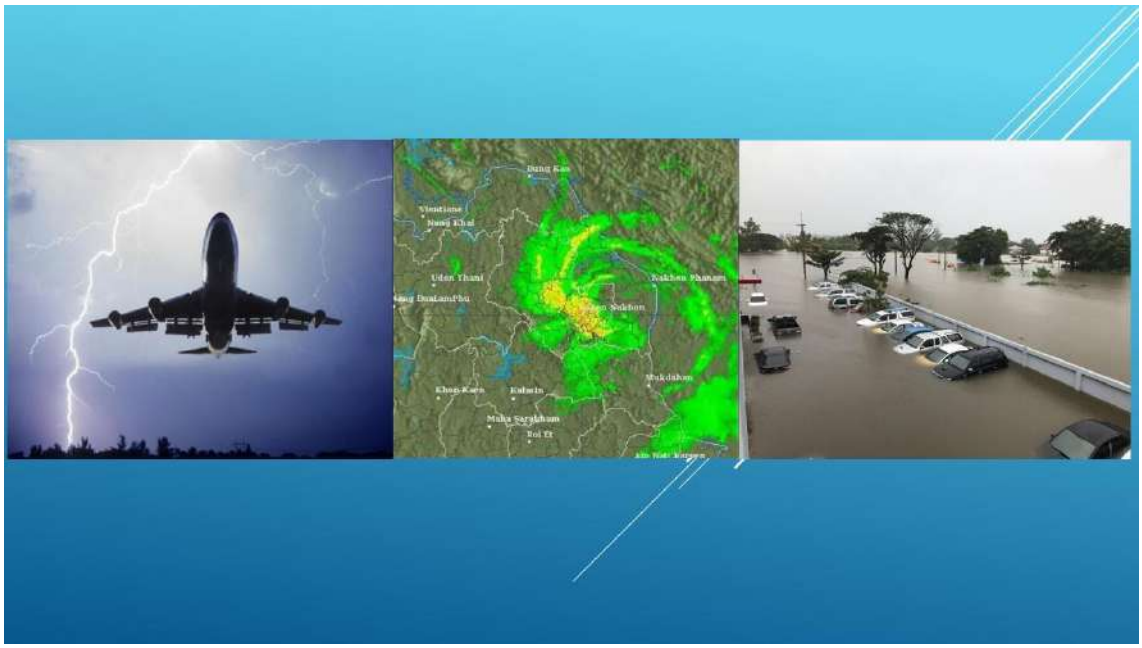
การพยากรณ์อากาศและแจ้งเตือนภัย

ด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ



ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

จังหวัดอุบลราชธานี กรมอุตุนิยมวิทยา

คำนำ

องค์ความรู้เรื่อง การพยากรณ์อากาศและแจ้งเตือนภัยด้วยเรดาร์ตรวจอากาศฉบับนี้ จัดทำขึ้น ตามโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ”พยากรณ์อากาศและแจ้งเตือนภัยด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ” เพื่อให้บรรลุผลตัวชี้วัดตามกรอบการประเมิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 องค์ประกอบที่5 : Potential Base ตัวชี้วัดที่ 5.1 การจัดทำและดำเนินการตามแผนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ เพื่อเป็นการทบทวน เพิ่มพูนความรู้ และเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานให้แก่บุคลากรของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ตามประเด็นยุทธศาสตร์ ที่ 1 : เพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์อากาศ และการแจ้งเตือนภัยในระดับพื้นที่

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

มีนาคม 2561

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**การทำงานของระบบเรดาร์**	1
	1.1 เรดาร์คืออะไร	1
	1.2 ระบบการทำงานของเรดาร์	4
	1.3 เครื่องเรดาร์ตรวจอากาศชนิด Dual Polarization	4
	1.4 ขั้นตอนการสร้างProcess Configuration	6
	1.5 ตรวจสอบสถานะ Scheduler ในระหว่างการสแกน	7
	1.6 ขั้นตอนการสร้างภาพ Moment ต่างๆ	8
	1.7 ภาพเรดาร์ที่พยากรณ์อากาศใช้งาน	9
2	**การพยากรณ์อากาศและแจ้งเตือนภัยด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ**	16
	2.1 การพยากรณ์อากาศ	16
	2.2 การพยากรณ์อากาศและแจ้งเตือนภัยด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ	16
	2.3 คุณประโยชน์ของเรดาร์ Dual Polarization	18
	2.4 ผลผลิตจากข้อมูลเรดาร์ระบบ Dual Polarization	18
	2.4.1 Differential Reflectivity (ZDR)	18
	2.4.2 Correlation Coefficient (CC)	20
	2.4.3 Specific Differential Phase (KDP)	21
	- เอกสารอ้างอิง	23

บทที่ 1

การทำงานของระบบเรดาร์

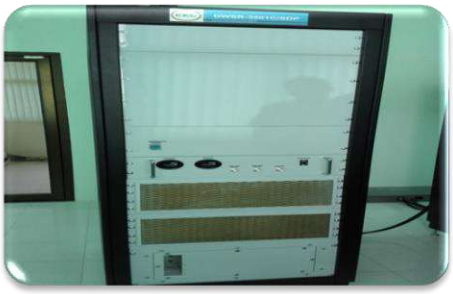
1.1 เรดาร์คืออะไร

RADAR ย่อมาจาก RAdio Detection And Ranging หมายถึง การใช้คลื่นวิทยุหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเครื่องมือในการระบุ ระยะ (range) ความสูง (altitude) รวมถึงทิศทางและความเร็ว ในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เรียกว่าเป้า (target) สัญญาณเรดาร์ที่ส่งออกไปในบรรยากาศ โดยการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปกระทบเป้าแล้วสะท้อนกลับมา แล้วคำนวณเปรียบเทียบระยะวลาที่คลื่นเดินทางออกไปแล้วสะท้อนกลับมาในทิศทางที่กำหนดไว้ ทำให้ทราบ ตำแหน่งเช่น ภูเขา เครื่องบิน กลุ่มฝน หิมะ ก้อนเมฆ เป็นต้น เรดาร์จึงมีการใช้งานในหลายๆ แบบแตกต่างกัน เช่น เรดาร์ทางการทหาร , เรดาร์ทางการบินและขนส่งทางอากาศ และเรดาร์ตรวจอากาศเป็นต้น

เรดาร์ตรวจอากาศใช้ตรวจ หยาดน้ำฟ้าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ลูกเห็บ หิมะ ฝน ฝนฟ้าคะนอง พายุฝนฟ้าคะนอง นอกจากนั้นยังสามารถใช้ตรวจและบอกตำแหน่งศูนย์กลางพายุหมุนเขตร้อนได้ตั้งแต่พายุโซนร้อนจนถึงพายุไต้ฝุ่น เมื่อศูนย์กลางพายุนั้น เคลื่อนเข้ามาในรัศมีหวังผลของเรดาร์ตรวจอากาศ เรดาร์ตรวจอากาศใช้ตรวจอากาศในระยะไกลเกินกว่าสายตามนุษย์จะเห็นได้ ทำให้ทราบขนาดและความรุนแรง ทิศทางและความเร็วของเป้าหมายได้ ทำให้สามารถแจ้งเตือนภัยได้ล่วงหน้า ก่อนที่ลักษณะอากาศร้ายจะมาถึง

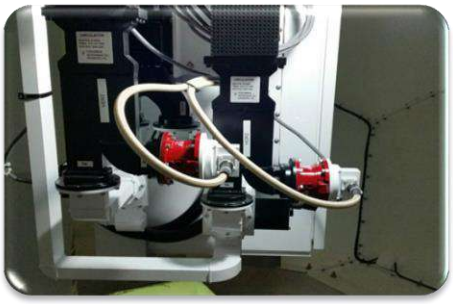
ส่วนประกอบของเครื่องเรดาร์

1. เครื่องส่ง (Transmitter)



- ทำหน้าที่ผลิตและส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves) ออกไปค้นหาเป้าผ่านทางจานสายอากาศด้วยกำลังส่ง (เรดาร์อุบลกำลังส่ง 250 – 350 กิโลวัตต์)

2. เครื่องรับ (Receiver)



- ทำหน้าที่รับและขยายสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมา ให้มีขนาดความแรงของสัญญาณ ที่เพียงพอเพื่อใช้ในการประมวลผลข้อมูลต่อไป

3. ระบบจานสายอากาศ (Antenna)

- เป็นระบบที่มีการเชื่อมต่อกับระบบภาคส่งและระบบภาครับสัญญาณ สัญญาณคลื่นวิทยุที่สร้างออกมาจากภาคส่งจะส่งต่อไปยังระบบจานสายอากาศ เพื่อส่งสัญญาณคลื่นวิทยุสู่บรรยายกาศ จากนั้นระบบจานสายอากาศจะรอรับสัญญาณสะท้อนกลับเพื่อส่งต่อไปยังระบบภาครับ

4. ระบบประเมินผล (Processor), ระบบควบคุมและแสดงผลข้อมูลเรดาร์(Controls and Display)

