสวนคดีพิเศษ โดยได้นำความรู้ที่เกี่ยวข้องมาเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ

คณะวิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลเบื้องทั้งทางภาคทฤษฎี ได้แก่ การเกิดของอากาศยานไร้คนขับ ประวัติความเป็นมาการนำไปใช้ในภารกิจต่างๆ ทั้งทางทหารและพลเรือน ตลอดจนให้รู้จักว่าอากาศยานไร้คนขับมีกี่ประเภทและแบ่งอย่างใด ระบบกล้องถ่ายภาพทางอากาศประเภทต่างๆ และอากาศยานไร้คนขับในประเทศไทย นำมาใช้ภารกิจใด โดยปัจจุบันมีกฎระเบียบควบคุมอากาศยานไร้คนขับแล้ว ที่ผู้มีอากาศยานไร้คนขับอยู่ในครอบครองต้องไปขึ้นทะเบียนการควบคุมและมีกฎหมายบังคับเกี่ยวกับการนำอากาศยานไร้คนขับขึ้นบินต้องปฏิบัติอย่างใด ในส่วนของกรมสอบสวนคดีพิเศษได้รับการยกเว้น เช่นเดียวกับ ภารกิจของทหารและตำรวจ

5.1.2 การสร้างบุคลากรของกรมสอบสวนคดีพิเศษ ให้มีทักษะและความรู้เบื้องต้นด้านนวัตกรรมอากาศยานไร้คนขับในการสืบสวนสอบสวนความผิดเกี่ยวกับคดีทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ในเรื่องของการใช้อากาศยานไร้คนขับมาเป็นหลักของการสืบสวนสอบสวนทางอากาศนี้ หัวหน้าคณะได้วางแผนในการพัฒนานวัตกรรมการสืบสวนทางอากาศ ใช้กระบวนการของการพัฒนา DSI Map มาเป็นแนวทางในการพัฒนาและเป็นการต่อยอดเรื่องแผนที่ด้วย จึงได้ตั้งทีม DSI Map & Drone Team ขึ้นมาเพื่อเป็นทีมพัฒนา

หัวหน้านักวิจัย พ.ต.ต.ณฐพล ดิษยธรรม ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านคดีคุ้มครองผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมในขณะเป็นหัวหน้าศูนย์ปฏิบัติการแผนที่ ได้ดำเนินการจัดทำแผนที่ออนไลน์ DSI MAP เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการตรวจสอบการบุกรุกที่ดินของรัฐ ซึ่งปัจจุบันใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศในทุกองค์กรที่

เกี่ยวข้องกับการป้องกันและปราบปรามคดีอาชญากรรมด้านสิ่งแวดล้อม แต่ในการทำงานยังมีปัญหาพบว่าสภาพพื้นที่การบุกรุกที่ดินเป็นอย่างใดในปัจจุบัน โดยที่ผ่านมาใช้วิธีรการเดินสำรวจ ถ่ายภาพพื้นดิน มุมมองแบบมิติเดียว จึงได้นำแนวคิดในเรื่องการสืบสวนทางอากาศมาศึกษาอย่างจริงจังด้วยตนเอง ศึกษาความเป็นไปได้ประกอบกับได้เข้ารับการอบรมที่สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน) หรือ GISTDA ไปศึกษาดูงานด้านอวกาศที่ประเทศเกาหลีใต้ และได้รับทุนของกรุงเทพมหานคร ในการศึกษาดูงานที่ยุโรป เกี่ยวกับการวางผังเมืองและการรักษาความปลอดภัยสนามบิน ได้พบว่า มีการใช้อากาศยานไร้คนขับ มาปฏิบัติงานในด้านต่างๆมีแนวคิดที่มีการศึกษาและนำมาใช้ในเรื่องการเข้าถึงความยุติธรรมด้านสิ่งแวดล้อมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ จึงได้ทำการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับด้วยตนเองมาก่อนโดยและซื้ออากาศยานไร้คนขับมาทดลองบินและพบว่าน่าจะมาใช้ในการทำงานในเรื่องของการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมด้านคดีสิ่งแวดล้อมได้

กล่าวคือในการพิสูจน์ว่าที่พิพาทในคดีบุกรุกที่ดินของรัฐมีความเป็นมาอย่างใด มีการใช้ประโยชน์ด้านใดมาก่อน จากพยานบุคคลที่ให้การกับคณะพนักงานสอบสวนคดีพิเศษ จะให้การถูกต้องหรือไม่นั้นไม่สามารถทราบได้อย่างถูกต้องซึ่งพยานบุคคลนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ทำให้การรวบรวมพยานหลักฐานไม่ตรงกับความเป็นจริงของพื้นที่ได้ จึงได้มีการแปลวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งภาพในอดีตนั้นสามารถหาได้จากกรมแผนที่ทหาร แต่ภาพปัจจุบันไม่สามารถหาได้ ต้องใช้ภาพถ่ายดาวเทียมสั่งถ่ายให้ซึ่งไม่ชัดเท่าที่ความและค่าใช้จ่ายแพงมากบางครั้งใช้เฮลิคอปเตอร์ถ่ายภาพทางอากาศ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายแพงมาก หัวหน้าคณะผู้วิจัยจึงได้ขอความร่วมมือกับคณะวิศวกรรมภาควิชาสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้อากาศยานไร้คนขับมาถ่ายภาพทางอากาศ เพื่อใช้สนับสนุนพนักงานสอบสวนคดีพิเศษในการดำเนินคดี พบว่าค่าใช้จ่ายในการทำแผนที่ของอากาศยานไร้คนขับถูกกว่าภาพถ่ายดาวเทียมมากและเป็นภาพปัจจุบันมากว่า สอดคล้องกับนโยบายของรัฐ 4.0

