บทที่ 2

สาระสำคัญและข้อพิจารณาของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม

ประวัติความเป็นมาของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม

กิจกรรมการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม หรือระบบโทรนิทัศน์ คือการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) กล่าวได้ว่าเป็นวิทยาศาสตร์และเทคนิคของการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุต่างๆจากการวัดซึ่งกระทำในที่ห่างไกลโดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุนั้นๆโดยตรง องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา(NASA)ได้นำวิทยาการนี้มาใช้โดยการตั้งโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ซึ่งการใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรและสภาพแวดล้อมของโลกเป็นการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีการถ่ายภาพและโทรคมนาคม ที่เอื้ออำนวยให้การเก็บและบันทึกข้อมูล ณ ศูนย์ปฏิบัติการรับสัญญาณภาคพื้นดินเป็นไปในลักษณะใกล้เวลาจริงที่ดาวเทียมถ่ายภาพข้อมูลเหล่านี้ , นอกจากจะได้มาอย่างรวดเร็วแล้วยังครอบคลุมพื้นที่กว้างไกลทำให้การศึกษาวิเคราะห์เป็นไปได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวาง การโคจรย้อนกลับมาถ่ายภาพของบริเวณเดิมของดาวเทียมด้วยระยะเวลาที่สม่ำเสมอ ทำให้สามารถเปรียบเทียบข้อมูลของต่างช่วงระยะเวลา เพื่อติดตามดูการเปลี่ยนแปลง ตลอดจนคาดทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี[1]

โดยแท้จริงแล้ว คำว่า "Remote Sensing" ได้รับการกล่าวขานและเป็นที่รู้จักแพร่หลาย ตั้งแต่ปี 2503 ซึ่งเป็นปีย่างก้าวสู่ยุคการสำรวจด้วยดาวเทียมโดยมีประเทศมหาอำนาจคือสหรัฐอเมริกาและรัสเซียเป็นผู้เปิดศักราชกิจกรรมด้านอวกาศขึ้น ในส่วนของโลกเสรีนับได้ว่า องค์การนาซ่า (National Aeronautics and Space Administration- NASA) ของสหรัฐฯ มีบทบาทสำคัญในการนำเอาเทคโนโลยีนี้ ไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของโลก โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร LANDSAT สำหรับดวงแรกได้รับการส่งเข้าสู่วงโคจรเมื่อ พ.ศ.2515 และ

---

[1] ดาราศรี ดาวเรือง, รีโมทเซนซิ่งพื้นฐาน (กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2533), หน้า 2.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำให้โลกประจักษ์ถึงความสามารถในการสำรวจโลกจากอวกาศจากสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น นับเป็นความสำเร็จอย่างงดงามแม้แต่องค์การสหประชาชาติก็มีกิจกรรมร่วมด้านอวกาศภายใต้คณะกรรมการวิจัยอวกาศ (Committee for Space Research) ตลอดจนการรณรงค์ด้านกิจกรรมอวกาศเพื่อสันติ และการสนับสนุนโครงการรีโมทเซนซิ่งในภูมิภาคต่าง ๆ รวมทั้งในเอเชียอาคเนย์ เทคโนโลยีนี้ได้แพร่หลายไปสู่ยุโรป ออสเตรเลีย และเอเชีย ในราวต้นปี พ.ศ. 2513[2] และได้ก่อให้เกิดการตื่นตัวในวงการศึกษา ตลอดจนกิจกรรมอวกาศอื่น ๆ เช่น การจัดตั้งองค์การอวกาศยุโรป (European Space Agency-ESA) ซึ่งมีส่วนร่วมในการศึกษาด้านอวกาศกับสหรัฐฯ ในโครงการกระสวยอวกาศ (Space Shuttle) การพัฒนาดาวเทียมสำรวจทรัพยากร SPOT (Systeme Probatoire d' Observation de la Terre, 2529) ของฝรั่งเศส การพัฒนาดาวเทียมสำรวจสมุทรศาสตร์ MOS (Marine Observation Satellite, 2530) ของญี่ปุ่นในเวลาต่อมา ในภูมิภาคเอเชียอาคเนย์ อินเดีย เป็นประเทศหนึ่งที่มีความก้าวหน้าด้านนี้เป็นอย่างมาก[3]

สำหรับประเทศไทย ได้จัดตั้งสถานีรับสัญญาณดาวเทียมแลนด์แซทเพื่อรับข้อมูลโดยตรงจากดาวเทียมแลนด์แซทเมื่อปลายปี 2534 ทำให้ปริมาณการบริการข้อมูลเพิ่มขึ้นหน่วยงานต่าง ๆ ได้นำข้อมูลจากดาวเทียมไปใช้อย่างกว้างขวางและสถานีรับสัญญาณ ของประเทศไทย เป็นศูนย์ข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากรระดับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และในปี2531 เมื่อสถานีรับฯ ได้รับการปรับปรุงแล้วก็จะสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมแลนด์แซทในระบบ TM* และ

---

[2] ดาราศรี ดาวเรือง, "วิวัฒนาการของการสำรวจทรัพยากรโลกด้วย ดาวเทียม," ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, กองสำรวจทรัพยากร ธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (กรุงเทพมหานคร: สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย,2536),หน้า 15.

[3] เรื่องเดียวกัน, หน้า 3.

* TM = Thematic Mapper ระบบถ่ายภาพหลายช่วงคลื่น บนดาวเทียม LANDSAT 4 และ 5 เพื่อศึกษาทรัพยากรแผ่นดินเป็นหลัก ถ่ายภาพ 7 ช่วงคลื่น จาก 0.45 ถึง 2.35 ไมโครเมตร (6 ช่วงคลื่น) และ 10.4 - 12.5 ไมโครเมตร (1 ช่วงคลื่น) ด้วยรายละเอียด 30 และ 120 เมตร ตามลำดับแนวถ่ายภาพกว้าง 185 กิโลเมตร

ดาวเทียม SPOT ในระบบ HRV* ซึ่งมีรายละเอียดสูงกว่าระบบ MMR* หลายเท่า อันจะช่วยให้การนำข้อมูลจากดาวเทียมไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ความหมายของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม

ก่อนที่จะกล่าวถึงหลักการพื้นฐานและเทคโนโลยีที่ใช้ในกิจกรรมการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม ความหมายหรือคำจำกัดความของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม(Remote Sensing) มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากคำว่า Remote Sensing ยังเป็นคำที่ซึ่งต้องทำความเข้าใจเพราะจะสามารถแปลความได้ในหลายลักษณะหรือมีความหมายที่ใช้อยู่หลายคำกิจกรรมการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกนี้มีความหมายทั้งในทางเทคนิคและในทางกฎหมายซึ่งอาจพิจารณาความแตกต่างได้ดังนี้

1. <u>ความหมายในทางเทคนิค</u>

ในการให้คำจำกัดความของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียมอย่างชัดเจนนั้น พิจารณาจากลักษณะสำคัญของกิจกรรม กล่าวได้ว่าเป็นวิทยาศาสตร์และเทคนิคของการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุต่าง ๆจากการวัดซึ่งกระทำในที่ห่างไกลโดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุนั้นๆ โดยตรง จากลักษณะเช่นนี้อาจจะให้ความหมายได้ว่าเป็นการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล(Remote Sensing) โดยอาศัยดวงอาทิตย์แผ่พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศสู่ผิวโลกปฏิกิริยาระหว่างพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุบนผิวโลก โดยคุณสมบัติการสะท้อน, การดูด

---

*HRV = High Resolution Visible Range Instrument ระบบถ่ายภาพในลักษณะพุชบรูมสแกนบนดาวเทียม SPOT ซึ่งสามารถปรับรูปแบบการถ่ายภาพเป็นภาพขาวดำ (1 ช่วงคลื่น) จาก 0.5 ถึง 0.73 ไมโครเมตร ด้วยรายละเอียด 10 เมตร หรือถ่ายภาพสี (3 ช่วงคลื่น) จาก 0.5 ถึง 0.9 ไมโครเมตร ด้วยรายละเอียด 20 เมตร ทั้งสองแบบมีแนวถ่ายภาพกว้าง 60 กิโลเมตร

*MMR = Microwave Scanning Radiometer ระบบสแกน (เชิงกล) ถ่ายภาพหลายช่วงคลื่น โดยใช้กระจกแกว่งของดาวเทียม LANDSAT ถ่ายภาพ 4 ช่วงคลื่นจาก 0.5 ถึง 1.1 ไมโครเมตร ด้วยรายละเอียด 80 เมตร และแนวถ่ายภาพกว้าง 185 กิโลเมตร

กลืนและการส่งผ่านของวัตถุ เป็นปัจจัยพื้นฐานในการวัดพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยเครื่องบันทึกหรือในอีกนัยหนึ่งคือการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียมโดยอาศัยเครื่องตรวจ (Sensor)[4] ที่ติดตั้งบนดาวเทียมซึ่งโคจรอยู่รอบโลกในอวกาศ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ครอบคลุมถึงการสังเกตการณ์และการบันทึกภาพปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนผิวโลกจากดาวเทียมข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลพิเศษและละเอียดต้องถอดรหัสโดยการอ่าน วิเคราะห์โดยเครื่องสมองกล[5] หรือโดยสรุป หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โครงการวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกด้วยเครื่องมือ โดยมิได้สัมผัสกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์นั้น ๆ

(Remote sensing is the science which obtaining information about an object, area or phenomenon through the analysis of data acquired by a device that is not in contact with the object , area, or phenomenon under Investigation)

เนื่องจากเทคโนโลยีในกิจกรรมนี้สามารถอธิบายได้ในหลายลักษณะ จึงมีการแปลคำว่า Remote Sensing โดยราชบัณฑิตยสถานว่า "การรับรู้ระยะไกล" นอกจากนี้ยังมีการแปลว่า " การตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม", "การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล", "การสำรวจทางไกล", "การวัดจากระยะไกล", "โทรสัมผัส", "ไทรนิทัศน์" ดังนั้นจึงยังไม่มีคำจำกัดความทางเทคนิคที่ชัดเจนของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลก ในที่นี้จะใช้คำว่า "การตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม" หรือ "ไทรนิทัศน์" แทนคำว่า Remote Sensing

2.2.2 ความหมายในทางกฎหมาย

คำจำกัดความของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกที่ได้รับการยอมรับเป็นส่วนใหญ่ และถือว่าเป็นคำกลาง คือ คำจำกัดความที่ให้ไว้ในกรอบงานขององค์การสหประชาชาติ โดยคณะกรรมการใช้อวกาศภายนอกอย่างสันติ COPUOS (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space) ได้เสนอหลักเกี่ยวกับ Remote Sensing ซึ่งสมัชชาสหประชาชาติได้รับเอาไว้ในข้อมติที่ 41/65 วันที่ 3 ธ.ค. 1986 โดยได้ให้คำจำกัดความไว้ ดังนี้

---

[4]N. Jasentuliyana and Ralph Chipman, "Applications of Space Science and Technology," International Space Programmes and Policies, (Unispace August 1982, p.: 57.

[5]Ibid., p.58.

"มาตรา 1 .....

"รีโมทเซนซิ่ง " หมายความว่า เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการตรวจหาและรวบรวมข้อมูลบนพื้นโลกโดยอาศัยเครื่องตรวจที่ติดตั้งบนดาวเทียมซึ่งโคจรอยู่รอบโลกในอวกาศ โดยใช้คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่รังสีสะท้อน[6] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะจัดการทรัพยากรธรรมชาติให้ดีขึ้น ตลอดจนการใช้ประโยชน์จากที่ดินและการปกป้องรักษาสภาพแวดล้อม

"Principle I...