- ระบบประเมินผล (Processor) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากคลื่นที่สะท้อนเป้ากลับมา
- ระบบควบคุมและแสดงผลข้อมูลเรดาร์(Controls and Display)ทำหน้าที่สั่งการทั้งระบบภาคส่งและภาครับและระบบจานสายอากาศเพื่อให้ทำงานตามต้องการ ในปัจจุบันจะใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลและควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องเรดาร์รวมทั้งการจัดเก็บข้อมูลด้วย

5. ชุดรีโมทระบบประเมินผล (Processor), ระบบควบคุมและแสดงผลข้อมูลเรดาร์(Controls and Display)

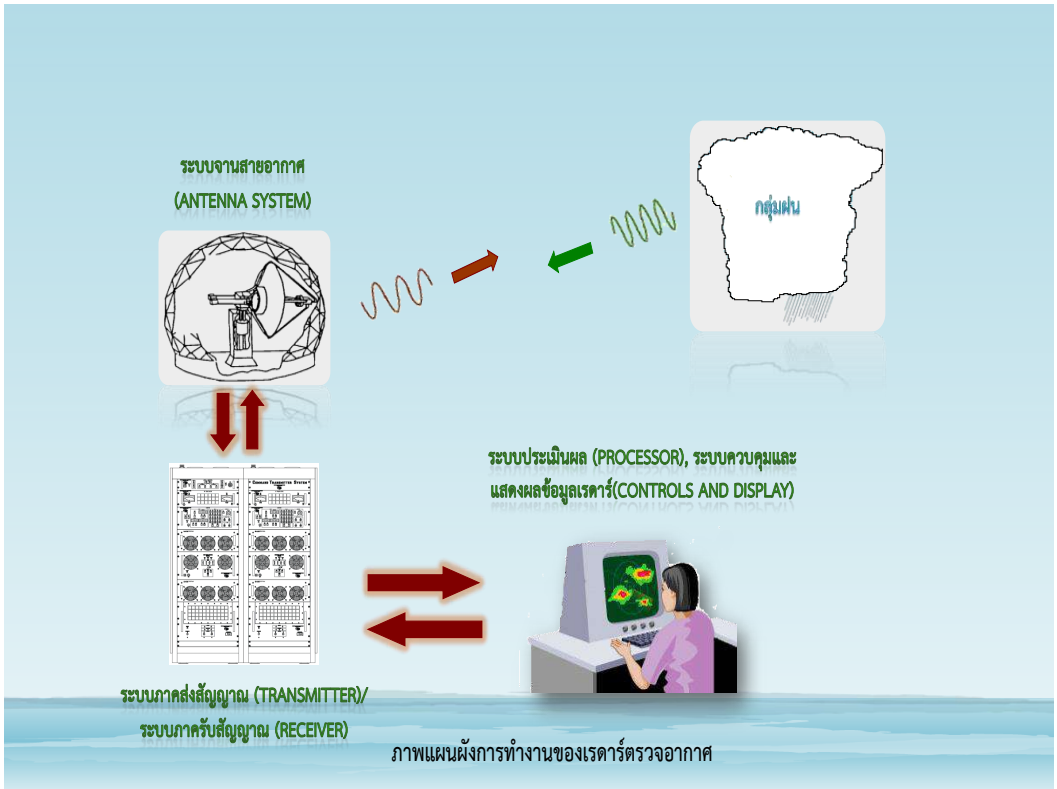
ทำหน้าที่สั่งงานการตรวจ ระบบเครื่องเรดาร์ฯ ทั้งหมด รายงานผลการตรวจ การทำงานของเครื่อง และอาการขัดข้อง ให้ผู้ใช้งานทราบ มีหน้าที่ทำการผลิต Product ภาพผลการตรวจทางอุตุนิยมวิทยา

<u>เครื่องคอมพิวเตอร์ Workstation EDGE 5.0 เครื่อง A</u> เป็นเครื่องหลักในการสั่งงาน ตรวจเรดาร์ ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ HP รุ่น Z Series ในการทำงาน ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux SUSE และติดตั้งโปรแกรม EDGE 5.0 Software ในการสั่งานระบบเครื่องเรดาร์ฯ มีจอมอนิเตอร์ขนาดใหญ่ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ใช้ระบบเครื่องรุ่นใหม่ (สอต. น่าน และ ศล.อุบลราชธานี) เครื่องคอมพิวเตอร์ Workstation EDGE 5.0 ถูกติดตั้งที่ตู้เครื่องรับ และเชื่อมต่อกับ KVM ในการแสดงผลข้อมูล สามารถผลิต Product ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาได้มากกมาย เช่น Reflectivity (Z) ความรุนแรงของกลุ่มฝน , Radial Velocity (V) การตรวจวัดทิศทางและเคลื่อนตัว Spectral Width (W) ความแตกต่าง ของความเร็วลมในกลุ่มฝน รวมทั้ง Product ชนิด Dual ได้แก่ Differential Phase (0DP) ,Correlation Coefficient (pHV),Linear Depolarization Ratio (LDR) สำหรับตรวจลูกเห็บ เป็นต้น

<u>เครื่องคอมพิวเตอร์ Workstation EDGE 5.0 เครื่อง B และ C</u> เป็นเครื่อง Client สั่งงานได้เหมือนเครื่องหลักแต่ <u>จะต้องทำงานและสั่งงานผ่านเครื่อง A</u> ไม่สามารถใช้งานแทนเครื่อง A ได้ (ถ้าเครื่อง A เสีย เครื่อง B และ C ก็ไม่สามารถใช้สั่งงานระบบเรดาร์ได้) ใช้สำหรับให้เจ้าหน้าที่อุตุนิยมวิทยา ใช้งานใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ HP Z Series ในการทำงาน ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux SUSE และติดตั้งโปรแกรม EDGE 5.0 Software ในการสั่งงานระบบเครื่องเรดาร์ฯ

<u>เครื่องคอมพิวเตอร์ Workstation EDGE PC</u> เป็นเครื่องไว้ใช้ แสดงผลการตรวจให้ นักอุตุฯ ใช้งาน มีฟังชั่นที่สามารถนำ Volume file ทำการสร้างหรือ Generate Product ใหม่ๆได้ ใช้ Software Windows และ EDGE PC Software ในการแสดงผล

1.2 ระบบการทำงานของเรดาร์



1.3 เครื่องเรดาร์ตรวจอากาศชนิด Dual Polarization

เป็นเครื่องเรดาร์ตรวจอากาศ รุ่นล่าสุดที่ใช้งานของกรมอุตุนิยมวิทยา และหน่วยงานอื่นเช่น สำนักฝนหลวงเพื่อการเกษตร และสำนักระบายน้ำกรุงเทพมหานคร เป็นต้น ซึ่งมีหลักการทำงานแบบเดียวกับเครื่องเรดาร์ชนิด Single Polarization แต่เพิ่มแกนการส่งคลื่นอีกหนึ่งแกน คือมีทั้ง แกนแนวนอน Horizontal และ แกนแนวตั้ง Vertical เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจและพยากรณ์อากาศ ทำให้ได้ผลการตรวจกลุ่มฝน พายุและปรากฏการณ์ลูกเห็บได้แม่นยำยิ่งขึ้น โดยมีผลผลิตการตรวจ หรือ Product เพิ่มจากเดิมอีก 4 Product ใช้สำหรับตรวจลูกเห็บ ดังนี้ – Correlation Coefficient(CC,pHV) - Specific Differential Phase(KDP) – Differential Reflectivity(ZDR) – Hydrometeor classification(HC)

โพลาไรเซชัน (Polarization)

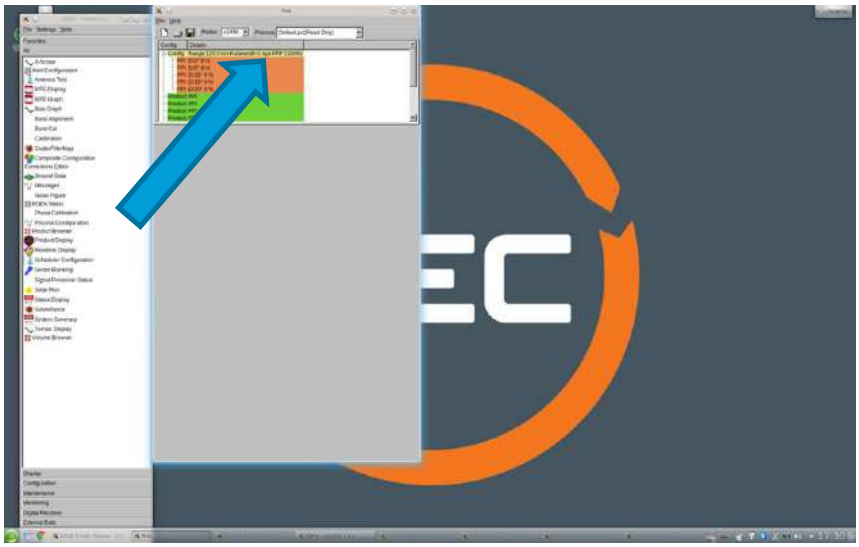
หมายถึง ทิศทางการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะมีการกระจาย (ส่งและรับ) ทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยระบบเรดาร์สามารถที่จะส่งหรือรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศทางการแผ่กระจายทั้งแนวตั้ง (Vertical : V) และแนวนอน (Horizontal : H) ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นเรดาร์กับวัตถุในแนวตั้งและแนวนอน สำหรับโพลาไรเซชันที่ต่างกันจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุ ผลดังกล่าวทำให้แยกวิเคราะห์หรือแยกประเภทของ เป้า (Target) ชนิดต่างๆได้

