สรุปการจัดการความรู้ (KM) ประจำปี พ.ศ. 2562

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

เรื่อง

ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่ใช้กับแผนที่โอกาสเกิดฝน

บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

โดย คณะทำงานการจัดการความรู้(KM)

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

คำนำ

สืบเนื่องจากภารกิจของส่วนราชการที่ต้องมีหน้าที่ในการพัฒนาความรู้ภายในหน่วยงาน เพื่อให้มีลักษณะเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อประโยชน์สูงสุดแก่ประชาชน ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการจัดการความรู้ของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ในปีงบประมาณ ๒๕๖๒ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์การพัฒนาคุณภาพ การบริหารจัดการภาครัฐ (Public Sector Management Quality Award : PMQA) สอดคล้องกับการดำเนินการจัดการความรู้ภายในกรมอุตุนิยมวิทยา โดยศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างได้ดำเนินการจัดการความรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่ใช้กับพื้นที่โอกาสเกิดฝนบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการผลักดันประเด็นยุทธศาสตร์ของกรมอุตุนิยมวิทยาด้านนวัตกรรม นอกจากนั้นแล้วยังมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการทบทวนความรู้ให้กับนักอุตุนิยมวิทยาที่ปฏิบัติงานในศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และเพิ่มพูนความรู้ทางด้านวิชาการอุตุนิยมวิทยาให้กับบุคลากรของ ศล. ในสายงานอื่น ๆ ในศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างต่อไป

คณะทำงานการจัดการความรู้(KM)

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

30 กันยายน 2562

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. พารามิเตอร์ที่ใช้กับแผนที่โอกาสเกิดฝนบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	1
1.1 Convective Available Potential Energy (CAPE)	2
1.2 Convective Inhibition (CIN)	3
1.3 Lifted Index (LI)	4
1.4 Precipitable Water (PW)	5
1.5 Vertical velocity (pressure) (VS)	6
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน	7
2.1 การดาวน์โหลดข้อมูล GFS	7
2.2 หาค่าสูงสุด หรือ ต่ำสุด ในช่วงเวลา 24 ชม.	8
2.3 เก็บค่าของแต่ละพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดฝน	11
2.4 สร้างตารางแจกแจงความถี่	12
2.5 สร้างแผนที่โอกาสเกิดฝน	16
2.6 การประเมินความถูกต้อง	18
3. อภิปรายและสรุป	20
4. อ้างอิง	
5. รูปกิจกรรมแลกเปลี่ยนความรู้	

สรุปการจัดการความรู้(KM)

เรื่อง “ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่ใช้กับแผนที่โอกาสเกิดฝนบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง”

จากความต้องการที่จะ ปรับปรุงการพยากรณ์โอกาสการเกิดฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างให้มีความถูกต้อง แม่นยำ และครอบคลุมเชิงพื้นที่ให้ดียิ่งขึ้น และจากองค์ความรู้เกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของชั้นบรรยากาศที่ส่งเสริมแก่การเกิดฝน ที่นักอุตุนิยมวิทยานิยมนำมาพิจารณาโอกาสของการเกิดฝนอยู่แล้ว ซึ่งได้แก่ ค่า CAPE CIN LI PW เป็นต้น ในงานนี้จึงต้องการศึกษาค่าเหล่านี้ที่มีผลต่อโอกาสของการเกิดฝน โดยค่าที่นำมาใช้ นำมาจากผลลัพธ์ของโมเดล GFS ซึ่งเป็นโมเดลที่มีการใช้อย่างแพร่หลายและไม่เสียค่าใช้จ่าย และเมื่อศึกษาผลลัพธ์ของโมเดลพบว่ามีค่าผลลัพธ์เป็นจำนวนมาก ผู้ศึกษาจึงเพิ่มค่าพารามิเตอร์ที่คาดว่ามีผลต่อโอกาสการเกิดฝนอีกหนึ่งพารามิเตอร์ ซึ่งก็คือ ค่า Vertical velocity (VS) ทำให้ในงานนี้จะนำพารามิเตอร์ทั้งห้าตัวมาศึกษาโดยเปรียบเทียบกับฝนที่เกิดจริงในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยจะแบ่งการศึกษาเป็นรายจังหวัด และนำมาคำนวณหาโอกาสเกิดฝน

1. พารามิเตอร์ที่ใช้กับแผนที่โอกาสเกิดฝนบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