For the purposes of these principles with respect to remote sensing activities:

(a) the term "remote sensing means the sensing of the Earth's surface from space by making use of the properties of electromagnetic waves emitted, reflected or diffracted by the sensed objects, for the purpose of improving natural resources management, land use and protection of the environment; "

การตรวจหาและรวบรวมข้อมูลบนพื้นโลก จึงเป็นกระบวนการที่ครอบคลุมถึง การสังเกตการณ์และการบันทึกสภาพและปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนผิวโลกจากดาวเทียมในอวกาศ[7] และดาวเทียมในอวกาศในที่นี้มิได้รวมเอาความหมายของดาวเทียมเพื่อการสื่อสารโทรคมนาคมมารวมไว้ด้วย เนื่องจากโดยทั่วไปหากกล่าวถึง Remote Sensing คนส่วนใหญ่มักจะหมายถึงการใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร และสภาพแวดล้อมของโลก โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะการใช้ประโยชน์จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรอันเป็นการมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์ในเชิงดาวเทียมสำรวจอาจแบ่งประเภทดาวเทียมออกได้เป็น 3 ประเภทกว้าง ๆ คือ

---

[6]U.N Committee on Peaceful Use of outer Space (COPUOS) Resolution on the United Nations/European Space Agency Training Course on Application of Remote Sensing and Agro-Meteorological Data, U.N. Doc A/AC 105/413, at 4 (1988)

[7]Feder Harry, "The Sky's the limit, Evaluating the International Law of Remote Sensing "New York University Journal of International Law and Politics, V.25 (Winter 1991), p. 599-669.

a) ดาวเทียมสำรวจแผ่นดิน (Land satellites)

b) ดาวเทียมสำรวจสมุทรศาสตร์ (Sea satellites)

c) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological satellites)

อย่างไรก็ดี การแบ่งนี้เป็นเพียงการจัดกลุ่มตามวัตถุประสงค์หลักซึ่งก็คือการใช้ประโยชน์ของแต่ละดาวเทียมเท่านั้นเพราะหากจะกล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากข้อมูลภาพแล้ว ยากที่จะแบ่งแยกออกจากกันได้โดยเด็ดขาดตัวอย่างเช่นภาพจากดาวเทียม LANDSAT สามารถนำมาใช้ศึกษาบริเวณชายฝั่งได้ดี หรือการใช้ภาพจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา NOAA ในการศึกษาอุณหภูมิผิวหน้า ทะเล หรือแม้แต่ดาวเทียม MOS ซึ่งมีทั้งอุปกรณ์สำหรับสำรวจแผ่นดิน สมุทรศาสตร์และอุตุนิยมวิทยา อยู่บนยานเดียวกัน ในทางปฏิบัติการพิจารณาลักษณะหรือประเภทของดาวเทียมใดเป็นดาวเทียมในความหมายของ Remote Sensing ควรพิจารณาได้ว่าดาวเทียมนั้นนำมาใช้โดยวัตถุใดและเป็นดาวเทียมที่ใช้ประโยชน์เพื่อสำรวจทรัพยากรและสภาพแวดล้อมหรือไม่ หาก มิใช่ก็มิอาจถือได้ว่าเป็นดาวเทียมในความหมายในทางกฎหมายของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลก

2.3 หลักการพื้นฐานของรีโมทเซนซิ่ง

โดยคำจำกัดความแล้ว รีโมทเซนซิ่ง คือการสำรวจจากทางไกลหรือโทรนิทัศน์ ที่ปราศจากการสัมผัสโดยตรงระหว่างอุปกรณ์สำรวจและเป้าหมายสำรวจโดยที่อุปกรณ์สำรวจมีความสามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ จากการตกกระทบของแสงที่วัตถุแล้วสะท้อนเข้าสู่ตา ซึ่งมีความไวต่อทั้งระดับความเข้มและความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้สามารถแยกแยะระดับความมืดหรือความสว่างตลอดจนสีสันต่าง ๆ ได้ จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับรีโมทเซนซิ่งทั้งทางธรรมชาติและที่ได้รับการประดิษฐ์ขึ้นก็คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ทำหน้าที่เสมือนสื่อกลางระหว่างอุปกรณ์สำรวจและเป้าหมาย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ เช่น พลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ หรือที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกขณะเดียวกันสามารถที่จะมีพลังงานในตัวเองเพื่อช่วยในการสำรวจในกรณีที่พลังงานธรรมชาติไม่เอื้ออำนวยหรือยังมีจุดบอด เช่น ไม่สามารถทะลุผ่านก้อนเมฆที่บดบังเป้าหมายได้

ระบบสำรวจที่ใช้พลังงานแสงทางธรรมชาติไม่มีพลังงานในตัวเอง เป็นระบบที่เราเรียกว่า รีโมทเซนซิ่งพาสซีฟ ระบบที่ผลิตพลังงานเอง เป็นระบบที่เราเรียกว่า ระบบแอคทีฟ ระบบเรดาร์[8] เป็นระบบแอคทีฟที่มีพลังงานในตัวเอง ซึ่งผลิตพลังงานในย่านไมโครเวฟ เพื่อส่งไปกระทบผิวโลกแล้วทำการตรวจวัดค่าพลังงานที่สะท้อนกลับสู่เครื่องรับ ซึ่งจะมีปริมาณแตกต่างกันไป ขึ้นกับลักษณะพื้นผิว

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง ในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น พลังงานไฟฟ้า เคมี และพลังงานกล พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้านี้มีการเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังเป้าหมายต่างๆ โดยการแผ่รังสี[9] การอธิบายปรากฏการณ์ที่ค่อนข้างจะซับซ้อนของพลังงานนี้ สามารถกระทำได้โดยอาศัย 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีคลื่นและทฤษฎีอนุภาคกล่าวคือ มวลใด ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0 K (-273 C) จะแผ่พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวคลื่นต่างกัน โดยมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของมวล คือ อุณหภูมิสูงค่าความยาวคลื่นสั้น และอุณหภูมิต่ำค่าความยาวคลื่นยาว

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล อาศัยดวงอาทิตย์แผ่พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศสู่ผิวโลก ปฏิกิริยาระหว่างพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กับวัตถุบนผิวโลก โดยคุณสมบัติการสะท้อน, การดูดกลืน และการส่งผ่านของวัตถุ เป็นปัจจัยพื้นฐานในการวัดพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยเครื่องบันทึก[10]

เมื่อนำค่าการสะท้อนพลังงานของมวลชนิดใดชนิดหนึ่งกับค่าความยาวคลื่นในช่วงต่าง ๆ สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เรียกว่า ลายเซ็นเชิงคลื่น การสำรวจข้อมูล

---

[8] Lawrence W. Morley, "Remote Sensing satellites - What do they actually measure and how sensitive is the information," Legal Implications of Remote Sensing from outer space, (A.W. Sijthoff - Leyden, 1976), p. 13.

[9] Ibid., p. 5.

[10] N. Jasentuliyana and Ralph Chipman, International Space Programmes and Policies, : 58.

จากระยะไกลด้วยดาวเทียมอาศัยหลักการของลายเซ็นเชิงคลื่น* ช่วงคลื่นที่นำมาประยุกต์ ใช้ คือ ช่วงคลื่นแสงและช่วงคลื่นอินฟราเรดและช่วงคลื่นวิทยุอื่น ๆ

พืช สะท้อนแสงมาก ในช่วงคลื่นอินฟราเรด

น้ำ ไม่สะท้อนแสง ในช่วงคลื่นอินฟราเรด

ในภาพที่ถ่ายด้วยช่วงคลื่นอินฟราเรด จึงแปลความระหว่างน้ำและพืชได้เด่นชัด

โดยสรุปแล้ว การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย[11] ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะคือ ช่วงคลื่น (Spectral), รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)

2.3.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นพลังงานต่อเนื่องที่มีค่าความยาวช่วงคลื่นหลายเมตร ถึงเศษส่วนของพันล้านเมตร (Nenometers) ซึ่งเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศในลักษณะเป็นคลื่นเท่าความเร็วของแสง 299,792.458 กิโลเมตร/วินาที หรือ $3x10^8$ เมตร/วินาที

---

*ลายเซ็นเชิงคลื่น คือค่าการสะท้อนหรือแผ่รังสีที่วัดได้ ณ ความยาวคลื่นต่าง ๆ ของแถบพลังงาน ซึ่งจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละพื้นผิว ค่าเหล่านี้สามารถวัดได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการหรือจากการสำรวจในสนาม ภายใต้สภาวะที่ปราศจากการรบกวนของชั้นบรรยากาศ

[11]สุรชัย รัตนเสริมพงศ์, "หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูล ระยะไกล,"ใน<u>การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม</u>,กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่ง แวดล้อม (กรุงเทพมหานคร| สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2536), หน้า 89.

แสงสว่างที่กำเนิดจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นในรูปสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแผ่พลังงานไปตามทฤษฎีของคลื่น ที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิค (Harmonic) ซึ่งมีช่วงซ้ำและจังหวะเท่ากันในเวลาหนึ่งที่มีความเร็วเท่าแสง (C), ระยะทางจากยอดคลื่นถึงยอดคลื่นถัดไปเรียกว่าความยาวคลื่น และจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลาเรียกว่าความถี่คลื่น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วคลื่น ความยาวคลื่นและความถี่คลื่นมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน คือ ความยาวคลื่นมาก ความถี่น้อย, ความยาวคลื่นมีหน่วยวัดทั่วไปคือ ไมโครมิเตอร์ หรือไมครอน Micrometer (UM) Micron (U) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งได้ตามความช่วงคลื่นที่เรียกว่า แบนด์ (Band) ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่สั้นที่สุดในแถบรังสีแกมม่า (Gamma Ray) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 10^{-6} เมตร จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่นหลายกิโลเมตร, ดังนั้นความยาวช่วงคลื่นจึงแสดงในมาตราส่วนของล็อกการิทึม, ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยช่วงคลื่นตามลำดับ คือ รังสีแกมมา, เอ็กซเรย์, อุลตราไวโอเลต, ช่วงคลื่นแสง สว่าง, อินฟราเรด, ไมโครเวฟ และวิทยุ

ช่วงคลื่นแสงที่ใช้ประโยชน์ในการสำรวจข้อมูลระยะไกล ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง Optical Wavelength คือ 0.3-14 UM ซึ่งสามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูปและอุปกรณ์บันทึกภาพ (Scanner) ในช่วงคลื่นแสงสว่างที่เป็นช่วงคลื่นแคบ ที่มีผลตอบสนองต่อตามนุษย์ตั้งแต่ 0.3-0.7 UM แบ่งได้ 3 ช่วงคือ สีน้ำเงิน, สีเขียว, และสีแดง ช่วงคลื่นถัดไปเป็นอินฟราเรดที่แบ่งเป็น 2 ช่วงกว้าง ๆ คือ อินฟราเรดใกล้ หรืออินฟราเรดสะท้อนแสงระหว่าง 0.7-3 UM และอินฟราเรดความร้อนระหว่าง 3.15 UM ช่วงคลื่นที่มีความยาวต่ำกว่า 15 UM คือช่วงอินฟราเรดลงมามักเรียกส่วนที่เหนือขึ้นไปเรียกเป็นความถี่ คือ จำนวน รอบต่อวินาที หรือเฮิรทซ์ (Hertz) ส่วนความยาวคลื่นไมโครเวฟเรดาร์และคลื่นวิทยุ เรียกชื่อตามระดับความถี่ จากความถี่ต่ำสุด (ELF) ถึงความถี่สูงสุด (EHF)

2.3.2 แหล่งพลังงานและการแผ่รังสี (Energy Sources and Radiation)

แสงสว่างเป็นรูปหนึ่งของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแผ่รังสีไปตามทฤษฎีของคลื่น ส่วนพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีอนุภาค (Particle Theory) กล่าวคือ การแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยหน่วยอิสระที่เรียกว่าโฟตอน (Photon) หรือควอนต้า (Quanta)

พลังงานของโฟตอนเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวคลื่น คือ ความยาวคลื่นมากให้พลังงานต่ำซึ่งมีความสำคัญในการสำรวจข้อมูลระยะไกล[12] เช่น ไมโครเวฟจากพื้นโลกจะยากต่อการบันทึกมากกว่าพลังงานในช่วงคลื่นสั้นกว่า ฉะนั้น การบันทึกพลังงานช่วงคลื่นยาว ต้องบันทึกพลังงานในบริเวณกว้างและใช้เวลานานพอ ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สำคัญที่สุดของการสำรวจข้อมูลระยะไกล อย่างไรก็ตามสสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าองศาสัมบูรณ์ สามารถเปล่งหรือแผ่พลังงานที่ขนาดและส่วนประกอบของช่วงคลื่นแตกต่างกันไป พลังงานแผ่ออกมามากน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของพื้นผิววัตถุ

2.3.3 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานในชั้นบรรยากาศ (Energy Interactions in the Atmosphere)

คลื่นแสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศสู่ผิวโลก แล้วสะท้อนกลับสู่บรรยากาศอีกครั้งก่อนที่จะถูกบันทึกโดยอุปกรณ์สำรวจบรรยากาศของโลกจึงเป็นต่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแสงในด้านทิศทาง ความเข้มตลอดจนความยาวและความถี่ช่วงคลื่น เพราะชั้นบรรยากาศประกอบด้วยฝุ่นละออง ไอน้ำ และก๊าซต่าง ๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยากับคลื่นแสง 3 กระบวนการ คือ

1) การกระเจิงของแสง
2) การดูดซับ
3) การหักเห ทำให้ปริมาณแสงตกกระทบผิวโลกน้อยลง

2.3.3.1 การกระเจิงของแสง (Scattering)

คือการกระจัดกระจายเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคเล็ก ๆ ในชั้นบรรยากาศมีทิศทางการกระจายไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคและความยาวช่วงคลื่นซึ่งแยกได้ 3 ประเภท

1. Rayleigh Scater เกิดขึ้นเมื่อขนาดของอนุภาคมีเส้นผ่า ศูนย์กลางได้สั้นกว่าความยาวคลื่นแสง ฉะนั้นยิ่งความยาวคลื่นสั้นจะมีการกระจัดกระจายมากกว่าช่วงคลื่นยาวหลายเท่าตัว

---

[12] เรื่องเดียวกัน, หน้า 93.