Dual Polarization :General Physical Interpretation

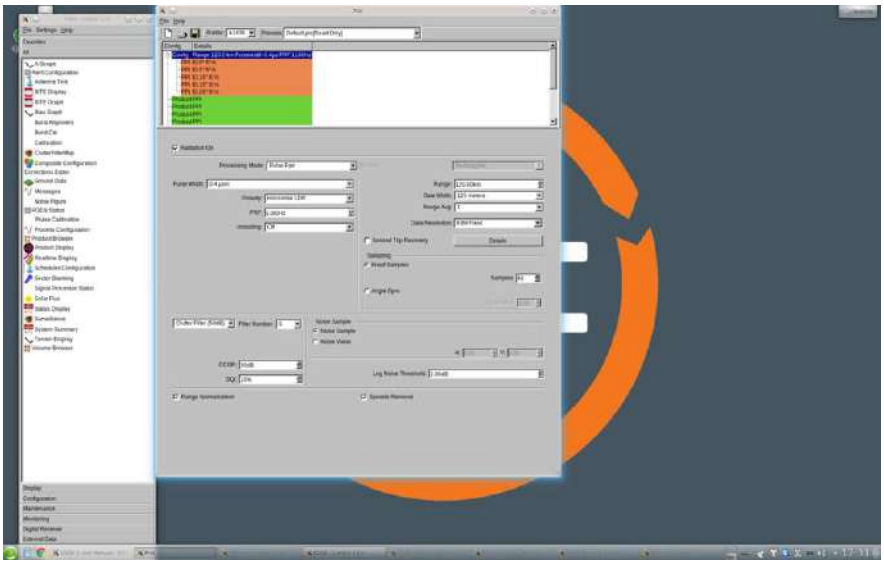
Non-Meteorological (birds, insects, etc.)	Metr (Non-Uniform) (hail, melting snow, etc.)	Metr (Uniform) (rain, snow, etc.)
Complex scattering from pulse-to-pulse. Horizontal and vertical pulses change in different manners from pulse-to-pulse	Somewhat complex scattering from pulse-to-pulse. Moderate differences from pulse-to-pulse for the horizontal and vertical pulses	Well-behaved scattering from pulse-to-pulse. Little differences from pulse-to-pulse for the horizontal and vertical pulses

1.4 ขั้นตอนการสร้างProcess Configuration

1.เปิด หน้าต่าง EDGE-Control ขึ้นมาแล้วคลิ๊กขวา



2.คลิ๊กแถวบนสุด จะมีหน้าต่างขึ้นมา ให้เราใส่ค่าที่จะใช้ในการสแกนเช่น ระยะทาง จำนวนมุมยก ความเร็วในการหมุนของจานสายอากาศ และค่าอื่นๆให้ครบ แล้ว Save As ชื่อ Process ที่จะเรียกใช้ใน Scheduler เช่นชื่อ Radar407

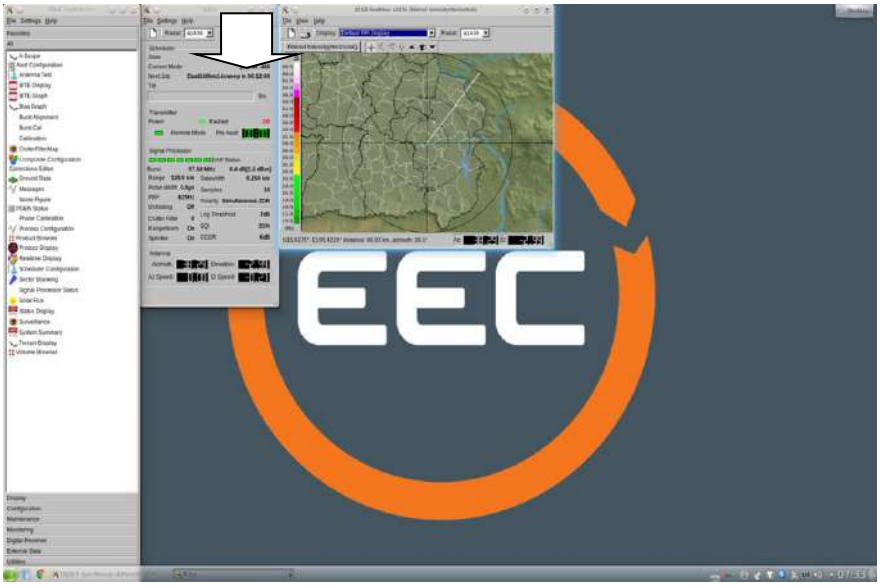


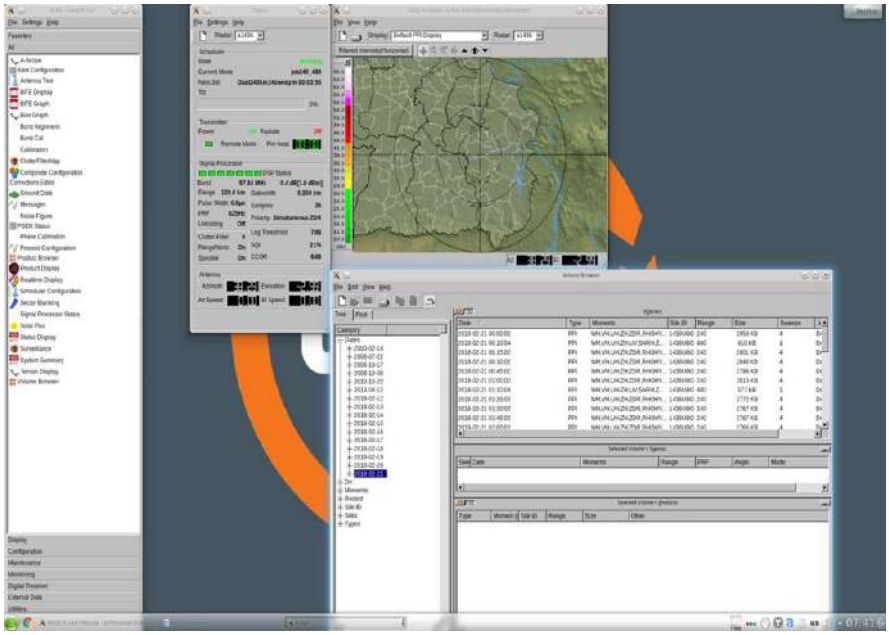
1.5 ตรวจสอบสถานะ Scheduler ในระหว่างการสแกน

1.เลือก status Display จากหน้าต่าง Edge-Control

2.เลือก Real-Time Display จากหน้าต่าง Edge-Control

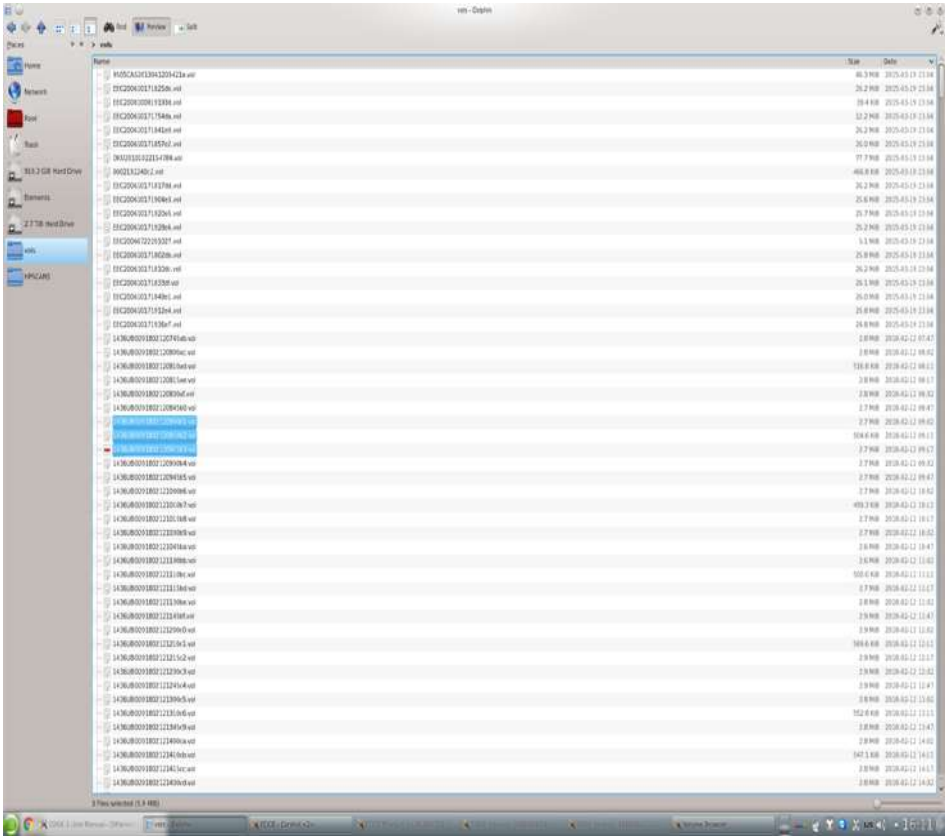
3.หลังจาก สแกนแล้วภาพจะมาเก็บที่ Volume Browser