ได้แก่

1.1 CAPE (Convective Available Potential Energy)

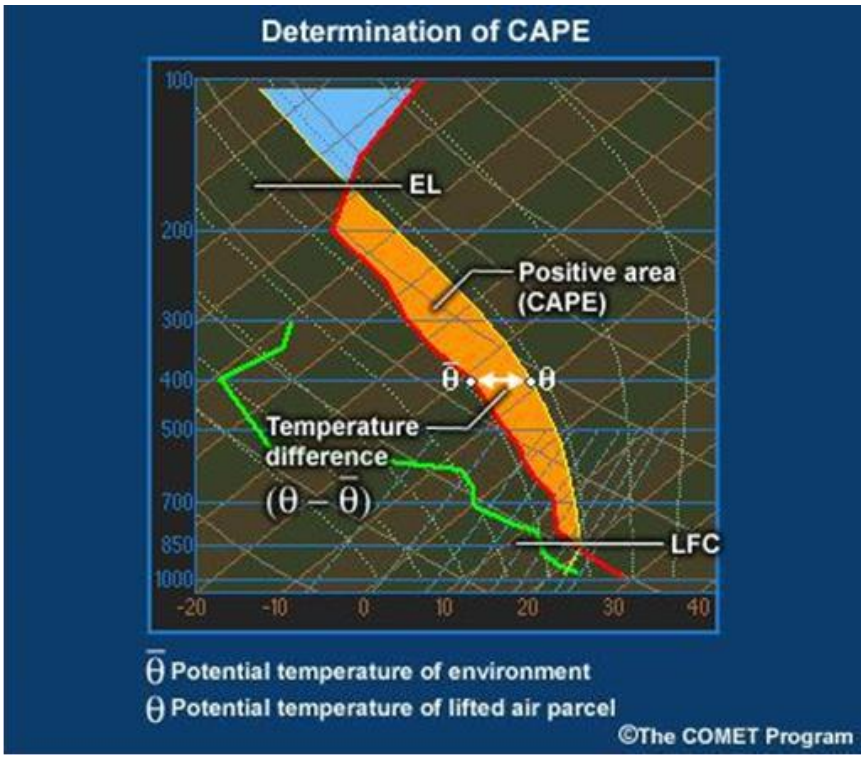
1.2 CIN (Convective Inhibition)

1.3 LI (Lifted Index)

1.4 PW (Precipitable Water)

1.5 Vertical velocity (VS)

1.1 Convective Available Potential Energy (CAPE) คือ พลังงานลอยตัว (Bouyant Energy) สำหรับการเร่งการลอยตัวขึ้นของมวลอากาศ มีหน่วยเป็น จูลต่อกิโลกรัม(J/kg) หาได้จากพื้นที่ของกราฟที่ปิดล้อมโดยเส้นอุณหภูมิ (T) และเส้นอะเดียบาติคแบบอิ่มตัว โดยเริ่มต้นจาก Level Free Convection (LFC) ขึ้นไปจนสิ้นสุดที่ Equilibrium Level (EL) ดังรูปที่ 1 ซึ่งถ้าพื้นเชิงบวก (Positive area) ที่มีมากแสดงถึงค่า Convective Available Potential Energy มีมากด้วยความไม่มีเสถียรภาพของอากาศก็มากด้วยเช่นกัน



รูปที่ 1 แสดงการหา Convective Available Potential Energy

ตารางแสดงความสัมพันธ์ ค่า Convective Available Potential Energy กับเสถียรภาพของบรรยากาศ (Atmospheric stability)

CAPE Value	Stability
0	Stable
0-1000	Marginally Unstable
1000-2500	Moderately Unstable
2500-3500	Very Unstable
3500 or greater	Extremely Unstable

ข้อดี

(1) เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีในด้านการแสดงถึงกระบวนการพาความร้อนแบบลึก (Deep Convection) และความรุนแรงของการพาความร้อน (Convection intensity)

(2) เป็นตัวบ่งชี้ที่ใช้การประยุกต์ขั้นสูงจากผลการตรวจวัดด้วยการหยั่งอากาศ (Sounding) ซึ่งแตกต่างตัวบ่งชี้อื่น เช่น Lifted Index ซึ่งใช้ข้อมูลเพียงไม่กี่ระดับ