2. Scatter เกิดขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคของบรรยากาศมีขนาด ใกล้เคียงกับความยาวคลื่น เช่น น้ำ ไอน้ำ ฝุ่นละออง ซึ่งเกิดในความยาวช่วงคลื่นยาวกว่าแบบแรก

3. Nonselective Scatter เกิดขึ้นเมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคมีขนาดใหญ่กว่าความยาวช่วงคลื่นที่ตกกระทบ เช่น หยดน้ำ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์ กลางประมาณ 5-10 UM สะท้อนคลื่นแสงสว่างและอินฟราเรดเกือบเท่ากันซึ่งในช่วงคลื่นแสงสว่างปริมาณคลื่นสีต่าง ๆ คือ น้ำเงิน, เขียว และแดง สะท้อนทิศทางเท่ากันทำให้มองเห็นเมฆเป็นสีขาว

2.3.3.2 การดูดกลืน (Absorption)

การดูดกลืนทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน การดูดกลืนพลังงานจะเกิดขึ้นที่ความยาวช่วงคลื่นบางช่วง โดยเฉพาะก๊าซที่มีความสามารถดูดกลืนเป็นพิเศษ คือ

1) ก๊าซออกซิเจนและโอโซนดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่อัลตราไวโอเลตลงมาถูกดูดกลืนจนหมดในบรรยากาศขึ้นสูง ระหว่าง 23-30 กิโลเมตร ส่วนช่วงคลื่น 0.1-0.3 UM ถูกดูดกลืนโดยก๊าซโอโซนในชั้นไอโอโนสเฟียร์* บางส่วนสะท้อนกลับสู่อวกาศ ทำให้ไม่มีรังสีเหล่านี้เล็ดลอดมายังผิวโลกเลย

2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการดูดกลืนมากในช่วงคลื่นประมาณ 15 UM ในชั้นสตราโตสเฟียร์ชั้นล่าง*

3) ไอน้ำส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ในชั้นโทรโปสเฟียร์* ซึ่งอยู่ส่วนล่างของชั้นบรรยากาศ ระดับต่ำกว่า 10 กิโลเมตร สามารถดูดกลืนพลังงานจากดวงอาทิตย์และโลกได้ดีที่สุดเกือบทุกช่วงคลื่น ยกเว้นช่วงคลื่นต่ำกว่า 0.7 UM ลงไปและดูดกลืนสูงสุดในช่วงคลื่นประมาณ 6 UM

---

*ไอโอโนสเฟียร์ หมายถึง ชั้นบรรยากาศส่วนบน ที่มีการแตกตัวของก๊าซเป็นไอออน ใช้ประโยชน์ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุรอบโลก

*สตราโตสเฟียร์ หมายถึง ชั้นบรรยากาศเหนือโทรโปสเฟียร์ เป็นชั้นซึ่งค่าอุณหภูมิไม่ลดต่ำลงตามระดับสูง แต่จะมีค่าคงที่

*โทรโปสเฟียร์ หมายถึง ชั้นบรรยากาศล่างสุด ซึ่งปกคลุมจากผิวโลกชั้นไปถึงระดับสูงประมาณ 11 กิโลเมตร ซึ่งค่าอุณหภูมิลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

2.3.3.3 การหักเห

การหักเหเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านบรรยากาศที่มีความหนาแน่น แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการหักเหกำหนดโดยค่าดัชนีการหักเห ที่เป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสูญญากาศกับความเร็วของแสงในชั้นบรรยากาศนั้นทำให้มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ปรากฏบนภาพ แต่สามารถปรับแก้ได้โดยกระบวนปรับแก้ภาพภายหลัง

2.4 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับพื้นผิวโลก (Energy Interaction with Earth Surface Feature)

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศมาตกกระทบบนพื้นผิวโลกจะเกิดปฏิกิริยาหลัก3อย่าง คือ การสะท้อนพลังงาน, การดูดกลืนพลังงาน และการส่งผ่านพลังงานอันเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญในการสำรวจระยะไกลที่[13] วัตถุบนพื้นผิวโลกมีพลังงานที่บันทึก ด้วยที่บันทึกด้วยอุปกรณ์สำรวจในปริมาณแตกต่างกันตามคุณสมบัติของวัตถุนั้น ๆ

2.4.1 การสะท้อนพลังงาน (Reflection)

การสะท้อนพลังงานจะแปรผันไปตามลักษณะพื้นผิวโลก ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ลักษณะพื้นผิว เป็นลักษณะเรียบหรือขรุขระ มุมตกกระทบของแสง ความสามารถหรืออัตราการสะท้อนแสงของพื้นผิว และโพลาไรเซชั่นของแสงที่ตกกระทบ การสะท้อนกลับเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะคือ

1) การสะท้อนกลับหมดในทิศทางตรงกันข้าม เกิดขึ้นในกรณีพื้นผิวราบเรียบมักเกิดกับแสงในช่วงคลื่นยาว

2) การสะท้อนแบบกระจาย เกิดจากพื้นผิวค่อนข้างขรุขระมักเกิดใน ช่วงคลื่นแสงสว่าง 3) การสะท้อนแบบผสม เป็นลักษณะการเกิดจริงตามธรรมชาติโดยรวมการสะท้อนสองอย่างข้างต้นรวมกัน

2.4.2 การดูดซับพลังงาน (Absorption)

การดูดซับพลังงานของพื้นผิวโลกเกิดขึ้นเช่นเดียวกับชั้นบรรยากาศปริมาณการดูดซับอยู่กับคุณสมบัติพื้นผิวตามความยาวช่วงคลื่นเมื่อเกิดการดูดซับพลังงานแล้วจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความร้อน ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและเป็นต้นกำเนิดพลังงานการแผ่พลังงานในช่วงฟราเรด หรืออินฟราเรดความร้อน สามารถตรวจวัดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน[13] จึงเป็นประโยชน์ในการสำรวจระยะไกล

2.5 การสะท้อนช่วงคลื่นของพืช ดิน และน้ำ (Spectral Reflectance of Vegetation, Soil and Water)

2.5.1 พืช การสะท้อนพลังงานของพืช (Spectral Reflectance Curve) สีเขียวที่สมบูรณ์จะเป็นแบบ Peak and Valley[14] และจะมีช่วงที่มีการสะท้อนพลังงานต่ำในช่วง Visible เนื่องมาจากสารคลอโรฟิลจะดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่น 0.45 และ 0.65 UM ซึ่งเป็นช่วงคลื่นสีน้ำเงินและสีแดง ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นใบพืชเป็นสีเขียว และในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ใบพืชจะสะท้อนพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างมากประมาณ 50 % ของพลังงานที่ตกกระทบ ในช่วงนี้พืชจะดูดกลืนพลังงานต่ำสุด แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของพืชแต่ละชนิด การสะท้อนของพลังงานทำให้แยกชนิดและศึกษาถึงความผิดปกติของพืชได้

---

[13] เรื่องเดียวกัน, หน้า 99.

[14] พร้อมจิตร์ ตระกูลดิษฐ์ "หลักการเบื้องต้นของ Remote Sensing," ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และการประยุกต์, กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน (กรุงเทพมหานคร : สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2533), หน้า 17.

2.5.2 ดิน การสะท้อนพลังงานของดินขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ คือ ความชื้นในดิน, ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ปริมาณเหล็กออกไซด์, ลักษณะเนื้อดินและความขรุขระของผิวดิน ซึ่งจะมีลักษณะ Peak and Valley น้อยกว่าพืช

2.5.3 การสะท้อนของน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวคลื่นขึ้นอยู่กับปฏิกริยาที่เกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ เช่น พลังงานที่สะท้อนจากน้ำ อาจเนื่องมาจากการสะท้อนของน้ำที่ผิวหน้าน้ำ อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ หรือจากก้นบ่อน้ำ การสำรวจแหล่งน้ำสามารถทำได้ง่ายในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้[15] ในขณะที่การศึกษาสภาวะของน้ำจะทำได้ดีในช่วง Visible นอกจากนี้ข้อมูลการสะท้อนพลังงานของน้ำ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ในการสำรวจคราบน้ำมัน และมลพิษจากโรงงาน

ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (0.7-1.3 UM) ใบพืชสะท้อนพลังงานสูง ประมาณ 50% การสะท้อนพลังงานของพืชที่ความยาวคลื่นในช่วงอินฟราเรดใกล้ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของใบพืชที่แตกต่างกันไปตามนิดของพืช ทำให้สามารถจำแนกชนิดของพืชได้แม้ว่าการสะท้อนของพลังงานของใบพืชในช่วงคลื่นแสงสว่างจะใกล้เคียงกัน

2.5.4 คุณสมบัติของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรในการบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นต่างๆ

ข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่บันทึกด้วยระบบกล้องหลายช่วงคลื่นมีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากกล้องภาพถ่ายธรรมดา คือ

1) ข้อมูลอยู่ในลักษณะตัวเลข (Digital Data) ที่มีความละเอียดของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นแสง(Groy Level) 256 ระดับ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่มีปริมาณมากเหล่านี้ไปผลิตเป็นภาพขาวดำและภาพสีผสม ตลอดจนนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความถูกต้องมากขึ้น

2) ข้อมูลที่ได้บันทึกสามารถส่งมายังสถานีรับภาคพื้นดินได้ในทันที

3) สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่กล้องธรรมดาบันทึกไม่ได้ ตลอดจนข้อมูลที่ได้รับมีรายละเอียดภาพ (Spatial Resolution)

ภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรเป็นภาพที่มีลักษณะพิเศษตามคุณสมบัติของดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลระยะไกล พอสรุปได้ดังนี้

1) การบันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (Synoptic view) ภาพจาก ดาวเทียมภาพหนึ่ง ๆ ครอบคลุมพื้นที่กว้าง ทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาการบันทึกภาพสั้น ๆ สามารถศึกษาสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในบริเวณกว้างขวางต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ เช่น ดาวเทียม LANDSAT

2) การบันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น (Multispectal) ดาวเทียม ตรวจทรัพยากรมีระบบกล้องที่บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทั้งในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น และช่วงคลื่นนอกเหนือสายตามนุษย์ ทำให้แยกวัตถุต่าง ๆ บนพื้นโลกได้อย่าง ชัดเจน

3) การบันทึกภาพบริเวณเดิม (Repetitive Coverage) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีวงโคจรจากเหนือลงใต้ และกลับมายังจุดเดิมในเวลาท้องถิ่นสม่ำเสมอ และในช่วงเวลานี้แน่นอน ทำให้ได้ข้อมูลบริเวณเดียวกันหลาย ๆ ช่วงเวลาที่ทันสมัย สามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ บนพื้นโลกได้เป็นอย่างดี และช่วยให้มีโอกาสที่จะได้ข้อมูลที่ไม่มีเมฆปกคลุม

4) การให้รายละเอียดหลายระดับภาพ จากดาวเทียมที่ให้รายละเอียดหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่าง ๆ เช่น สามารถศึกษาตัวเมืองเส้นทางคมนาคมระดับหมู่บ้านตลอดจนการนำมาใช้เพื่อการวางแผนแก้ไขปัญหาการจราจรในเมือง ส่วนภาพสีรายละเอียด 20 เมตร ศึกษาการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เฉพาะจุดเล็ก ๆ ได้ศึกษา แหล่งน้ำขนาดเล็กภาพระบบ TM รายละเอียด 30 เมตรศึกษาสภาพการใช้ที่ดินระดับจังหวัด

5) การให้ภาพสีผสม (False Color Composite) ภาพจากดาวเทียมสีขาวดำหนึ่งภาพในหลายช่วงคลื่นสามารถนำมาซ้อนทับกันได้ครั้งละ 3 แบนด์โดยทำให้แต่ละแบนด์ที่สี