5.1.3 จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าข้อมูลจากการบันทึกกล้องถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่น และกล้องถ่ายภาพแบบความร้อนที่ติดตั้งอยู่บนอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก เป็นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในการรวบรวมพยานหลักฐานในกรณีพื้นที่เข้าถึงยาก พื้นที่ที่มีความเสี่ยง หรือมีข้อจำกัดในด้านเวลา สถานที่ หรืออื่นๆ โดยข้อมูลดังกล่าวจะสามารถนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบพยานหลักฐานอื่นๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การวิจัยดังกล่าวเป็นการสร้างมาตรฐานในการใช้เครื่องมือสมัยใหม่ ในการรวบรวมพยานหลักฐานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานในชั้นพนักงานสอบสวน หรือชั้นศาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามกระบวนงานวิจัยดังกล่าวจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องมีการบูรณาการร่วมระหว่างหน่วยงานต่างๆ โดยการถ่ายทอดองค์ความรู้ วิธีการ ขั้นตอน กระบวนการรวบรวมพยานหลักฐานที่ได้จากการวิจัย ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำมาใช้ในการรวบรวมพยานหลักฐานได้เช่นเดียวกัน และเป็นมาตรฐานเดียวกัน

5.2.2 เนื่องจากกล้องที่บันทึกภาพจากอากาศยานไร้คนขับ มีข้อจำกัดในเรื่องของขนาด ความสามารถเนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวได้จำลองให้มีขนาดเล็ก จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการบันทึก วิคราะห์และประมวลผลข้อมูลได้อย่างจำกัด ดังนั้นในการวิคราะห์ผลจากข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับต้องนำข้อมูลอื่นๆ มาวิเคราะห์ประกอบกัน เช่น ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง หรือข้อมูลจากการเก็บสำรวจในภาคสนามเพิ่มเติม จะทำให้ข้อมูลดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Koedsin, W.; Intararuang, W.; Ritchie, R.J.; Huete, A. An Integrated Field and Remote Sensing Method for Mapping Seagrass Species, Cover, and Biomass in Southern

[2] สถาบันสำรวจและติดตามการปลูกพืชเสพติด สำนักงาน ปปส. การจัดารความรู้ เรื่อง อากาศยานไร้คนขับเพื่อสำรวจพืชเสพติด www.oncb.go.th/ncsmi/doc3/อากาศยานไร้คนขับเพื่อการสำรวจพืชเสพติด.pdf สืบค้นวันที่ 9 กรกฎาคม 2562

[3] สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย หรือ CAAT (The Civil Aviation Authority of Thailand) กฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้องกับอากาศยานไร้คนขับ https://www.dotlife.store/blog/uav_authorization/ สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2562

[4] อัจฉริยะ มีชัยพิทักษ์สกุล, วราทิตย์ บุญประสพ, กิตติ อิ่มใจ, อภิชาติ ศรีพุทธชาต, ศิริพงษ์ การกระวี,

[5] นพดล แก้วมา. (2558). เอกสารสรุปผลการศึกษาค้นคว้ารายกลุ่ม รายวิชา โฟโตแกรมเมตรี (โฟโตแกรมเมตรีเชิงเลข). โรงเรียนแผนที่ กรมแผนที่ทหาร.

[6] อาภรณ์ พลเสน (นาวาโทหญิง) นักวิเคราะห์เทคโนโลยีป้องกันประเทศ รู้จักกับอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวี (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) http://www.dti.or.th/page_bx.php?cid=๒๔&cno=๔๓๐๘ สืบค้นวันที่ 9 กรกฎาคม 2562

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อและนามสกุล (ภาษาไทย)	พันตำรวจตรีณฐพล ดิษยธรรม
(ภาษาอังกฤษ)	Pol.Maj. Natapol Ditsayatham
หมายเลขบัตรประชาชน	3100502584495
ตำแหน่ง	ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านคดีคุ้มครองผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม
คุณวุฒิ	นิติศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง นิติศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สังคมสงเคราะห์ศาสตร์มหาบัณฑิต (ในกระบวนการยุติธรรม) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ความชำนาญ/ความสนใจพิเศษ	- คดีด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม - หัวหน้าทีมพัฒนาแอพพลิเคชั่น DSI MAP EXTENDED และ การทำแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ (Drone) ของ กรมสอบสวนคดีพิเศษ - การนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มาประยุกต์ใช้ในการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานเพื่อสนับสนุนงานสืบสวนสอบสวน คดีพิเศษ
สถานที่ทำงาน	ศูนย์ช่วยเหลือลูกหนี้และประชาชนที่ไม่ได้รับความเป็นธรรม

มือถือ 086 3920 069

Email Natapol189@hotmail.com

ลายมือชื่อ พันตำรวจตรี

(ณฐพล ดิษยธรรม)