1.6 ขั้นตอนการสร้างภาพ Moment ต่างๆ

1.Copy file ที่มีนามสกุล .vol นำมาวางที่ Root/var/opt/edge/vols



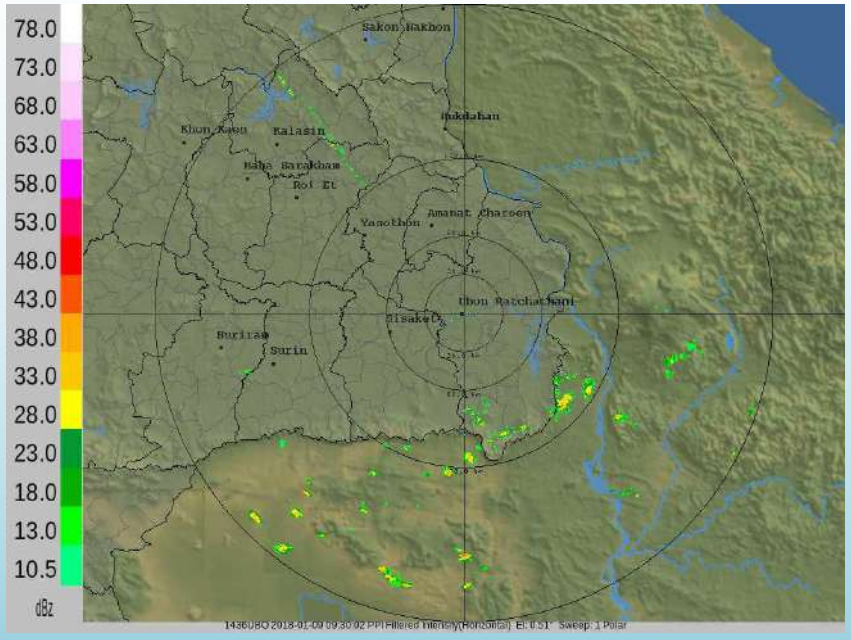
2.ปิดและเปิดโปรแกรม EDGE ที่หน้าจอขึ้นมาใหม่

1.7 ภาพเรดาร์ที่พยากรณ์อากาศใช้งาน

➢ ภาพ **Reflectivity หรือ** PPI Filltered Intensity

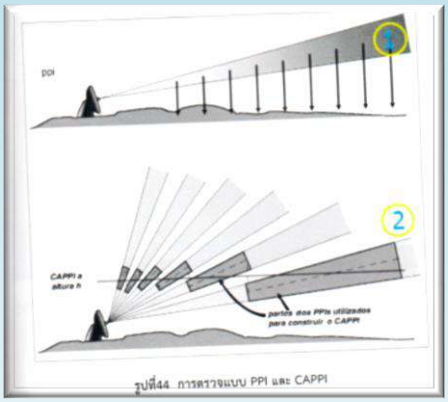
Reflectivity (Z) ความแรงของสัญญาณ (หน่วยเป็น decibel หรือ dBZ) คือการสะท้อนกลับของสัญญาณเรดาร์ฯ ที่กระทบกลุ่มฝนหรือเป้าต่างๆ ความแรงของสัญญาณที่สะท้อนเข้าสู่จานสายอากาศเข้าภาคเครื่องรับ ส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมาลผล โดยเรดาร์แบบ Doppler สามารถตัดเป้าที่ไม่ต้องการ Uncorrected Reflectivity (U) ออกไปได้ เหลือเฉพาะเป้ากลุ่มฝน ทำให้ง่ายแก่การวิเคราะห์ข้อมูล โดยแสดงเป็นเฉดสีต่างๆ โดยแต่ละสีแทนค่าความแรงของสัญญาณที่สะท้อนกลับมา (dBZ) เป็นต้น

ภาพ PPI Filltered Intensity



❖ภาพเรดาร์ที่พยากรณ์อากาศใช้งาน (ต่อ)

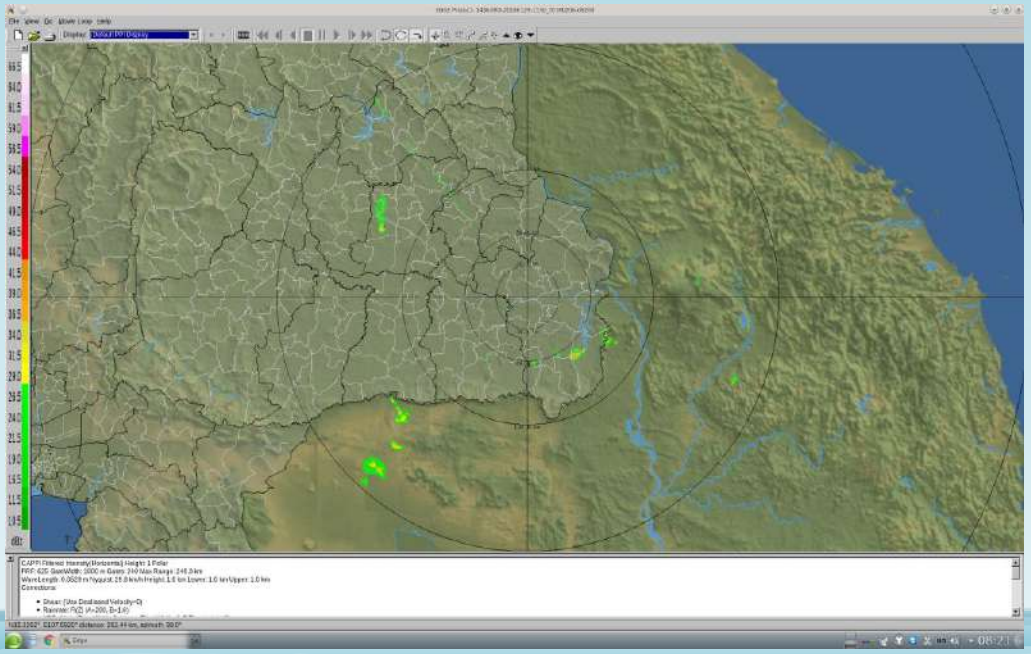
➢ ภาพ CAPPI (Constance Altitude PPI)



รูปที่44 การตรวจแบบ PPI และ CAPPI

คือการตรวจสอบแบบ PPI แต่จะกำหนดมุมยก (Elevation) เพิ่มขึ้นมากกว่า 1 มุม (Volume Scan) เช่น 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 4.5 เป็นต้น สามารถกำหนดมุมได้หลายๆมุมตามต้องการ เมื่อเครื่องเรดาร์ทำการตรวจเสร็จครบทุกมุมแล้ว จะแสดงภาพผลการตรวจกลุ่มฝน ที่ความสูงตามที่ผู้ใช้กำหนดเช่น กลุ่มที่สูง 1.5 กิโลเมตรจาก จานสายอากาศ หอเรดาร์ เป็นต้น Software Radar จะแสดงภาพตัดทางแนวนอน ของการตรวจทุกมุม ที่ 1.5 กิโลเมตร เป็นต้น

ภาพ CAPPI

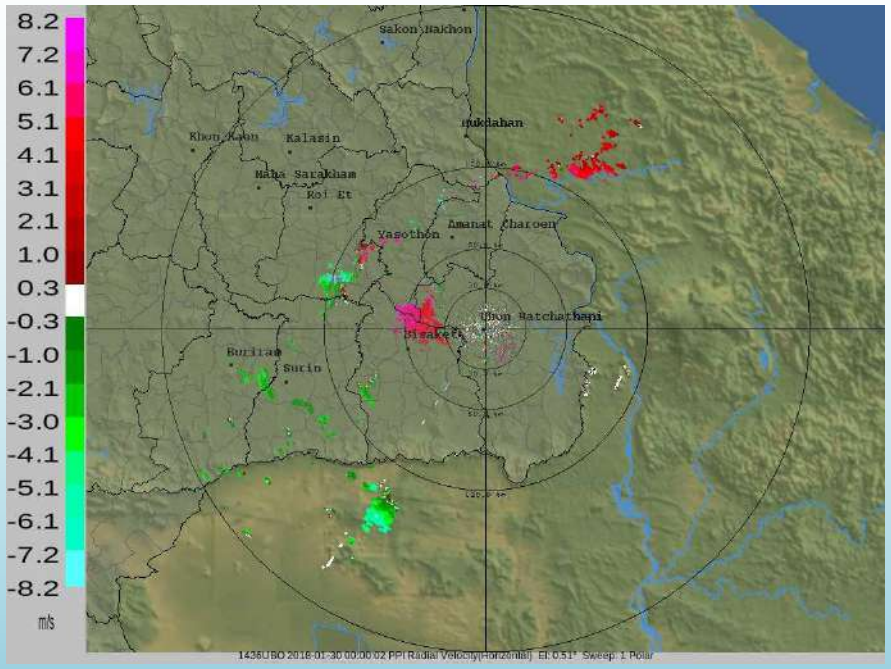


❖ภาพเรดาร์ที่พยากรณ์อากาศใช้งาน (ต่อ)