ขาวดำกลายเป็นสีบวก เมื่อนำมาซ้อนทับกัน ทำให้ได้ภาพจากดาวเทียมสีผสมปรากฏสีต่าง ๆ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีสี คือ การซ้อนทับของแม่สีบวกแต่ละคู่จะให้แม่สีลบ คือ สีเหลือง สีบานเย็น

6) การเน้นคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) ภาพจาก ดาวเทียมต้นฉบับสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพให้มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากค่าระดับสีเทาของอิสโตแกรมของภาพจากดาวเทียม โดยทั่วไปนิยมใช้ 2 วิธีคือ การขยายค่าความเข้มระดับสีเทาให้กระจายจนเต็มช่วง เรียกว่า Linear Contrast Stretch และ Non-Linear Contrast Stretch โดยให้มีการกระจายข้อมูลของภาพดาวเทียมในแต่ละค่าความเข้มให้มีจำนวนประชากรใกล้เคียงกันเรียกว่า Histogram Equalization Stretch

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความแตกต่างคลื่น : วัตถุชนิดเดียวกันเมื่อบันทึกภาพในช่วงคลื่นที่ต่างกันจะได้ข้อมูลที่มีระดับความเข้มของสีแตกต่างกัน

ช่วงคลื่น	พืช	ดิน	น้ำ
0.6 UM สีแดง	ดำ	เทา	ดำ
1.0 UM อินฟราเรด	ขาวมาก	ขาว	ดำมาก

ตารางแสดงระดับความเข้มของสีในภาพการสะท้อนคลื่นของพืช, ดิน และน้ำที่ช่วงคลื่นต่างกัน

ความแตกต่างรูปทรงสัณฐาน : วัตถุแต่ละอย่างมีลักษณะรูปร่างเฉพาะอย่าง เช่น ถนน คลอง,มีรูปร่างเป็นลายเส้นตรง, แม่น้ำมีรูปร่างเป็นเส้นคดเคี้ยว

ความแตกต่างเวลา : การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ณ พื้นที่เดิม เช่น นาข้าวจะมีสีเขียว ระยะเริ่มแรกของการเจริญเติบโตและเป็นสีน้ำตาลหรือเหลืองอ่อนระยะเก็บเกี่ยว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.8 เทคโนโลยีที่ใช้

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม เป็นวิทยาการหนึ่งที่อำนวยประโยชน์มากแก่มนุษยชาติ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา การพัฒนาเทคโนโลยีทางรีโมทเซนซิ่งได้ดำเนินมาอย่างไม่หยุดยั้ง มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วจากช่วง 10 ปีแรกอาจเรียกได้ว่าเป็นช่วงแห่งการศึกษาทดลอง และได้พัฒนาเข้าสู่ระบบดาวเทียมเชิงปฏิบัติการในระยะเวลาต่อมา ดาวเทียมสำรวจโลกเชิงปฏิบัติการจะโคจรอยู่เหนือชั้นบรรยากาศที่ระดับสูงมากกว่า150 กิโลเมตร (ระดับที่ปราศจากแรงเหนี่ยวของชั้นบรรยากาศ) โดยมีลักษณะวงโคจรแยกได้เป็น 2 ประเภทคือ วงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์และวงโคจรแบบอยู่กับที่

ก. วงโคจรสุริยสมวาร (Sun-synchronous)[16] หรือวงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์

เป็นลักษณะการโคจร ที่สอดคล้องกับการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ โดยโคจรในแนวเหนือใต้และผ่านแนวละติจูดหนึ่งๆ ที่เวลาท้องถิ่นเดียวกัน การโคจรในลักษณะนี้มีข้อดีคือภาพที่ถ่ายในแนวละติจูดเดียวกันจะอยู่ภายใต้สภาพการส่องสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกัน และสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อดูรูปแบบต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพของบริเวณเดียวกันแต่ถ่ายคนละช่วงเวลา นอกจากนี้ วงโคจรเป็นแบบใกล้ขั้วโลก คือ เอียง ทำมุมกับแนวเหนือใต้ของโลกน้อยมาก โดยมักจะไม่เกิน 9^{0} ทำให้การถ่ายภาพครอบคลุมได้เกือบทั่วโลก จะมีช่วงโหว่อยู่บ้างก็เฉพาะบริเวณขั้วโลกเหนือและใต้เป็นส่วนน้อย ดาวเทียมประเภทนี้ มักจะมีระดับโคจรอยู่ที่ความสูงระหว่าง 300-1,500 กิโลเมตร และสามารถถ่ายภาพได้คลุมบริเวณกว้าง จากตัวอย่างดาวเทียมปฏิบัติการปัจจุบันสามารถถ่ายภาพคลุมพื้นที่มีขนาดจาก 60x60 กิโลเมตร จนถึงประมาณ 2,700x2,700 กิโลเมตร ภาพที่มีมุมมองกว้างนี้มีประโยชน์ในการศึกษาและสำรวจสภาพที่มีความต่อเนื่องได้เป็นอย่างดี และเนื่องจากการ

---

[16] Lisa J. Steele, "The view from on high : Satellite Remote Sensing Technology and the fourth amendment," High Technology Law Journal, (California, Law firm of Cooley, 1990), p.320.

ถ่ายภาพเป็นไปในลักษณะที่มีรายละเอียดสูง แต่ความถี่ในการถ่ายภาพซ้ำค่อนข้างต่ำ ต่างจากการ โคจรแบบอยู่กับที่หรือประจำถิ่นซึ่งสามารถถ่ายภาพบริเวณหนึ่ง ๆ ได้อย่างต่อเนื่องด้วยความถี่สูงแต่รายละเอียดภาพมักจะต่ำ ตัวอย่างของดาวเทียมได้แก่ ดาวเทียม อุตุนิยมวิทยา TIROS, NIMBUS และ NOAA และดาวเทียมสำรวจทรัพยากรทั่ว ๆ ไป เช่น LANDSAT, NIMBUS และ NOAA และดาวเทียมสำรวจทรัพยากรทั่ว ๆ ไป เช่น LANDSAT, SPOT เป็นต้น

ข. วงโคจรแบบอยู่กับที่ (Geo-synchronous หรือ geostationary)

เป็นการโคจรในลักษณะที่สอดคล้องกับการหมุนรอบตัวของโลกที่ความเร็วในการหมุนรอบโลกของดาวเทียมเท่ากับความเร็วที่โลกหมุนรอบตัวเอง ทำให้ดูเสมือนดาวเทียมลอยนิ่งอยู่เหนือตำแหน่งหนึ่ง ๆ บนผิวโลก จึงเป็นดาวเทียมที่ใช้ประโยชน์ในการสื่อสาร เช่น INTELSAT, DOMSAT[17] หรือใช้สำรวจอุตุนิยมวิทยา หรือภูมิภาคใดภูมิภาคหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น ดาวเทียม METEOSAT ซึ่งลอยอยู่เหนืออ่าวกินีที่ระดับสูง 22,500 กิโลเมตร และสามารถถ่ายภาพครอบคลุมทั้งซีกโลกส่วนนั้น และด้วยความถี่ของการถ่ายภาพทุก ๆ 30 นาที โดยปกติดาวเทียมแบบอยู่กับที่นี้ จะมีตำแหน่งกระจายอยู่เหนือแนวศูนย์สูตร และมีระยะห่างกันประมาณ 2° ในปัจจุบันมีทั้งดาวเทียมที่เป็นของสหรัฐอเมริกา องค์การอวกาศยุโรป ญี่ปุ่นและโซเวียตรัสเซีย

นอกจากการเรียนรู้ถึงลักษณะการโคจรของดาวเทียมเชิงปฏิบัติการอันเป็นเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องใช้ในเบื้องต้นสำหรับการสำรวจอวกาศแล้ว นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีอันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกโดยดาวเทียมที่สำคัญ คือ

2.6.1. อุปกรณ์สำรวจบนดาวเทียม

ความหมายของอุปกรณ์สำรวจบนดาวเทียมก็คือ เครื่องมือที่ใช้วัดค่าการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่ง หรือหลายช่วงคลื่นของ

---

[17] ดาราศรี ดาวเรือง, การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, หน้า 19. หมายถึง Domestic Sat = ดาวเทียมสื่อสารภายในประเทศของแต่ละประเทศ

แถบพลังงานที่ครอบคลุมจากช่วงคลื่นที่ตามองเห็นจนถึงไมโครเวฟ ที่สะท้อนจากผิวโลก พลังงานที่ สะท้อนเข้าเครื่องวัดนี้ อาจมาจากสิ่งที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ เช่น จากดวงอาทิตย์ ทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุประสงค์การใช้งานของอุปกรณ์นั้น ๆ นอกจากนี้ ยังมีความหลากหลายในความละเอียดของภาพปัจจุบันภาพที่ได้จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรให้รายละเอียดได้จากขนาดประมาณ 10เมตรx10เมตรขึ้นไปจนถึงขนาดเป็นหลาย ๆ กิโลเมตร เช่น ภาพที่ได้จากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระดับต่าง ๆ กันได้ตั้งแต่ระดับท้องที่ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยรายละเอียดสูงหรือระดับประเทศระดับภูมิภาคจนถึงระดับโลกโดยใช้ภาพที่มีรายละเอียดค้อยลงมาตามลำดับในกรณีนี้ อุปกรณ์สำรวจจะเป็นแบบพาสซีฟ สำหรับระบบอุปกรณ์ซึ่งผลิตพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อส่งไปกระทบยังผิวโลกโดยไม่ต้องอาศัยธรรมชาติ แล้วจึงวัดค่าการสะท้อนของพลังงานที่ส่งกลับมาอีกต่อหนึ่งเป็นระบบที่เรียกว่า แอคทีฟ หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า เรดาร์ นั่นเอง

ระบบพาสซีฟ มักจะเป็นระบบที่ใช้สำหรับช่วงคลื่นสั้น คือ ที่ตามองเห็นจนถึงอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นความร้อน ส่วน

ระบบเรดาร์ มักจะใช้สำหรับช่วงคลื่นที่ยาว เช่น ไมโครเวฟ ดังเช่น เครื่องอัลติมิเตอร์ สเก็ตเทอโรมิเตอร์ และซีนธีติค-อเพอร์เจอร์เรดาร์

อย่างไรก็ดี ยังมีระบบไมโครเวฟแบบพาสซีฟ ซึ่งก็ได้รับการออกแบบ สำหรับตรวจวัดค่าความร้อนที่แผ่ออกจากผิวโลกในระดับที่ค่อนข้างต่ำอีกด้วย

2.6.1.1 อุปกรณ์สำรวจในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นถึงช่วงคลื่นความร้อน

ภาพถ่ายในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นจากดาวเทียมนั้น มักจะได้รับการออกแบบให้เป็นภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นของบริเวณเดียวกัน วิธีการนี้ก็เพื่อเลียนแบบการมองเห็น

ของมนุษย์ในลักษณะเป็นภาพสีซึ่งเกิดจากการผสมของแสงสีหลัก 3 สี ในช่วงที่ตามองเห็น

2.6.1.2 อุปกรณ์สำรวจไมโครเวฟเรดิโอมิเตอร์

เป็นระบบพาสซีฟ ใช้สำหรับตรวจวัดค่าการแผ่รังสีของผิวโลกที่ช่วงคลื่นไมโครเวฟ หรือค่าอุณหภูมิความกระจ่าง ที่อยู่ในรัศมีการทำงานของเสาอากาศที่ใช้ตรวจวัด เป็นระบบที่ทำงานได้ทั้งกลางวันและกลางคืนและในทุกสภาวะอากาศ เพราะสามารถทะลุเมฆหมอกได้การเลือกใช้ความถี่ที่เหมาะสมประกอบกับวิธีโพลาไรเซชั่น* จะทำให้สามารถแยกแยะค่าการแผ่รังสีจากพื้นผิวต่าง ๆ ออกจากกันได้ เช่น จากผิวหน้าทะเล ฟองคลื่นและละลอกน้ำในบรรยากาศ เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ ได้แก่ ระบบ SMMR*

