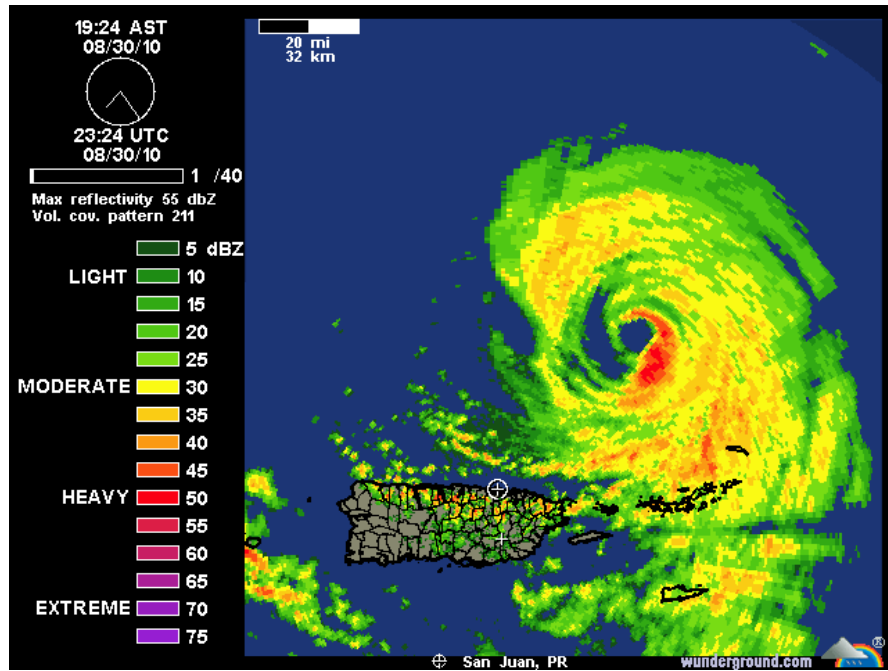


หลักการแปลความภาพเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา



น.ต.วิโรจน์ ดาวศรี

หลักการแปลความภาพเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

เรดาร์ตรวจอากาศนับเป็นเครื่องมือตรวจอากาศที่ดีที่สุดที่ต่อระยะการตรวจอากาศด้วยสายตาไกลออกไปนับเป็นระยะทางหลายร้อยกิโลเมตร กรมอุตุนิยมวิทยาเป็นหน่วยงานที่มีเรดาร์ตรวจอากาศครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศไทย และได้เผยแพร่ภาพเรดาร์ตรวจอากาศสู่สาธารณชนทาง Web site ของกรมอุตุนิยมวิทยา ภาพเรดาร์ตรวจอากาศเหล่านั้นกำหนดตามวัตถุประสงค์และเทคนิคการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ของกรมอุตุนิยมวิทยา ดังนั้นการแปลความจึงอยู่ในกรอบเฉพาะ กขอ.คปอ.บยอ.และหน่วยข่าวอากาศนอกที่ตั้งตอนเมืองได้ใช้ประโยชน์จากภาพเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อการตรวจอากาศ แจ้งเตือนสภาพอากาศรุนแรง และพยากรณ์อากาศตามเส้นทางบิน แต่กรอบการแปลความของผู้ใช้ส่วนใหญ่ยังยึดกับการแปลความตามเรดาร์ตรวจอากาศในยุคก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปจากข้อเท็จจริง จึงควรทำความเข้าใจต่อประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์ของการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ของกรมอุตุนิยมวิทยา

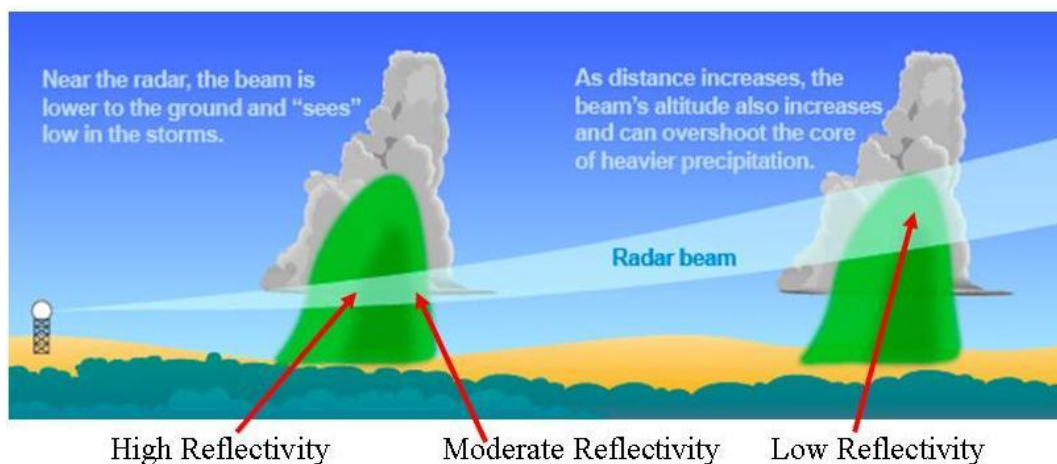
เพื่อต้องการแจ้งให้ประชาชนได้ทราบถึงบริเวณที่มีฝนตกภายในรัศมีทำการของเรดาร์ โดยมุ่งเน้นเฉพาะฝนที่ตกลงสู่พื้นดิน

ผู้เชี่ยวชาญขององค์การนาซา กล่าวว่าความสูงของฐานเมฆในเขตร้อนบนพื้นดินอยู่ที่ระดับความสูง 2 กิโลเมตรหรือต่ำกว่า ส่วนฐานเมฆที่อยู่เหนือพื้นน้ำโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ระดับสูงประมาณ 1 กิโลเมตร ดังนั้นมุมยกของจานเรดาร์จึงอยู่ในมุมต่ำๆ เพื่อตรวจวัดน้ำฟ้าที่ตกลงสู่พื้นดิน หรืออาจกล่าวนำตรวจวัดบริเวณส่วนฐานเมฆเป็นส่วนใหญ่

2. เทคนิคการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ของกรมอุตุนิยมวิทยา

2.1 คุณลักษณะลำคลื่นเรดาร์ (Radar Beam)

ลำคลื่นของเรดาร์จะโค้งขึ้นเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความโค้งของผิวโลก



รูปที่ 1 คุณลักษณะลำคลื่นเรดาร์ (Radar Beam)

2.2 ลักษณะการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ในโหมดค่าการสะท้อน (Reflectivity)

การตรวจอากาศด้วยเรดาร์โดยทั่วไปแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

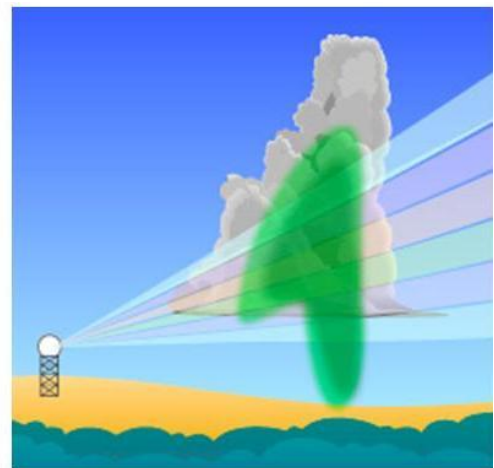
2.2.1 การตรวจแบบ Base Reflectivity คือ การตรวจโดยการตั้งค่ามุมของจานเรดาร์ตรวจอากาศเพียงมุมเดียวเพื่อให้ได้ค่าการสะท้อนตามวัตถุประสงค์ ตัวอย่างเช่นในกรณีของกรมอุตุนิยมวิทยา แสดงดังรูปที่ 2 (A)

2.2.2 การตรวจแบบ (Base Composite Reflectivity) คือการตรวจโดยการยกจานเรดาร์ตรวจอากาศหลายมุมยก เป็นการตรวจเข้าไปในเนื้อเมฆ แสดงดังรูปที่ 2 (B)

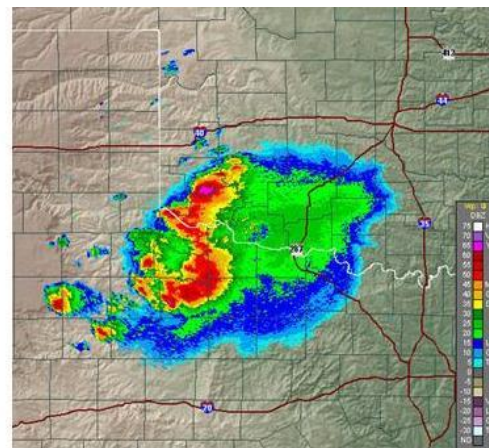
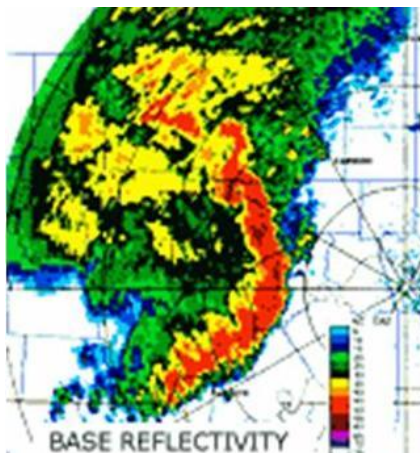
ผลการตรวจทั้งสองประเภทจะบ่งบอกรายละเอียดที่แตกต่างกันโดยเฉพาะในเชิงพื้นที่ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 (A) Base Reflectivity



รูปที่ 2 (B) Base Composite Reflectivity



รูปที่ 3 ผลการตรวจเรดาร์ตรวจอากาศแบบ Base Reflectivity และ Composition Reflectivity

2.3 ค่าการสะท้อนคลื่นเรดาร์ตรวจอากาศ

การตรวจอากาศด้วยเรดาร์ กรมอุตุนิยมวิทยาทำการตรวจในโหมดค่าการสะท้อน หากพิจารณาเมฆก่อตัวในทางตั้ง สามารถจำแนกค่าความแรงของการสะท้อนได้เป็น 3 บริเวณ คือ

2.3.1 บริเวณที่มีค่าการสะท้อนต่ำ (Low reflectivity) คือบริเวณทางตอนบนของส่วนกลางของเมฆขึ้นไปจนถึงส่วนยอดของเมฆ

2.3.2 บริเวณที่มีค่าการสะท้อนปานกลาง (Moderate Reflectivity) เป็นบริเวณใต้ฐานเมฆลงมาถึงพื้นดิน (กรณีที่มีฝนตก)

2.3.3 บริเวณที่มีค่าการสะท้อนสูงสุด (High Reflectivity) คือบริเวณตอนกลางของเมฆ (รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 1)

กล่าวโดยสรุปภาพเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาทำการตรวจบริเวณที่มีค่าการสะท้อนปานกลาง (Moderate Reflectivity) เท่านั้น ซึ่งบริเวณที่มีฝนตกใต้ฐานเมฆลงสู่พื้นดิน ประเด็นคำถามที่ตามมาคือทำไมจึงจะทราบว่าเป็นตรวจค่าการสะท้อนปานกลางใต้ฐานเมฆ จากการศึกษาพบว่ารัศมีการของเรดาร์ที่มีระยะทางต่ำกว่า 160 กิโลเมตรลงมา โดยมีมุมยกต่ำๆ (เทคนิคทางด้านวิศวกรรม) ค่าการสะท้อนที่ได้จะเป็นบริเวณใต้ฐานเมฆ และหากไกลจากระยะนี้จะเป็นการตรวจเข้าไปในเนื้อเมฆ ซึ่งไม่ตรงกับวัตถุประสงค์หลักของการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ของกรมอุตุนิยมวิทยา

3. เทคนิคการแปลความภาพเรดาร์ตรวจอากาศ

Doppler เรดาร์เป็นเรดาร์ในยุคใหม่ การแสดงค่าต่างๆ จึงแตกต่างจากเรดาร์ยุคก่อนอย่างมาก สามารถแสดงค่าการสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์ (dBZ) และแปลงค่าการสะท้อนกลับเหล่านั้นเป็นอัตราการตกของฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) ทั้งสองอย่างนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากต่อการแปลความ ผู้ใช้จำเป็นต้องทราบความหมายอย่างชัดเจน