ข้อด้อย

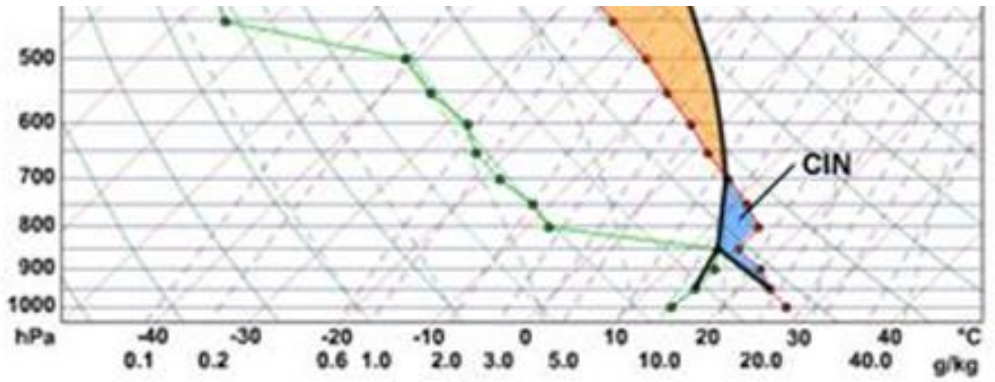
(1) การคำนวณมีความละเอียดอ่อนสูง ถ้าค่าเฉลี่ยอัตราการผสม (Mixingratio) ใน ระดับต่ำที่สุดที่ 500 เมตร มีค่าเพิ่มขึ้นเพียง 1 กรัมต่อกิโลกรัม จะส่งผลให้ค่า CAPE เพิ่มขึ้นถึง 20%

(2) การคำนวณขึ้นอยู่กับทฤษฎีของมวลอากาศ ไม่ได้รวมปัจจัยอย่างอื่น เช่น กระบวนการผสม (Mixing), การรับน้ำ (Water loading) และการเยือกแข็ง (Freezing) เข้าไปด้วย

(3) การคำนวณบริเวณฐานของชั้นพื้นผิว (Surface layer base) จะมีค่าศักย์ประเมินที่ต่ำในสถานการณ์ที่มีการเกิดกระบวนการพาความร้อนที่เกิดจากแนวปะทะอากาศ (Elevated Convection)

(4) การคำนวณค่า CAPE ไม่ได้รวมปัจจัยของลมเฉือน (Wind shear) จะมีค่าศักย์ประเมินที่ต่ำในการพาความร้อนที่รุนแรง (Severe Convection) ในกรณีที่มีการเกิดลมเฉือนที่รุนแรงเกิดขึ้น

1.2 Convective Inhibition (CIN) คือ พลังงานที่จำเป็นในการยกตัวของอนุภาคเพื่อไปถึง Level Free Convection โดยหาได้จากพื้นที่ที่ปิดล้อมด้วยเส้นอุณหภูมิ (T) และเส้นอุณหภูมิของมวลอากาศ จากระดับเริ่มต้นเริ่มต้น เช่น Lifting Condensation Level (LCL) หรือ Convective Condensation Level (CCL) ดังรูปที่ 2 พื้นที่เชิงลบ (Negative arear) มีมากแสดงถึงมีค่า CIN มากด้วย ส่งผลให้มีโอกาสในการเกิดพายุจากการพาความร้อน (Convective storm) มีน้อยโดยทั่วไป CIN พื้นที่บริเวณที่มีเสถียรภาพของอากาศ (Stable) หรือบริเวณที่มีอุณหภูมิหักกลับ (Inversion) โดยค่า CIN เกิน 200 จูลต่อกิโลกรัม จะเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญในการยับยั้งไม่ให้เกิดการยกตัวของอากาศด้วยการพาของความร้อน (Convective)



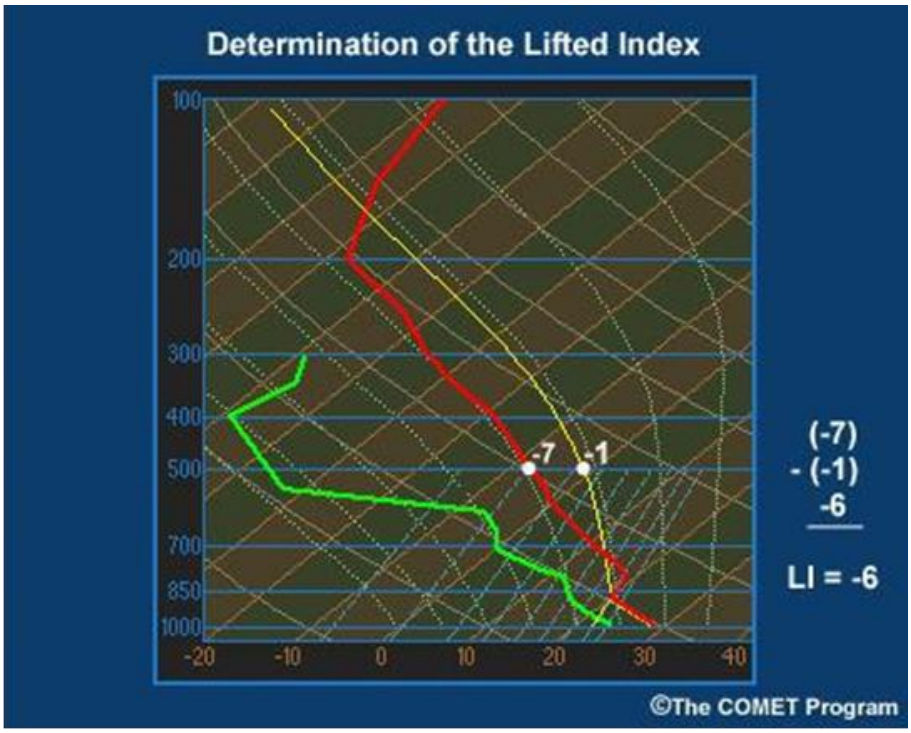
รูปที่ 2 แสดงการหา Convective Inhibition (บริเวณพื้นที่สีฟ้า)

ข้อยกเว้นในกรณีที่ค่า CIN มีค่ามากแต่ยังคงมีการก่อตัวของพายุฝนฟ้าคะนองอันเนื่องมาจากปัจจัยของความชื้น (Moisture) และ/หรือ พลังงานความร้อนที่ได้รับมากเกินไป (Heating Overcoming) ค่า CIN นั้นจะถูกคำนวณโดยอัตโนมัติและแสดงในแผนภูมิเทอร์โมไดนามิคส์แบบสกิวที/ลอการิทึมพี

1.3 Lifted Index (LI) คือ ผลต่างของอุณหภูมิจากการตรวจวัดการหยั่งอากาศ ที่ความกดอากาศระดับ 500 เฮกโตปาสคาล กับอุณหภูมิของมวลอากาศที่ยกตัวขึ้นมาที่ความกดอากาศระดับ 500 เฮกโตปาสคาล จากบริเวณใกล้พื้นผิว ที่เริ่มต้นจากค่าอุณภูมิเฉลี่ย (T) และอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ย (T_d)

ค่าผลต่างที่เป็นลบ (Negative) มาก แสดงถึงความไม่มีเสถียรภาพของอากาศ (Unstable) มีมากด้วยเช่นกัน ค่า LI ถูกนำมาเชื่อมโยงกับการยกตัวด้วยการพาความร้อน (Convective) ดังแสดงในตาราง

LI Value	Severe Weather Potential
-2	Week
-3 to 5	Moderate
-6 or less	Strong



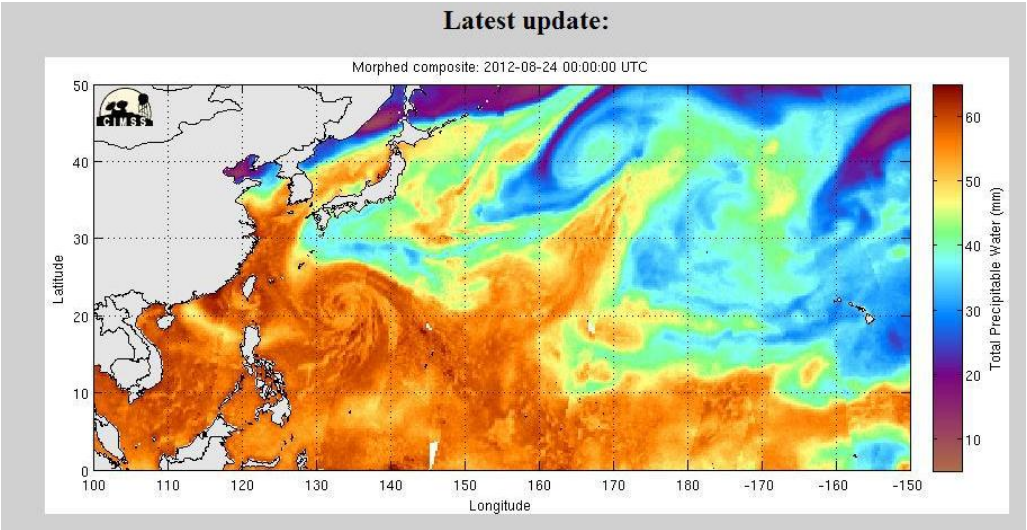
รูปที่ 3 Lifted Index จากแผนภูมิเทอร์โมไดนามิคส์แบบสกิวที/ลอการิทึมพี