---

*polarization, angle of มุมสะท้อนจากตัวกลางที่เป็นไดอิเล็กตริกอย่างหนึ่ง เช่น แก้ว, ซึ่งมีรังสีสะท้อนเป็นรังสีโพลาไรซ์หมดระนาบการสั่นสะเทือนตั้งฉากกับระนาบการตกกระทบ polarization of light แสงสว่างธรรมดานี้มีการสั่นสะเทือนทางไฟฟ้า (E) และการสั่นสะเทือนทางแม่เหล็ก (H) ในทุกระนาบทั้งหมดที่มีรับสีแสงอยู่, การสั่นสะเทือนทั้งสองลักษณะนั้นทำมุมฉากกับทิศทางเดินของแสง ; หมายความว่าแสงสว่างเป็นการเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวาง (transverse wave) ในการสั่นสะเทือน E แต่ละครั้งจะมีการสั่นสะเทือน H เกิดขึ้นในระนาบตั้งฉากกันเสมอ สำหรับแสงโพลาไรซ์ระนาบ (plane - polarized light) นั้นการสั่นสะเทือน E จะจำกัดอยู่ระนาบเดียวซึ่งเรียกว่าระนาบการสั่นสะเทือน และการสั่นสะเทือน H ก็จะจำกัดอยู่ในระนาบเดียวอีกระนาบหนึ่ง ซึ่งตั้งฉากกับระนาบการสั่นสะเทือน E, ระนาบที่ตั้งฉากสองระนาบนี้เรียกว่าระนาบแห่งการโพลาไรเซชั่น

*SMMR = Scannning Multichannel Microwave Radiometer ระบบสแกน (เชิงกล) ถ่ายภาพย่านไมโครเวฟหลายช่วงคลื่น บนดาวเทียม SEASAT และ NIMBUS 7 ใช้วัดอุณหภูมิผิวหน้าทะเล ลมผิวหน้า น้ำแข็งทะเล หิมะ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นของดิน ถ่ายภาพที่ 5 ความถี่จาก 6.6 ถึง 37 กิโลเฮิรตซ์ รายละเอียดภาพ 16x25 กิโลเมตร/ 87x144 กิโลเมตร (SEASAT) และ 30 ถึง 97.5 กิโลเมตร (NIMBUS 7) แนวถ่ายภาพกว้าง 900 กิโลเมตร

2.6.1.3 อุปกรณ์สำรวจเพื่อหยั่งตรวจอากาศ

ได้แก่ ระบบอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและไอน้ำตามระดับสูงในชั้นบรรยากาศ ช่วงคลื่นที่วัดอาจอยู่ในย่านความร้อน คือ 3.8 ถึง 15 ไมโครเมตร เช่น ระบบ HIRS/2 หรือย่านไมโครเวฟ เช่น 50.3 ถึง 57.05 กิโลเฮิรตซ์

2.6.1.4 อุปกรณ์สำรวจไมโครเวฟ

ระบบเรดาร์ เป็นระบบแอคทีฟ หรือที่เรียกว่าระบบกัมมันต์ ซึ่งผลิตพลังงานในย่านไมโครเวฟ เพื่อส่งไปกระทบผิวโลก แล้วทำการตรวจวัดค่าพลังงานที่สะท้อนกลับสู่เครื่องรับซึ่งจะมีปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นกับลักษณะพื้นผิวการทำงานของระบบเรดาร์มีด้วยกันหลายลักษณะ เช่น ในลักษณะการถ่ายภาพ(ซีนธีติค-อเพอร์เจอร์เรดาร์) หรือการวัดระดับสูง (อัลติมิเตอร์) ตลอดจนการวัดความเร็วลม (สเก็ตเทอโรมิเตอร์)[18] ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้พลังงานไมโครเวฟที่ความถี่ที่เหมาะสม ตลอดจนการจัดรูปแบบของอุปกรณ์เพื่อวัดพลังงานที่สะท้อนในทิศทางต่าง ๆ กัน

2.6.2. ความสามารถในการถ่ายภาพซ้ำ

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีการโคจรในแนวเหนือ-ใต้ ในลักษณะที่สอดคล้องกับการโคจรของโลกและดวงอาทิตย์ การถ่ายภาพจะดำเนินไปในขณะที่ดาวเทียม โคจรเหนือโลกพร้อม ๆ กับที่โลกหมุนจากทิศตะวันตกไปทางตะวันออก ทำให้แนวโคจรของ ดาวเทียมเขยิบจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก การเขยิบจะมากหรือน้อยจะขึ้นกับระดับสูงและความเร็วในการโคจรของดาวเทียมการโคจรในลักษณะนี้ทำให้ดาวเทียมสามารถถ่ายภาพครอบคลุมทั่วทั้งโลกในเวลาค่อนข้างสั้นอยู่ในช่วง 2-4 อาทิตย์ เป็นอย่างช้า การถ่ายภาพพื้นผิวโลกทั้งหมดด้วยความถี่ที่สม่ำเสมอนี้นอกจากจะได้ภาพของพื้นผิวทั้งหมด รวมทั้งบริเวณที่อาจเข้าไม่ถึงด้วยวิธีสำรวจปกติแล้ว ภาพที่ได้ยังมีความทันสมัย และจากภาพหลายช่วงระยะเวลายังเอื้ออำนวยต่อการศึกษา และติดตามการเปลี่ยนแปลงทั้งที่ย้อนไปใน อดีต และดูแนวโน้ม ในอนาคต

---

[18] ดารารัศรี ดาวเรือง, รีโมทเซนซิ่งพื้นฐาน, หน้า 37.

ของทรัพยากรประเภทต่าง ๆ เพื่อประกอบการวางแผนและจัดการที่ดียิ่งขึ้น

2.6.2.1 กรรมวิธีรับ - ส่งสัญญาณภาพ

การสำรวจด้วยดาวเทียมข้อมูลที่สำรวจด้วยดาวเทียมจะต้องผ่านกรรม วิธีแต่งสัญญาณ[19] เพื่อให้กำลังแรงพอที่จะส่งลงมายังสถานีรับภาคพื้นดิน ซึ่งจะถอดสัญญาณให้เป็นข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อแจกจ่ายแก่ผู้ใช้ต่อไป

2.6 . 2.2 กรรมวิธีถ่ายทอดสัญญาณภาพจากดาวเทียมสู่ภาคพื้นดิน

โดยปกติอุปกรณ์สำรวจบนดาวเทียมมักจะผลิตสัญญาณข้อมูลในลักษณะแรงไฟฟ้าหรือสัญญาณความถี่ที่สัมพันธ์กับระดับพลังงานสะท้อนที่ได้รับ สัญญาณเหล่านี้จะได้รับการปรับแต่งได้ใน 2 ลักษณะ เพื่อการถ่ายทอดมายังภาคพื้นดิน คือ ในลักษณะคลื่นวีดีโอเป็นสัญญาณภาพ หรือในลักษณะเชิงตัวเลขซึ่งมักจะนิยมใช้กับระบบดาวเทียมส่วนใหญ่ เพราะการจัดข้อมูลให้อยู่ในเชิงตัวเลขทำให้ง่ายต่อการเก็บการแจกจ่ายตลอดจนกรรมวิธีวิเคราะห์และเห็นภาพในภายหลัง ในระบบถ่ายภาพแบบไม่สแกน และถ่ายภาพไม่ถี่นัก การจัดข้อมูลตัวเลขสามารถทำได้อย่างละเอียดโดยไม่มีผลกระทบต่ออัตราเร็วการถ่ายทอดสัญญาณจากดาวเทียมสู่ภาคพื้นดินแต่สำหรับระบบสแกนซึ่งให้ข้อมูลอย่างต่อเนื่อง จำต้องมีการพบกันครึ่งทางระหว่างอัตราเร็วในการสุ่มข้อมูล ระดับการดิจิไทซ์ และอัตราเร็วการถ่ายทอดสัญญาณ

นอกจากสัญญาณภาพแล้วในบางอุปกรณ์ยังให้รายละเอียดเกี่ยวกับค่า ปรับเทียบระบบอีกด้วยเช่นเรดิโอมิเตอร์ในช่วงคลื่นความร้อนซึ่งจะมีข้อมูลปรับเทียบระดับอุณหภูมิที่วัดจากอวกาศและวัตถุบนตัวดาวเทียมเอง ข้อมูลเหล่านี้จะถ่ายทอดลงมาพร้อมๆ เทียบกับข้อมูลสัญญาณนอกจากนี้ยังอาจประกอบด้วยข้อมูลที่ใช้ปรับเทียบในการแปลงสัญญาณภาพ เป็นสัญญาณตัวเลข ตลอดจนข้อมูลตำแหน่งและการจัดตัวของดาวเทียมเอง รวมทั้งค่าตัวแปรต่างๆ ที่แสดงถึงสถานะภาพของดาวเทียมและถ้าดาวเทียมมีระบบสำรวจอยู่หลาย

---

[19] เรื่องเดียวกัน, หน้า 39

ระบบการรวมสัญญาณเหล่านี้เพื่อถ่ายทอดส่งมาพร้อมกันนั้นค่อนข้างจะยุ่งยาก การถ่ายทอดสัญญาณที่ความถี่สูงนี้ มักจะต้องดำเนินไปในลักษณะใกล้เวลาจริงเมื่อดาวเทียมอยู่ในรัศมีการมองเห็นของสถานีภาคพื้นดินเท่านั้น

2.6.2.3 กรรมวิธีรับสัญญาณภาคพื้นดิน และการแจกจ่ายข้อมูล

การรับสัญญาณที่สถานีภาคพื้นดินกระทำได้ก็ต่อเมื่อ ดาวเทียมโคจรเข้ามาอยู่ในระยะการมองเห็นของจานรับสัญญาณเท่านั้น การที่จะให้ได้ข้อมูลปกคลุมเกือบทั่วโลกจึงจำเป็นต้องมีสถานีภาคพื้นดินกระจายอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ดาวเทียมไม่มีเครื่องบันทึกข้อมูลอยู่บนยาน แม้แต่ดาวเทียมที่มีอุปกรณ์บันทึกสัญญาณการบันทึกสัญญาณส่วนใหญ่ จะทำได้ด้วยขีดจำกัด

ระบบกรรมวิธีในส่วนภาคพื้นดินส่วนใหญ่ จะประกอบด้วยระบบย่อยส่วนจานรับสัญญาณและส่วนหน้า (Front end) ซึ่งเป็นส่วนที่สื่อสารโดยตรงกับดาวเทียมส่วนการรับสัญญาณนี้และแสดงภาพใกล้เวลาจริงในส่วนนี้จะเป็นการถอดสัญญาณมาเป็นข้อมูลดิบและบันทึกลงเทปคิวไม่หน้าที่ความหนาแน่นสูงเพื่อผลิตเป็นข้อมูลในลักษณะต่างๆต่อไป ส่วนผลิตภาพไมโครฟิชและภาพควิก-ลุค* สำหรับผู้ใช้ได้ประเมินคุณภาพและปริมาณเมฆปกคลุม เบื้องต้น

2.6.2.4. <u>คุณสมบัติเฉพาะของภาพถ่ายดาวเทียม</u>

1. ดาวเทียมสามารถบันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทั้งในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น และช่วงคลื่นที่นอกเหนือสายตามนุษย์ ทำให้ได้ข้อมูลมากขึ้นกว่าสายตามนุษย์ จึงสามารถจำแนกพื้นที่ป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ ออกจากพื้นที่ถูกบุกรุก

---

*ภาคคลิก-ลุค หมายถึง ตัวอย่างภาพจากดาวเทียมในลักษณะขาวดำหรือภาพสีผสมในขนาดย่อส่วน (ส่วนใหญ่มีขนาด 70 มม.) ซึ่งอาจจะไม่บรรจุข้อมูลทุกจุดภาพ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้ได้ประเมินและสอบลักษณะปกคลุมของเมฆและคุณภาพของภาพเบื้องต้น อาจบรรจุอยู่ในแผ่นฟิล์มขนาด 9x9 นิ้ว ได้รวม 9 ภาพของแนวถ่ายเดียวกัน หรืออาจบรรจุอยู่ในไมโครฟิชขนาด 4x5 $^{3/4}$ นิ้ว ในลักษณะภาพไมโครได้รวม 84 ภาพในโซนเดียวกัน

แผ้วถางตลอดจนสามารถแยกพื้นที่ป่าไม้ออกจากพื้นที่สวนยางพาราหรือแยกพื้นที่อื่น ๆ

2. การโคจรกลับมาที่เดิม ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีวงโคจรจากเหนือลงใต้และกลับมายังจุดเดิมในเวลาท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอและในช่วงเวลาที่แน่นอน เช่น ดาวเทียมแลนด์แซททุก ๆ 16 วัน ทำให้ได้ข้อมูลหลาย ๆ ช่วงที่ทันสมัยอยู่เสมอ สามารถติดตามความเคลื่อนไหวความเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

3. ภาพถ่ายดาวเทียมให้รายละเอียดหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการทำแผนที่ เช่น ดาวเทียม SPOT มีรายละเอียด 10 เมตร สามารถศึกษาการขยายตัวเมือง หรือแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดเล็กได้ และภาพถ่ายจากระบบ TM สามารถศึกษาสภาพการใช้ที่ดินระดับจังหวัดได้

4. การบันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง ทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาอันสั้น สามารถศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ในบริเวณกว้างขวางและต่อเนื่อง ง่ายต่อการวางแผนการดำเนินงาน ทำให้สะดวกรวดเร็วประหยัด และสามารถเลือกพื้นที่ศึกษาที่กว้างขวางตามความต้องการ

2.8.2.5. <u>การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียม</u>

1. การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา[20]

การวิเคราะห์ด้วยสายตา สามารถทำได้อย่างรวดเร็วมีความถูกต้อง ภาพถ่ายจากดาวเทียมสีผสมที่มีขนาดมาตราส่วนใหญ่ 1:50,000 ให้ข้อมูลเด่นชัดและง่ายต่อการตีความ เช่น พื้นที่ป่าไม้อุดมสมบูรณ์ พื้นที่น้ำท่วมกับพื้นที่ทำการเกษตรกรรม ฯลฯ จะปรากฏเป็นสีต่าง ๆ ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะกรณีที่มีภาพหลาย ๆ ช่วงเวลามาเปรียบเทียบกัน

---

[20]ชงชัย สิมกิ่ง, "เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมชนิดภาพโปร่งใสด้วยสายตา," ใน <u>การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม</u>, กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม (กรุงเทพมหานคร: สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2536), หน้า 127.

2. การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถวิเคราะห์ได้ในหลายๆ ช่วงคลื่นของข้อมูลดาวเทียมที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข นอกจากนี้ สามารถเน้นข้อมูลที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจน ตลอดจนใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อจำแนกทรัพยากรแต่ละชนิดได้อย่างมีทฤษฎีสนับสนุน เช่น พื้นที่ป่าไม่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ตลอดจนสามารถติดตามประเมินผลการบุกรุกทำลายป่าเฉพาะบริเวณที่ต้องการศึกษา

2.7 ประโยชน์จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรในสาขาต่าง ๆ

ข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ได้เอื้ออำนวยประโยชน์อย่างยิ่ง ต่อหน่วยราชการต่าง ๆ ซึ่งได้นำข้อมูลไปใช้ศึกษาวิจัย เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาประเทศ เช่น กรมวิชาการเกษตร กรมป่าไม้ กรมพัฒนาที่ดิน กรมทรัพยากรธรณี สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมชลประทาน กรมแผนที่ทหาร ฯลฯ รวมทั้งมหาวิทยาลัยทั้งส่วนกลาง และส่วนภูมิภาค โดยได้มีการใช้ประโยชน์จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรในสาขาต่าง ๆ ดังนี้ [21]

ด้านป่าไม้ มีการนำข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ไปใช้ในด้านการป่าไม้อย่างกว้างขวาง เช่น การศึกษาหาพื้นที่ป่าไม้ทั้งประเทศ การกำหนดชั้นความสำคัญของพื้นที่ต้นน้ำลำธารต่าง ๆ เพื่อการใช้ที่ดินการทำป่าไม้ทั้งประเทศ การกำหนดชั้นความสำคัญของพื้นที่ ต้นน้ำลำธารต่าง ๆ เพื่อการใช้ที่ดินการทำป่าไม้และการทำเหมืองแร่ การสำรวจและจัดทำ แผนที่ป่าไม้ชายเลน เพื่อการกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าชายเลนทั่วประเทศ การสำรวจพื้นที่ป่าสมบูรณ์ ป่าเสื่อมโทรม การประเมินหาพื้นที่ไร่เลื่อนลอย การบุกรุกแผ้วถางป่า การศึกษาไฟป่า ตลอดจนการติดตามตรวจสอบประเมินผลปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ป่าไม้ เช่น การตรวจสอบพื้นที่ป่าสัมปทานการติดตามผลการปลูกสร้างสวนป่า

---

[21] สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์, การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (กรุงเทพมหานคร: สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2536) หน้า 7.

ด้านการใช้ที่ดิน ข้อมูลจากดาวเทียมนำมาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน เช่น การทำเกษตรกรรมการก่อสร้าง การขยายแหล่งชุมชน ถนนและเส้นทางคมนาคม เป็นต้น กรมพัฒนาที่ดิน เป็นหน่วยงานหลักในการศึกษาด้านนี้โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ที่ดินระดับภาคทั่วประเทศ ตลอดจนจัดทำแผนที่แสดงขอบเขตการใช้ที่ดินแต่ละประเภท เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงและตรวจสอบการใช้ที่ดินให้เป็นไปอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพทันต่อเหตุการณ์ในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งมีผลช่วยในการจัดทำแผนที่เพื่อวางแผนการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสม

ด้านการเกษตร การใช้ข้อมูลดาวเทียมด้านการเกษตร ได้แก่ การศึกษาสำรวจพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น การสำรวจพื้นที่ข้าวนาปรัง พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทย พื้นที่ปลูกอ้อยภาคกลาง พื้นที่มันสำประหลัง พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน การสำรวจพื้นที่เพาะปลูกที่มีความชื้นสูง เพื่อการปลูกพืชในหน้าแล้ง นอกจากนี้ การโคจรของดาวเทียมกลับมาที่เดิมทุก ๆ 16 วัน[22] สามารถนำมาประเมินผลผลิตของพืชเศรษฐกิจได้ล่วงหน้า

ด้านอุทกวิทยา การศึกษาในด้านอุทกวิทยา อาจรวมถึงการศึกษาเกี่ยวกับ อุทกภาคซึ่งหมายถึง น้ำทั้งบนบกและในทะเล น้ำบนดินและใต้ผิวดิน โดยเฉพาะแหล่งน้ำบนดินสามารถศึกษาได้โดยง่ายทั้งแหล่งน้ำขนาดใหญ่ เช่น แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำและเขื่อน และแหล่งน้ำขนาดเล็ก สามารถมองเห็นแหล่งที่ตั้งรูปร่าง และขนาดของอ่างได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้รวมทั้งคลองชลประทานเพื่อการเกษตรกรรมในพื้นที่ชลประทานเพื่อติดตามประเมินผลการส่งน้ำและเพื่อเป็นข้อมูลพิจารณาวางแผนด้านการจัดสรรน้ำ และการปรับปรุงแหล่งน้ำ และระบบชลประทานที่ใช้งานอยู่ให้เหมาะสมอย่างมีระเบียบ การศึกษาน้ำท่วมและสภาวะน้ำท่วมขังพื้นที่มีน้ำท่วมชั่นแฉะ เช่น พรุต่าง ๆ และการศึกษารูปแบบการระบายน้ำ รวมทั้งการศึกษาสภาพน้ำ[23]

---

[22] สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์, "การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม," หน้า 9.

[23] Lawrence W. Morley, Legal Implications of Remote Sensing from outer space, : 16.

ด้านธรณีวิทยา การประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมในการทำแผนที่ธรณีโครงสร้างของประเทศไทยในขนาดมาตราส่วน 1:500,000 สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาประเทศด้านต่างๆ เช่น การหาแหล่งน้ำใต้ดิน การทำแผนที่ดินและสภาวะการกัดกร่อน แหล่งเชื้อเพลิงแหล่งเหมาะสมเพื่อการก่อสร้างเขื่อน การทำแผนที่ธรณีวิทยาและการศึกษาพื้นที่เหมืองแร่ดีบุกในภาคใต้

ด้านสมุทรศาสตร์และการประมง การศึกษาลักษณะทิศทางกระแสน้ำ และคุณภาพน้ำทะเล การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอย บริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ดีบุก นอกจากนี้ ยังใช้ในการศึกษาการแพร่ตะกอนในบริเวณปากแม่น้ำที่สำคัญต่าง ๆ การทำแผนที่บริเวณชายฝั่ง การศึกษาลักษณะใต้ผิวน้ำเช่นแนวปะการัง[24]

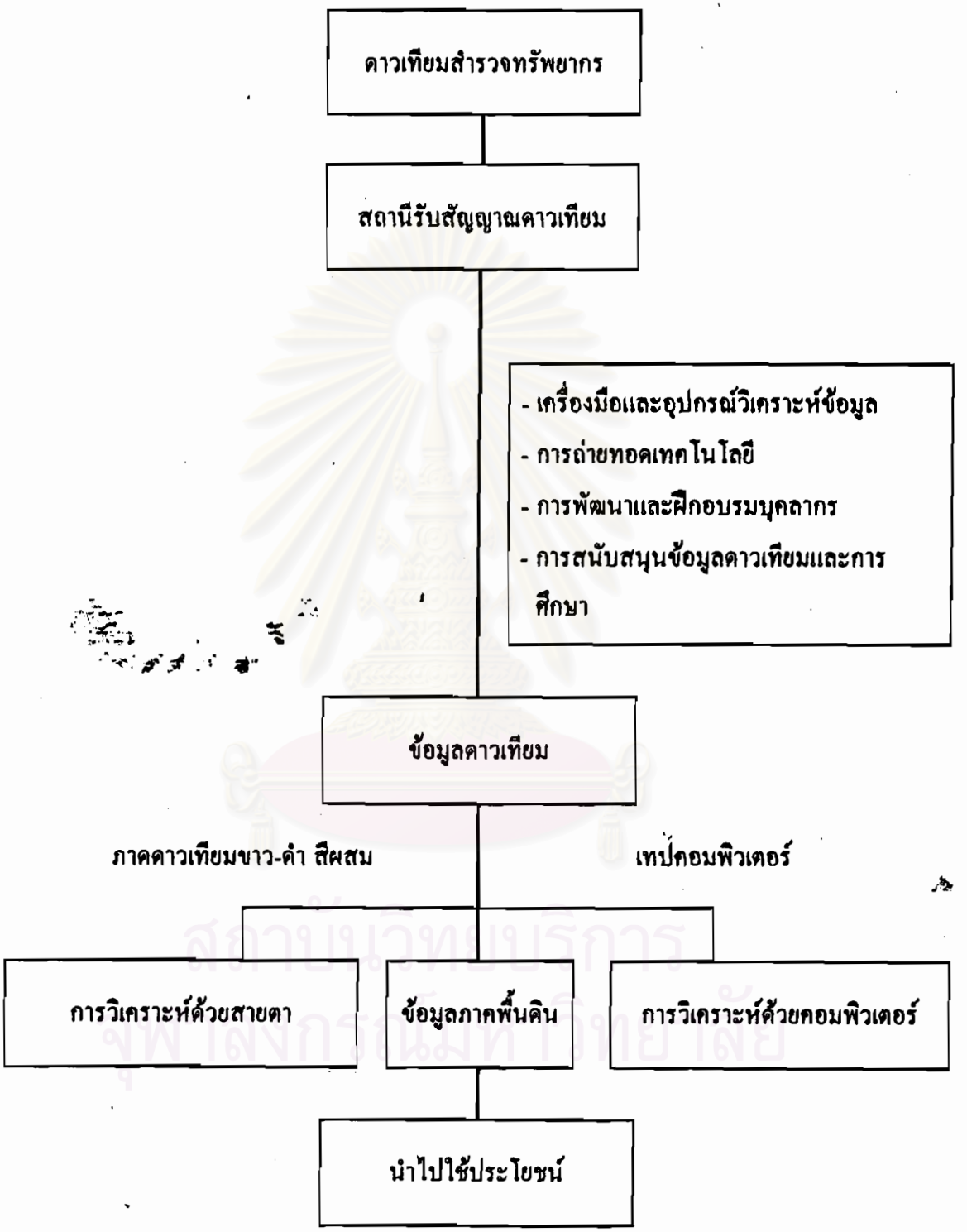
ทางด้านการประมงนั้น ได้แก่การศึกษาพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่ง คือ นากุ้ง ทำให้ทราบลักษณะพื้นที่ตั้ง และขนาด สะดวกต่อการติดตามวางแผนขยายงานเพาะเลี้ยงชายฝั่ง รวมทั้งการฟื้นฟูพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมบริเวณใกล้เคียง เพื่อเป็นแหล่งปลูกที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ รวมทั้งเพื่อป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลและดูดซับมลภาวะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เช่น พื้นที่ป่าไม้ บริเวณต้นน้ำลำธาร ถูกบุกรุกแผ้วถางเป็นอย่างมาก ก่อให้เกิดความแห้งแล้งและสภาวะน้ำท่วมอย่างร้ายแรงในภาคใต้ ปัญหามลภาวะจากน้ำเสีย และเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการขยายตัวเมืองต่าง ๆ สามารถใช้ภาพถ่ายดาวเทียมประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

ด้านการทำแผนที่ การโคจรกลับมาที่เดิมทุกช่วงเวลาที่แน่นอนเช่น 16 วันของดาวเทียม สำรวจทรัพยากร สามารถนำข้อมูลมาประยุกต์ปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศขนาดมาตราส่วนใหญ่ ตลอดจนแผนที่แสดงแหล่งทรัพยากรต่าง ๆ การใช้ที่ดินให้ทันสมัยเพื่อการวิเคราะห์สภาวะการเปลี่ยนแปลง การวางแผนป้องกัน-ปรับปรุง และพัฒนาแหล่งทรัพยากรให้มีความเหมาะสมถูกต้อง ทันสมัย เช่น การทำแผนที่เส้นทางคมนาคมที่เกิดขึ้นใหม่ แหล่งน้ำธรรมชาติในฤดูแล้ง การจัดการใช้ที่ดิน และวางผังเมืองรวม เป็นต้น

---

[24] Ibid., p.17.