3.1 ค่าความรุนแรงของการสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์



ค่าความแรงที่ได้จากการสะท้อน (Reflectivity) ของเป้า จากเรดาร์ตรวจอากาศดังตารางต่อไปนี้

dBZ	คำอธิบาย
-30	หมอกบางมาก (ขนาดของเม็ดน้ำเล็กมาก ไม่มีฝน เรดาร์ตรวจอากาศไม่สามารถตรวจค่าความสะท้อนต่ำกว่า -15 ถึง -20 dBZ)
20	ฝนกำลังอ่อนที่สุด (เกือบจะไม่สามารถตรวจพบฝนตก)
30	ฝนกำลังอ่อน (ความแรงของฝนประมาณ 3 มม./ชม.)
40	ฝนกำลังปานกลาง (ความแรงของฝนประมาณ 12 มม./ชม.)
50	ฝนกำลังแรง (ความแรงของฝนประมาณ 50 มม./ชม.)
55	ฝนกำลังแรงมาก (ความแรงของฝนประมาณ 100 มม./ชม.)
>55	ลูกเห็บหรือน้ำแข็ง
75	ลูกเห็บหนักมากและมีจำนวนมากขนาดใหญ่

รูปที่ 4 ค่าความแรงที่ได้จากการสะท้อน (Reflectivity) ของเป้า

จากรูปที่ 4 แสดงค่าความแรงที่ได้จากการสะท้อนของเป้าเป็นค่าที่เป็นมาตรฐานโดยทั่วไปของการตรวจอากาศด้วย Doppler Radar

3.2 เกณฑ์ความแรงของอัตราการตกของฝน

ในการตรวจฝนของเรดาร์ตรวจวัดเป็นความแรงมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง ดังตารางต่อไปนี้

ฝนกำลังอ่อน	ฝนกำลังปานกลาง	ฝนกำลังแรง	ฝนกำลังแรงมาก
0.1 - 5.0	5.1 - 25.0	25.1 - 50.0	50.1 ขึ้นไป

รูปที่ 5 ความแรงของอัตราการตกของฝน

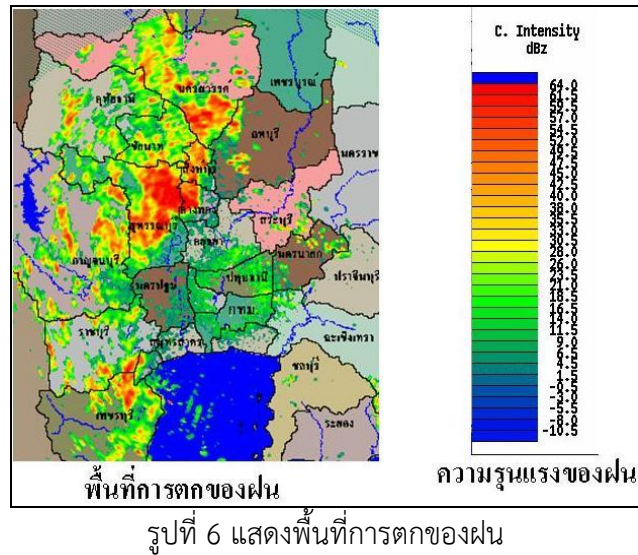
ข้อสังเกต การรายงานผลการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ของกรมอุตุนิยมวิทยา เช่น มีฝนกำลังอ่อน, กำลังปานกลาง, กำลังแรง และกำลังแรงมาก มีความหมายดังรูปภาพที่ 5

4. การแปลความภาพเรดาร์ตรวจอากาศ

4.1 การพิจารณาแปลความพื้นที่การตกของฝนมีหลักในการพิจารณาที่สำคัญอยู่ 2 ประการ คือ

4.1.1 ลักษณะเป็นชั้นๆ ตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป

4.1.2 ค่าการสะท้อนบริเวณตรงกลางมีค่าตั้งแต่ 20 dBZ หรือมากกว่า



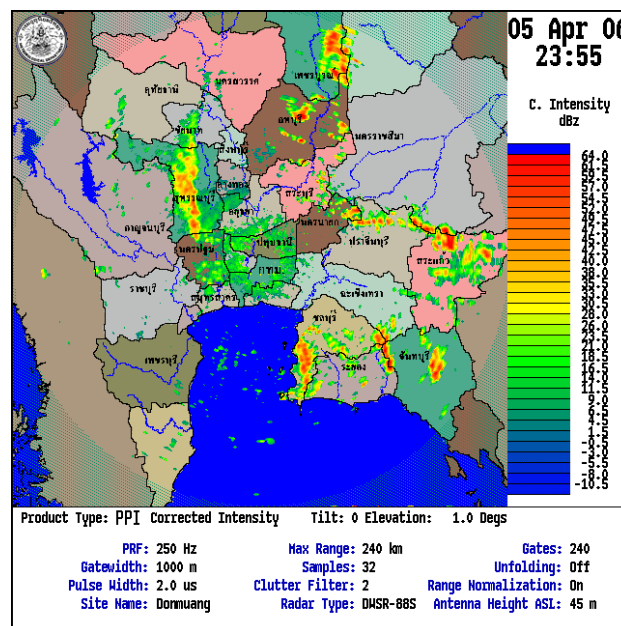
หมายเหตุ พังระมัดระวังภาพสะท้อนชนิด Anomalous Propagation (AP) ซึ่งมีลักษณะสำคัญดังนี้

1. มักเกิดในบริเวณขอบภาพเรดาร์
2. ค่าการสะท้อน (dBZ) สูงผิดปกติ

การตรวจสอบภาพสะท้อนชนิด Anomalous Propagation (AP)

1. ตรวจสอบกับภาพถ่ายเมฆจากดาวเทียม
2. ตรวจสอบกับภาพเรดาร์ตรวจอากาศของสถานีตรวจอากาศด้วยเรดาร์ที่อยู่ใกล้เคียง
3. ตรวจสอบกับภาพการตรวจแบบ PPI ชนิด Rain Rate

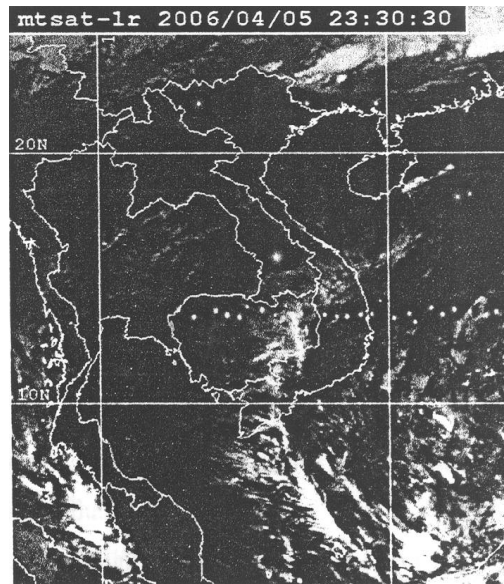
ตัวอย่างภาพสะท้อนชนิด Anomalous Propagation (AP)



เรดาร์ที่ ดอนเมือง วันที่ 6 เมษายน 2549 เวลา 06:55 น.

รูปที่ 6 ภาพสะท้อนชนิด Anomalous Propagation (ภาพด้านบน)

ผลการตรวจสอบกับภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาพบว่าบริเวณพื้นที่ฝนกำลังแรงในภาพเรดาร์ตรวจอากาศไม่ปรากฏเมฆในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจึงสรุปได้ว่าเป็นภาพสะท้อนชนิด AP



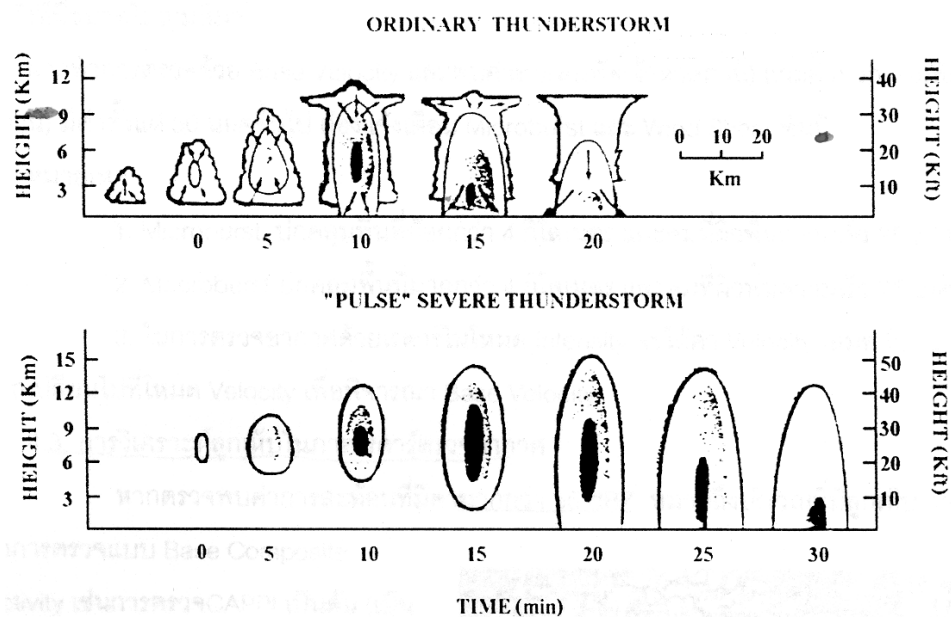
รูปที่ 7 ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา วันที่ 5/04/2006 เวลา 2330Z

4.2 การวิเคราะห์ Downburst/Microburst/wind Shear

หลักการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

4.2.1 ทำการตรวจเมฆก่อตัวในทางตั้งที่ระดับความสูง 5 กิโลเมตร (บริเวณที่ปรากฏค่าการสะท้อนสูง)

4.2.2 พิจารณาค่าการสะท้อน หากมีค่าการสะท้อนตั้งแต่ 50 dBZ หรือมากกว่า แสดงว่าเมฆก้อนนั้นมีโอกาสเกิด Downburst/Microburst และเมื่อเกิด Downburst/Microburst แล้ว Wind Shear จะเกิดร่วมด้วย



รูปที่ 8 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเมฆพายุฟ้าคะนองโดยทั่วไป และเมฆพายุฟ้าคะนองที่รุนแรงและอาจเกิด Microburst

จากรูปที่ 8 สเกลในแนวตั้งคือความสูงมีหน่วยเป็นกิโลเมตร (ซ้าย) และกิโลฟุต (ขวา) ส่วนสเกลในแนวนอนเป็นช่วงเวลาของการเจริญเติบโตมีหน่วยเป็นนาที

ผลการเปรียบเทียบเมฆพายุฟ้าคะนองโดยทั่วไปกับเมฆพายุฟ้าคะนองที่รุนแรง จะพบว่า

1. ในช่วงนาทิตี่ 10 ส่วนยอดของ กระแสอากาศไหลขึ้น (Updraft : บริเวณที่เป็นสีดำ) มีความสูงประมาณ 6 กิโลเมตร ในขณะที่พายุฟ้าคะนองที่รุนแรงจะมีความสูงประมาณ 9 กิโลเมตร
2. นาทิตี่ 15 กระแสอากาศไหลขึ้นในเมฆพายุฟ้าคะนองโดยทั่วไปเปลี่ยนสภาพเป็นกระแสอากาศไหลลง (Downdraft) และยอดของกระแสอากาศไหลขึ้นลดลงมาที่ระดับ 3 กิโลเมตร ในขณะที่กระแสอากาศไหลขึ้นในเมฆพายุฟ้าคะนองที่รุนแรงยังคงเจริญเติบโตสูงขึ้นไปถึงระดับ 12 กิโลเมตร
3. นาทิตี่ 20 ภายในเมฆพายุฟ้าคะนองโดยทั่วไปสภาพของกระแสอากาศไหลขึ้นสิ้นสุดลง แต่ในเมฆพายุฟ้าคะนองที่รุนแรงเริ่มเปลี่ยนสภาพเป็นกระแสอากาศไหลลง

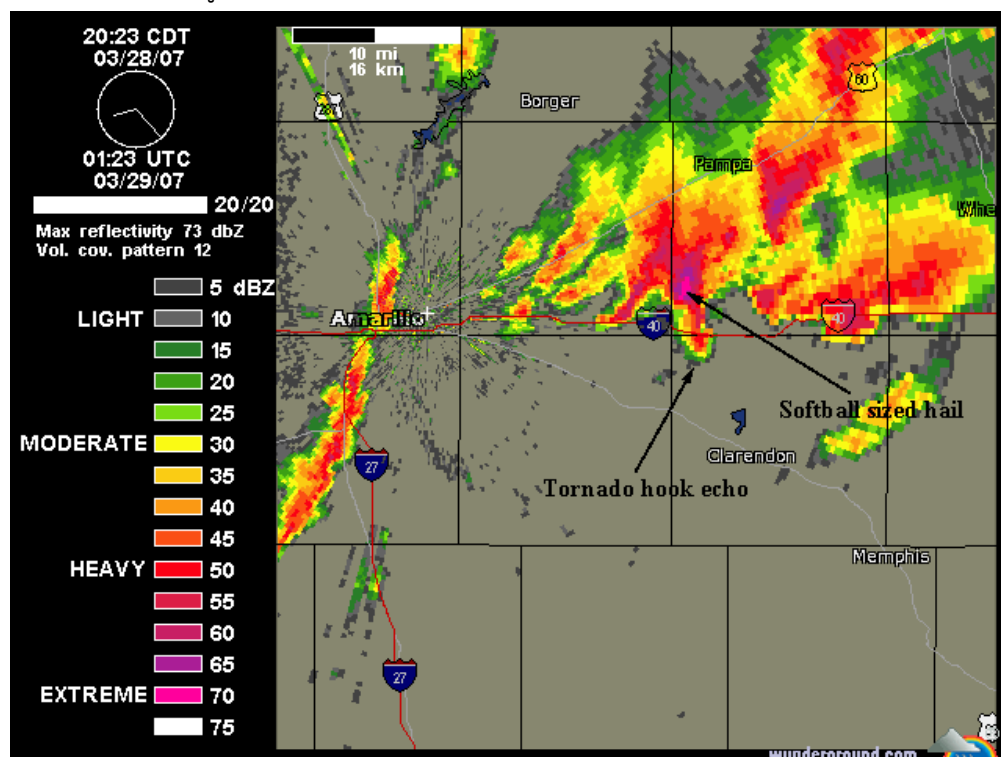
กล่าวโดยสรุป เมฆพายุฟ้าคะนองที่รุนแรงและมีโอกาสที่จะเกิดขึ้น Microburst นั้นจะลอยตัวได้นานกว่าปกติ และในการตรวจดังกล่าวเป็นการตรวจเข้าไปในเนื้อเมฆ จึงมิได้หมายความว่าฝนตก 50 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง แต่การตรวจพบค่าการสะท้อนตั้งแต่ 50 dBZ หรือมากกว่าเป็นการตรวจพบเมฆก่อตัวในทางตั้งที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมา

หากทำการตรวจด้วย Base Velocity และพบค่าลบ (ลมพัดเข้าหาสถานี) และค่าบวก (ลมพัดออกจากสถานี) มีค่าตั้งแต่ 50 นอตขึ้นไป ต้องแจ้งเตือน Microburst และ Wind Shear ทันที

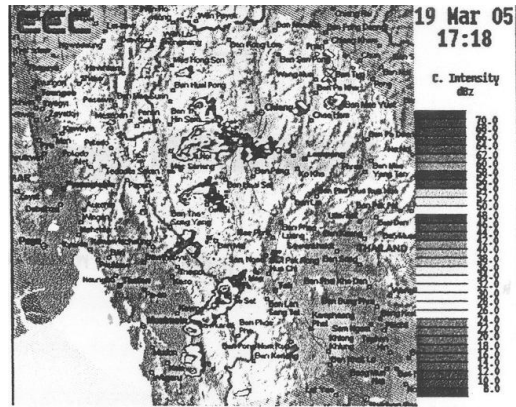
หมายเหตุ

- 1) Microburst ปกคลุมพื้นที่น้อยกว่า 4 กิโลเมตร และลมที่ผิวพื้นความเร็ว 25 เมตร/นาทิตี่
- 2) Macrobust ปกคลุมพื้นที่มากกว่า 4 กิโลเมตร และลมที่ผิวพื้นความเร็ว 25 เมตร/นาทิตี่
- 3) ในการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ในโหมด Intensity จะได้ค่า Velocity เสมอ โปรแกรมสามารถเปลี่ยนไปที่โหมด Velocity เพื่อพิจารณา Base Velocity

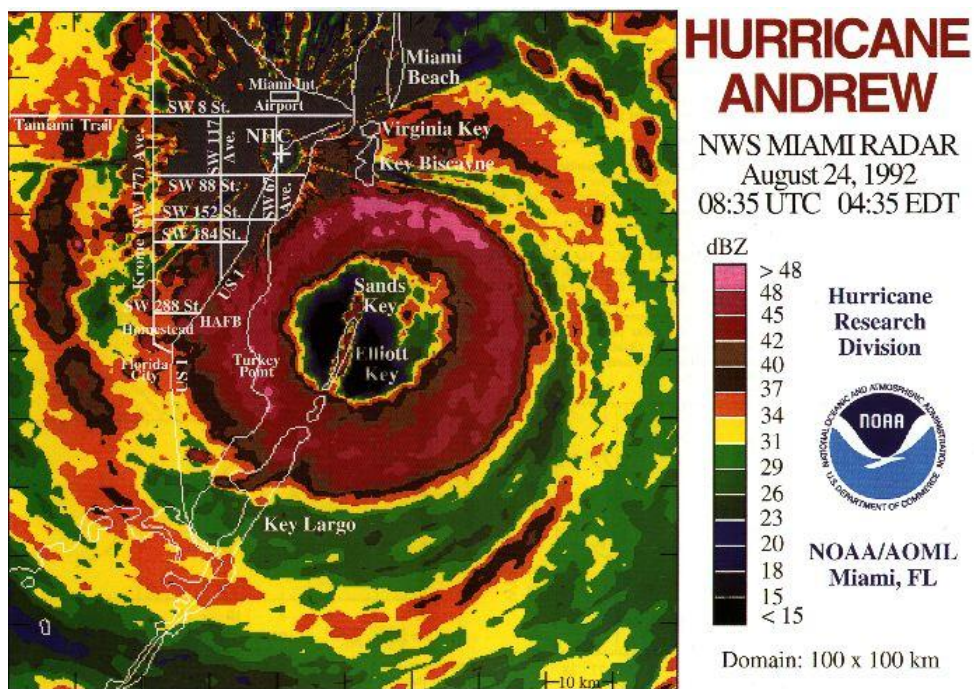
4.3 การวิเคราะห์ลูกเห็บในภาพเรดาร์ตรวจอากาศ



หากตรวจพบค่าการสะท้อนที่มีค่ามากกว่า 55 dBZ หมายถึงบริเวณที่มีลูกเห็บ ส่วนมากได้จากการตรวจแบบ Base Composite Reflectivity เช่นการตรวจ CAPPI เป็นต้น (เป็นการตรวจในบริเวณที่เป็นค่าการสะท้อนสูง) ซึ่งอาจจะไม่ใช่ฝนตกได้ฐานเมฆในขณะนั้นแต่เป็นความรุนแรงภายในเมฆที่ตรวจพบ

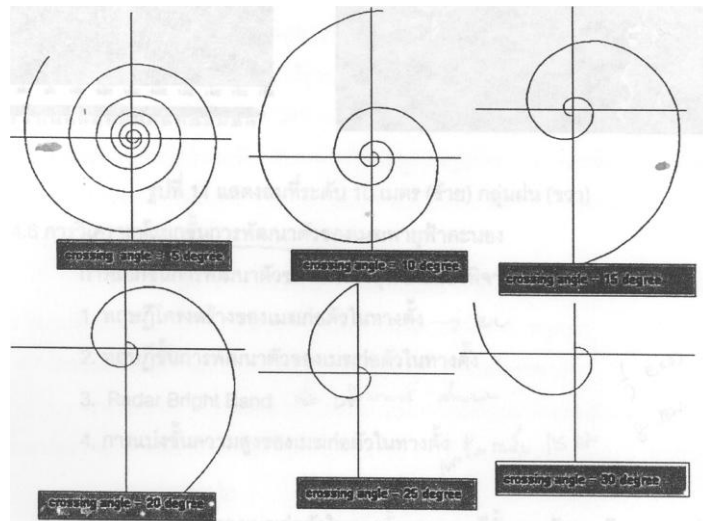


4.4 การวิเคราะห์หาศูนย์กลางของพายุหมุนเขตร้อนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ



เมื่อมีระบบของพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนที่เข้ามาในรัศมีทำการของเรดาร์ จะปรากฏเป็นแถบฝน (rain band) ในภาพเรดาร์ตรวจอากาศ ลักษณะการวางตัวของแถบฝนเป็นแนวโค้งเข้าหาศูนย์กลางของพายุ สอดคล้องกับระบบหมุนเวียนของลมรอบๆ พายุหมุนเขตร้อน ในการหาตำแหน่งศูนย์กลางของพายุจะให้แผ่น Spiral Overlay โดยนำไปทางทาบกับแผนฝนที่ปรากฏโดยการจัดให้มีการซ้อนทับกันอย่างสมดุลตามรูปแบบของแถบฝนและแนวของเส้นใน Spiral Overlay

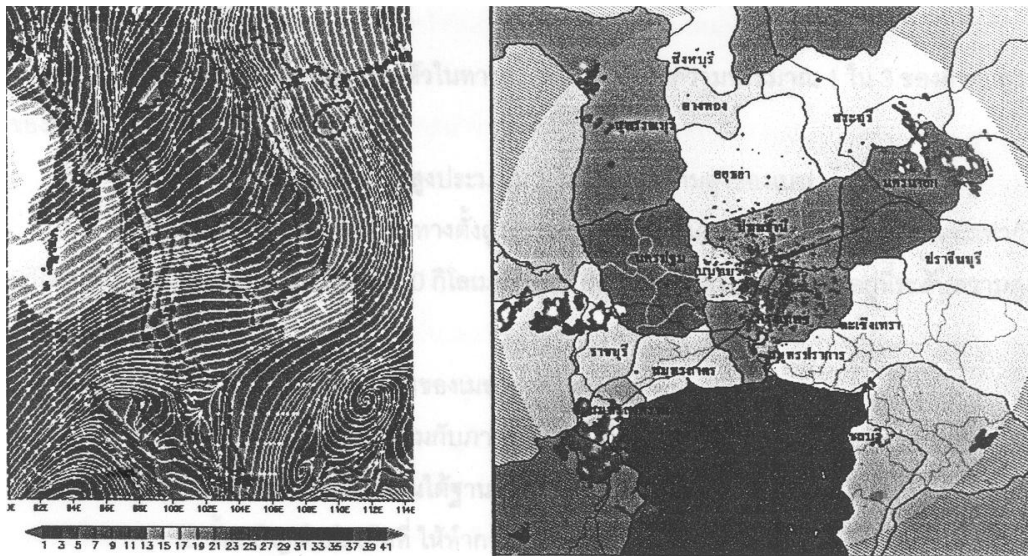
โดยทั่วไป	Typhoon	ใช้แผ่น Spiral Overlay 10 องศา
	Tropical Storm	ใช้แผ่น Spiral Overlay 15 องศา
	Depression	ใช้แผ่น Spiral Overlay 20–30 องศา



รูปที่ 10 Spiral Overlay เพื่อพิจารณาศูนย์กลางของพายุหมุนเขตร้อน

4.5 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของฝนล่วงหน้า

จากการศึกษาของนักวิชาการ กรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าการเคลื่อนที่ของฝนจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางลมที่ระดับ 10 เมตร ซึ่งให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 70



รูปที่ 11 แสดงลมที่ระดับ 10 เมตร (ซ้าย) กลุ่มฝน (ขวา)

4.6 การวิเคราะห์แยกชั้นการพัฒนาดำของเมฆพายุฟ้าคะนอง

การแยกชั้นการพัฒนาดำของเมฆพายุฟ้าคะนองพิจารณาจาก

- 1) ทฤษฎีโครงสร้างของเมฆก่อตัวในทางตั้ง
- 2) ทฤษฎีขั้นการพัฒนาดำของเมฆก่อตัวในทางตั้ง
- 3) Radar Bright Band
- 4) การแบ่งชั้นความสูงของเมฆก่อตัวในทางตั้ง

ทฤษฎีโครงสร้างของเมฆก่อตัวในทางตั้งและทฤษฎีขั้นการพัฒนาดำของเมฆก่อตัวในทางตั้งพอสรุปดังนี้ ในขั้นการก่อตัว (Cumulus Stage) ไม่ปรากฏฝนตกได้ฐานเมฆ ขั้นเจริญเติบโตเต็มที่ (Mature Stage) มี

ฝนตกใต้ฐานเมฆ สะสมพลังงานและการปลดปล่อยพลังงาน ขั้นสลายตัว (Dissipating Stage) มีฝนตกใต้ฐานเมฆ และมีการปลดปล่อยพลังงานเพียงอย่างเดียว

สำหรับ Radar Bright Band คือ ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ผลึกน้ำแข็งบริเวณส่วนบนของเมฆได้ตกผ่านระดับละลาย (Melting Point) แล้วเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว แต่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะดังกล่าวมีเฉพาะในเมฆที่กำลังสลายตัวเท่านั้น ค่าสะท้อนที่ตรวจพบจะเป็นค่าเสมือนไม่เป็นค่าที่แท้จริงหรือเรียกว่า “การแปรเปลี่ยนของเรดาร์ตรวจอากาศ”

ประการสุดท้าย การแบ่งชั้นความสูงของเมฆก่อตัวในทางตั้ง จากการศึกษาเมฆก่อตัวในทางตั้งในเขตร้อนพบว่า ยอดเมฆอาจสูงขึ้นไปถึง 15 กิโลเมตรซึ่งเป็นระดับ Tropopause เราสามารถแบ่งเมฆออกเป็นสองส่วน คือ

1) ส่วนยอดของเมฆก่อตัวในทางตั้ง โดยทั่วไปจะมีความกว้างประมาณ 1 ใน 3 ของความสูงของเมฆ

2) ส่วนเนื้อเมฆ มีความสูงประมาณ 2 ใน 3 ของความสูงของเมฆ

ดังนั้น หากเมฆก่อตัวในทางตั้งสูงประมาณ 15 กิโลเมตร ความสูงของยอดเมฆจะเท่ากับ 5 กิโลเมตร ส่วนเนื้อเมฆจะสูงประมาณ 10 กิโลเมตร และบริเวณตอนกลางของเมฆจะอยู่ที่ระดับความสูงประมาณ 8 กิโลเมตร

หลักการจำแนกชั้นการพัฒนาตัวของเมฆพายุฟ้าคะนอง

1) ชั้นก่อตัว พิจารณาร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา หากปรากฏเมฆก่อตัวในทางตั้งปกคลุม แต่เรดาร์ตรวจไม่พบฝนใต้ฐานเมฆ แสดงว่าเมฆก่อตัวในทางตั้งอยู่ในขั้นนี้

2) ชั้นเจริญเติบโตเต็มที่ ให้ทำการตรวจโดยยกจานเรดาร์ตรวจเมฆก่อตัวในทางตั้งที่ระดับ 8 กิโลเมตร (ตอนกลางของเมฆ) และที่ระดับ 9-10 กิโลเมตร แล้วเปรียบเทียบค่าการสะท้อน (dBZ) ทั้งสองระดับหากค่า dBZ ที่ระดับ 9-10 กิโลเมตรมีค่าต่ำกว่าที่ระดับ 8 กิโลเมตร หมายถึงเมฆก่อตัวในทางตั้งนั้นยังคงมีการสะสมพลังงานต่อไป และจะยังคงมีฝนตกต่อไปได้อีก

3) ขั้นสลายตัว หากตรวจพบค่า dBZ ที่ระดับ 9-10 กิโลเมตร มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 8 กิโลเมตร หมายถึง เมฆปลดปล่อยพลังงานอย่างเดียว ฝนที่ตกอยู่กำลังจะหยุดตก

4.7 การวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนตกและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝน

การวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนตกและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝนในเมฆทำได้โดยการนำภาพเรดาร์ตรวจอากาศหลายสถานีมาวิเคราะห์ร่วมกัน ทำให้ตอบคำถามที่สำคัญ 3 ประการได้ คือ

1) ฝนจะตกเวลาใด

2) ฝนจะยังคงตกต่อเนื่องหรือไม่ และ

3) ฝนจะหยุดตกเมื่อใด

หลักการวิเคราะห์

นำภาพเรดาร์ที่อยู่ใกล้สถานีตรวจอากาศ(มากที่สุด)เปรียบเทียบกับค่าการสะท้อนที่อยู่ไกลจากสถานีตรวจอากาศโดยรอบ เช่น หากต้องการวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนตกหรือแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝน

บริเวณกรุงเทพ ให้พิจารณาภาพเรดาร์ของดอนเมืองเป็นเรดาร์ตัวใกล้และใช้เรดาร์ตรวจอากาศที่สถานีที่ระยอง และหัวหินเป็นเรดาร์ตัวไกลเป็นต้น

จากลักษณะคุณสมบัติของลำคลื่นของเรดาร์ตรวจอากาศจะลอยสูงขึ้นเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น จึงเป็นประโยชน์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนตกและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝน ทั้งนี้เพราะเรดาร์ตรวจใกล้จะตรวจปรากฏการณ์ได้ฐานเมฆ ในขณะที่เรดาร์ตัวไกลจะการตรวจเข้าไปในเนื้อเมฆ แสดงว่าหากเรานำภาพเรดาร์มาวิเคราะห์ร่วมกันและพิจารณาจากค่าการสะท้อน(dBZ) จะทำให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝน อย่างไรก็ตามจำเป็นจะต้องติดตามผลการตรวจอย่างต่อเนื่อง

ตัวอย่างการวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝน

การวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝนของเรดาร์ตรวจอากาศดอนเมือง (เรดาร์ตัวใกล้) พิจารณาเฉพาะกลุ่มฝนบริเวณจังหวัดสมุทรสาคร บริเวณอ่าวไทย และบริเวณจังหวัดเพชรบุรี โดยมีเรดาร์สนามบินสุวรรณภูมิ,ระยอง,หัวหิน(เรดาร์ตัวไกล) ประกอบการวิเคราะห์

หมายเหตุ หลักการวิเคราะห์พิจารณาจากคุณสมบัติของลำเรดาร์ ซึ่งเรดาร์ตัวใกล้จะเป็นเรดาร์ที่ตรวจฝนบริเวณได้ฐานเมฆ และเรดาร์ตัวไกลเป็นเรดาร์ที่ตรวจเข้าไปในเนื้อเมฆ

สำหรับภาพเรดาร์ตรวจอากาศและดาวเทียมที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ที่ไฟล์ Power Point ที่แนบมาพร้อมนี้

ผลการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนของการตรวจอากาศด้วยเรดาร์

สถานีเรดาร์	กลุ่มฝน จ.สมุทรสาคร	กลุ่มฝนบริเวณอ่าวไทย	กลุ่มฝน จ.เพชรบุรี
ดอนเมือง (0530Z)	30 dBZ	40 dBZ	ไม่พบ
สุวรรณภูมิ (0530Z)	40 dBZ	40 dBZ	30 dBZ
ระยอง (0550Z)	40 dBZ	40 dBZ	20 dBZ
หัวหิน (0530Z)	36 dBZ	40 dBZ	ไม่พบ

ตารางที่ 1 ค่าการสะท้อนของกลุ่มฝน

สรุปผลการวิเคราะห์

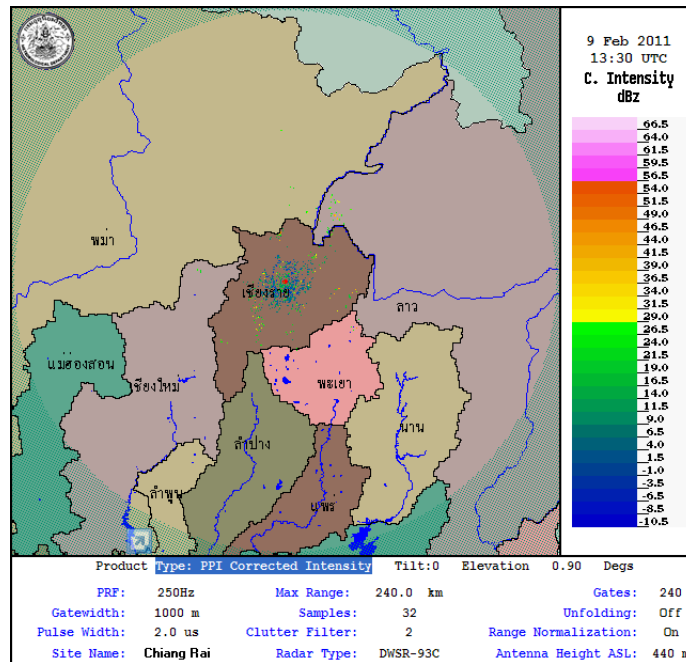
- 1) กลุ่มฝนบริเวณ จ.สมุทรสาครและบริเวณอ่าวไทยในภาพเรดาร์ดอนเมือง ยังไม่มีโอกาสตก
- 2) กลุ่มฝนบริเวณ จ.เพชรบุรี ที่พบในภาพเรดาร์สนามบินสุวรรณภูมิและระยองเป็นฝนกำลังอ่อนแต่เป็นฝนในเนื้อเมฆซึ่งยังไม่ตกลงสู่พื้นดิน ทั้งนี้เพราะเรดาร์หัวหิน (เรดาร์ตัวใกล้)ตรวจไม่พบฝน

หากติดตามต่อเนื่องและพบว่าค่าการสะท้อนจากเรดาร์ตัวไกล (ดอนเมือง,สุวรรณภูมิและระยอง) มีค่าสะท้อนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจะมีโอกาสที่ฝนจะตกบริเวณ จ.เพชรบุรี

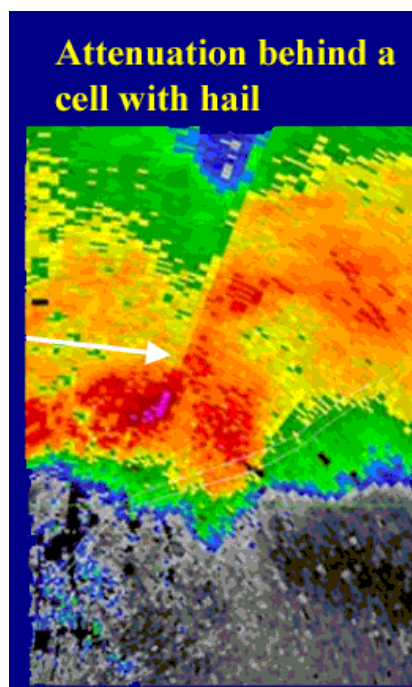
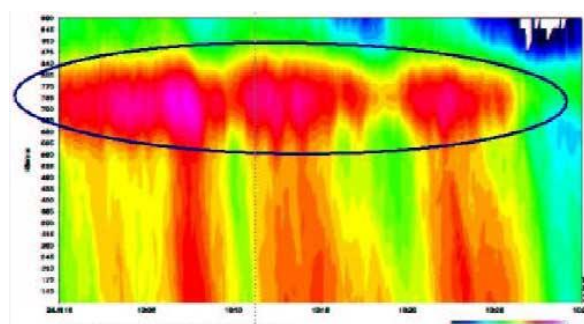
ในทำนองเดียวกันหากติดตามค่าการสะท้อนของกลุ่มฝนบริเวณ จ.สมุทรสาคร และอ่าวไทย พบว่ามีค่าการสะท้อนลดลง (เรดาร์ตัวไกล) โอกาสฝนจะหยุดตกจะเป็นไปได้มาก

ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องติดตามอย่างต่อเนื่อง ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนกับการเกิดปรากฏการณ์ (ฝน), การคงอยู่ และการหยุดตก ยังอยู่ในขั้นการศึกษาวิจัย

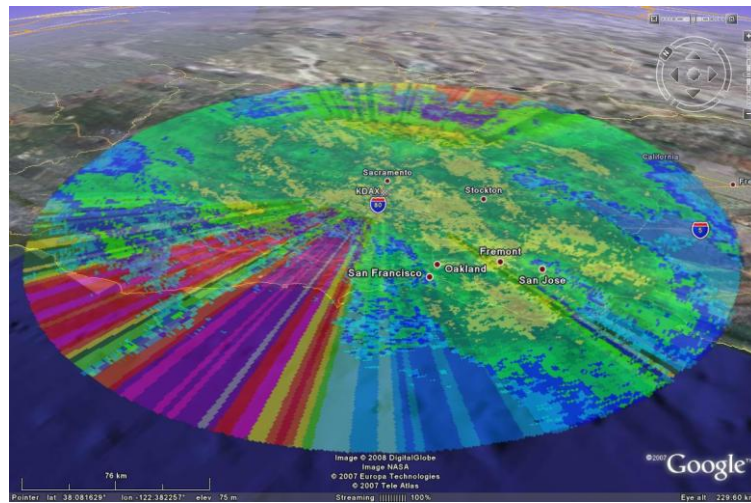
Corrected Intensity



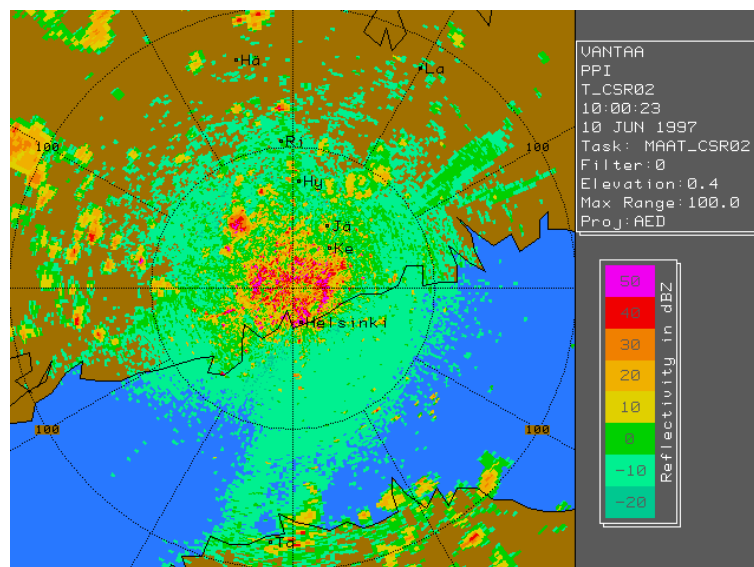
Bright Band



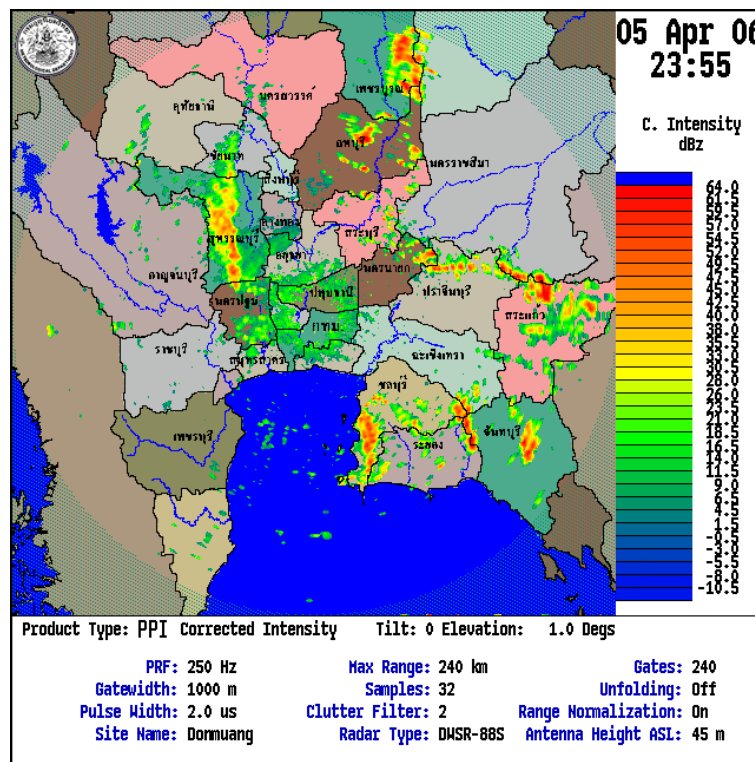
Occultation การซ่อนเร้น การแอบแฝง



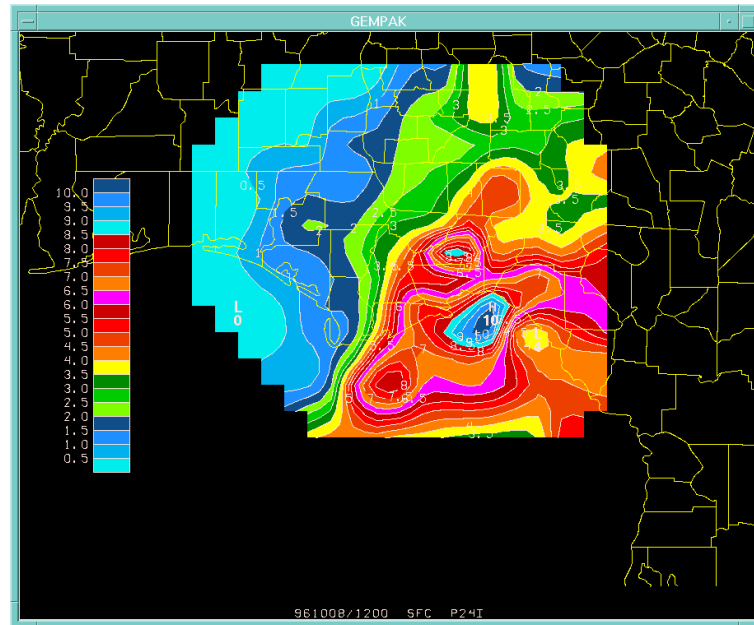
Clutter



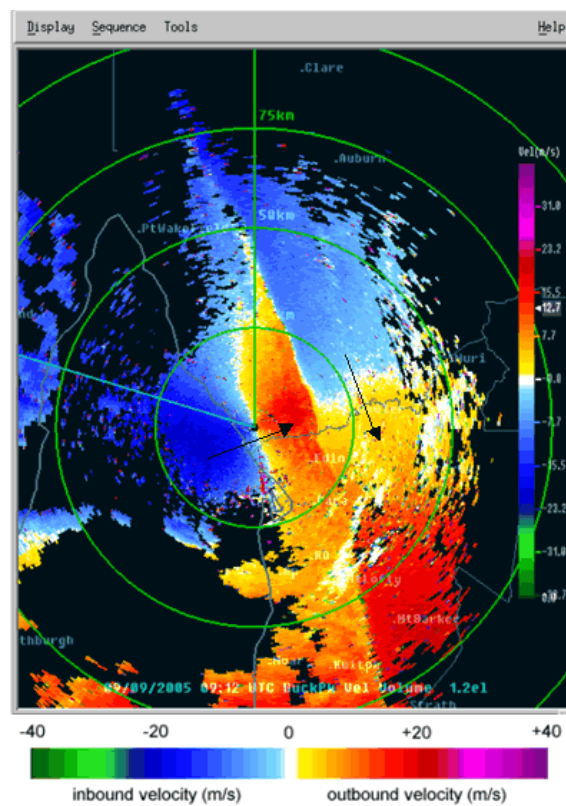
การแพร่กระจายของคลื่นแบบผิดปกติ Anomalous Propagation



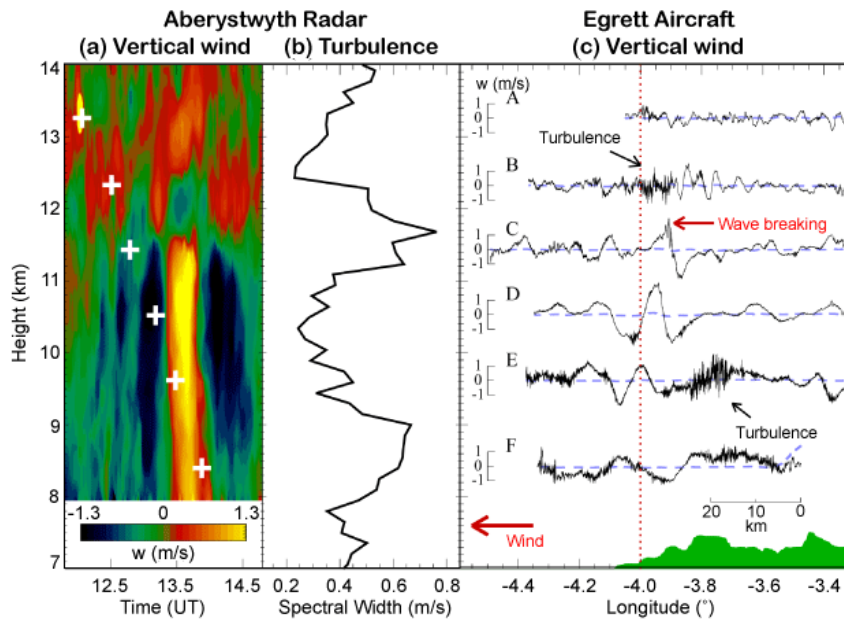
REFLECTIVITY-RAINFALL RATE using the WSR-88D default Z-R relationship



velocity

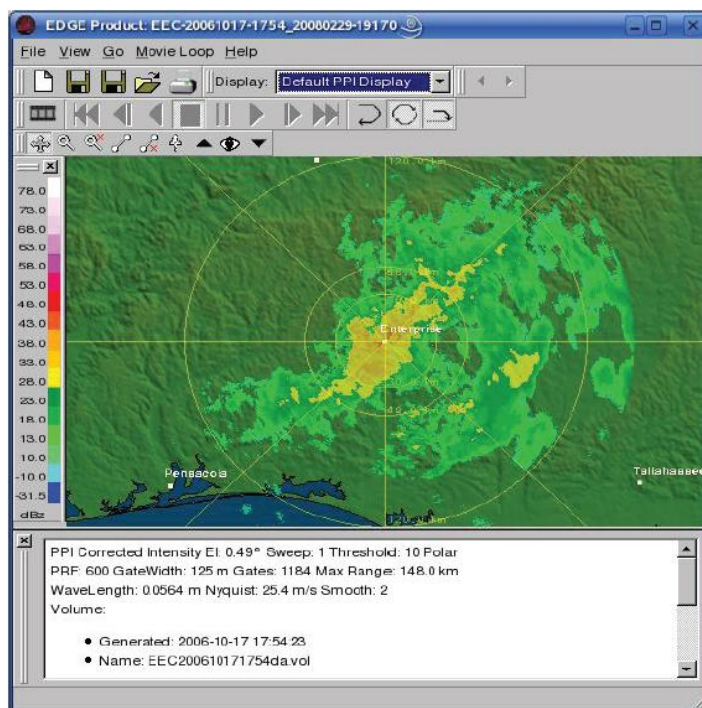


ความกว้างของสเปกตรัมกลุ่มเป้า/ฝน Spectral Width



1. PPI (The Plan Position Indicator)

คือ ภาพที่แสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในลักษณะของการกวาดด้วยมุมเงยเพียงมุมเดียว ลักษณะของการตรวจแบบ PPI จะเป็นลักษณะพื้นฐานของการตรวจโดยเรดาร์ตรวจอากาศในปัจจุบันสามารถใช้แสดงแนวโน้มของสภาวะอากาศได้เป็นอย่างดีเราสามารถเลือกใช้สำหรับการตรวจระดับความเข้มของฐานเมฆ หรือที่ระดับสูงได้จากการกำหนดค่ามุมเงยของจานสายอากาศให้มีค่าครอบคลุมในช่วงความสูงที่จะทำการตรวจวัด การแสดงผลแบบ PPI จะเป็นการแสดงผลในแนวระนาบและมีลักษณะของภาพที่มองจากทางด้านบน (Top View)



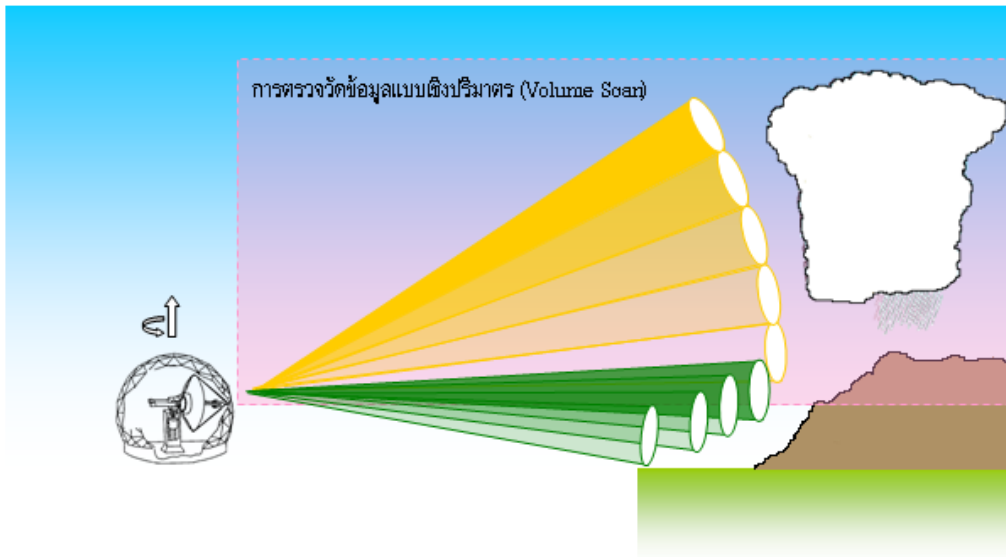
สามารถแสดงผลในรูปของ

- แฟกเตอร์การสะท้อน (dBZ) ทั้งแบบ corrected Intensity และแบบ Uncorrected Intensity

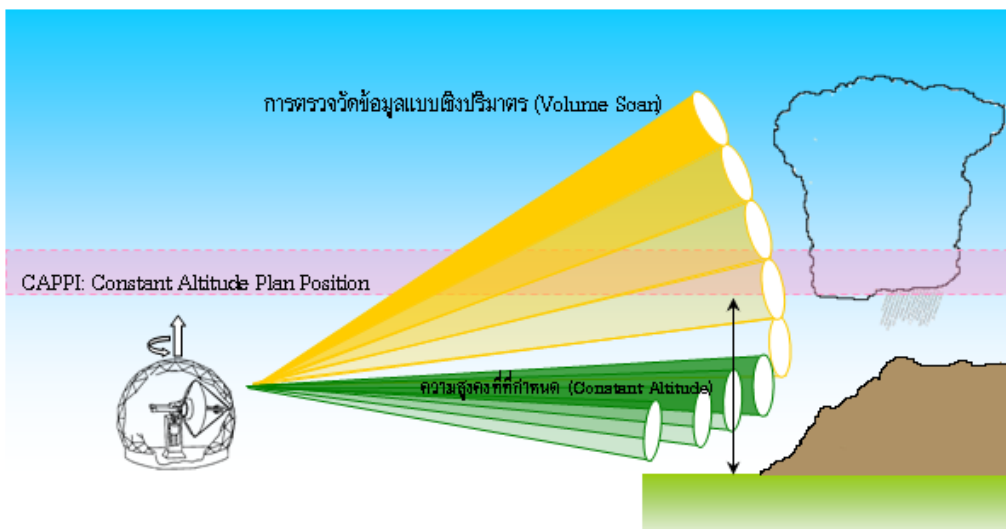
- Corrected Intensity (Z) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์จะทำการหักกัสัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter¹, Occultation², Attenuation และ Bright Band³)
 - Uncorrected Intensity (U) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ เช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการหักกัสัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band) ทำให้เราสามารถใช้อยู่ uncorrected Intensity ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้ค่าความเข้มสำหรับการแสดงผลได้
 - ความเร็วเชิงรัศมี หรือความเร็วแบบดอปเพลอร์ (เมตรต่อวินาที) ซึ่งสามารถวัดได้ในลักษณะของคลื่นที่เข้า (เครื่องหมายลบ) และคลื่นที่ออกจากเรดาร์ (เครื่องหมายบวก) เท่านั้น
 - ความกว้างของสเปกตรัมกลุ่มเป้า/ฝน (Spectral Width) เป็นการตรวจวัดความกว้างของแถบความถี่ดอปเพลอร์ในลักษณะของผลต่างความเร็วลมเฉลี่ยกับความเร็วลมแวดล้อม มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที โดยค่าความกว้างของสเปกตรัมดังกล่าวจะแสดงถึงความปั่นป่วน (Turbulence) ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มเมฆฝนซึ่งมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความเร็วเชิงรัศมี และความเร็วเชิงรัศมีจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในบริเวณที่เกิดความปั่นป่วนของกระแสลมภายในกลุ่มเมฆฝนนั้น ดังนั้นเราสามารถใช้ Spectral Width เพื่อการเตือนภัยสำหรับการบินได้ ในขณะเดียวกันความกว้างของสเปกตรัมกลุ่มเป้าที่ตรวจได้ยังสามารถแสดงถึงการแพร่กระจายของคลื่นแบบผิดปกติ (Anomalous Propagation) ได้ โดยที่ความเร็วเชิงรัศมีจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในบริเวณที่เกิดการแพร่กระจายของคลื่นแบบผิดปกติภายในกลุ่มที่ตรวจวัด
- อัตราการตกของฝน(Rain Rate) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง เป็นการแสดงผลของอัตราการตกของฝนที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับ (Reflectivity Factor ; Z) กับอัตราการตกของฝน (R) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง (Z-R Relationship)
- อัตราการตกของฝนสามารถแบ่งได้ดังนี้
- อัตราการตกของฝนที่คิดจาก Corrected Intensity
 - อัตราการตกของฝนที่คิดจาก Uncorrected Intensity

2. CAPPI (The constant altitude PPI)

คือ ภาพที่มีลักษณะของการแสดงผลเหมือนกับภาพ PPI โดยการกำหนดความสูงคงที่ของการแสดงผล เราสามารถทำ CAPPI ได้จากการกวาดเชิงปริมาตร โดยไม่สามารถทำได้ด้วยการกวาดด้วยมุมเงยเพียงมุมเดียว ขณะที่การกวาดเชิงปริมาตรดังกล่าวจะต้องครอบคลุมในช่วงความสูงและรัศมีที่ต้องการตรวจวัด

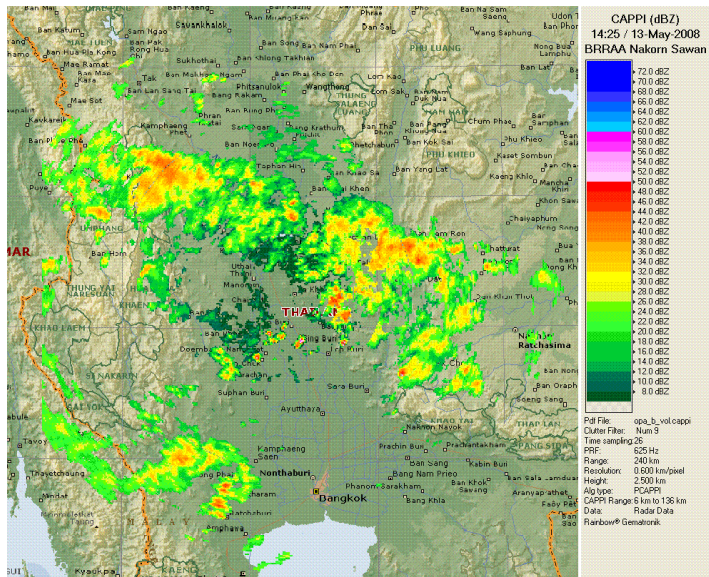


แสดงการตรวจวัดข้อมูลแบบเชิงปริมาตร (Volume Scan) โดยการหมุนจานสายอากาศในแนวระดับและทางแนวตั้ง



แสดงการตรวจวัดข้อมูลแบบ CAPPI

แสดงการตรวจวัดข้อมูลแบบเชิงปริมาตร (Volume Scan) โดยการหมุนจานสายอากาศในแนวระดับและทางแนวตั้ง



การอ่านค่าข้อมูลการตรวจวัดกลุ่มฝนจากภาพเรดาร์ CAPPI แบบ dBZ (Reflectivity)

ภาพการตรวจวัดแบบ CAPPI (Volume Scan)

วันที่ทำการตรวจวัด : 13 พฤษภาคม 2551

เวลาการตรวจวัด : 14.25 น.

สถานีเรดาร์ : BRRAA Nakorn Sawan (อ.ตาคี จ.นครสวรรค์)

ค่าการตรวจวัด : ระดับความเข้มสัญญาณสะท้อนกลับ (dBZ) : 0 dBZ ถึง 72 dBZ

ระดับความสูงคงที่ : 2.5 กิโลเมตร (Constant Altitude)

การแสดงผลการตรวจวัดกลุ่มฝนจากเรดาร์ตรวจอากาศ

ข้อมูลการตรวจวัดกลุ่มฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศที่ใช้กันในปัจจุบันได้มาจากโปรดักซ์ CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) แบบ dBZ (Reflectivity) ซึ่งเป็นการตรวจวัดที่มีการประยุกต์มาจากการตรวจวัดแบบ PPI (Plan Position Indicator) (ซึ่งเป็นการตรวจวัดข้อมูลทางแนวระดับ โดยใช้มุมเงยเพียงมุมเดียว) การตรวจวัดข้อมูลแบบ CAPPI จะทำการสแกนข้อมูลแบบ PPI หลายๆมุมเงย ทำให้ได้ข้อมูลของสภาพอากาศแบบปริมาตร (สามมิติ) ที่มีค่าความสูงแตกต่างกันออกไป ผู้ใช้งานสามารถเลือกการแสดงผลข้อมูลได้โดยสามารถกำหนด 'ความสูง' ของบริเวณที่เราสนใจได้ การตรวจวัดข้อมูลแบบ CAPPI

ความแม่นยำและคุณภาพของการแสดงผลแบบ CAPPI จะขึ้นอยู่กับมุมเงยของการกวาดเชิงปริมาตร ความละเอียดในทางแนวตั้งของการกวาด (Vertical Range Resolution) และรัศมีที่ต้องการตรวจวัด CAPPI

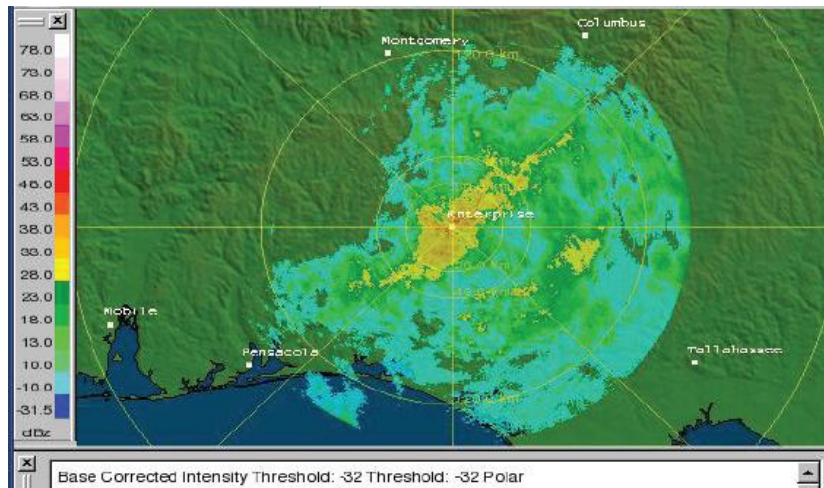
สามารถแสดงได้ในรูปของ

- แฟกเตอร์การสะท้อน (dBZ) ทั้งแบบ Corrected Intensity และแบบ Uncorrected Intensity
 - Corrected Intensity (Z) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์จะทำการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band)
 - Uncorrected Intensity (U) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ เช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band) ทำให้เราสามารถใช้อยู่ Uncorrected Intensity ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้ค่าความเข้มสำหรับการแสดงผลได้
- ความเร็วเชิงรัศมี หรือความเร็วแบบดอปเพลอร์ (เมตรต่อวินาที) ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ในลักษณะของเคลื่อนที่เข้า (เครื่องหมายลบ) และเคลื่อนที่ออกจากเรดาร์ (เครื่องหมายบวก) เท่านั้น
- ความกว้างของสเปกตรัมกลุ่มเป้า/ฝน (Spectral Width) เป็นการตรวจวัดความกว้างของแถบความถี่ดอปเพลอร์ในลักษณะของผลต่างความเร็วลมเฉลี่ยกับความเร็วลมแวดล้อม มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที โดยค่าความกว้างของสเปกตรัมดังกล่าวจะแสดงถึงความปั่นป่วน (Turbulence) ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มเมฆฝนซึ่งมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความเร็วเชิงรัศมี และความเร็วเชิงรัศมีจะมีค่าเพิ่มอย่างรวดเร็วในบริเวณที่เกิดความปั่นป่วนของกระแสลมภายในกลุ่มเมฆฝนนั้น ดังนั้นเราสามารถใช้ Spectral Width เพื่อการเตือนภัยสำหรับการบินได้ ในขณะเดียวกันความกว้างของสเปกตรัมกลุ่มเป้าที่ตรวจได้ยังสามารถแสดงถึงการแพร่กระจายของคลื่นแบบผิดปกติ (Anomalous Propagation⁴) ได้ โดยที่ความเร็วเชิงรัศมีจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในบริเวณที่เกิดการแพร่กระจายของคลื่นแบบผิดปกติภายในกลุ่มเป้าที่ตรวจวัด
 - อัตราการตกของฝน (Rain Rate) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง เป็นการแสดงผลของอัตราการตกของฝนที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับ (Reflectivity Factor; $A; mm^6 m^{-3}$) กับอัตราการตกของฝน (R) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง (Z-R Relationship)

3. Base Product or Base Section Product

คือ ภาพที่แสดงการประมาณค่าความเข้มของสัญญาณที่สะท้อนกลับมาครั้งแรก (First Return) และมีค่ามากกว่าค่าขีดเริ่มของแฟกเตอร์การสะท้อนของการแสดงผล (dBZ Threshold) ที่กำหนด โดยจะต้องมี

การกำหนดความสูง (Upper Limit) ในการแสดงผลด้วย Base Product เป็นการแสดงผลที่ได้จากการทำการกวาดเชิงปริมาตร (Volume Scan) ซึ่งเป็นการตรวจในมุมต่ำ ใช้สำหรับตรวจระดับความเข้มของฐานกลุ่มเมฆฝน หรือการตกของฝนได้



สามารถแสดงผลในรูปแบบของ

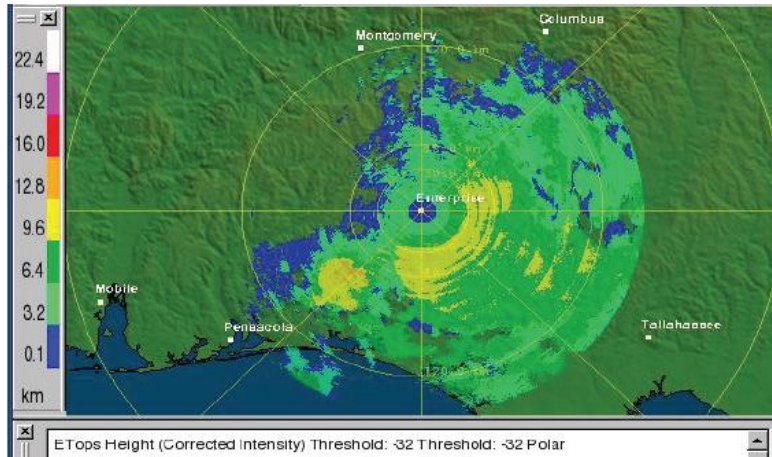
- แพกเกจการสะท้อน (dBZ) ทั้งแบบ Corrected Intensity และแบบ Uncorrected Intensity
 - Corrected Intensity (Z) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์จะทำการหักกัสัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band)
 - Uncorrected Intensity (U) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ เช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการหักกัสัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band) ทำให้เราสามารถใช้ Uncorrected Intensity ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้ค่าความเข้มสำหรับการแสดงผลได้

อัตราการตกของฝน (Rain rate) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง เป็นการแสดงผลของอัตราการตกของฝนที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับ (Reflectivity Factor: $Z; \text{mm}^6 \text{m}^{-3}$) กับอัตราการตกของฝน (R) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง (Z-R Relationship)

4. ETOP (The Echo Top Product)

คือ ภาพที่แสดงความสูงของยอดเมฆฝนที่ทำการตรวจวัด โดยจะต้องมีการกำหนดค่าขีดเริ่มของแพกเกจการสะท้อนของแสดงผล 9dBZ Threshold) สำหรับการแสดงความสูงเสมอ โดยปกติจะมีค่าตั้งแต่ 8-10dBz เป็นต้นไป หรือขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งานเป็นสำคัญ สำหรับการตรวจความสูงของยอดเมฆ

ฝนนั้น จะต้องมาจากการกวาดเชิงปริมาตรและไม่สามารถทำงานได้ด้วยการกวาดด้วยมุมเงยเพียงมุมเดียว ดังนั้นการกำหนดมุมของการกวาดเชิงปริมาตร สำหรับการตรวจวัดความสูงยอดเมฆฝนนั้นจะต้องทำให้ครอบคลุมในช่วงความสูงรัศมีที่ทำการตรวจวัด การตรวจวัดโดยใช้ ETOPS สามารถช่วยในการตรวจสอบสถานะอากาศที่รุนแรงหรือการเกิดลูกเห็บได้ ETOPS



สามารถแสดงในรูปของ

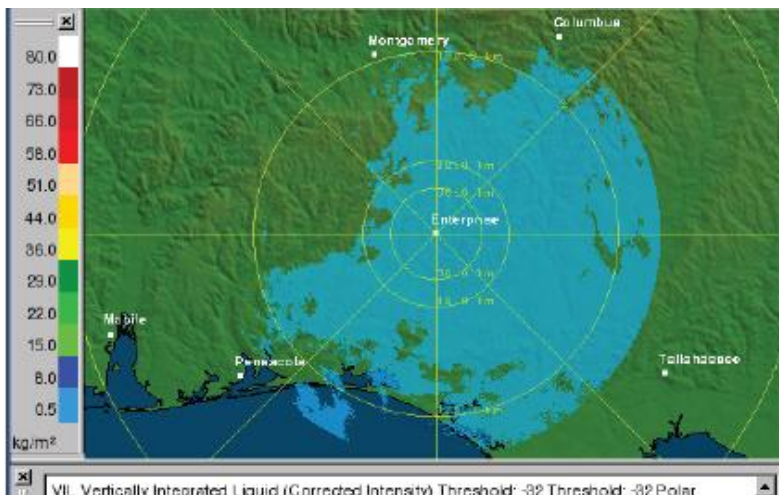
- แฟกเตอร์การสะท้อน (dBZ) ทั้งแบบ Corrected Intensity และแบบ Uncorrected Intensity
 - Corrected Intensity (Z) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์จะทำการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band)
 - Uncorrected Intensity (U) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ เช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band) ทำให้เราสามารถใช้ Uncorrected Intensity ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้ค่าความเข้มสำหรับการแสดงผลได้

5. VIL (the Vertical Integrated Liquid)

คือ ภาพที่แสดงลักษณะของผลรวมของหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) โดยประมาณที่บรรจุอยู่ในแต่ละคอลัมน์เหนือพื้นดิน หรือช่วงความสูงที่กำหนดของงานการตรวจวัดเชิงปริมาตร มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นการตรวจด้วย VIL สามารถใช้เป็นตัวบอกได้ถึงภาพโดยรวมของปริมาณหยาดน้ำฟ้าในบรรยากาศ ที่ไม่สามารถแสดงโดย PPI และ CAPPI ได้ การตรวจวัดโดยใช้ VIL ในระดับความสูงเหนือระดับ

เยือกแข็ง (Freezing Level; 0°C [3] ขึ้นไปจะใช้สำหรับการตรวจสอบการเกิดพายุ และการเกิดลูกเห็บได้ ขณะที่การตรวจ VIL ที่ระดับตั้งแต่พื้นดินจนถึงความสูงประมาณ 3 กิโลเมตร สามารถใช้ในการพยากรณ์ระยะสั้นของปริมาณของหยาดน้ำฟ้าที่กำลังจะตกได้ ปริมาณของหยาดน้ำฟ้าที่แสดงจะคำนวณออกมาจากความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของสัญญาณสะท้อนกลับ กับค่า Water Liquid Content (Z-W Relationship)

อย่างไรก็ตาม เพื่อความถูกต้องในการตรวจวัดโดยใช้ VIL เราควรหลีกเลี่ยงการตรวจวัดในบริเวณความสูงระดับเยือกแข็ง เพื่อหลีกเลี่ยงผลจากการเกิด Bright Band (ซึ่งจะทำให้ค่าความชื้นของการสะท้อนมีค่ามากกว่าปกติ) ที่บริเวณดังกล่าว VIL

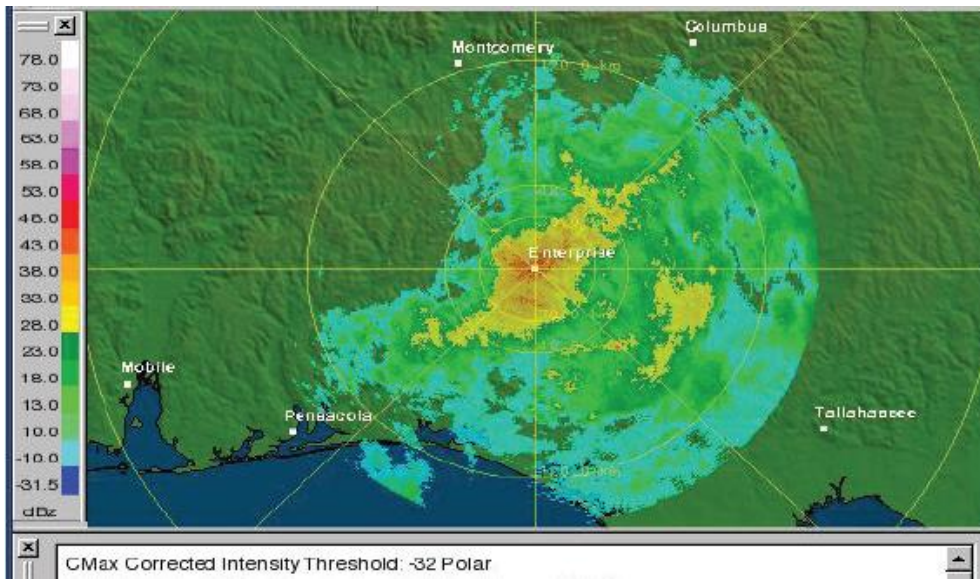


สามารถแสดงในรูปของ

- แฟกเตอร์การสะท้อน (dBZ) ทั้งแบบ Corrected Intensity และแบบ Uncorrected Intensity
 - Corrected Intensity (Z) คือการแสดงค่าของความชื้นของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์จะทำการหักกัสัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band)
 - Uncorrected Intensity (U) คือการแสดงค่าของความชื้นของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ เช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการหักกัสัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band) ทำให้เราสามารถใช้ Uncorrected Intensity ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้ค่าความชื้นสำหรับการแสดงผลได้ลักษณะของ Bright Band

6. Cmax (The column Maxima)

คือ ภาพที่แสดงการประมาณระดับความชื้นของสัญญาณสะท้อนกลับสูงสุดในแต่ละระดับความสูงในช่วงที่เรากำหนด และแสดงผลเป็นลักษณะภาพที่มองจากด้านข้าง (Side View) เราสามารถทำ Cmax จากการกวาดเชิงปริมาตรเท่านั้น Cmax



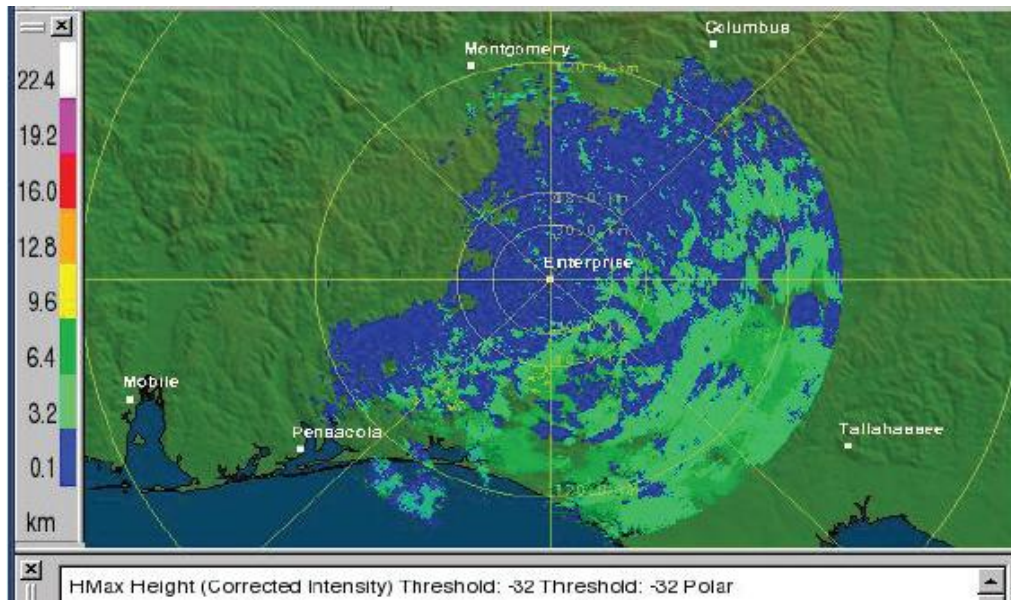
สามารถแสดงได้ในรูป

- แฟกเตอร์การสะท้อน (dBZ) ทั้งแบบ Corrected Intensity และแบบ Uncorrected Intensity
 - Corrected Intensity (Z) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์ จะทำการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band)
 - Uncorrected Intensity (U) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ เช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band) ทำให้เราสามารถใช้ Uncorrected Intensity ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้ค่าความเข้มสำหรับการแสดงผลได้