➢ ภาพ PPI Radial Velocity (VH)

Velocity (V) ความเร็วในการเคลื่อนตัว (หน่วยเป็น m/s , เมตร/วินาที) คือการเคลื่อนตัวเข้า (Toword) หรือเคลื่อนตัวออก (Away) จากสถานีเรดาร์ฯ เครื่องเรดาร์ยังบอกความเร็วในการเคลื่อนตัวได้อีกด้วย เป็นประโยชน์กับเจ้าหน้าที่ในการวิเคราะห์ ระยะเวลาที่เป้ากลุ่มฝนจะเคลื่อนมาถึงบริเวณสถานีฯ

ภาพ PPI Radial Velocity



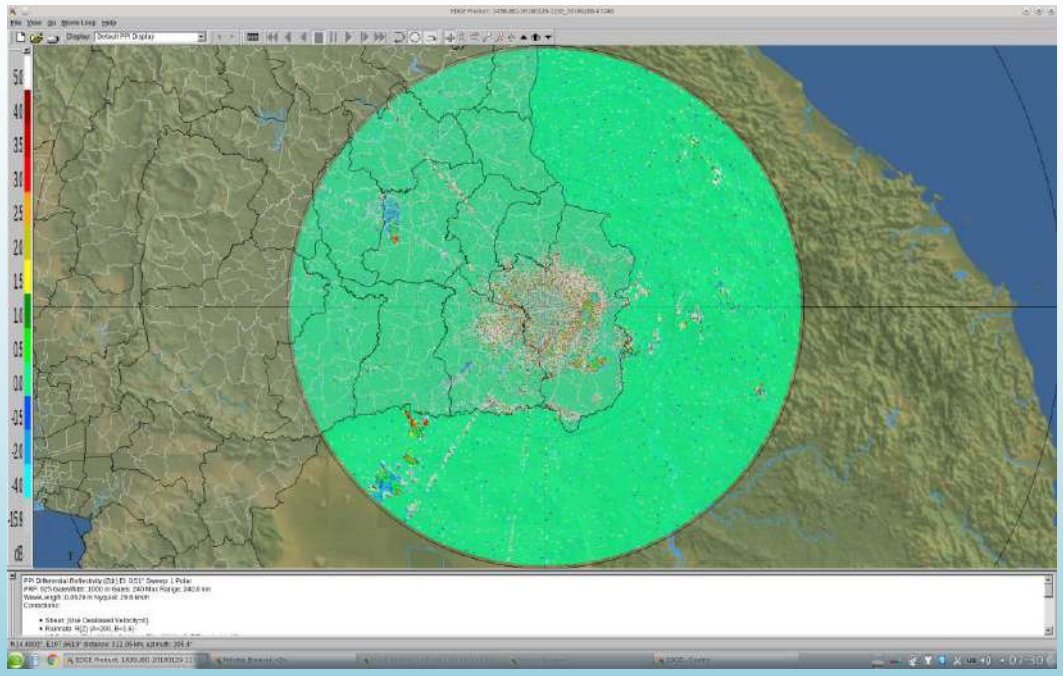
❖ภาพเรดาร์ที่พยากรณ์อากาศใช้งาน (ต่อ)

➢ ภาพ Differential Reflectivity (ZDR)

Differential Reflectivity (ZDR) –a ratio of the reflected horizontal and vertical power returns. Differential reflectivity is a good indicator of the size and shape of the target.

ความแตกต่างการสะท้อนกลับ ทางแนวตั้งและแนวนอน จะบอกขนาดและรูปร่างของเป้าหมาย ตามสมการดังนี้ $ZDR = \frac{Z_h}{Z_v}$ (หน่วยเป็น dB) เช่น ฝนมีรูปร่างแบนมีค่าแนวนอนมากกว่าแนวตั้งเมื่อแทนค่าแล้ว ZDR > 0 และถ้าค่าบวกยิ่งมาก ฝนก็จะยิ่งเม็ดใหญ่

ภาพ Differential Reflectivity (ZDR)

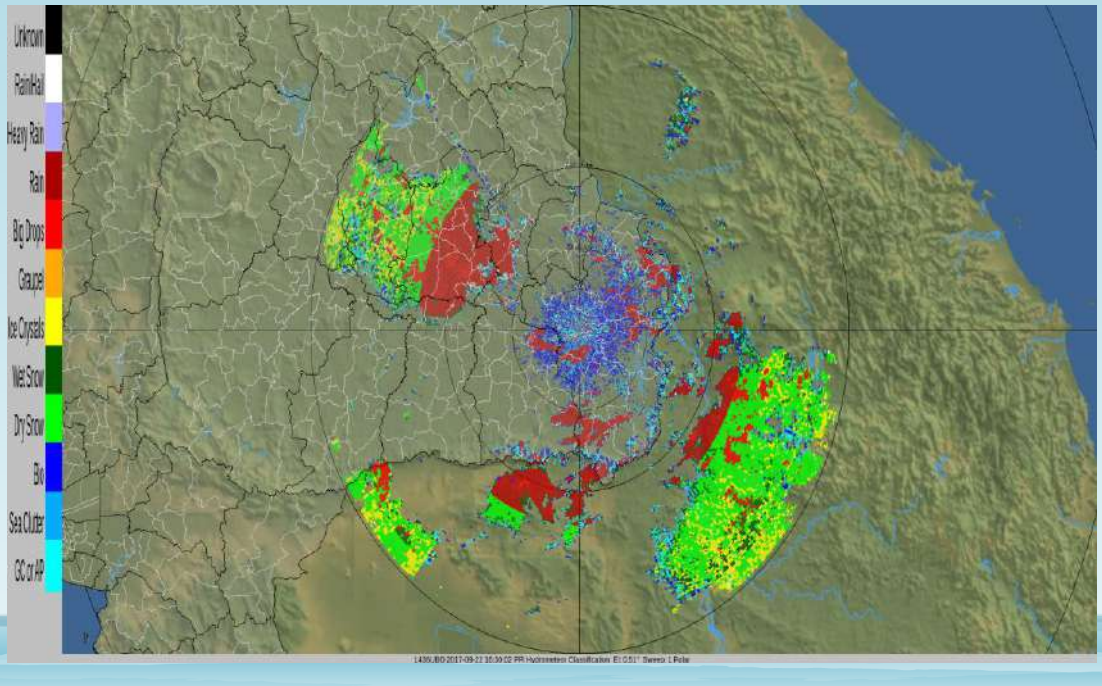


❖ภาพเรดาร์ที่พยากรณ์อากาศใช้งาน (ต่อ)

➢ ภาพ Specific Differential Phase (KDP) or Phi DP

- Specific Differential Phase (KDP) ค่าการเปรียบเทียบความแตกต่างของเฟสต่าง ๆ แนวตั้ง (Vertical : V) และแนวนอน (Horizontal : H) และแนวตั้งต่อระยะที่เฉพาะเจาะจง ค่าความแตกต่างของ Phase(ช่วงคลื่น)เฉพาะเจาะจง ใช้ในการแยกแยะ และเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มฝนแต่ละกลุ่ม โดยขอบเขตของเรดาร์จะมีการเปลี่ยนแปลง Phaseที่แตกต่างกันไปตามแนวรัศมี (ช่วงคลื่นที่ไม่ใช่เป้าทางด้านอุตุนิยมจะไม่แสดงให้เห็นใน Products นี้)

ภาพ Hydrometeor Classification (HC)



Expected Dual Pol Scale

Event	Z (dBZ)	ZDR (dB)	CC	KDP (°/km)
Hail Not Mixed With Rain	55-65	~0	0.95-1.00	<0.5
Hail Mixed With Rain	55-65	0.5 to 1.5	0.85-0.95	>0.5
Melting or Mostly Melted Hail	60+	>2	0.9-0.98	>1.5 (possibly extreme >4.0)
Giant Hail (>2") Not Mixed With Rain	HP: 65+ LP: ~40	-1.5 to 0	<0.85	N/A
Giant Hail (>2") Mixed With Rain	65+	0 to 1.5	0.7 to 0.85	N/A
Heavy Rain Mixed With Hail	>55	+RA and non-melted Hail: Positive but low. +RA and melted Hail: Up to 6.0	<0.96	~7+
Pure Heavy Rain	40-55	4.0 to 6.0	>0.95	0.5 to 3.0
Heavy Rain Continental Large Drops	50-60	2.0 to 5.0	>0.96	>1.0
Heavy Rain Tropical Small Drops	40-50	0.5 to 3.0	0.98 to 0.99	>1.0
ZDR Column	>25	>2 (Locally enhanced ZDR co-located with inflow notch)	<0.97	>0.5