รูปที่ 1 แผนผังแสดงการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ

2.8 ข้อมูลเกี่ยวกับดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

ดาวเทียม Landsat โครงการดาวเทียม Landsat เดิมเป็นโครงการของ องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NASA) ต่อมาได้มีการโอนกิจการดาวเทียม Landsat ให้แก่บริษัท EOSAT ซึ่งเป็นภาคเอกชน เพื่อดำเนินการในเชิงพาณิชย์ ระบบเก็บข้อมูล MSS (Multispectral Scanner) ของดาวเทียม Landsat ถ่ายภาพใน 4 ช่วงคลื่น คือ ช่วงคลื่นที่หนึ่งเรียกว่า แบนด์ 4 ให้รายละเอียดเกี่ยวกับความตื้นลึกของน้ำ และการกระจายของตะกอน แบนด์ 5 ให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ, ทางน้ำ, ถนน, แหล่งชุมชน, การใช้ดินและเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ, ป่าไม้, พื้นที่เพาะปลูก แบนด์ 6 และ 7 ให้รายละเอียดเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ, พื้นที่น้ำท่วม, ธรณีสัณฐาน, ธรณีโครงสร้าง ข้อมูล MSS 1 ภาพ ครอบคลุมพื้นที่ 185x185 ตารางกิโลเมตร มีรายละเอียดข้อมูลแต่ละจุดเท่ากับ 80x80 เมตร ระบบเก็บข้อมูลของดาวเทียม Landsat อีกระบบหนึ่งที่ได้รับการปรับปรุงให้ได้รายละเอียดดีกว่า MSS คือระบบ TM โดยถ่ายภาพใน 7 ช่วงคลื่น ช่วงคลื่นที่ 1 หรือ แบนด์ 1 ใช้ในการทำแผนที่บริเวณชายฝั่ง, ศึกษาความแตกต่างระหว่างดินกับพืชพรรณ แบนด์ 2 ใช้ประเมินความแข็งแรงของพืช แบนด์ 3 ใช้แยกชนิดของพืชพรรณแบนด์4 ใช้กำหนดปริมาณของมวลชีวภาพ (Biomass) และจำแนกแหล่งน้ำ แบนด์ 5 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นของดิน ความแตกต่างระหว่างเมฆและหิมะ แบนด์ 6 ใช้หาแหล่งความร้อน แบนด์ 7 ใช้จำแนกชนิดของหินและการทำแผนที่แสดงบริเวณ Hydrothermal

2.9 การตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียมในบริบททางสังคม เศรษฐกิจการเมือง และวัฒนธรรม

การใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรและสภาพแวดล้อมของโลก (Remote Sensing) เป็นกิจกรรมที่มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านอวกาศ อันนำมาซึ่งความสามารถในการตรวจจับภาพเป้าหมายบนผิวโลกในระยะต่าง ๆ ได้ Remote Sensing จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการแสวงหา และสำรวจทรัพยากรทางเศรษฐกิจที่สำคัญต่าง ๆ อันจะเป็นประโยชน์อย่างสูง โดยเฉพาะต่อการพัฒนาประเทศ อาจกล่าวได้ว่าประโยชน์มากมายที่เราจะได้จากกิจกรรมนี้ อยู่ในบริบทของสังคม เศรษฐกิจ การเมืองและวัฒนธรรมได้ดังนี้

2.9.1 ในบริบททางสังคม

ดังได้กล่าวแล้ว ข้อมูลจากดาวเทียมเป็นข้อมูลที่ทันสมัย และจากการพัฒนาให้มีการถ่ายภาพที่ให้รายละเอียดสูงพอสมควร จึงให้ข่าวสารที่สามารถนำมาใช้ช่วยในการจัดการทรัพยากรได้เป็นอย่างดี จึงเป็นผลให้กิจกรรมอันอาศัยวิทยาการล้ำยุค Remote Sensing นี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศเป็นอย่างยิ่ง

ประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้เริ่มดำเนินโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ขึ้นเมื่อปี 2514 โดยเริ่มจากดาวเทียม LANDSAT และได้พัฒนาก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ มีการขยายขอบเขตการใช้ภาพจากดาวเทียม ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม การดำเนินงานของประเทศไทยมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์เป็นสำคัญ กิจกรรมนี้ได้ถูกปรับปรุงให้สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดสูงตลอดจนได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพเพิ่มเติมให้สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียมถ่ายภาพโดยระบบเรดาร์ได้ ซึ่งเป็นการพัฒนาทางเทคโนโลยีในระดับสูง นับเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อประเทศในการนำข้อมูลจากดาวเทียมไปใช้ในการศึกษาพัฒนาประเทศอย่างกว้างขวางในสาขาต่างๆเช่น การเกษตร, ป่าไม้, การใช้ที่ดิน, ธรณีวิทยา อุทกวิทยา และแหล่งน้ำ ตลอดจนการติดตามสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนา โดยการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในลักษณะระบบสารนิเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งจะอำนวยประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงต่างๆ ในปัจจุบันสามารถให้ข่าวสารที่ทันสมัยซึ่งนำไปช่วยในการวางแผนพัฒนาได้ในระดับต่าง ๆ กัน และโดยที่ข้อมูลจากดาวเทียมเป็นข้อมูลที่แสดงทั้งตำแหน่งและพื้นที่ จึงสามารถนำไปผสมผสานกับข้อมูลอื่น ๆ ในระบบสารสนเทศเชิงภูมิศาสตร์เพื่อปรับฐานข้อมูลให้มีความทันสมัยอยู่เสมอและช่วยในการตัดสินใจและการวางแผนให้เป็นไปได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องยิ่งขึ้น

นอกจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น Remote Sensing ยังเป็นเทคนิคที่ใช้เป็นกลไกทางสังคมในการควบคุมและตรวจสอบ (Verification) การปฏิบัติตามพันธกรณีของรัฐในส่วนที่เกี่ยวกับการควบคุมและลดกำลังอาวุธที่มีอานุภาพทำลายร้ายแรง โดยไม่จำเป็นต้องไปตรวจสอบในดินแดนของรัฐมหาอำนาจที่เกี่ยวข้อง จากความสำคัญและประโยชน์ที่จะได้รับจาก

เทคนิคดังกล่าวทำให้รัฐทั้งหลายต่างมุ่งความสนใจในเรื่องการแสวงประโยชน์จากเทคนิคนี้ เนื่องจากยังไม่มีหลักเกณฑ์ทางกฎหมายสำหรับควบคุมกิจกรรมนี้สืบเนื่องมาจากกิจกรรมนี้อาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของชาติทั้งทางการเมือง เศรษฐกิจและความมั่นคงของชาติ

ดังนั้น รัฐที่เกี่ยวข้องจึงมีความเห็นขัดแย้งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือพวกแรกเป็นรัฐมหาอำนาจทางอวกาศ มีความสามารถในการใช้เทคนิคเพื่อตรวจหาข้อมูลบนผิวโลก จึงมีโอกาสเพิ่มพูนและขยายช่องทางแสวงประโยชน์ทางเศรษฐกิจของตนให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ในขณะที่อีกพวกคือประเทศโลกที่สามหรือประเทศกำลังพัฒนาไม่มีเทคโนโลยีทันสมัยสำหรับกิจกรรมการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม ทำให้มีโอกาสเสริมสร้างความมั่นคงของตนได้ในขีดจำกัดเป็นเหตุให้ความเหลื่อมล้ำต่ำสูงด้านชีวิตความเป็นอยู่และสภาวะเศรษฐกิจของประเทศที่พัฒนาแล้วกับประเทศด้อยพัฒนาหรือกำลังพัฒนายิ่งเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ อย่างรวดเร็วอันอาจเป็นปัจจัยและสาเหตุที่จะนำไปสู่ปัญหาความขัดแย้งทางสังคมระหว่างประเทศระหว่างประเทศพัฒนาและประเทศโลกที่สาม และอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสันติสุขและความมั่นคงของประชาคมระหว่างประเทศได้ในระยะยาว เป็นที่แน่นอนว่าความได้เปรียบหรือเสียเปรียบในเรื่องของการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม จะกลายเป็นจุดตอกย้ำและบ่งชี้ถึงความไม่เท่าเทียมกันที่ส่งผลสะท้อนถึงวิถีชีวิตความเป็นอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากสังคมโลกในปัจจุบันตั้งอยู่บนพื้นฐานของการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอันเป็นปัจจัยที่จะสามารถยกระดับมาตรฐานของประชาชนทั้งทางเศรษฐกิจและการมีชีวิตที่ดีขึ้น ดังนั้นเมื่อศักยภาพหรือความสามารถของประเทศใดอยู่ในฐานะที่ด้อยกว่าอิทธิพลของเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าเช่นนี้ย่อมจะส่งผลกระทบ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

2.9.2 <u>ในบริบททางด้านเศรษฐกิจ</u>

มนุษยชาติสามารถนำระบบการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม มาใช้ประโยชน์ ซึ่งแต่เดิมเริ่มจากครึ่งหลังของศตวรรษที่ 19 เทคนิคภาพถ่ายทางอวกาศที่อาศัยกล้องถ่ายรูปติดตั้งกับบัลลูน ถูกนำไปใช้ในสงครามโลกครั้งที่หนึ่งเพื่อวัตถุประสงค์ทางการ

ทหาร มิใช้กิจกรรมที่มุ่งเน้นทางการค้าพาณิชย์[25] แต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยผ่านดาวเทียมนั้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น การเพาะปลูกป่าไม้ ธรณีวิทยา, อุทกวิทยา, อุตุนิยมวิทยา, สมุทรศาสตร์, การประมง, และสิ่งแวดล้อม นับเป็นปัจจัยสำคัญที่นำกิจกรรมการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียมเข้าสู่เวทีแห่งการแข่งขันทางการค้าพาณิชย์มากขึ้น ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาเป็นจุดเริ่มต้นของการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจอย่างยิ่งโดยเฉพาะในปัจจุบันมีการแข่งขันทางการค้าทั่วโลก[26] สิ่งที่ชี้ให้เห็นถึงความได้เปรียบในทางเศรษฐกิจ คือ ขีดความสามารถทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจะเป็นสิ่งที่สำคัญที่เป็นพื้นฐานในการกำหนดและเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ เพื่อนำไปสู่ความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ จะเห็นได้ว่าอำนาจทางเศรษฐกิจมาจากขีดความสามารถทางเทคโนโลยีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับทรัพยากรธรรมชาติได้

ถ้าจะพิจารณาดูจากประเทศที่ก้าวหน้าบางประเทศซึ่งในสภาวะที่ทรัพยากรธรรมชาติมีจำนวนจำกัด กิจกรรมทางอวกาศอย่างการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกดาวเทียม ถือได้ว่าเป็นกิจกรรมที่เป็นตัวแปรที่สำคัญ เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการตรวจหาข้อมูลทั้งบนภาคพื้นดินและในทะเล ทำให้มนุษย์สามารถทราบได้ว่าบนพื้นผิวโลกและในท้องทะเลมีทรัพยากรธรรมชาติทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิตอยู่ ณ ที่ใดบ้าง อาทิ เช่น สามารถทราบได้ว่ามีฝูงปลาอยู่ ณ ที่ใดในทะเล มีแหล่งน้ำมันธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติตลอดจนแร่ธาตุต่าง ๆ อยู่ ณ บริเวณใดบ้างในผิวโลก นอกจากนี้ยังสามารถตรวจจับภาพเป้าหมายบนผิวโลกในระยะเวลา ต่างๆกันเพื่อประโยชน์ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น หิมะ แหล่งพืชพรรณ การเคลื่อนไหวของชั้นบรรยากาศในปัจจุบัน Remote Sensing ได้ถูกประเทศที่พัฒนาแล้วส่วนใหญ่นำมาใช้อย่างกว้างขวางในด้านต่าง ๆ จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการ

---

[25]Martha Mejia-Kaiser, "An International Remote Sensing Carter?," Proceedings of the thirty-sixth colloquium on the law ofouter space, (American institute of aeronautics and astronautic 370 L' Enfant Promenade, SW Washington, D.C., 1993), p. 322.