7. Hmax (The Highest Maximum Intensity)

คือ ภาพที่แสดงความสูงของกลุ่มเป้า หรือเมฆฝนที่มีความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับของเรดาร์ มากที่สุดในแต่ละคอลัมน์จากพื้นดิน ตามรูป 1-3 หรือตั้งแต่ระดับความสูงที่เรากำหนด จนถึงระดับที่เรา ต้องการ ซึ่งสามารถทำ HMax ได้จากการกวาดเชิงปริมาตรเท่านั้น จะสังเกตได้ว่า HMax จะมีความแตกต่างกับ ETOPS ตรงที่ HMax จะแสดงความสูง ณ จุดที่มีค่าความเข้มของการสะท้อนกลับที่มีค่ามากที่สุด ขณะที่

ETOPS จะแสดงความสูงของกลุ่มเป้า/เมฆฝน จากค่าขีดเริ่มของแฟกเตอร์การสะท้อนของแสดงผล (Threshold) ที่กำหนดขึ้น ดังนั้น ความสูงที่วัดได้จาก ETOPS จะมีค่ามากกว่า HMax เสมอ

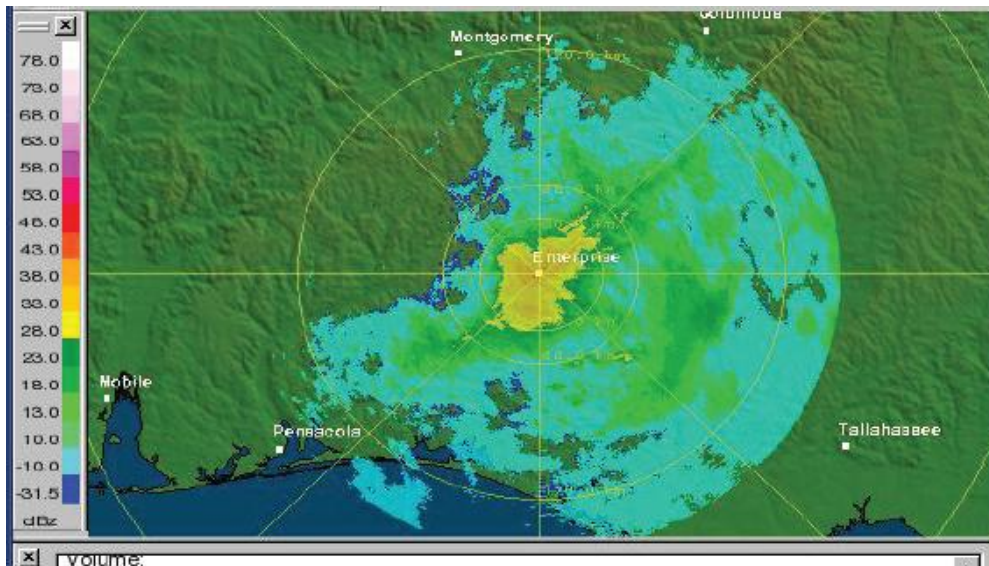


สามารถแสดงได้ในรูปของ

- แฟกเตอร์การสะท้อน (dBZ) ทั้งแบบ Corrected Intensity และแบบ Uncorrected Intensity
 - Corrected Intensity (Z) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์ จะทำการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band)
 - Uncorrected Intensity (U) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ เช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band) ทำให้เราสามารถใช้ Uncorrected Intensity ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้ค่าความเข้มสำหรับการแสดงผลได้

8. LRA (The Layer Reflectivity Average)

คือ ภาพที่แสดงว่าค่าระดับความเข้มที่ได้มาจากค่าเฉลี่ยของสัญญาณสะท้อนกลับเรดาร์ของแต่ละคอลัมน์เหนือพื้นดินของการตรวจวัดในระดับ หรือช่วงความสูงที่กำหนดของการตรวจวัดเชิงปริมาตร ตามรูป



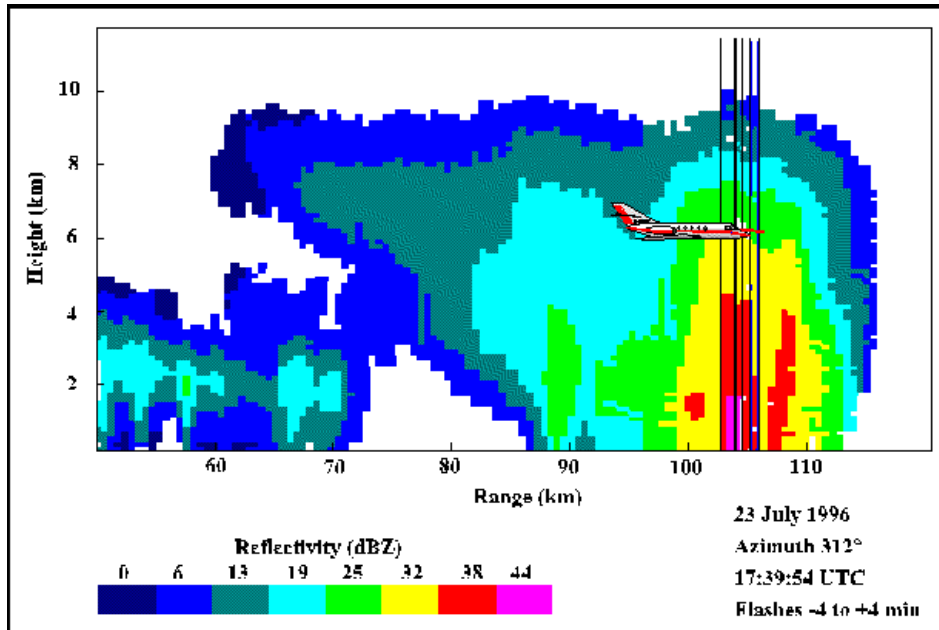
สามารถแสดงได้ในรูปของ

- แพลกเตอร์การสะท้อน (dBZ) ทั้งแบบ Corrected Intensity และแบบ Uncorrected Intensity
 - Corrected Intensity (Z) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์จะทำการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band)
 - Uncorrected Intensity (U) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ เช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band) ทำให้เราสามารถใช้อยู่ Uncorrected Intensity ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้ค่าความเข้มสำหรับการแสดงผลได้
 - อัตราการตกของฝน (Rain Rate) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง เป็นการแสดงผลของอัตราการตกของฝนที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับ (Reflectivity Factor ; $Z; \text{mm}^6 \text{m}^{-3}$) กับอัตราการตกของฝน (R) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง (Z-R Relationship)

9. RHI (The Range Height Indicator)

คือ ภาพที่แสดงค่าความเข้มของการสะท้อนกลับของสัญญาณเรดาร์จากการกวาดจานสายอากาศทางแนวตั้ง ที่มุมอะซิมุทใดๆ เพียงมุมเดียว โดยการกำหนดมุมอะซิมุทในทิศทางของเป้าที่ต้องการตรวจวัด แล้วค่อยๆ ปรับเปลี่ยนค่ามุมเงยตั้งแต่ค่าเริ่มต้นที่ต้องการสูงขึ้นไปถึงค่าที่กำหนด แต่ไม่เกิด 90 องศา ใช้สำหรับติดตาม และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มเมฆฝนความสูงของเมฆหรือพายุที่ต้องการได้ดีกว่า การ

ตรวจ โดย PPI และ CAPPI ดังนั้นงาน RHI จึงเหมาะสมสำหรับการตรวจสอบกลุ่มเมฆฝน หรือบริเวณที่เราสนใจได้ดี



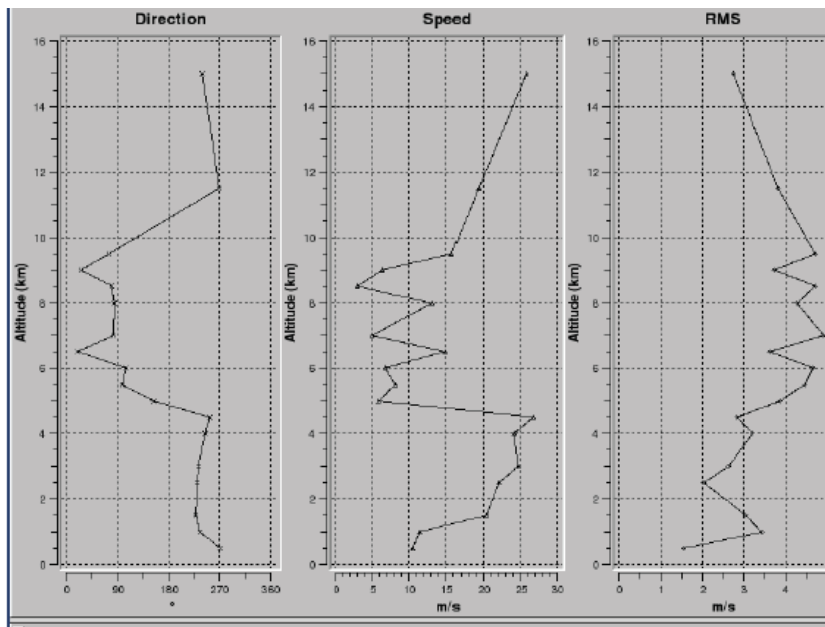
สามารถแสดงได้ในรูปแบบของ

- แพกเกจการสะท้อน (dBZ) ทั้งแบบ Corrected Intensity และแบบ Uncorrected Intensity
 - Corrected Intensity (Z) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์จะทำการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band)
 - Uncorrected Intensity (U) คือการแสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในรูปแบบของ dBZ เช่นเดียวกัน แต่ไม่มีการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก (Clutter, Occultation, Attenuation และ Bright Band) ทำให้เราสามารถใช้อยู่นอก Intensity ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้ค่าความเข้มสำหรับการแสดงผลได้
- ความเร็วเชิงรัศมี หรือความเร็วแบบดอปเปลอร์ (เมตรต่อวินาที) ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ในลักษณะของเคลื่อนที่เข้า (เครื่องหมายลบ) และเคลื่อนที่ออกจากเรดาร์ (เครื่องหมายบวก) เท่านั้น
- ความกว้างของสเปกตรัมกลุ่มเป้า/ฝน (Spectral Width) เป็นการตรวจวัดความกว้างของแถบความถี่ดอปเปลอร์ในลักษณะของผลต่างความเร็วลมเฉลี่ยกับความเร็วลมแวดล้อม มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที โดยค่าความกว้างของสเปกตรัมดังกล่าวจะแสดงถึงความปั่นป่วน (Turbulence) ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มเมฆฝนซึ่งมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความเร็วเชิงรัศมี และความเร็วเชิงรัศมีจะมีค่าเพิ่มอย่างรวดเร็วในบริเวณที่เกิดความปั่นป่วนของกระแสลมภายในกลุ่มเมฆฝนนั้น ดังนั้นเราสามารถใช้ Spectral Width เพื่อการเตือนภัยสำหรับการบินได้ ในขณะเดียวกันความกว้างของสเปกตรัมกลุ่มเป้าที่ตรวจได้ยังสามารถแสดงถึงการแพร่กระจายของคลื่นแบบผิดปกติ (Anomalous Propagation⁴) ได้ โดยที่ความเร็วเชิงรัศมีจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในบริเวณที่เกิดการแพร่กระจายของคลื่นแบบผิดปกติภายในกลุ่มเป้าที่ตรวจวัด

อัตราการตกของฝน (Rain Rate) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง เป็นการแสดงผลของอัตราการตกของฝนที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับ (Reflectivity Factor; Z ; $\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$) กับอัตราการตกของฝน (R) ในหน่วยของมิลลิเมตรต่อชั่วโมง (Z-R Relationship)

10. VAD (The Vertical Azimuth Display)

คือ การแสดงค่าความเร็วลมและทิศทางความเร็วลมเฉลี่ย รวมถึงการแสดงผลของ Vertical shear เฉลี่ยรอบเรดาร์ เมื่อเทียบกับความสูง (Vertical Wind Profile) โดยสามารถสร้าง VAD ได้จาก PPI หรือ CAAPI



References

- [1] Enterprise Electronics Cooperation (1999), **EDGE Operation Manual**, Volume2,EEC, Alabama USA.
- [2] Husche Ralph E.(1998),**Glossary of Meteorology**, 7th ed,American meteorology Society,Boston Massachusetts,USA