ประโยชน์ของเรดาร์ตรวจอากาศ

เรดาร์มีประโยชน์มากในกิจการอุตุนิยมวิทยา เพราะเรดาร์สามารถตรวจจับและรายงานผลการตรวจในขณะที่ปรากฏการณ์ต่างๆกำลังเกิดขึ้นจริง (Real Time Observation) ในบริเวณที่ห่างออกไปจากสถานีเรดาร์หลายร้อยกิโลเมตร ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาปกติและด้วยการนำเอาวิทยาการอันทันสมัยของคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้กับเครื่องเรดาร์ ก็ยิ่งทำให้เพิ่มความรวดเร็วในการทำงานของเรดาร์ยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามสามารถจำแนกประโยชน์ของเรดาร์ได้ดังนี้

1. ใช้ตรวจจับหาบริเวณที่มีฝนหรือฝนฟ้าคะนอง รวมทั้งรายงานความแรงทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนตัวของกลุ่มฝนนั้นๆด้วย
2. ใช้ตรวจและติดตามการเคลื่อนตัว รวมทั้งหาศูนย์กลางของพายุหมุน เช่น พายุโซนร้อน พายุไต้ฝุ่น เป็นต้น
3. ใช้ตรวจหิมะ ลูกเห็บ เมฆ
4. ช่วยในการพยากรณ์อากาศระยะสั้น และใช้เป็นข้อมูลประกอบการตรวจอากาศเพื่อการบิน
5. ใช้วิเคราะห์ทิศทางและความเร็วลมชั้นบนในระดับต่างๆ
6. ช่วยในการเตือนภัยและเตรียมการป้องกันน้ำท่วม

บทที่ 2

การพยากรณ์อากาศและแจ้งเตือนภัยด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ

2.1 การพยากรณ์อากาศ (ดร.ดุษฎี ศุขวัฒน์, https://tmd.go.th/info/info.php?FileID=1)

ความหมายของการพยากรณ์อากาศ

การพยากรณ์อากาศ คือการคาดหมายสภาพลมฟ้าอากาศในอนาคต โดยการผสานความรู้ความเข้าใจในปรากฏการณ์และกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ และสภาพสภาวะอากาศที่เกิดขึ้นในขณะปัจจุบันเข้าด้วยกัน

ความรู้ความเข้าใจในปรากฏการณ์และกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ ได้มาจากเฝ้าสังเกตและบันทึกไว้ และต่อมามีการพัฒนาศึกษาหาสาเหตุด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สภาวะอากาศปัจจุบันที่ใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์อากาศนั้น ได้มาจากการตรวจอากาศ ซึ่งมีทั้งการตรวจอากาศผิวพื้น การตรวจอากาศชั้นบนในระดับความสูงต่าง ๆ สิ่งสำคัญที่ต้องทำการตรวจเพื่อพยากรณ์อากาศได้แก่ อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้น ลม เมฆ และฝน นอกจากนั้นแล้วในปัจจุบันยังมีการตรวจอากาศที่ช่วยให้การพยากรณ์แม่นยำยิ่งขึ้นคือ การตรวจอากาศด้วยเรดาร์และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ระยะเวลาของการพยากรณ์อากาศ

การพยากรณ์อากาศอาจเป็นการคาดหมายสำหรับช่วงเวลาไม่กี่ชั่วโมงข้างหน้า จนถึงการคาดหมายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอีกหลายปีจากปัจจุบัน สามารถแบ่งชนิดของการพยากรณ์อากาศตามระยะเวลาที่คาดหมายได้ดังนี้

1. การพยากรณ์ระยะปัจจุบัน (nowcast) หมายถึงการรายงานสภาวะอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและการคาดหมายสภาพลมฟ้าอากาศสำหรับช่วงเวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง
2. การพยากรณ์ระยะสั้นมาก คือการพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาไม่เกิน 12 ชั่วโมง
3. การพยากรณ์ระยะสั้น หมายถึง การพยากรณ์สำหรับระยะเวลาเกินกว่า 12 ชั่วโมงขึ้นไปจนถึง 3 วัน
4. การพยากรณ์อากาศระยะปานกลาง คือ การพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาที่เกินกว่า 3 วันขึ้นไปจนถึง 10 วัน
5. การพยากรณ์ระยะยาว คือการพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาระหว่าง 10 ถึง 30 วัน
6. การพยากรณ์ระยะนาน คือการพยากรณ์ตั้งแต่ 30 วัน จนถึง 2 ปี
7. การพยากรณ์ภูมิอากาศ คือการพยากรณ์สำหรับช่วงเวลามากกว่า 2 ปีขึ้นไป

2.2 การพยากรณ์อากาศและแจ้งเตือนภัยด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ

เนื่องจากเรดาร์สามารถตรวจจับกลุ่มฝนและหยาดน้ำฟ้า และรายงานผลการตรวจในขณะที่ปรากฏการณ์ต่างๆกำลังเกิดขึ้นจริง (Real Time Observation) ในบริเวณที่ห่างออกไปจากสถานีเรดาร์หลายร้อยกิโลเมตรได้ (ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาปกติ) เรดาร์จึงมีประโยชน์เป็นอย่างมากในกิจการอุตุนิยมวิทยาโดยเฉพาะอย่างยิ่งใน**การพยากรณ์ระยะปัจจุบัน หรือ Nowcast**

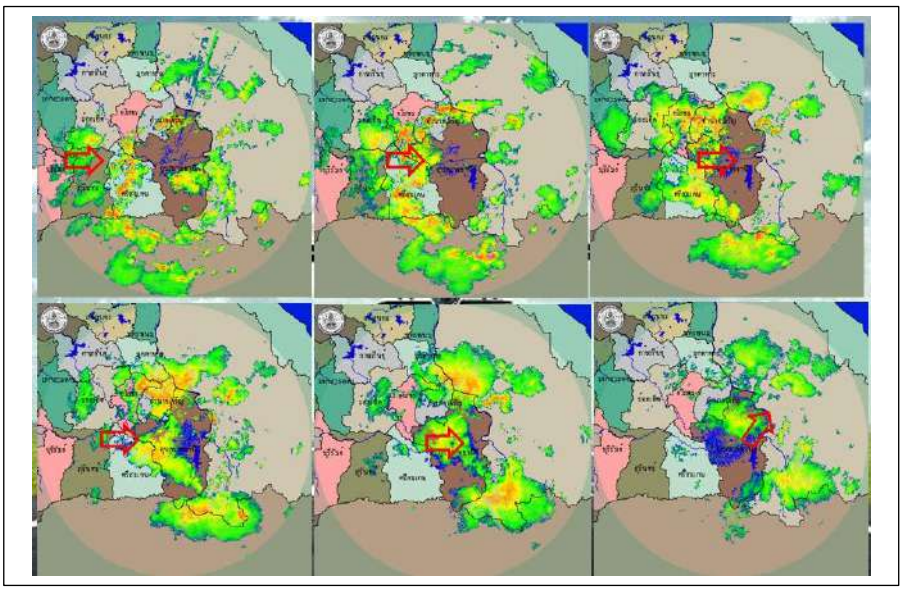
ประโยชน์ของการพยากรณ์อากาศระยะสั้นมาก (Nowcast) โดยใช้เรดาร์ตรวจอากาศ ได้แก่

1. เตือนกลุ่มฝนหรือพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง ฝนหนัก และลูกเห็บ ที่จะเคลื่อนเข้าสู่บริเวณรับผิดชอบ เช่น เมือง, สนามบิน ฯลฯ เป็นต้น

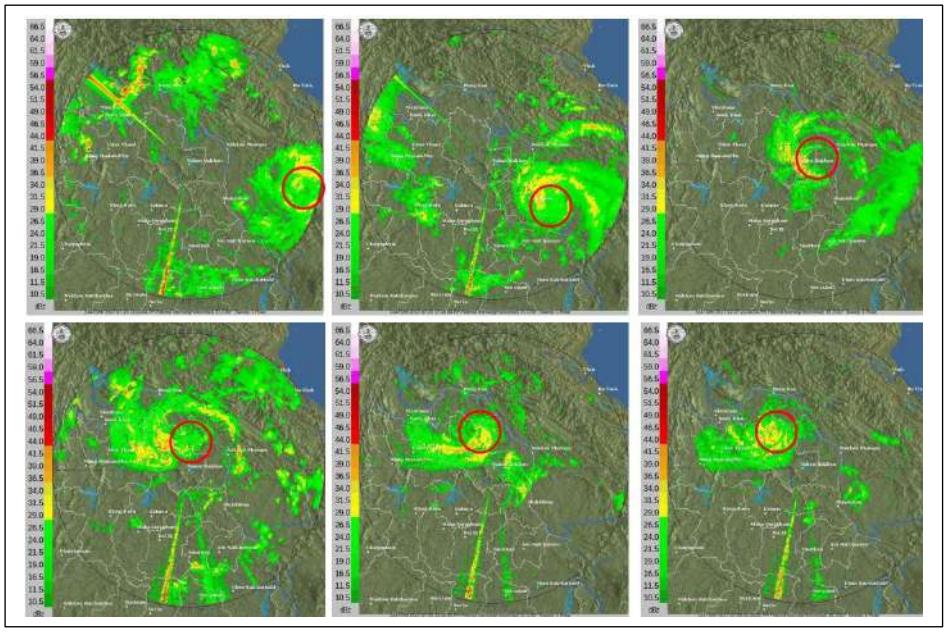
2. คาดการณ์แนวโน้มความรุนแรง ความยาวนาน ทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนตัวของกลุ่มฝนที่ปกคลุม