[26]Ibid., p. 323.

แสวงหาและสำรวจทรัพยากรทางเศรษฐกิจที่สำคัญต่างๆ[27] อันเป็นประโยชน์อย่างสูงโดยเฉพาะต่อการพัฒนาประเทศ

นอกจากนี้ การตรวจสอบข้อมูลด้วยระบบ Remote Sensing หากมองลึกลงไปจะพบว่ามีประเด็นที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมากกล่าวคือ ในการตรวจสอบข้อมูลด้วยระบบ Remote Sensing เป็นธรรมดาอยู่เองที่ผู้ดำเนินการตรวจสอบย่อมทราบดีว่าในดินแดนของประเทศที่เป็นเป้าของการตรวจสอบนั้นมีทรัพยากรธรรมชาติ หรือแร่ธาตุที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงอยู่ ณ ที่ใดบ้าง ในขณะที่ประเทศเจ้าของดินแดนเองจะทราบข้อมูลเหล่านั้นได้ก็ต่อเมื่อได้รับข้อมูลดังกล่าวจากผู้ดำเนินการตรวจสอบอาจส่งผลให้ผู้ประกอบกิจการนั้นย่อมพยายามต่อรองให้ได้ค่าตอบแทนสูงสุดเท่าที่จะกระทำได้การมีข้อมูลอยู่ในมือ ย่อมทำให้ผู้ที่จะแสวงประโยชน์ได้เปรียบประเทศเจ้าของดินแดนในด้านอำนาจต่อรองเป็นอย่างมาก ยิ่งกว่านั้นการที่ประเทศเจ้าของดินแดนไม่ทราบข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งทรัพยากรในดินแดนของตน ในขณะที่ประเทศหรือวิสาหกิจที่เข้ามาที่มุ่งจะมาสำรวจและแสวงประโยชน์จากทรัพยากรนั้น ๆ อาจถูกฝ่ายที่มีข้อมูลดังกล่าวปกปิดข้อเท็จจริงหรือหลอกลวงให้ประเทศเจ้าของดินแดนเข้าใจว่าบริเวณที่เจรจาขอสัมปทานกันนั้นอาจจะไม่มีทรัพยากรเป้าหมายในบริเวณนั้น หรือถึงแม้จะมีก็มีอยู่เพียงในปริมาณต่ำในขณะที่ตามความเป็นจริงแล้วข้อมูลที่ตรวจสอบได้ปรากฏว่ามีทรัพยากรดังกล่าวอย่างสมบูรณ์ ทำให้โอกาสที่ประเทศเจ้าของดินแดนซึ่งมีทรัพยากรธรรมชาตินั้นจะสามารถเจรจากับผู้ขอสัมปทานให้ได้ประโยชน์สูงสุดหรืออย่างน้อยก็ได้พอสมควรเป็นไปได้ยากมาก หากเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ก็ย่อมเกิดผลเสียหายแก่เศรษฐกิจของประเทศที่ตกเป็นเป้าของการตรวจสอบข้อมูลดังกล่าว ถึงแม้ปัจจุบันนี้ประเทศไทยสามารถส่งดาวเทียมขึ้นไปในอวกาศ แต่ก็มิได้หมายความว่าเราจะรอดพ้นจากการถูกสำรวจจากดาวเทียมของประเทศอื่น หากเป็นเช่นนี้ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศอย่างแน่นอน

มีข้อสังเกตุว่า ปัจจุบันกิจกรรม Remote Sensing อยู่ในสภาวะที่เทคโนโลยีเริ่มกลายมาเป็นเทคโนโลยีเชิงพาณิชย์มากขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นมุมมองหรือผลกระทบจาก

---

[27] Gynthia M. Hayward, "Remote Sensing : Terrestrial Lawsfor Celestial Activities," (Boston University International law Journal, Asker, Spring 1990), 1 : 157.

ประเทศเจ้าของดาวเทียม ซึ่งแต่เดิมจะหมายถึงประเทศที่พัฒนาแล้ว ได้ถูกเปลี่ยนแปลงไปไม่ใช่การผูกขาดหรือการได้เปรียบในการประกอบกิจกรรมเช่นเดิมแล้ว แต่เป็นผลกระทบที่เด่นชัดในเรื่องเทคโนโลยีที่ทันสมัยเสียมากกว่า ทิศทางในการมองประเด็นจึงต้องเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน

2.9.3 <u>ในบริบททางการเมืองและวัฒนธรรม</u>

ในปัจจุบันหากจะเปรียบว่า "ข้อมูลคืออำนาจ"[28] ก็คงจะเป็นที่ยอมรับเพราะว่าประเทศใดมีข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องทันสมัยย่อมอยู่ในฐานะได้เปรียบหรือมีอำนาจเจรจาต่อรองได้ดีกว่าประเทศขาดแคลนข้อมูลหรือมีข้อมูลที่ไม่ถูกต้องและล่าช้า ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศมหาอำนาจ จึงมีการสืบเสาะแสวงหาข้อมูลอย่างจริงจังและต่อเนื่องทั้งลักษณะการเปิดเผยและเป็นความลับในรูปแบบวิธีการต่าง ๆ กันตั้งแต่ภาคพื้นดินโดยการสังเกตด้วยตาไปจนกระทั่งถึงการใช้เครื่องบิน (จารกรรม) ดาวเทียมและยานอวกาศต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเป็นการสำรวจ โดยไม่ต้องสัมผัสตามที่เรียกกันทั่วไปในยุคไฮเทคนี้ว่า "การสำรวจข้อมูลระยะไกล" (Remote Sensing) หรือโทรนิทัศน์

โดยที่ระบบการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม มิใช่กิจกรรมภายในประเทศใดประเทศหนึ่งเท่านั้นแต่สามารถข้ามพรมแดนไปยังประเทศอื่นๆด้วยดาวเทียมดังนั้นประเทศต่าง ๆ จึงมีทัศนคติต่อการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกด้อยดาวเทียมที่แตกต่างกันทำให้มีมุมมองในแง่กฎหมายที่แตกต่างกันด้วย

---

[28]อภิชาต พงษ์ศรีหกุลชัย, "ศักยภาพในการใช้ประโยชน์ข้อมูลดาวเทียม," <u>ในวันสื่อสารแห่งชาติ 2534</u>, (กรุงเทพ : บริษัท วิสคอมเซนเตอร์ จำกัด, 2534), หน้า 98. ข้อมูล (data) หมายถึง ข้อมูลข่าวสารที่ยังมิได้ผ่านขบวนการจัดให้เป็นระบบระเบียบ ข้อมูลที่ผ่านขบวนการจัดเป็นระบบระเบียบแล้วจะเป็นข่าวสาร (information) อีกนัยหนึ่งคือ ข้อเท็จจริงหรือสิ่งที่ถือหรือยอมรับว่าเป็นข้อเท็จจริง สำหรับใช้เป็นหลักอนุมาตหาความจริงหรือการคำนวณ ซึ่งมีความแตกต่างกับสารสนเทศ กล่าวคือ สารสนเทศคือ ข่าวสาร การแสดงหรือชี้แจงข่าวสารข้อมูลต่าง ๆ

ประเทศมหาอำนาจทางอวกาศ (Space Power) ของฝ่ายเสรีนิยม คือ สหรัฐอเมริกาได้สนับสนุนการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียมให้สามารถดำเนินการได้โดยเสรีปราศจากข้อจำกัด แต่กลุ่มประเทศกำลังพัฒนาต่างก็คัดค้านการดำเนินการโดยปราศจากการควบคุม ทั้งนี้เพราะมีแนวคิดต่อหลักอำนาจอธิปไตยของรัฐ สิทธิเหนือดินแดน และผลประโยชน์ที่แตกต่างกันซึ่งส่งผลให้เกิดผลกระทบอันมีประเด็นปัญหากฎหมายทั้งในปัญหากฎหมายทางการเมืองและวัฒนธรรมอันเป็นประเด็นสำคัญที่ยังไม่มีข้อยุติที่น่าพอใจเนื่องจากจุดมุ่งหมายที่สำคัญของแต่ละประเทศคือ การทำให้ประเทศมีความเจริญรุ่งเรืองก้าวหน้าโดยมีทั้งความมั่งคั่งและมั่นคงเพราะความเจริญรุ่งเรืองของประเทศนอกจากจะทำให้เกิดความก้าวหน้าของ ประเทศแล้วจะต้องเป็นหลักประกันอันดีต่อความเป็นเอกราช ความมั่นคงปลอดภัย[29] ความมีเสถียรภาพและเกียรติภูมิของประเทศ การนำเทคโนโลยี การตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียมมาใช้ประโยชน์ก็จะสามารถสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาความยากจนโดยเฉพาะในประเทศที่ด้อยพัฒนา โดยเพิ่มผลผลิตและเสริมสร้างปัจจัยที่จะตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ได้ อันเป็นการส่งเสริมและรักษาคุณภาพชีวิตของประชาชนให้มีฐานะความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น รวมตลอดจนช่วยรักษาขนบธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมอันดีงามของประเทศ อันเกี่ยวเนื่องกับกิจกรรมทางเศรษฐกิจและการใช้ทรัพยากรของแต่ละประเทศได้อีกด้วย

นอกจากนี้อิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการตรวจหาข้อมูลบนพื้นโลกจากดาวเทียม ยังมีผลกระทบต่อการทหาร[30] ความสัมพันธ์ระหว่างการแข่งขันทางอาวุธ และการพัฒนาทางเทคโนโลยีทางด้านดาวเทียมเป็นประเด็นที่สำคัญที่เกี่ยวโยงถึงเงินจำนวนมหาศาลที่ถูกนำมาใช้เพื่อการวิจัย และพัฒนาทางการทหารให้มีความก้าวหน้าสูงสุด

ปัญหาหนึ่งซึ่งเผชิญอยู่ในปัจจุบันนี้คือ ความยุ่งยากที่เพิ่มขึ้นอันเกี่ยวกับการแยกการวิจัยอย่างเด่นชัดว่าอาจจะมีการใช้ประโยชน์ทางทหารจากการใช้การสำรวจด้วยดาวเทียม

---

[29] George E. Seay, "Remote Sensing;" The media, the military, and the notional security," (Journal of air law and commerce 1993), p.247.

[30] Ibid., p.280.

ซึ่งทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์แห่งความสันติสุข ตัวอย่างเช่น การนำเทคโนโลยีดังกล่าวนี้ไปใช้เป็นกลไกในการควบคุมและตรวจสอบ (Verification) การปฏิบัติตามพันธะกรณีของรัฐในส่วนที่เกี่ยวกับการควบคุมและลดกำลังอาวุธที่มีอานุภาพทำลายร้ายแรง โดยไม่จำเป็นต้องไปตรวจสอบในดินแดนของประเทศมหาอำนาจที่เกี่ยวข้องหรืออีกนัยหนึ่งเพื่อวัตถุประสงค์ในการทำลายล้างกล่าวคือ เป็นการนำไปใช้ในทางที่ทุกประเทศเห็นว่าเป็นภัย เช่น เพื่อการจารกรรม

อย่างไรก็ดีสำหรับประเทศไทยเราอยู่ตรงกลางระหว่างประเทศกำลังพัฒนากับประเทศพัฒนาแล้ว เนื่องจากประเทศไทยมีความสามารถในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจร นอกจากนี้จะพบได้ว่าเรานำเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในทางสันติ เช่นใช้สำรวจเพื่อหาข้อมูลสถิติการเกษตร ใช้ในการติดตามและประเมินผลการใช้ทรัพยากร (ป่าไม้/ที่ดิน) และใช้ในการจัดทำแผนที่ เป็นต้นนอกเหนือจากนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณีอุทกวิทยา สมุทรศาสตร์และการทหาร แต่ขณะเดียวกันเรามิอาจทราบได้ว่าประเทศอื่น ๆ จะนำ เทคโนโลยีนี้ไปใช้ในทางสร้างสรรค์อย่างแท้จริงหรือไม่ดังนั้นประเทศไทยน่าจะหาทางป้องกันสำหรับปัญหาในเรื่องของสงครามทางเศรษฐกิจที่กำลังเกิดขึ้นและให้ความสำคัญกับปัญหาข้อขัดแย้งทางการเมืองอันเป็นผลมาจากมุมมองในทางกฎหมายที่แตกต่างกันพร้อมทั้งแสดงจุดยืนของประเทศว่าจะเป็นไปในทิศทางใด เพื่อปกป้องและรักษาผลประโยชน์ของชาติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย