

## บทที่ 1

# อิทธิพลจากการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในบรรยากาศและบนพื้นผิวโลก

### วัตถุประสงค์ของบทเรียน

- เพื่อศึกษาการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในบรรยากาศ
- เพื่อศึกษาอิทธิพลของคลื่นที่ช่วยในการมองเห็นในบรรยากาศ
- เพื่อศึกษาอิทธิพลของคลื่นความร้อนในบรรยากาศ
- เพื่อศึกษาการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นผิวโลก
- เพื่อศึกษาอิทธิพลของบรรยากาศต่อสมดุลความร้อนบนพื้นผิวโลก

#### 1.1 กล่าวโดยทั่วไป

อาวุธนำวิถี หรือ Precision guided munition (PGM) ใช้หลักการของระบบนำวิถี โดยจะทำงานเมื่อได้รับการกระตุ้นจากรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจากวัตถุ โดยวัตถุจะแผ่ออกหรือสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังตัวรับสัญญาณ (Sensor) ที่ติดตั้งในอาวุธนำวิถี

ในเบื้องต้นจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติ และการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขณะเคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศในสถานะแวดล้อมต่างๆ และเมื่อกระทบพื้นผิวโลก

#### 1.2 การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หมายถึง พลังงานที่เคลื่อนผ่านตัวกลาง (อากาศ, บรรยากาศ) ในรูปของคลื่น ประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ตัวอย่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ แสงจากแหล่งกำเนิดทั้งหลาย ความร้อนคลื่นวิทยุและโทรทัศน์ พลังงานในเตาไมโครเวฟ เป็นต้น

เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปในลักษณะของคลื่น จึงมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นและความถี่ ส่วนใหญ่เมื่อกล่าวถึงคลื่นที่ช่วยในการมองเห็น (Visible) และคลื่นความร้อน (Infrared) มักใช้ความยาวคลื่นเป็นสิ่งที่จำแนก ส่วนคลื่นมิลลิเมตร (Millimeter), คลื่นไมโครเวฟ (Microwave), คลื่นวิทยุและโทรทัศน์ มักใช้ความถี่เป็นสิ่งที่จำแนก

#### 1.3 การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในบรรยากาศ

เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศของโลก จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อกระทบกับโมเลกุลหรืออนุภาคในบรรยากาศ เช่น Dusts, Haze, Smoke, Fogs, Aerosols, Cloud droplets และ Precipitation

ชนิด ขนาดของสารแขวนลอยในบรรยากาศ และความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ 4 อย่าง ได้แก่

1.3.1 การสะท้อน (Reflection) เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบกับสารแขวนลอยในบรรยากาศ โดยมีค่าความยาวคลื่นน้อยกว่าขนาด (รัศมี) ของสาร จะเกิดการสะท้อน ค่าความสะท้อน (Reflectance) หรือคุณสมบัติในการสะท้อน (Reflectivity) ของวัตถุ คือ อัตราส่วนระหว่างรังสีสะท้อนต่อรังสีตกกระทบ ณ ความยาวคลื่นเดียวกัน โดยมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 วัตถุที่มีค่าความสะท้อนเท่ากับ 1 เรียกว่า ความสะท้อนสมบูรณ์บนผิววัตถุชนิดเดียวกัน การสะท้อนจะเกิดได้หลายความยาวคลื่น จึงกำหนดให้ Albedo คือ ค่าความยาวคลื่นเฉลี่ยของคลื่น

แม่เหล็กไฟฟ้าในการเกิดค่าความสะท้อน ค่าความยาวคลื่นเฉลี่ยดังกล่าวหมายถึง ความยาวคลื่นทั้งหมดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือความยาวคลื่นบางช่วง เช่น Visible wavelength

1.3.2 การกระจาย (Scattering) เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบกับสารแขวนลอยในบรรยากาศ โดยมีความยาวคลื่นมากกว่าค่าขนาด (รัศมี) ของสาร จะเกิดการกระจาย และก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงในท้องฟ้าหลายอย่างกับสารแขวนลอย เช่น Haze, Smoke, Dust

1.3.3 การดูดกลืน (Absorption) ก๊าซบางชนิดในบรรยากาศ เช่น ไอน้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์, โอโซน และ ออกซิเจน มีคุณสมบัติในการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางช่วงความยาวคลื่น เรียกว่า Absorption bands บางชนิดอาจเลือกดูดกลืนคลื่นหลายช่วง หรือแถบช่วงความยาวคลื่นการดูดกลืนเกิดในระดับโมเลกุลตามปกติโอโซนและออกซิเจนซึ่งอยู่ในบรรยากาศระดับบน จะดูดกลืน Ultraviolet ส่วน Visible ไม่มีก๊าซชนิดใดดูดกลืน Infrared จะถูกดูดกลืนโดยก๊าซหลายชนิด

จะเห็นว่าในแถบความยาวคลื่น 0.5 ถึง 25 ไมโครเมตร เปลี่ยนแปลงมากในบรรยากาศของโลกระดับต่ำ แถบช่วงความยาวคลื่น 3.5 ถึง 4.2 ไมโครเมตร และ 8.5 ถึง 13 ไมโครเมตร เรียกว่า Atmospheric windows เนื่องจากไม่ถูกดูดกลืนโดยก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศ จึงครอบคลุมอยู่ในบรรยากาศระดับต่ำ แต่เราพบว่าเมื่อปริมาณไอน้ำในอากาศสูง หรือบรรยากาศมีค่า Absolute humidity สูง (ไม่ใช่ Relative humidity) Atmospheric windows จะถูกดูดกลืนอย่างรุนแรง

Tropical atmosphere ไอน้ำจะเป็นตัวการดูดกลืน Atmospheric windows แม้ว่า Tropical desert atmosphere จะมีค่า Relative humidity ต่ำ แต่ปรากฏว่าการดูดกลืน Infrared ในช่วงนี้ยังมีอยู่ ตรงข้ามกับ Cold atmosphere ที่มีค่า Relative humidity สูง แต่ปรากฏว่าการดูดกลืนมีค่าน้อยมาก เนื่องจากปริมาณไอน้ำในอากาศมีน้อยกว่า

ปรากฏการณ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับ Atmospheric windows เราเรียกว่า Dirty windows อิทธิพลของไอน้ำในปรากฏการณ์นี้มีผลต่อการใช้อาวุธนำวิถีมาก

การดูดกลืนโดยสารเป็นของเหลวและของแข็งจะมีผลมาก Aerosols และ Cloud droplets นอกจากจะก่อให้เกิดการกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแล้ว ยังเป็นตัวการสำคัญในการดูดกลืน ทั้งขึ้นกับช่วงความยาวคลื่นด้วย

คุณสมบัติในการดูดกลืน (Absorptivity) ของสารใด คือ อัตราส่วนระหว่างรังสีที่ถูกดูดกลืนต่อรังสีที่ตกกระทบวัตถุนั้น ที่ค่าความยาวคลื่นเดียวกัน มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 แม้ว่าจะไม่มีวัตถุนิตใดมีค่าเท่ากับ 1 (การดูดกลืนสมบูรณ์) ในทางฟิสิกส์สามารถกำหนดคุณสมบัตินี้กับวัตถุ เรียกว่า Black body (ค่าความยาวคลื่นค่าใดค่าหนึ่ง)

1.3.4 การแผ่ออก (Emission) เป็นขบวนการที่เกิดในระดับโมเลกุล เมื่อโมเลกุลของสารแขวนลอยในบรรยากาศ (ก๊าซต่างๆ, เมฆ, Aerosols) คายพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดูดกลืนไว้ (ค่าความยาวคลื่นเดียวกัน) วัตถุที่มีการดูดกลืนสมบูรณ์ (Perfect absorber) ซึ่งเรียกว่า Black body ต้องมีคุณสมบัติการแผ่ออกสมบูรณ์ (Perfect emitter)

กฎของ Planck กล่าวว่า พลังงานที่แผ่ออกมาสูงสุดของ Black body จะสอดคล้องกับอุณหภูมิและค่าความยาวคลื่น

ความสามารถในการคาย หรือแผ่ออก (Emissivity) ของวัตถุ คืออัตราส่วนระหว่างพลังงานที่แผ่ออกจริง ต่อพลังงานที่ Black body แผ่ออกได้ ที่อุณหภูมิและความยาวคลื่นเดียวกัน

ค่า Emissivity มีระหว่าง 0 ถึง 1 ค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าวัตถุนั้นมีคุณสมบัติ Perfect emitter ซึ่งขึ้นอยู่กับ โมเลกุลแต่ละชนิด

ขบวนการการกระจายและการดูดกลืนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในบรรยากาศ เปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไข ทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่ง Infrared wavelength พิจารณา ณ Atmospheric windows 4 และ 10 ไมโครเมตร ส่วน Millimeter wavelength และ Microwave wavelength พิจารณา Atmospheric windows 19, 37 และ 94 GHz

#### 1.4 อิทธิพลของคลื่นที่ช่วยในการมองเห็น (Visible wavelength) ในบรรยากาศ

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดชนิดแรกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานที่ผ่านมาถึงบรรยากาศของโลก ระดับล่าง ส่วนใหญ่คือ Visible และ Near infrared

1.4.1 เมื่อแสงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศลงมา โดยท้องฟ้าปราศจากเมฆและมลภาวะ ดวงอาทิตย์จะเป็น รูปวงกลมสีขาว และท้องฟ้าเป็นสีน้ำเงิน เนื่องจากการกระจายของแสงสีน้ำเงินโดยโมเลกุลของบรรยากาศ

1.4.2 เมื่อบรรยากาศมีหมอกแดด ควีน และเมฆปรากฏอยู่ จะมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีขาว ดวงอาทิตย์ ไม่ชัดเจนเนื่องจาก Visible wavelength ถูกกระจายในท้องฟ้าทั้งหมด โดยอนุภาคหมอกแดด ควีน และไอน้ำ

1.4.3 เมื่อบรรยากาศปราศจากหมอกแดด และควีนต่างๆ แต่มีเมฆแผ่นบางๆ ปกคลุมทั่วไป เรา จะมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีขาว เนื่องจากการกระจายของ Visible wavelength ทั้งหมดโดย Cloud droplets เมื่อ เครื่องบินอยู่เหนือชั้นเมฆบางๆ เหล่านี้ Cloud droplets จะกระจายภาพจากเครื่องบิน (Image) ให้กระจาย ออกไป ขณะเดียวกันก็จะกระจายแสงสีขาว (Non-image) เข้ามาแทน ทำให้ผู้สังเกตที่อยู่บนพื้นดินมองเห็น เครื่องบินไม่ชัดเจน

1.4.4 เมื่อมีเมฆปกคลุมเต็มท้องฟ้าจะมองเห็นดวงอาทิตย์ หรือวัตถุที่อยู่เหนือเมฆเป็นครั้งคราว แสงอาทิตย์จะถูกกระจายหลายครั้ง หรืออาจถูกดูดกลืนโดย Cloud droplets จะมองเห็นฐานเมฆเป็น สีดำ ภาพจากเครื่องบินที่อยู่เหนือกลุ่มเมฆถูกกระจาย และดูดกลืนหักล้างกันภายใน Cloud droplets ทำให้ผู้สังเกตที่ อยู่บนพื้นดินมองเห็นเครื่องบินไม่ชัดเจน แต่เมื่ออยู่เหนือกลุ่มเมฆจะมองเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากการสะท้อนของเมฆที่ ปกคลุมอยู่ (มองจากกลุ่มเมฆ)

#### 1.5 อิทธิพลของคลื่นความร้อน (Infrared wavelength) ในบรรยากาศ

ในช่วงเวลากลางวันโลกได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ (คลื่นสั้น) จะดูดกลืนไว้ เมื่อเวลากลางคืนก็จะ แผ่ออก (คลื่นยาว) อุณหภูมิใกล้ผิวโลกจะลดลง (Radiation cooling) มากน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับสนามของ บรรยากาศและท้องฟ้า ถ้าท้องฟ้าแจ่มใสปราศจากเมฆและมลภาวะ Infrared wavelength จะแผ่ออกได้มาก ทำให้อุณหภูมิใกล้ผิวโลกลดต่ำลง

แต่บรรยากาศที่มีเมฆปกคลุม Infrared wavelength จะถูกดูดกลืนโดย Cloud droplets และแผ่ ออกมายังผิวโลกอีกครั้ง ทำให้อุณหภูมิใกล้ผิวโลกเพิ่มขึ้น

## 1.6 การแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นผิวโลก

ตามปกติเมื่อเราอยู่สูงจากพื้นโลก แล้วมองวัตถุซึ่งอยู่บนผิวโลก การจะแยกวัตถุใดออกจากวัตถุอื่นขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ, ระยะทางจากวัตถุถึงผู้สังเกต, ความแตกต่างในความชัดเจนระหว่างวัตถุ, สิ่งแวดล้อม และสภาพของบรรยากาศ

ในหัวข้อนี้จะพิจารณาความแตกต่างในความคมชัดระหว่างวัตถุ และสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก PGM จะทำงานเมื่อแยก Target และ Background ออกจากกัน ผลจากการสะท้อน ดูดกลืน และแผ่ออกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกี่ยวข้องโดยตรง

1.6.1 การสะท้อน (Reflection) เป็นขบวนการสำคัญที่สุดที่ช่วยในการมองเห็นเป้าหมาย โดยเฉพาะ Visible และ Near Infrared wavelength (ดวงอาทิตย์และแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสอง) ยกเว้นกรณีที่วัตถุนั้นสร้างคลื่นทั้งสองขึ้นมาเอง การสะท้อนจะไม่มีค่าจำเป็น นอกจากนี้ Middle infrared จนกระทั่ง Microwave wavelength ก็อาศัยขบวนการนี้

Visible และ Infrared lasers wavelength ถูกยิงลงไปยังวัตถุเป็นจุด แล้วสะท้อนกลับเข้ามายัง Sensor เช่นเดียวกับการทำงานของเครื่องเรดาร์ทั่วไป เมื่อการสะท้อนเกิดขึ้น การมองเห็นวัตถุแยกออกจากสิ่งแวดล้อมขึ้นอยู่กับ

1.6.1.1 คุณสมบัติในการสะท้อนระหว่างวัตถุและสิ่งแวดล้อม เมื่อมองไปยัง Object และ Background ถ้าหาก Object มีค่าความสะท้อน 0.2 และ Background 0.5 ความเข้มจากแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเท่ากัน แต่เมื่อสะท้อนกลับไปยัง Sensor ความเข้มแตกต่างกันเกิด Contrast ขึ้น ซึ่งค่า Contrast จะต้องมากกว่าระดับต่ำสุด (Minimum threshold contrast) Sensor หรือตาของมนุษย์จึงจะแยกวัตถุออกจากสิ่งแวดล้อมได้

1.6.1.2 คุณลักษณะของผิววัตถุและสิ่งแวดล้อม ผิววัตถุขรุขระ หรือผิวมัน หรือพรางสี หรือเป็นไปตามธรรมชาติโลหะ หรือฉนวน

1.6.2 การดูดกลืน (Absorption) เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบ Target หรือ Background ก็อาจจะสะท้อน, ดูดกลืน หรือส่งผ่าน (Transmission) ไปบริเวณใกล้เคียง

สำหรับการดูดกลืนไม่เกิดขึ้นกับทุกค่าความยาวคลื่นเป็นเฉพาะบางช่วงเท่านั้น นอกจากนี้การส่งผ่าน Visible และ Infrared wavelength ของวัตถุนั้นมีน้อยมาก ยกเว้น Millimeter wavelength ซึ่งเกิดกับหิมะได้ดี

1.6.3 การแผ่ออก (Emission) การแผ่ออกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นผิวโลก เกิดขึ้นเช่นเดียวกับในบรรยากาศ โดยอาศัยหลักการแผ่ออกของวัตถุดำ คือ พลังงานสูงสุดที่แผ่ออกมาจากวัตถุ หรือสิ่งแวดล้อม ค่าความยาวคลื่นใดสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิ

การแผ่ออกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วง Visible wavelength ของวัตถุต่างๆ มีค่าเป็นศูนย์ ยกเว้นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ไฟฉาย, เพลวไฟ) วัตถุนั้นโลกจะแผ่ออกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วง 3 ถึง 5 ไมโครเมตร ได้มากกว่าการสะท้อน 10 เท่า และช่วง 8 ถึง 12 ไมโครเมตร สูงถึง 100 เท่า ทั้งสองช่วงคลื่น คือ Middle และ Far infrared wavelength ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัตถุที่ผิวโลก และการทำงานของ Sensor ใน PGM

1.6.4 อุณหภูมิจากการแผ่ออก (Radiative temperature, Equivalent radiative temperature/and Brightness temperature) คือ อุณหภูมิเมื่อวัตถุมีค่าความสามารถในการแผ่ออกสัมบูรณ์ (Absolute Emissivity) ณ ความยาวคลื่นใดและให้พลังงานออกมาสูงสุดตามกฎของ Planck

ตัวอย่างเช่น วัตถุที่มีอุณหภูมิ 293 องศาเซลเซียส (20 องศาเซลเซียส และมีค่า Emissivity 0.5 ที่ค่าความยาวคลื่น 10 ไมโครเมตร โดยให้พลังงานที่มีค่าความเข้ม 0.823 หน่วย ขณะที่วัตถุอีกชิ้นหนึ่งมีค่า Emissivity 1 (การแผ่ออกสัมบูรณ์) ที่ค่าความยาวคลื่น 10 ไมโครเมตร โดยให้พลังงานที่มีค่าความเข้ม 0.830 หน่วย แต่มีอุณหภูมิ 271 องศาเซลเซียส (-2 องศาเซลเซียส) ดังนั้น Radiative temperature มีค่า 271 องศาเซลเซียส เมื่อ Sensor ตรวจจับพลังงานจำนวนนี้ จะเลือกวัตถุที่มีอุณหภูมิ 293 และ 271 องศาเซลเซียส พร้อมๆ กัน หลักการนี้ถูกนำไปใช้กับ Thermal contrast ระหว่างวัตถุและสิ่งแวดล้อมโดยใช้ Infrared และ Millimeter /Microwave wavelength

### 1.7 อิทธิพลของบรรยากาศต่อสมดุลความร้อนบนพื้นผิวโลก

เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์แผ่ลงมายังพื้นโลก (Incoming radiation), (Solar radiation) ถูกสะสมไว้ในบรรยากาศมากกว่ารังสีที่แผ่ออกจากโลก (Outgoing radiation), (Terrestrial radiation) จะทำให้อุณหภูมิบริเวณผิวโลกสูงขึ้น แต่ถ้าแผ่ออกไปได้มากกว่าอุณหภูมิก็จะต่ำลง เจื่อนไขทางอุทกนิยมนิยามวิทยาเป็นตัวการที่ทำให้ อุณหภูมิบริเวณผิวโลกเปลี่ยนแปลงด้วยขบวนการดูดกลืน และแผ่อกในบรรยากาศ

1.7.1 อิทธิพลของบรรยากาศต่อการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ (Net solar radiation) ในสภาพที่ท้องฟ้าโปร่ง รังสีจากดวงอาทิตย์ส่องมายังพื้นผิวโลกได้มาก แต่ละแห่งจะมีการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิมากในระยะทางสั้น ๆ เนื่องจากมีส่วนประกอบที่แตกต่างกัน (หิน,ดิน,น้ำ) แต่ในสภาพที่ท้องฟ้าถูกปกคลุมด้วยเมฆมาก รังสีจากดวงอาทิตย์จำนวนน้อยที่ผ่านมายังพื้นโลกโดยตรง (ส่วนใหญ่จะกระทบกับเมฆแล้วกระจายลงมา) ดังนั้นพื้นโลกแต่ละแห่งจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน (เช่น Asphalt กับสนามดิน ในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง แดดจ้า กับวันที่เมฆมาก) นอกจากนี้ลมและฝนช่วยให้ความแตกต่างของอุณหภูมิตบพื้นผิวโลกลดลงด้วย)

1.7.2 อิทธิพลของบรรยากาศต่อการแผ่รังสีออกจากโลก (Terrestrial radiation) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่พื้นผิวโลกจะเกิดจากการแผ่อกของ Infrared wavelength ในช่วง 2 ถึง 100 ไมโครเมตร Peak สูงสุดของความเข้ม (พลังงาน) ในช่วง Infrared 10 ไมโครเมตร ของวัตถุนบนพื้นโลก (อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส) สำหรับเมฆจะมี Peak สูงสุดของความเข้มในช่วง Infrared 13 ถึง 14 ไมโครเมตร (อุณหภูมิ - 60 องศาเซลเซียส)

1.7.2.1 การแผ่อกของพื้นผิวโลก วัตถุนบนพื้นผิวโลกมีส่วนประกอบแตกต่างกัน ดังนั้น การแผ่อกของ Infrared wavelength จึงไม่เท่ากัน บางครั้งการนำความร้อน (Conduction) ของวัตถุต่างๆ ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนไปจากที่ควรจะแผ่อกได้จริง (ดิน,น้ำ,โลหะ)

1.7.2.2 การดูดกลืนและการแผ่อกของบรรยากาศ เมฆ, Aerosol และก๊าซดูดกลืน Infrared wavelength ได้ดีในสภาพท้องฟ้าโปร่งและแห้ง บางส่วนแผ่อกหรือส่งผ่านในช่วงของ Atmospheric windows ไปสู่อวกาศ ที่เหลือจะถูกดูดกลืนโดยอนุภาคในบรรยากาศ

ส่วนสภาวะที่ท้องฟ้ามีความชื้นสูง, เมฆมาก มีหมอกปกคลุม Infrared wavelength จะถูกดูดกลืนแล้วแผ่ออกกลับมายังผิวโลก ด้วยความยาวคลื่นค่าเดียวกัน ขบวนการ Conduction จะทำให้ Infrared ถูกส่งต่อไป Infrared จะไม่สามารถผ่านไปยังอวกาศได้

ขอให้ดูภาพการเปลี่ยนแปลงเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Visible) เคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศของโลก และตกกระทบพื้นผิวโลก

กรณีที่ 1 Visible จากดวงอาทิตย์สะท้อนโดย Cloud droplets ที่จุด A แล้วกลับไปยังอวกาศ (อนุภาคขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่น)

กรณีที่ 2 Visible จากดวงอาทิตย์กระจายโดย Haze ที่จุด A, B, C มายังจุด D บนพื้นโลก แล้วถูกดูดกลืนเมื่อระดับพลังงานเหมาะสมจะแผ่ออก Infrared มายัง Cloud droplets ที่จุด E แล้วถูกดูดกลืนต่อมา จึงแผ่ Infrared ที่มีพลังงานสูงขึ้นไปยังอวกาศ

กรณีที่ 3 Visible กระจายโดย Haze ที่จุด A, B, C มายังพื้นผิวโลกแล้ว Visible สะท้อนจากพื้นดิน จุด D กระจายโดย Haze ที่จุด E ถูกดูดกลืนโดย Cloud droplets ที่จุด F และแผ่ออก Infrared

กรณีที่ 4 Visible ถูกดูดกลืนโดย Cloud droplets ที่จุด A แล้วแผ่ออก Infrared ไปยังอวกาศ

## บทที่ 2

### ระบบอาวุธนำวิถี และอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม

#### วัตถุประสงค์ของบทเรียน

- เพื่อศึกษาระบบอาวุธนำวิถี
- เพื่อศึกษาชนิดของระบบนำวิถี
- เพื่อศึกษาการทำงานของชุดนำวิถี
- เพื่อศึกษาสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อระบบนำวิถี

#### 2.1 กล่าวโดยทั่วไป

ในยุคที่ผ่านมามีความผิดพลาดสูงมากในการใช้อาวุธทางอากาศต่อเป้าหมายภาคพื้นดิน ไม่ว่าจะเป็นจรวดหรือระเบิด จนกระทั่งสมัยสงครามเวียดนาม ได้มีการนำอาวุธนำวิถีหลายแบบ (Precision guided munition : PGM) ที่มีประสิทธิภาพ และความแม่นยำสูงมาใช้ในการรบ โดยกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้รับผิดชอบในการผลิต ซึ่งใช้เทคโนโลยีสูง และมีความสลับซับซ้อนมาก ซึ่งได้มีการพัฒนาต่อมาจนเป็นที่น่าพอใจในการใช้งาน เนื่องจากมีความแม่นยำสูง แต่อย่างไรก็ตามเราพบว่าอาวุธเหล่านี้มีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมมากเช่นกัน Air weather service ถูกขอร้องให้ทำการสนับสนุน ฝึกสอน และแจ้งเตือนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมดังกล่าว เพื่อให้เกิดผลเสียน้อยที่สุดขณะใช้อาวุธนำวิถี

ในบทนี้เป็นการแนะนำระบบอาวุธนำวิถีที่ทำงานโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการใช้งาน PGM ตลอดจนบรรยายละเอียดในบทที่ 1 มาประยุกต์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเทคโนโลยีด้านนี้ต่อไป

#### 2.2 อาวุธนำวิถี (Precision guided munition : PGM)

อาวุธนำวิถี หมายถึง จรวดนำวิถี ระเบิดนำวิถี หรืออุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยมีระบบควบคุมตัวเอง เพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ ในหัวข้อนี้จะศึกษาเฉพาะจรวดนำวิถี (Air-to-ground missile : AGM) และระเบิดนำวิถี (Guided glide bomb : GBU) ซึ่งใช้ระบบนำวิถีชนิดควบคุมตัวเอง โดยรับพลังงานที่ Contrast ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแผ่ออกหรือสะท้อนจาก Target และ Background แล้วเลือกเข้าสู่เป้าหมาย

2.2.1 ส่วนประกอบของอาวุธนำวิถี (PGM Components) ประกอบด้วยสองส่วน ได้แก่ ส่วนนำวิถี (Seeker, Guidance unit) และส่วนควบคุม (Tracker, Control unit) สภาพแวดล้อมที่เลวจะลดประสิทธิภาพการทำงานทั้งสองส่วน แต่จะมีผลต่อส่วนนำวิถีมากที่สุด

2.2.1.1 ส่วนนำวิถี (Seeker) เรามักเรียกว่า Sensor ประกอบด้วยวงจรรีเลกทรอนิกส์ ทำหน้าที่รับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง Visible, Infrared และ Millimeter/Microwave wavelength โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในแต่ละช่วงคลื่นกลายเป็นความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้าขับเคลื่อนการทำงานของวงจร

ส่วนนำวิถีจะทำหน้าที่รับและแยก Energy contrast ตามเส้นทางและบริเวณที่เลือกไว้ เนื่องจากต้องตรวจจับ Energy contrast ต่ำสุด (Minimum Energy contrast threshold) ถ้าต่ำกว่านี้พลังงานจะไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นการทำงานของวงจร และมีช่วงของระดับพลังงาน (Limited energy ranges) เมื่อระดับพลังงานน้อยเกินไปจะไม่ทำงาน และถ้ามากเกินไปจะทำความเสียหายต่อวงจรภายใน

2.2.1.2 ส่วนควบคุม (Tracker) ทำหน้าที่กระตุ้นและควบคุมโครงสร้างของ PGM ไปตามระดับพลังงานที่ส่วนนำวิถีเลือก เมื่อทุกสิ่งทุกอย่างถูกต้องจะทำการยึดเป้า (Lock on) แล้ววิ่งเข้าสู่เป้าหมายที่ส่วนการควบคุมมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ Sensor และมีความสลับซับซ้อนมาก เพื่อให้ติดตามแหล่งพลังงาน (เป้าหมาย) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### ส่วนควบคุม Lock on เป้าหมายได้ 2 แบบ คือ

- บริเวณที่มีความคมชัดของพลังงานมากที่สุด (Edge-tracker) จะ Lock on แล้วติดตามเข้าสู่บริเวณดังกล่าวตามการเลือกของ Lock on ตัวอย่างเช่น ระเบิดนำวิถี (E-O guided bomb)

- จุดที่มีการแผ่พลังงานมากที่สุดหรือน้อยที่สุด (Centroid-tracker) จะ Lock on และติดตามเข้าสู่จุดดังกล่าวได้ทั้งสองชนิด (Dual polarity) นักบินสามารถที่จะเลือกปล่อยตามความต้องการ ตัวอย่างเช่น TV maverick missile (AGM-65 A,B)

2.2.2 ข้อดีและข้อเสียของอาวุธนำวิถี อาวุธนำวิถีมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง แต่ก็มีข้อเสีย 3 อย่าง คือ

2.2.2.1 ราคาสูง TV maverick (AGM-65A) ราคา \$21,700 (542,500 บาท) และ Imaging infrarede maverick (AGM-65D) ราคา \$31,000 (775,000 บาท) ซึ่งเป็นราคาเมื่อ พ.ศ.2520

2.2.2.2 อ่อนไหวต่อสิ่งแวดลอมและสภาพอากาศ เนื่องจากใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นการทำงาน และนำเข้าสู่เป้าหมายเมื่อสภาพอากาศเลว จึงก่อให้เกิดความผิดพลาดได้ ซึ่งอาจใช้อาวุธนำวิถีร่วมกับอาวุธ หรือเครื่องช่วยอื่นแต่ก็ไม่สามารถใช้งานได้ทุกสภาพอากาศ (ฝนตกหนัก)

2.2.2.3 เปลืองเวลาในการเข้าโจมตีเป้าหมาย การปล่อยอาวุธนำวิถีต้องเสียเวลาในการพิจารณาเป้าหมาย เพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาด (ไม่เหมือนกับจรวด หรือระเบิดทั่วไป) โดยเฉพาะในขณะที่มีสภาพอากาศเลว สำหรับนักบินที่นั่งเดี่ยวต้องยุ่งยากและเสี่ยงอันตราย

### 2.3 ชนิดของระบบนำวิถี (Guidance system types)

2.3.1 Active guidance system ใช้หลักการสะท้อนของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดย PGM ยิงพลังงานไปกระทบเป้าแล้วสะท้อนกลับมายัง Sensor ใน PGM PGM ทำการ Lock on แล้ว Home in เข้าสู่เป้าหมาย

2.3.2 Semiactive guidance system คล้ายกับระบบแรก แต่พลังงานแผ่ออกมาจากแหล่งอื่น เช่น Microwave หรือ Laser designator จากเครื่องบิน หรือภาคพื้นดิน เครื่องบินที่อยู่ใกล้ยิง Laser กระทบเป้าแล้วสะท้อนพลังงานกลับมายัง Sensor ใน PGM PGM ทำการ Lock on แล้ว Home in เข้าสู่เป้าหมาย

2.3.3 Passive guidance system Home in เข้าสู่ Energy contrast ระหว่าง Target และ Back ground โดยการแผ่ออกและสะท้อนตามธรรมชาติ ได้แก่ TV และ Infrared marverick, TV-GBU-15

### 2.4 การทำงานของชุดนำวิถี (E-O Sensor and Their operating characteristics)

E-O Sensor ที่ ทอ.อเมริกาผลิตและพัฒนา ได้แก่ Visible, Infrared และ Millimeter/Microwave wavelength

2.4.1 ชุดนำวิถีชนิด Visible wavelength Visible wavelength ที่สะท้อนจาก Target และ Background อาจเกิดตามธรรมชาติหรือถูกสร้างขึ้น ตามมนุษย์และกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ (TV) Wavelength



0.55 ไมโครเมตร เป็นตัวอย่างของ Visible E-O sensors ชุดนำวิถีชนิดนี้มีความคมชัดของรายละเอียดดีกว่า Infrared และ Millimeter/Microwave E-O sensors

2.4.1.1 ความคมชัด Sensor รับ Energy contrast ที่สะท้อนจาก Target และ Background โดยต้องมีค่ามากกว่าค่า Energy contrast ต่ำสุด เพื่อจะกระตุ้นการทำงานของ PGM โดยเลือกความคมชัดชนิดดำหรือขาว (Dual polarity) ของ Target เมื่อเปรียบเทียบกับ Background

2.4.1.2 ความสว่างและความมืด จำเป็นต้องมีแสงสว่างในระดับที่เพียงพอ Sensor จึงจะได้รับ การใช้งานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเวลาที่มืแสงสว่าง ในช่วงที่มีเมฆปกคลุมท้องฟ้าเวลาเช้าตรู่หรือใกล้ค่ำ Sensor อาจจะไม่อกระหว่าง Target และ Background

2.4.2 ชุดนำวิถีชนิด Infrared wavelength ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานของ Near infrared wavelength แต่การแผ่อกตามธรรมชาติจาก Target และ Background อยู่ในช่วงของ Far infrared wavelength

2.4.2.1 Near infrared passive system sensor ในกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์อาจจะสามารถรับสัญญาณพลังงานในช่วง Near infrared wavelength ได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่เป็นสารกึ่งตัวนำ (Silicon vidicon) รับพลังงานในช่วง 0.5 ถึง 1.2 ไมโครเมตร มี Peak เริ่มที่ 0.75 ไมโครเมตร เนื่องจากปกติเมื่อความยาวคลื่นมากขึ้น การสะท้อนจะน้อยลง ดังนั้น Silicon vidicon จึงถูกออกแบบให้สามารถขยายการสะท้อนได้ดีขึ้น ในช่วง Near infrared wavelength

วัตถุปกติสามารถสะท้อน Near infrared wavelength ได้ดีกว่าวัตถุที่พรางสี เช่น รถถังสีเขียวเข้ม (สะท้อนได้ดี) จอดอยู่ใกล้กับป่าไม้สีเขียวเข้ม เมื่อมองผ่านกล้องโทรทัศน์ (Silicon vidicon) ที่ติดตั้ง Red filter (กรองความยาวคลื่นสีน้ำเงินและเขียวออกไป) จะเห็นรถถังที่พรางสีแล้วเป็นสีดำ (สะท้อนน้อยลง) จอดอยู่ใกล้กับป่าไม้สีขาว แต่ขณะเดียวกันจะเห็นว่ารถถังถูกมองง่ายขึ้น (ชัดเจน) เมื่อเปรียบเทียบกับป่าไม้ ตามปกติสีพรางจะเห็นชัดเจนถ้าเปรียบเทียบกับภูมิประเทศเมื่อมองในช่วง Near infrared wavelength

2.4.2.2 Infrared semi-active system ใช้ Laser ในช่วง Infrared wavelength (1.06 ไมโครเมตร) โดยยิงจากเครื่องบินหรือภาคพื้นดิน Laser ที่กระทบ Target และ Background จะสะท้อนกลับไปยัง Sensor ของ PGM แม้ว่า Laser จะมีคุณสมบัติเป็นลำแสงขนาน และมีพลังงานเท่ากัน เมื่อกระทบวัตถุ จะเกิดการสะท้อนไปทุกทิศทุกทางตามกฎการสะท้อน Laser ที่สะท้อนกลับไปยัง Sensor ของ PGM ได้ดีเพียงใด ขึ้นอยู่กับ การวางตัว และขนาดของ Target เช่น กำแพง Bunker จะสะท้อนได้ดีกว่าฐานจรวดต่อสู้อากาศยาน เมื่อ Sensor รับพลังงาน Laser จะ Lock on แล้ว Home in เข้าสู่จุดที่มีความเข้มพลังงานสูงสุด (Centroid Tracker) Laser สามารถใช้ได้ในเวลากลางวันและกลางคืน

2.4.2.3 Middle and Far infrared passive system Energy contrast ที่เกิดจากอุณหภูมิที่แผ่ออก (Radiative temperature) จาก Background จะเป็นตัวการทำงานของ Sensor แต่ Energy contrast ต้องมากกว่า Energy contrast ต่ำสุด การทำงานจึงจะเกิดขึ้น ระบบนี้ใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน

2.4.3 ชุดนำวิถีชนิด Millimeter/Microwave wavelength ใช้หลักการ Energy contrast เช่นเดียวกับ Visible และ Infrared sensor microwave wavelength จะถูกยิงจากเครื่องบินหรือพื้นดินหรือ PGM (Active และ Semiactive system) ไปยัง Target และ Background แล้วสะท้อนเข้าสู่ Sensor การแผ่

ออกของพลังงานในช่วงนี้ก็สามารถกระตุ้นการทำงานได้เช่นกัน (Passive system) สามารถใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน

## 2.5 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อระบบอาวุธนำวิถี

### 2.5.1 ผลกระทบภายนอก

- Turbulance, Icing, Lightning, Ablation (Erosion) และ Electrical charge มีผลเสียต่อการทำงานของ PGM
- Severe หรือ Greater turbulence เพียงพอที่จะหยุดการทำงานหรือหยุดการ Lock on ของ PGM
- Icing จะรบกวนการทรงตัว (พลศาสตร์และอากาศศาสตร์บริเวณ sensor ทำให้การทำงานสั้นลง และมีผลต่อ Visible sensor)
- Ablation (Erosion) มีผลต่อการทรงตัว (เปลี่ยนทิศทาง) เมื่อเคลื่อนที่ผ่านฝนและลูกเห็บ
- Lightning และ Electrical charge เกิดกระแสไฟฟ้ารบกวนวงจรไฟฟ้า PGM

2.5.2 ผลกระทบต่อระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในการเลือกใช้ Sensor ชนิดใด การพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบอาวุธนำวิถีจะถูกบั่นทอนโดยสภาวะแวดล้อม

2.5.2.1 Visual system ในสภาวะที่มีเมฆมาก หรือหมอกหนา (Cloud-free line-of-sight : CFLOS) ระหว่าง Target และ Sensor กล้องโทรทัศน์หรือตามนุษย์ไม่สามารถมองระยะทางไกลๆได้นอกจากนี้ทัศนวิสัยจะลดลงโดยการกระจาย และการดูดกลืนของหมอกแดด หมอก และฝน

ทัศนวิสัยที่ดีโดยปราศจากเมฆ (Clear line-of-sight : CLOS) สามารถมองเห็น Target ได้ไกลๆ นอกจากนี้ Visual system ต้องได้รับแสงสว่างที่เพียงพอ (ค่าต่ำสุดของการส่องสว่าง)

2.5.2.2 Infrared system ตามปกติ Laser sensor จับพลังงาน Infrared wavelength ได้หลายความยาวคลื่น และในระบบ Passive infrared ก็สามารถทำงานได้สะดวกในสภาวะของ CFLOS laser beam เมื่อสะท้อน Target แล้ว สามารถทะลุผ่านเมฆบางๆ เข้าสู่ Sensor ได้เช่นเดียวกับ Passive infrared สามารถจับพลังงานที่มีค่าความร้อนสูง (ท่อไอเสียจากจรวด) ในขณะที่มีเมฆบางๆ ปกคลุม

แต่ Near infrared wavelength จะถูกลดลงโดยหมอก หมอกแดด และฝน และ Longer Infrared wavelength ถูกดูดกลืนพลังงานโดยไอน้ำในอากาศ ซึ่งเหมาะกับสภาพ CLOS มากกว่า Infrared system สามารถปฏิบัติงานได้ในเวลากลางวันและกลางคืน

2.5.2.3 Millimeter/Microwave system ระบบนี้ถูกลดประสิทธิภาพลงด้วยสองตัวการ คือเมฆมาก (ประกอบด้วย Water droplets ขนาดใหญ่ที่ใกล้จะเป็น Rain drops) และฝน ระบบนี้ใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน

2.5.3 Contrast ระหว่าง Target และ Background Passive PGM sensor จะจับ Target และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องแยกความคมชัดระหว่าง Target และ Background (Energy contrast) ให้ได้ สภาวะสิ่งแวดล้อมมีผลเป็นอย่างมากต่อ Passive infrared และ Millimeter/Microwave system สำหรับ Visible และ Near infrared system จะมีผลน้อยกว่า ในการศึกษาผลจากสภาวะแวดล้อมต่อ

Energy contrast เราทราบเพียงบางส่วนเท่านั้น แต่มีสาเหตุอื่นที่เรายังไม่ทราบอีกมาก เนื่องจากสภาวะแวดล้อมแต่ละแห่งทั่วโลกไม่เหมือนกัน

2.5.3.1 ตัวแปรหลัก (Parameters) มีตัวแปรสามอย่างที่มีผลต่อความคมชัดระหว่าง Target และ Background สำหรับ Visible system และ Passive system (Near infrared wavelength) การสะท้อนที่เพียงพอจะแสดงค่าของ Energy contrast ระหว่าง Target และ Background

ส่วน Passive infrared และ Millimeter/Microwave system การแผ่อกและอุณหภูมิของวัตถุ (Physical temperature) ที่เพียงพอจะแสดง Energy contrast ได้

การสะท้อนและการแผ่อกขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อสารของ Target และ Background รูปร่างและการวางตัวก็สำคัญรวมทั้งชนิดของ Wavelength

2.5.3.2 ความชัดของภาพ (Visible contrast) เมื่อ Target และ Background ได้รับแสงสว่างที่เท่ากัน แต่ความคมชัดของภาพอาจเปลี่ยนไปจากความเป็นจริง อาจเกิดจากถูกปกคลุมด้วยหิมะ (การสะท้อนเปลี่ยนไป) พื้นดินที่มีความชื้นสูงและมีฝนตก แต่สิ่งสำคัญคือการได้รับแสงสว่างที่แตกต่างกันหรือไม่เท่ากัน

2.5.3.3 ความคมชัดของพลังงานความร้อน (Thermal contrast) ขึ้นอยู่กับการแผ่อกและอุณหภูมิของ Target และ Background ส่วนมากจะกล่าวรวมในรูปของความแตกต่างของอุณหภูมิแผ่อก (Radiative temperature difference) เหมือนกับความยาวคลื่นด้วย

2.5.3.4 Cross over เป็นผลจากการแผ่อกของความร้อน (Thermal emission) ของ infrared และ Millimeter/Microwave wavelength ในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์

เกิดเมื่ออุณหภูมิแผ่อก (Radiative temperature) ระหว่าง Target และ Background ใกล้เคียงหรือเท่ากัน มักเกิดกับ Target ที่ไม่เคลื่อนที่ (เช่น Bunker หรือรถถังที่ไม่เคลื่อนที่) ในช่วงเวลาที่หลังจากดวงอาทิตย์ขึ้นและก่อนดวงอาทิตย์ตก (ความแตกต่างของ Radiative temperature เป็นศูนย์)

นอกจากนี้บริเวณป่าไม้, ฝัถน, ลำธารน้ำ และหิมะที่ทับถมบนพื้นดิน โดยมีรถถังวิ่งอยู่ข้างบน จะมีค่าการแผ่อกและอุณหภูมิแตกต่างจาก Background ปกติ อาจก่อให้เกิด Cross over ได้

ในขณะที่ยานยนต์หรือรถถังกำลังเคลื่อนที่ Cross over time อาจเกิดขึ้นเวลาใดก็ได้ เนื่องจากแต่ละส่วนของ Target มีอุณหภูมิไม่เท่ากัน (เครื่องยนต์, ฝาครอบ)

2.5.3.5 สภาพอากาศมีผลโดยตรงต่อ Energy หรือ Thermal contrast ระหว่าง Target และ Background

2.5.3.5.1 ในคืนที่ท้องฟ้าโปร่ง ความชื้นต่ำ ลมพัดอ่อน ๆ หรือลมสงบ ความคมชัดของพลังงานความร้อน (Thermal contrast) จะเกิดอย่างรุนแรง โดยขบวนการ Radiation cooling แต่ถ้ามีความชื้นสูง Radiation cooling จะลดลงเนื่องจากการแผ่อก Infrared โดยไอน้ำในอากาศ และจะลดลงมากยิ่งขึ้นเมื่อมีเมฆปกคลุมเต็มท้องฟ้าในเวลากลางวันเมื่อมีแสงอาทิตย์ส่งผ่านเมฆลงมายังพื้นโลก พลังงานความร้อนจะทำให้ Thermal contrast มากยิ่งขึ้น

2.5.3.5.2 เมื่อลมพัดแรง ความแตกต่างของอุณหภูมิจะหว่าง Target และ Background จะลดลง ถ้าพื้นดินชุ่มด้วยน้ำ ส่วน Target และ Background ปกคลุมด้วยหิมะจะทำให้การแผ่อกและอุณหภูมิการแผ่รังสีเปลี่ยนไป

2.5.3.6 แหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน (Thermal clutter) ระบบนำวิถีแบบ Passive infrared จะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเมื่อ Thermal contrast เพิ่มระหว่าง Target และ Background ในบางครั้งเมื่อมีแหล่งกำเนิดความร้อนใกล้เคียง Target sensor อาจจะทำให้ Lock on แหล่งกำเนิดความร้อนแทนก็ได้ แหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนเหล่านี้ได้แก่ วัตถุที่ถูกเผาทำลาย หรือแหล่งกำเนิดเปลวไฟ

### บทที่ 3

#### แนวความคิดการพิจารณาใช้อาวุธนำวิถีขณะเกิดสภาพอากาศ

##### วัตถุประสงค์ของบทเรียน

- เพื่อศึกษาแนวความคิดความน่าจะเป็นของค่า CFLOS
- เพื่อศึกษาแนวความคิดความน่าจะเป็นของค่า CLOS

##### 3.1 แนวความคิดในการปฏิบัติ

Air weather service กำหนดแนวความคิด 2 ประการเกี่ยวกับสภาพอากาศเพื่อการปฏิบัติในการสนับสนุนการใช้อาวุธนำวิถี ได้แก่

- Cloud-free line-of-sight (CFLOS)
- Clear line-of-sight (CLOS)

3.1.1 CFLOS แนวความคิดเกี่ยวกับความน่าจะเป็นของค่า CFLOS ณ ตำแหน่งต่างๆ เมื่อนักบินพยายามจะเข้าสู่เป้าหมายโดยใช้สายตา โอกาสที่จะเห็นเป้าหมายน้อยกว่าเนื่องจากถูกบังโดยเมฆ อาศัยการพยากรณ์ความหนาแน่นของเมฆและมุมของเครื่องบิน เปรียบเทียบกับเป้าหมายก็จะหาความน่าจะเป็น CFLOS ได้ทุกตำแหน่งตามเส้นทางบิน เช่น ค่าของความน่าจะเป็น 0.1, 0.2, 0.4, 0.7 และ 1.0

ความน่าจะเป็น 1.0 หมายถึงโอกาสไม่มีเมฆเป็นอุปสรรคตามเส้นทางบินจนถึงเป้าหมาย ความน่าจะเป็น 0.2 หมายความว่าโอกาสไม่มีเมฆเพียง 20% ตามเส้นทางบินจนถึงเป้าหมาย ทุกๆ จุดในอากาศรอบๆ เป้าหมายสามารถที่จะหาค่าความน่าจะเป็น CFLOS ได้

ค่าของความน่าจะเป็นแต่ละค่าในทางระดับ (กำหนดความสูงคงที่) เปลี่ยนไปตามมุม ตามระยะสูง และความหนาแน่นของเมฆในทางเฉียง เมื่อมองมายังเป้าหมาย บางครั้งเมฆแต่ละชนิดอาจทำให้ค่า CFLOS เปลี่ยนไป (แม้ว่าความหนาแน่นจะเท่ากัน)

3.1.2 CLOS ความน่าจะเป็น CLOS พิจารณาจากความน่าจะเป็น CFLOS และระยะหวังผลหรือระยะ Lock on เริ่มต้น (Maximum target acquisition/Maximum lock-on range : MAX TAR/LOR)

ระยะหวังผลเริ่มต้นคำนวณจากการประมาณค่าของสภาวะของบรรยากาศที่มีผลต่อความชัดของเป้า และค่าความชัด (Contrast) เริ่มต้นที่กระตุ้นให้ sensor ทำงาน

ด้วยการพิจารณาจากระยะเริ่มต้นในแต่ละมุมที่เครื่องบินเข้าโจมตี จึงสามารถกำหนดขอบเขต MAX TAR/LOR จะเห็นว่านอกขอบเขตความน่าจะเป็น CLOS เป็นศูนย์ ขณะที่ภายในขอบเขตมีค่าเปลี่ยนไป

##### 3.2 การคำนวณหาความน่าจะเป็น CFLOS และ CLOS

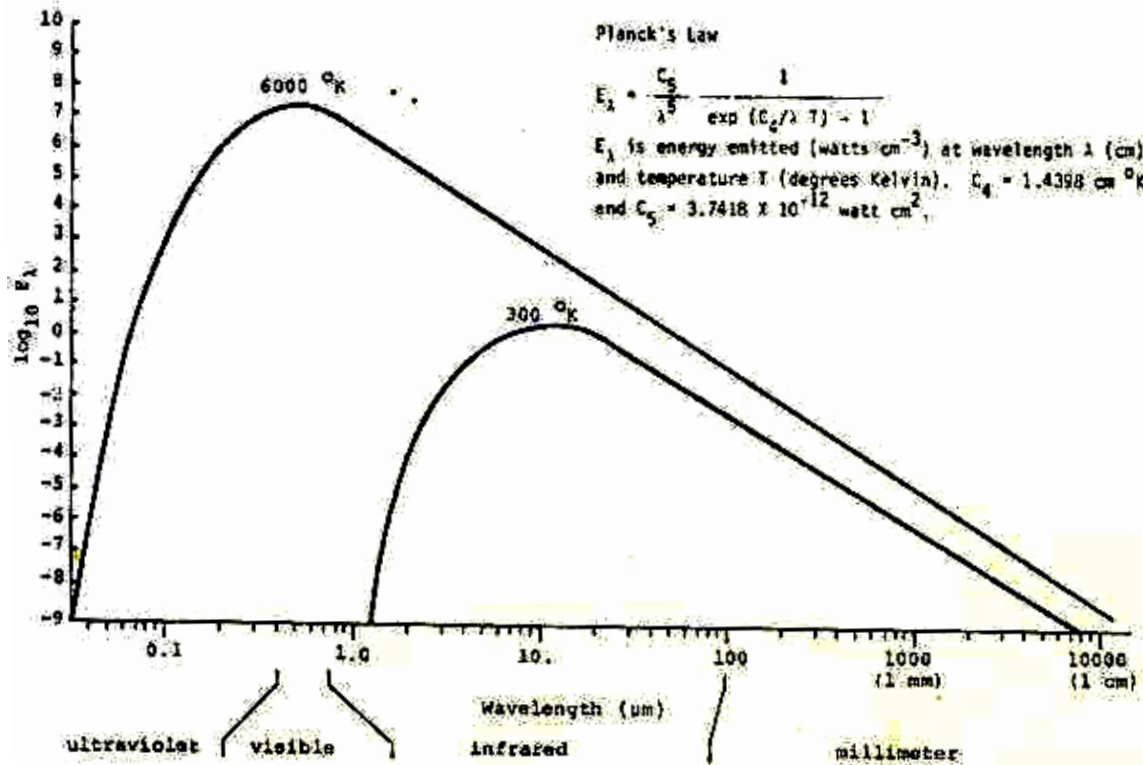
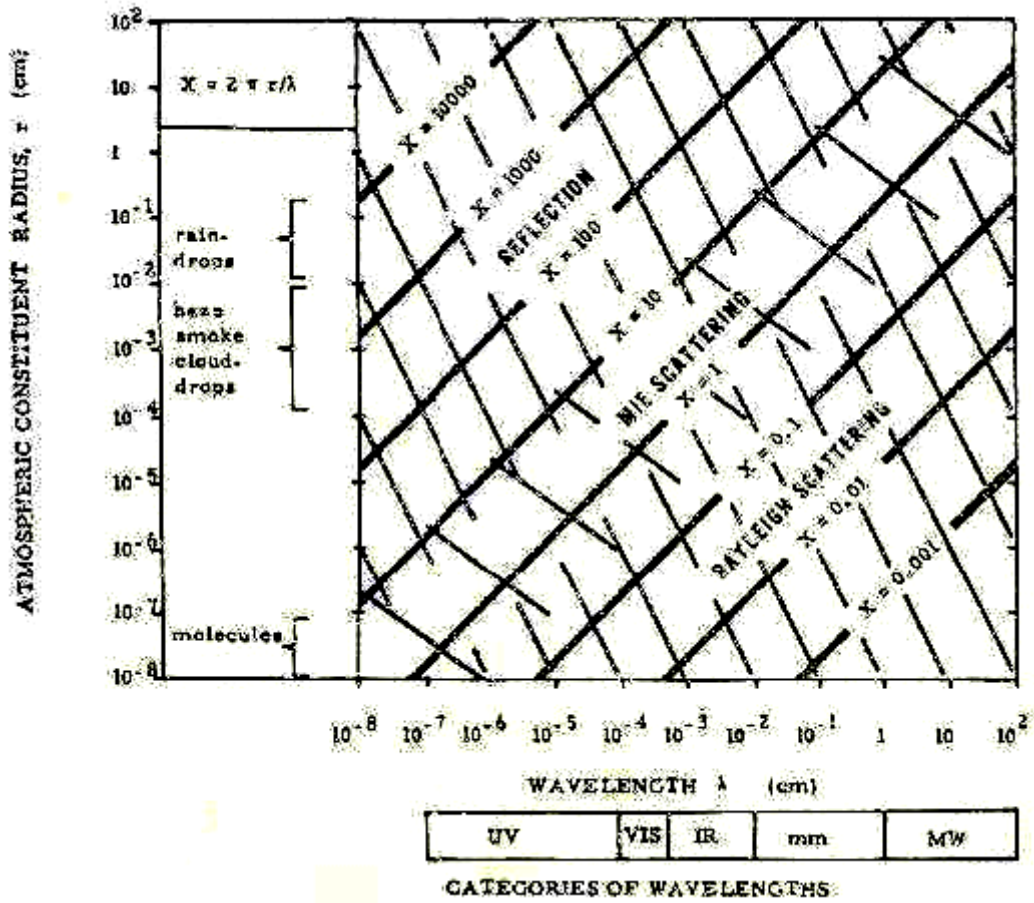
AFGWC และ AWS เป็นหน่วยให้การสนับสนุนข้อมูลเกี่ยวกับ CFLOS และ MAX TAR/LOR ซึ่งจะสามารถนำไปคำนวณหา CLOS ต่อไป

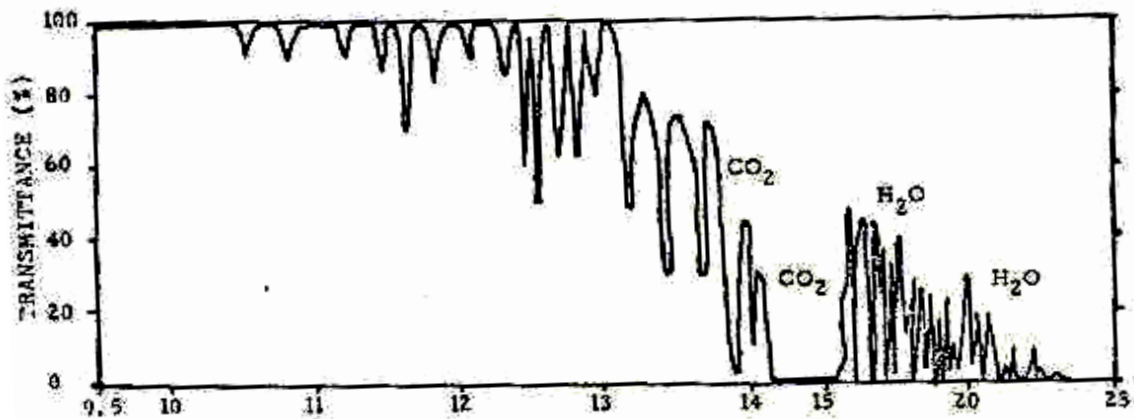
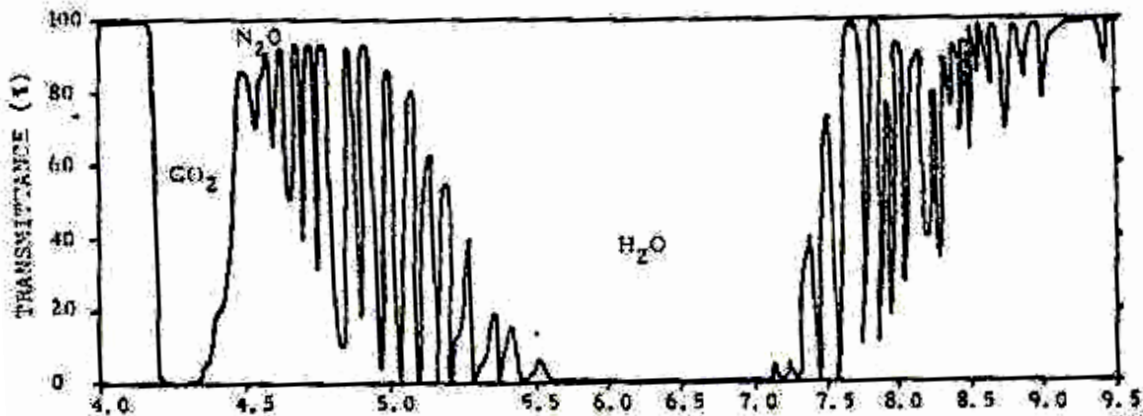
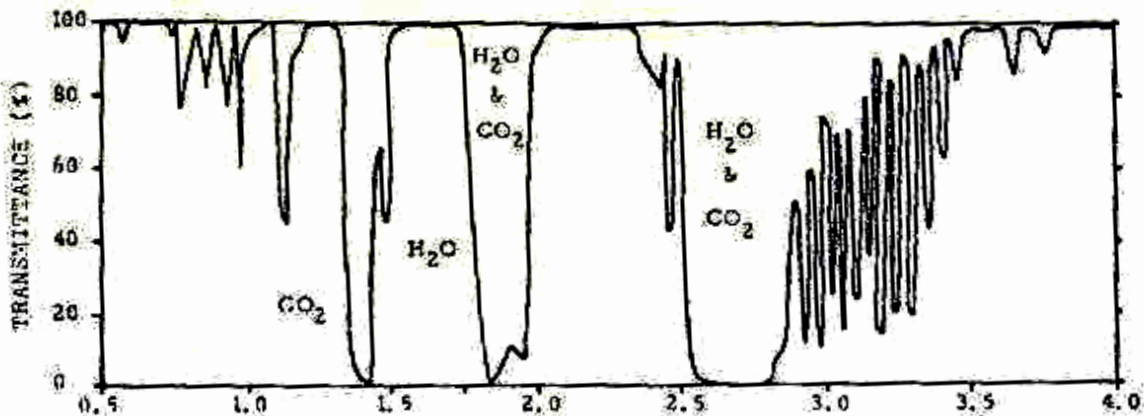
ในกรณีที่หน่วยงานดังกล่าวไม่สามารถให้การสนับสนุนได้ ก็สามารถคำนวณหาค่า CFLOS และ CLOS จากคู่มือการปฏิบัติ (ต้องตรวจอากาศเพื่อให้ทราบตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาบริเวณดังกล่าวด้วย)

### เอกสารประกอบการบรรยาย

วิชา	Electro-optics (E-O)
หลักสูตร	นายทหารข่าวอากาศ
เนื้อเรื่อง	ประกอบด้วย 3 บทเรียน ได้แก่ 1) อิทธิพลจากการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในบรรยากาศและพื้นผิวโลก 2) ระบบอาวุธนำวิถีและอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม 3) แนวความคิดการพิจารณาใช้อาวุธนำวิถีขณะเกิดสภาพอากาศ
ผู้เรียบเรียง	น.ท.สถาพร เรืองจันทร์
เรียบเรียงเมื่อ	1 ม.ค.50
หน่วยงาน	กองข่าวอากาศ คปอ.บยอ.
โทร.	2-1848
รายการประกอบ	เอกสารชุดนี้ประกอบด้วย 2 ตอน ตอนที่ 1 เนื้อความ ตอนที่ 2 แสดงภาพและตาราง
เอกสารอ้างอิง	Electro Optics, Weather Station Operation, Chanute Technical Training Center, USAF, 3 Mar 1987 (AWS/TR-79/002)
เวลาบรรยาย	3 ชม.

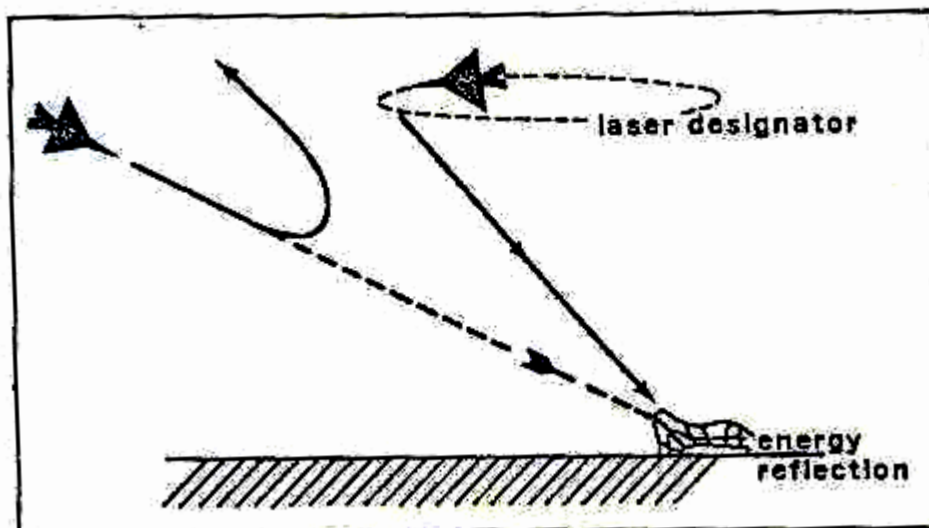
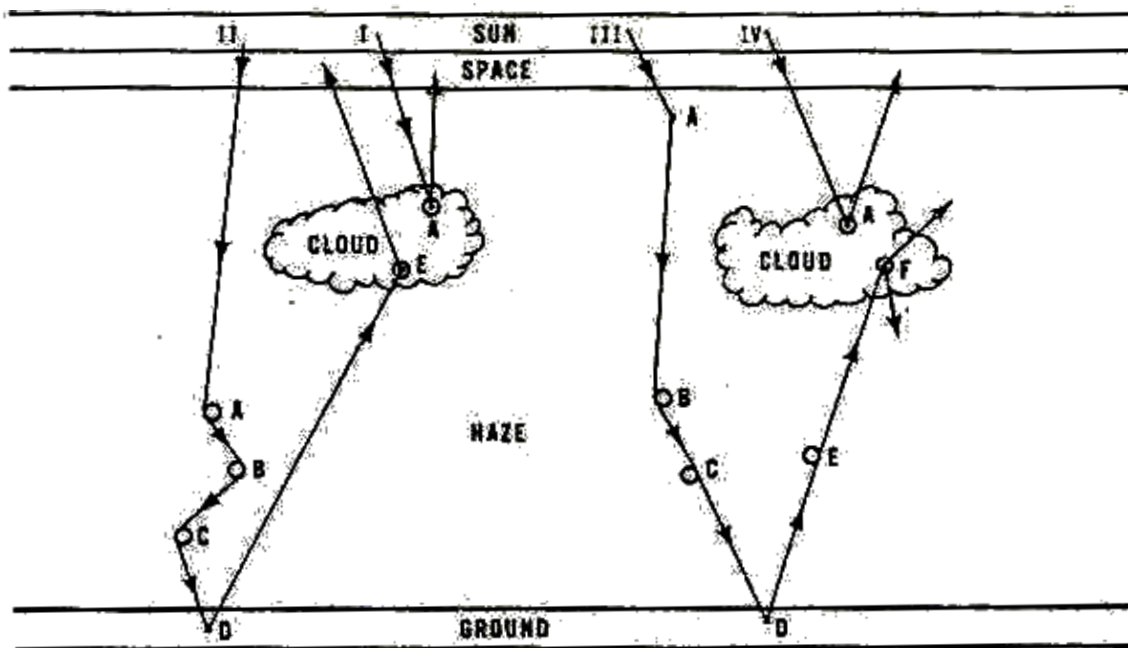
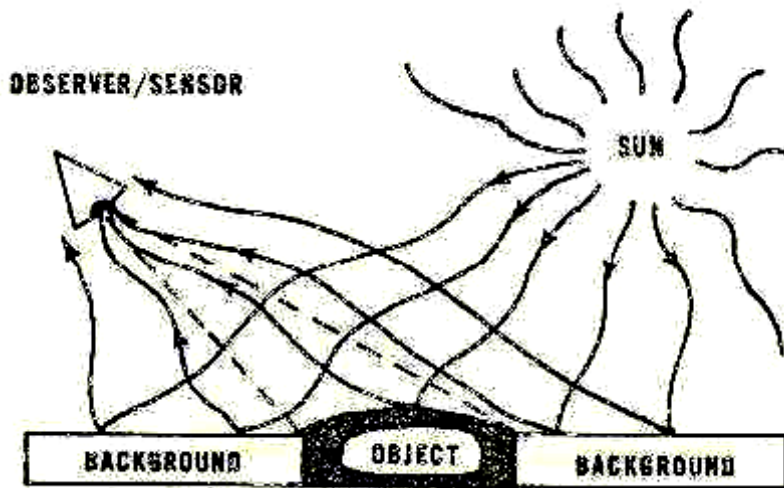
ตอนที่ 2

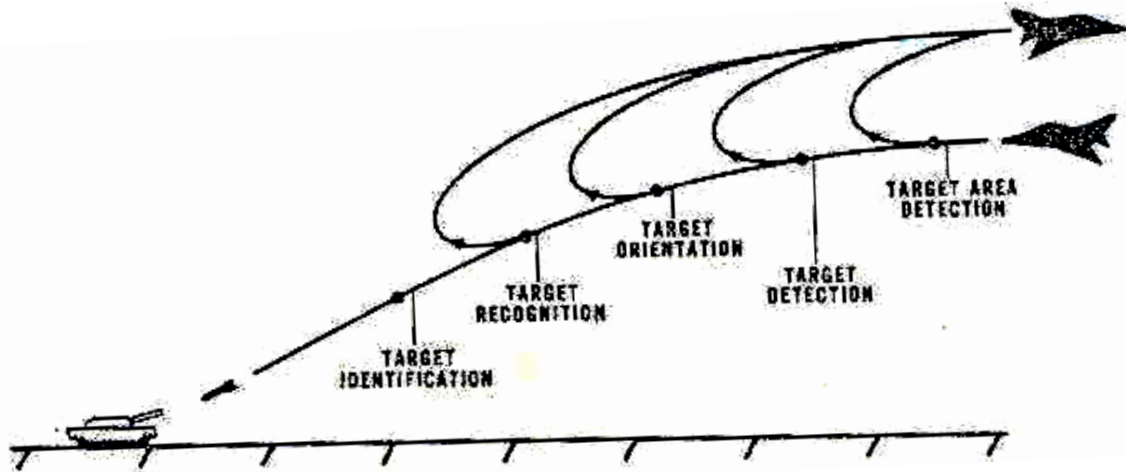
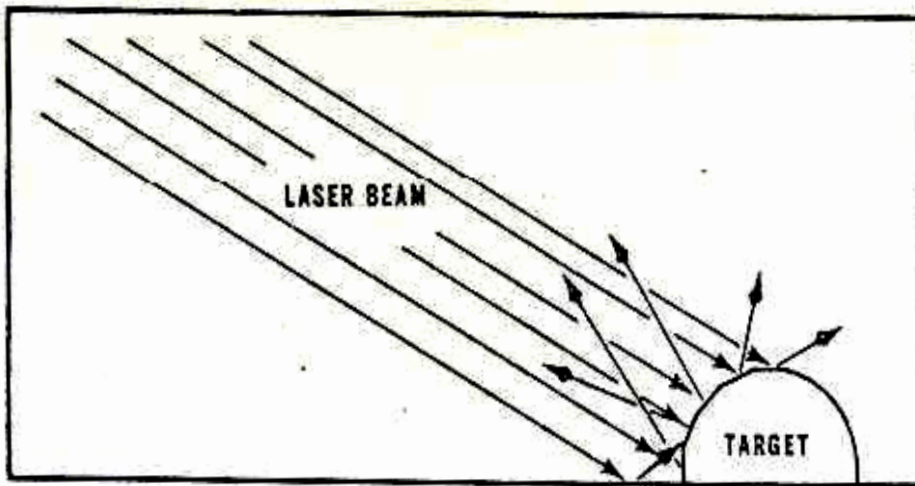
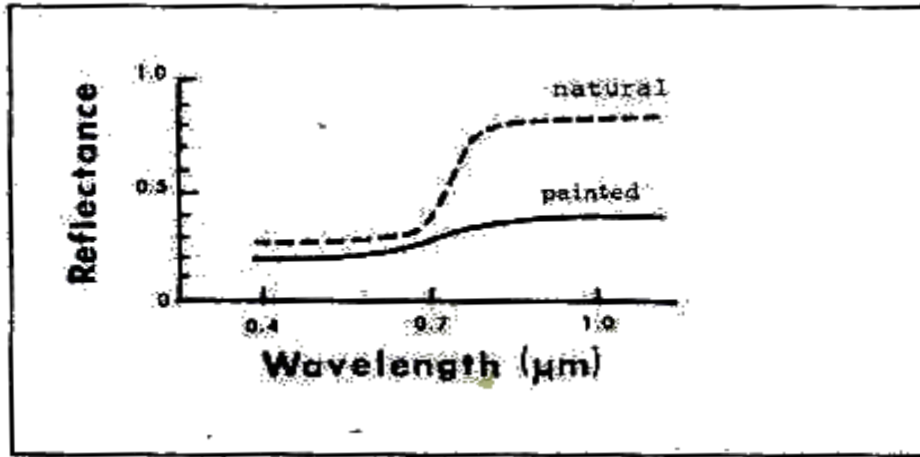


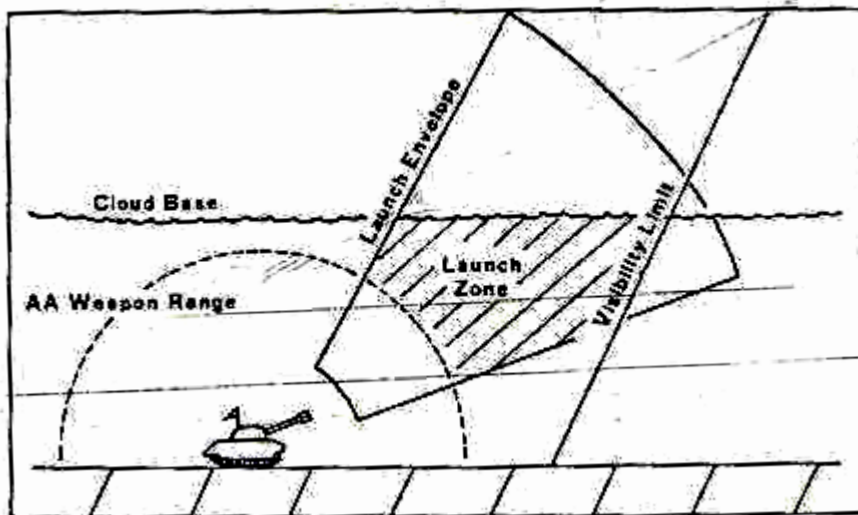
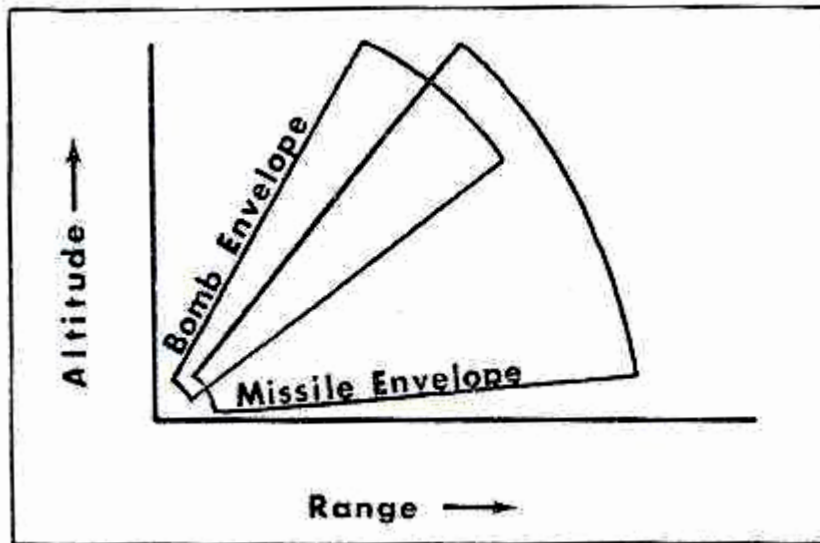
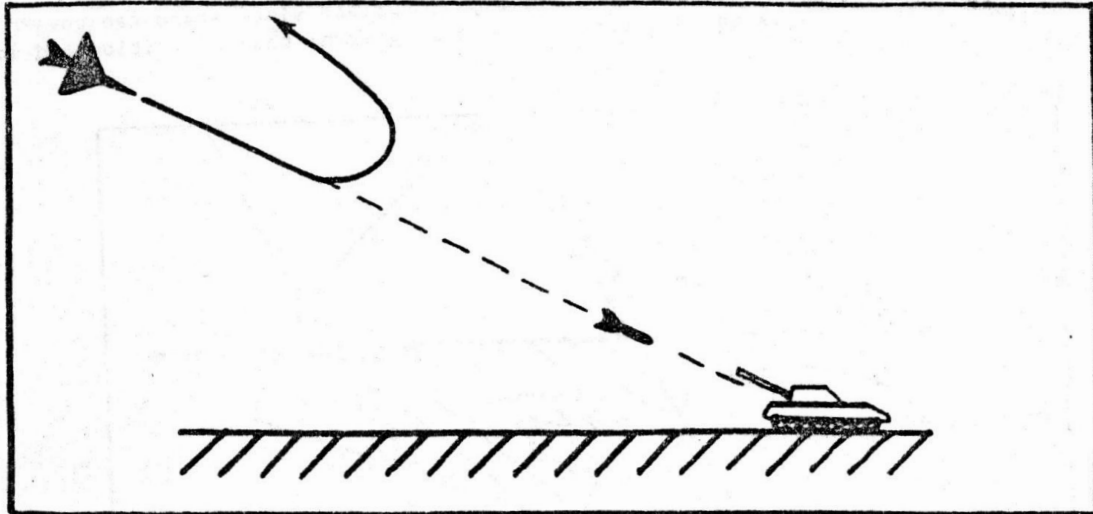


WAVELENGTH (μm)









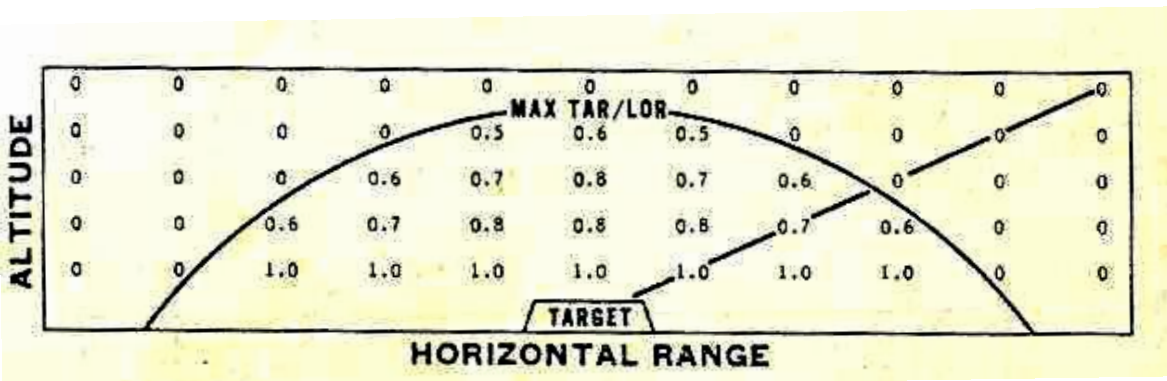
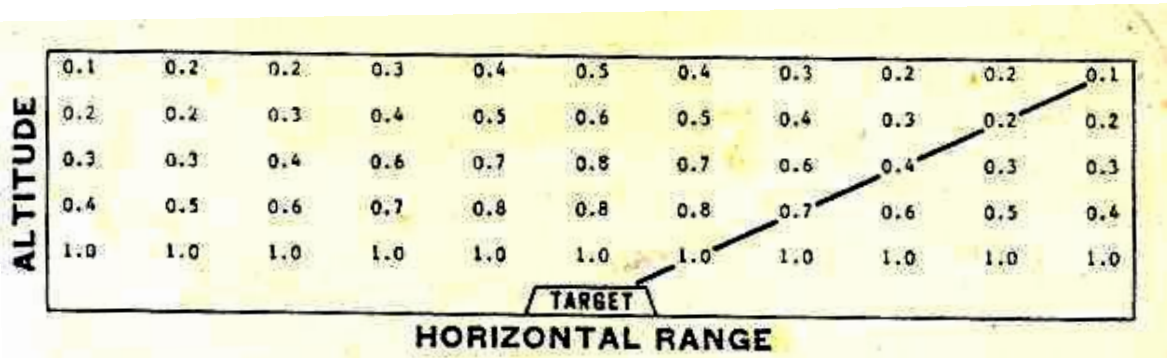
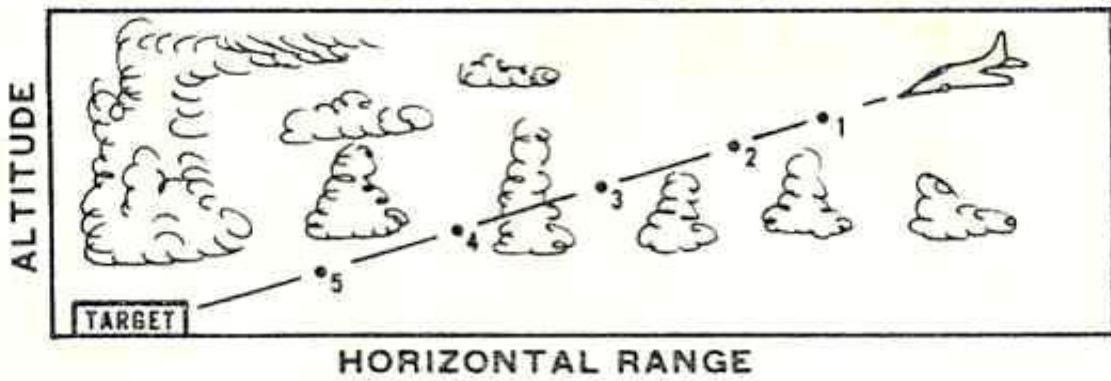
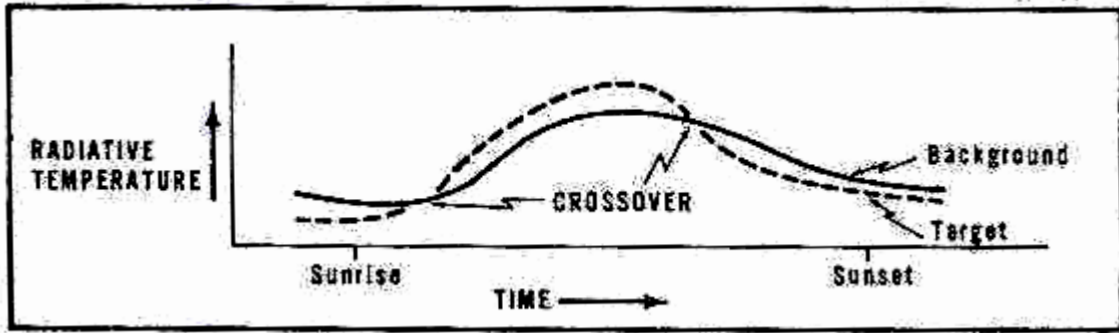


Table 1. Significant Atmospheric Gaseous Absorbers (H<sub>2</sub>O , CO<sub>2</sub> , O<sub>3</sub> , O<sub>2</sub>)\* at Visible and Infrared Wavelengths.

<u>WAVELENGTH OR WAVELENGTH INTERVAL (m)</u>	<u>BAND</u>	<u>ABSORBER</u>
1.319-1.498		H <sub>2</sub> O
1.762-1.977		H <sub>2</sub> O
2.520-2.845		H <sub>2</sub> O
2.904-3.571	3.2	H <sub>2</sub> O
4.10-4.45	4.3	CO <sub>2</sub>
4.876-8.699	6.3	H <sub>2</sub> O
9.4-9.9	9.6	O <sub>3</sub>
10.591		CO <sub>2</sub>
12.9-17.1	14.7	CO <sub>2</sub>
18-20		H <sub>2</sub> O

\* H<sub>2</sub>O – water , CO<sub>2</sub> – carbon , O<sub>3</sub> – ozone , O<sub>2</sub> - oxygen

Table 2. Importance of Various Extinction Processes at each Wavelength Interval under Various Meteorological Conditions. Note that molecular extinction processes apply only to water vapor ; aerosol extinction processes apply to aerosols and to hydrometeors which attenuate radiation by scattering processes. Infrared values apply to the two windows centered near 4 and 10 micrometers. Millimeterwave (mm) /microwave (MW) values apply to windows at 19 GHz , 37 GHz , and 94 GHz.

	MOLECULAR ABSORPTION				MOLECULAR SCATTERING		
	Visible	Infrared	mm/MW		Visible	Infrared	mm/MW
Low Absolute Humidity	N	S	N		S	N	N
High Absolute Humidity	N	E	S		S	N	N
	AEROSOL ABSORPTION				AEROSOL SCATTERING		
	Visible	Infrared	mm/MW		Visible	Infrared	mm/MW
Dry Haze	N	N	N		S	S	N
Wet Haze	S	S	S		E	S	N
Dust	N	N	N		E	S	N
Fog	E	S	S		E	S	N
Thin Clouds	S	S	N		E	E	N
Thick Clouds	E	E	S		E	E	S
Precipitating Clouds with High Liquid Content	E	E	S		E	E	S
Drizzle	S	S	S		S	S	S
Rain	E	S	S		E	S	S
Snow	S-E	S-E	S-E		E	E	S

Legend : N – negligible  
 S – significant  
 E – extremely significant

Table 3. Precision Guided Munitions. Their Operating Wavelengths and Guidance Systems Types [1].

	<u>ACTIVE</u>	<u>SEMIACTIVE</u>	<u>PASSIVE</u>
Visible			Modular Guided Glide Bomb (GBU-15) TV Maverick (AGM-65A , 65B) Electro-Optical Guided Bomb(GBU-8) Bullpup* (AGM-12B , 12C)
Infrared		Laser Guided Bomb (GBU-10 , 12 , 16) Laser Maverick (AGM-65C) Bulldog** (AGM-83A)	I <sup>2</sup> R Maverick (AGM-65D) Modular Guided Glide Bomb
(GBU-15)			
Millimeterwave/ Microwave	Harpoon* (AGM-84A)		Anti Radiation Missile (AGM-78) Shrike (AGM-45A) HARM*
* USN weapon	** USMC weapon		

Table 4. Major Atmospheric and Solar Effects on Precision Guided Munitions (PGMs) and Target Acquisition (TA) Systems (electromagnetic only).

PGM/TA SYSTEMS	ENVIRONMENTAL LIMITATIONS	TIME OF EMPLOYMENT	SYSTEM RESOLUTION
Eye/TV (Visible)	Clouds (includes fogs) Haze (includes all dry aerosols) Sun angle Precipitation Light Levels	Day (avoid dawn and dusk)	High
Silicon Vidicon TV (Visible and near IR)	Clouds (includes fogs) Haze (includes all dry aerosols) Sun angle Precipitation Light Levels	Day (and moonlight)	High
Laser (Infrared)	Clouds (other than very thin) Haze (Near IR only) Absolute humidity (Far and Far Far IR only)	Day and night	NOT APPLICABLE
Infrared	Clouds (other than very thin) Haze (Near IR only) Absolute humidity (Far and Far Far IR only)	Day or night	Medium
Millimeterwave/ Microwave	Heavy clouds (high Liquid water content) Precipitation	Day or night	Low

\*\*\*\*\*