3. เตือนภัยน้ำท่วมฉับพลัน (Flash Flood)

4. ใช้ตรวจและติดตามการเคลื่อนตัว รวมทั้งหาศูนย์กลางของพายุหมุนเขตร้อน



รูปแสดง การติดตามการเคลื่อนตัว และแนวโน้มความรุนแรงของฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ



รูปแสดง การติดตามศูนย์กลาง และการเคลื่อนตัวของพายุ “เซินกา” ระหว่างวันที่ 25-29 ก.ย. ก.ค. 60 ด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ

2.3 คุณประโยชน์ของเรดาร์ Dual Polarization

ปัจจุบัน สถานีเรดาร์ตรวจอากาศอุบลราชธานี ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง จ.อุบลราชธานี ได้รับการติดตั้งและปฏิบัติงานติดตามสภาวะอากาศด้วยเรดาร์ตรวจอากาศระบบ Dual Polarization ซึ่งนับเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุดในขณะนี้ ซึ่งเรดาร์ระบบใหม่นี้จะทำการปล่อยและรับคลื่นสะท้อนเรดาร์ได้พร้อมกันทั้ง 2 แกน คือ ทั้งในแนวระนาบ(Horizontal) และแนวดิ่ง(Vertical) ซึ่งทำให้สามารถแยกแยะ และระบุขนาด รูปร่าง และชนิดของอนุภาคหยาดน้ำฟ้าในก้อนเมฆฝนได้ดียิ่งขึ้น โดยประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นคือ

1. การประมาณค่าปริมาณฝนมีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลัน(Flash flood)
2. สามารถแยกแยะชนิดของเป้าทางอุตุนิยมวิทยาออกจากกันได้ เช่น ฝนหนัก ลูกเห็บ หิมะ หรือลูกเห็บขนาดเล็ก (ซึ่งเรดาร์ระบบ Single Polarization ทำไม่ได้)
3. สามารถตรวจจับเป้าที่ไม่ใช่เป้าทางอุตุนิยมวิทยา(non – meteorological echo)ได้ เช่น ground clutter, ฝูงแมลง, นก เป็นต้น
4. เพิ่มความมั่นใจให้กับนักพยากรณ์อากาศ ในการออกประกาศเตือนภัยพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง(severe thunderstorm) และพายุลูกเห็บ

2.4 ผลผลิตจากข้อมูลเรดาร์ระบบ Dual Polarization

เรดาร์ระบบ Dual Polarization ยังคงสามารถสร้างผลผลิตทุกอย่างเหมือนระบบ Single Polarization ได้เหมือนเดิม และด้วยคุณสมบัติของ Dual Polarization ทำให้สามารถสร้างผลผลิตจากข้อมูลเรดาร์ได้เพิ่มขึ้น 3 ผลผลิต ได้แก่

1. Differential Reflectivity (ZDR)
2. Correlation Coefficient (CC)
3. Specific Differential Phase (KDP)

2.4.1 Differential Reflectivity (ZDR)

<u>นิยาม</u> Differential Reflectivity (ZDR) เป็นผลผลิตที่ได้จากค่าความแตกต่างของพลังงานในการสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์ในแนวนอน(horizontal) และแนวตั้ง(vertical) ดังนั้น สามารถนิยาม ค่า Differential Reflectivity ได้ดังนี้

Differential Reflectivity (ZDR) = The horizontal reflectivity – The vertical reflectivity

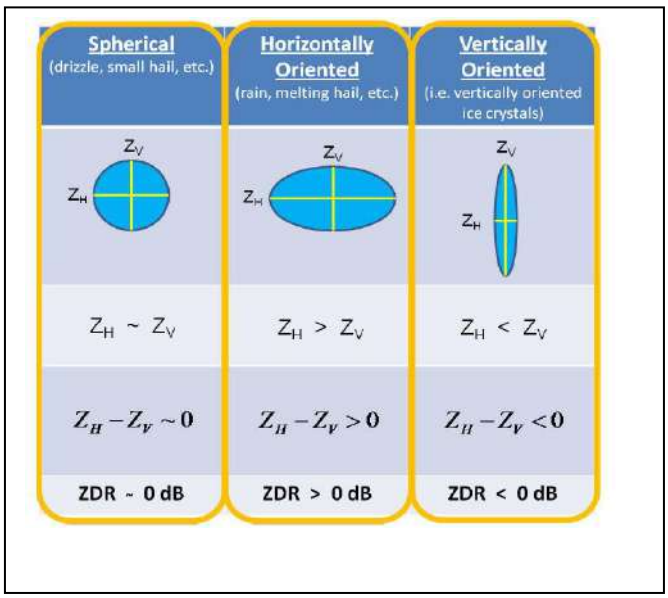
มีหน่วยเป็น decibels (dBZ) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -7.9 ถึง + 7.9 decibels (dBZ)

ZDR มีค่าเป็นบวก บ่งชี้ว่าเป้ามีขนาดในแนวนอนใหญ่กว่าในแนวตั้ง

ZDR มีค่าเป็นลบ แสดงให้ทราบว่าเป้าหมายมีขนาดในแนวตั้งใหญ่กว่าในแนวนอน

ZDR มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าเป้าหมายมีลักษณะค่อนข้างเป็นทรงกลม ที่มีขนาดแนวนอนและแนวตั้งเกือบเท่ากัน (ลูกเห็บ)

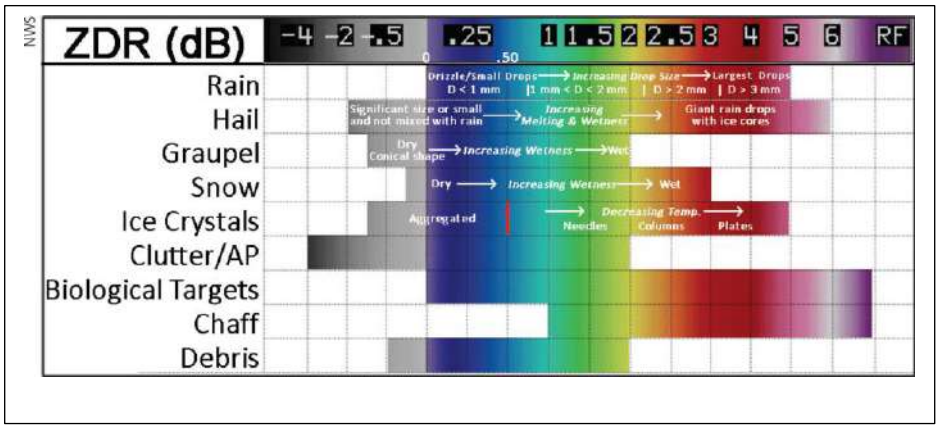
<u>ประโยชน์</u> ZDR ใช้เพื่อช่วยระบุบ่งชี้ลูกเห็บ, ตรวจจับลักษณะของ updrafts, ระบุขนาดหยดฝน, และสามารถระบุการรวมกันเป็นกลุ่มก้อนของหิมะแห้ง(dry snow)



รูปแสดง - การเปรียบเทียบรูปร่างของเป้าหมายที่แตกต่างกัน และผลกระทบที่มีผลต่อค่า ZDR

- ค่าของ Z_H และ Z_V แทนค่าความแรงของการสะท้อนของคลื่นเรดาร์ในแนวนอนและแนวตั้ง ตามลำดับ

ที่มา : http://inthecloudhead.blogspot.com/2016/01/



รูปแสดง การแปลค่า ZDR (dB)

ที่มา :https://www.lakeeriewx.com/Reference/Radar/Radar.html

Major Axis Diameter (mm)	Image	ZDR (dB)
< 0.3 mm		~ 0.0 dB
1.35 mm		~ 1.3 dB
1.75 mm		~1.9 dB
2.65 mm		~2.8 dB
2.90 mm		~3.3 dB
3.68 mm		~4.1 dB
4.00 mm		~4.5 dB

รูปแสดง ขนาดของหยดน้ำมีผลต่อรูปร่างและค่า ZDR ภาพของหยดน้ำที่แสดงในรูปนี้จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูงในระหว่างการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ที่มา : http://inthecloudhead.blogspot.com/2016/01/

2.4.2 Correlation Coefficient (CC)

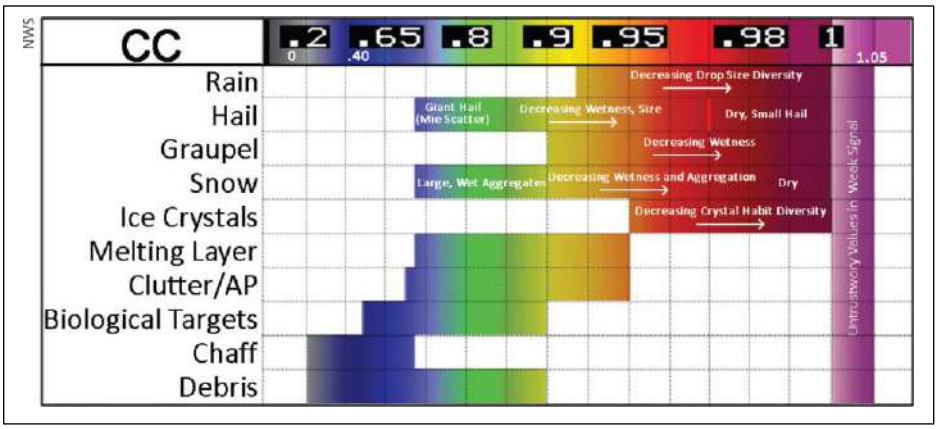
<u>นิยาม</u> Correlation Coefficient (CC) หรือเรียกว่าρhv หรือ rho เป็นค่าที่แสดงความเหมือนของขนาด (Magnitude) และมุมเฟส(Phase angle) ของการเปลี่ยนแปลงทั้ง Horizontal pulse และ Vertical pulse ค่า CCที่สูงขึ้นจะแสดงถึงความสม่ำเสมอสูงในขนาดและรูปร่างของเป้าหมายเรดาร์ ในขณะที่ค่าCCที่ต่ำแสดงถึงความแปรปรวนที่มากขึ้นของรูปทรงและขนาดของเป้าหมายเรดาร์นั้น โดยค่า CC จะมีหน่วยวัดอยู่ระหว่าง 0.2-1.05

- ค่า CC < 0.8 จะแสดงถึงเป้าหมายที่ไม่ใช่เป้าหมายทางอุตุนิยมวิทยา(non-meteorologial targets) เช่น นก,แมลง เป็นต้น

- ค่า CCปานกลาง (0.8-0.97) บ่งชี้ถึงเป้าหมายทางอุตุนิยมวิทยาแบบ non-uniform (non-uniform meteorological targets) เช่น ลูกเห็บ, หิมะละลาย เป็นต้น

- ค่า CC สูง (>0.97) บ่งชี้ว่าเป็นเป้าหมายอุตุนิยมวิทยาแบบ uniform (uniform meteorological targets) เช่น ฝน,หิมะ เป็นต้น

<u>ประโยชน์</u> CC ช่วยในการแยกความแตกต่างระหว่างเป้าหมายทางอุตุนิยมวิทยา (meterological targets) และเป้าหมายที่ไม่ใช่เป้าหมายทางอุตุนิยมวิทยา(non-meteorologial targets), หาชั้นละลาย(melting layer), ระบุลูกเห็บขนาดใหญ่, ระบุเศษซากความเสียหายที่พัดปลิวจากพายุ tornado และยังช่วยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์อื่นๆจากเรดาร์ระบบ Dual Polarization

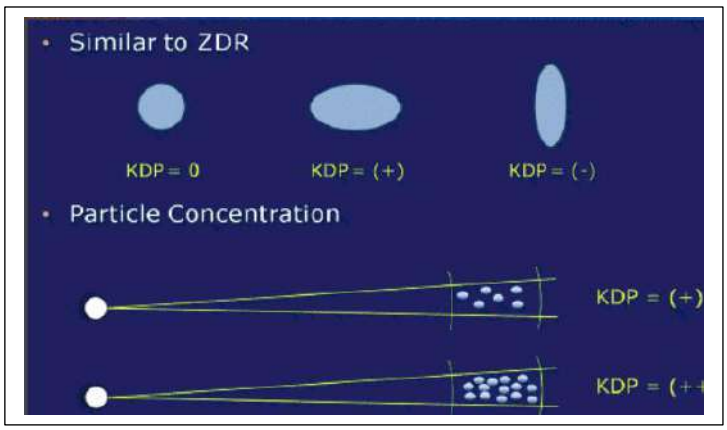


รูปแสดง การแปลค่า CC

ที่มา :https://www.lakeeriewx.com/Reference/Radar/Radar.html

2.4.3 Specific Differential Phase (KDP)

<u>นิยาม</u> Specific Differential Phase (KDP) เป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบช่วงของเฟสค่าการสะท้อนกลับที่แตกต่างกันระหว่าง horizontal pulse และ vertical House มีหน่วยเป็นองศาต่อกิโลเมตร (deg/km) โดยเป้าที่ไม่ใช่เป้าทางอุตุนิยมวิทยาจะไม่แสดงค่า



โดยค่าจะคล้ายกับ ค่า ZDR คือมีรูปร่างสัมพันธ์กับค่า KDPตามรูป

KDP = 0 รูปร่างเป้าสมมาตร

KDP > 0 รูปร่างแบนกว้าง

KDP < 0 รูปร่างแหลมยาว

โดยค่า KDP มีค่าบวกค่ามาก แสดงถึงความเข้มของอนุภาค(ในก้อนเมฆ) มากกว่า KDP ค่าบวกน้อย

เราสามารถวิเคราะห์KDPเพื่อแยกแยะเป้าได้เป็น

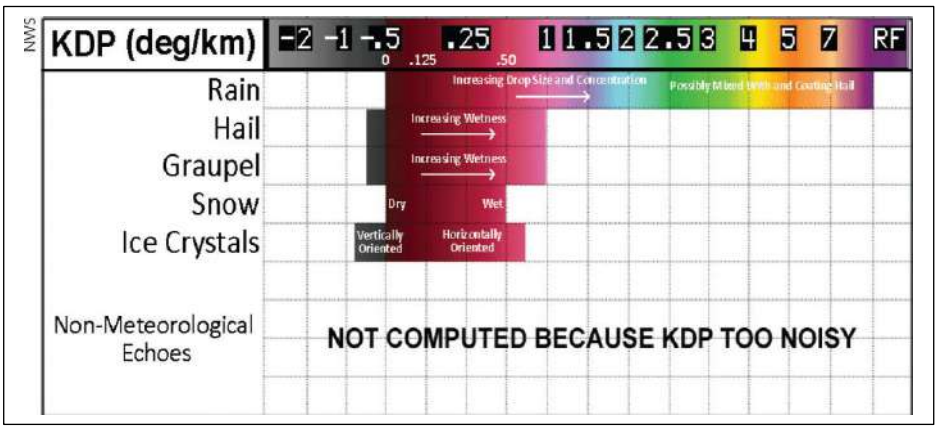
1) ลูกเห็บ (Hail) ค่า KDPเข้าใกล้ 0 (ยกเว้นเข้าใกล้ 3 จะแสดงจุดหลอมเหลว)

2) หิมะ (Snow) ค่า KDP แสดงค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง + 0.5

3) ฝน (Rain) ค่า KDP จะแสดงค่าระหว่าง 0 ถึง +5
(ถ้าค่าสูงกว่า +5 จะแสดงถึงขนาดฝนที่เม็ดใหญ่มาก)

4) ค่า KDP จะไม่แสดงผล ถ้าเป้าไม่ใช่เป้าทางอุตุนิยมวิทยา (non-meteorologial echoes)

<u>ประโยชน์</u> ค่า KDP ที่มีค่าสูง จะบ่งชี้ถึงกลุ่มฝนที่มีเม็ดฝนขนาดใหญ่ และมีความเข้มของเม็ดฝนมาก ซึ่งแสดงถึงกลุ่มฝนหนัก ซึ่งหมายความว่า KDP จะมีประโยชน์สำหรับการระบุพื้นที่ฝนตกหนักที่เกิดขึ้น



รูปแสดง การแปลค่า KDP

ที่มา :https://www.lakeeriewx.com/Reference/Radar/Radar.html

เอกสารอ้างอิง

1. ประเสริฐสุทธิ์ สุทธิเทศ.// http://www.radar-fone.com/เรดาร์ตรวจอากาศ

2. https://www.weather.gov/media/lmk/soo/Dual_Pol_Overview.pdf

3. ณัฐปิยะ เรือนจำรูญ,นิพนธ์ ภู่เพชร,นิยม สมบัติวงศ์.//2559//Doppler Weather Surveillance Radar

4. พรเทพ นาคเป้า.//2559.//เครื่องเรดาร์ตรวจอากาศ

5. ส่วนติดตามสภาวะอากาศ (เครือข่ายเรดาร์) สำนักตรวจและเฝ้าระวังสภาวะอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา.//2558// หลักการแปลความหมายข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา(ตอนที่ 2).// **2558** .///(http://km.tmd.go.th/)

6. ส่วนเรดาร์ตรวจอากาศ กองตรวจและเฝ้าระวังสภาวะอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา.//2561// ชนิดและคุณลักษณะของข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ แบบ Dual Polarization (Dual Polarization Products Algorithm)

7. ดร.ดุษฎี ศุขวัฒน์, https://tmd.go.th/info/info.php?FileID=1

8. http://inthecloudhead.blogspot.com/2016/01/

9. https://www.lakeeriewx.com/Reference/Radar/Radar.html

10. http://inthecloudhead.blogspot.com/2016/01/

<u>ภาพกิจกรรม</u>

การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ โครงการ”พยากรณ์อากาศและแจ้งเตือนภัยด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ”

ณ ห้องประชุมผาแต้ม ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561