1.4 Precipitable Water (PW) คือ ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ (The vertical integral of the humidity , vapor and condensed moisture) หรือ ไอน้ำในบรรยากาศทั้งหมดที่มีอยู่ในคอลัมน์แนวตั้งของพื้นที่หน้าตัดหน่วยขยายระหว่างสองระดับที่ระบุใดๆ ไม่ได้บ่งบอกว่าฝนจะตกมากแค่ไหน แต่จะมีความชื้นอยู่ในอากาศมากน้อยเพียงใด มีหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร [kg/m²]

ในทางคณิตศาสตร์ถ้า x (p) คือ อัตราส่วนการผสมที่ระดับความดัน, p, จากนั้นไอน้ำ, W, อยู่ในชั้นที่ล้อมรอบด้วยแรงกดดัน p1 และ p2

$$W = \frac{1}{\rho g}\int_{p_1}^{p_2} x\, dp$$

เมื่อ ρ แสดงถึงความหนาแน่นของน้ำ และ g คือการเร่งความเร็วของแรงโน้มถ่วง ในฝนที่เกิดขึ้นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝนฟ้าคะนองปริมาณของฝนมักจะเกินกว่าไอน้ำทั้งหมดในชั้นบรรยากาศ



รูปที่ 4 ตัวอย่างค่า Precipitable Water

0.50 นิ้วหรือน้อยกว่า = มีความชื้นต่ำมาก

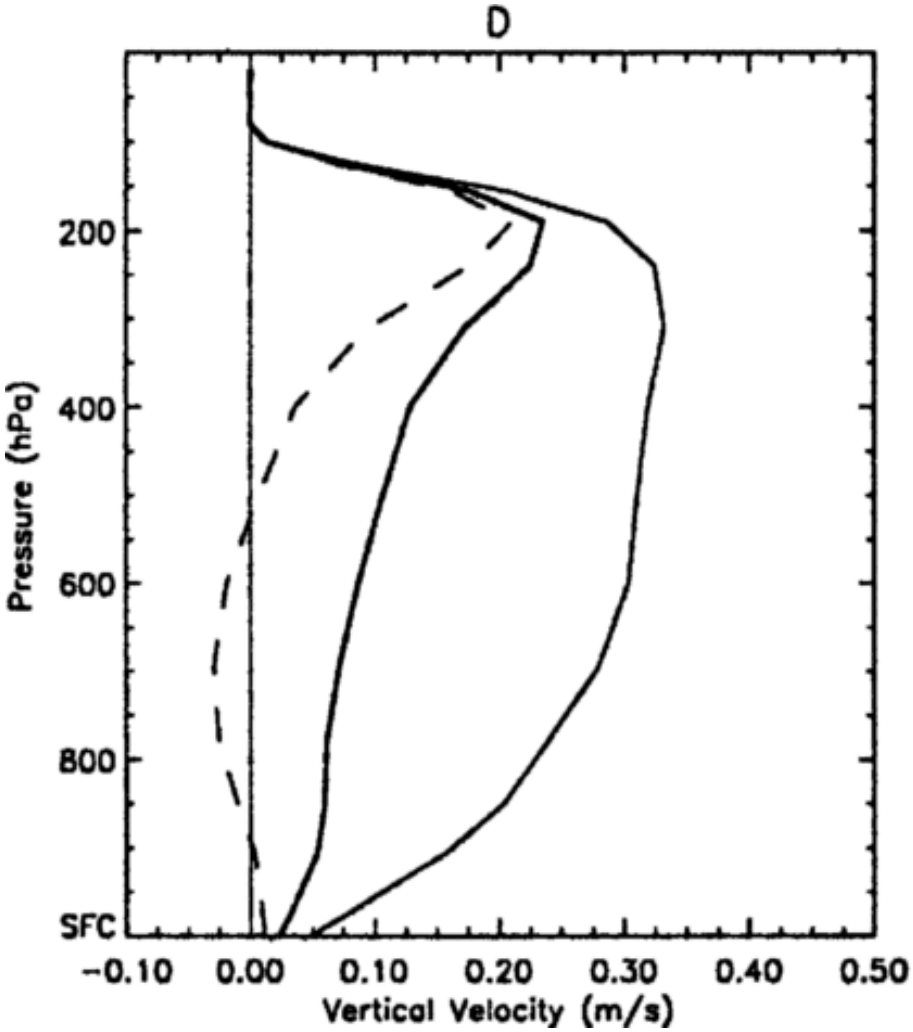
0.50 ถึง 1.25 นิ้ว = ปริมาณความชื้นต่ำ

1.25 ถึง 1.75 นิ้ว = ปริมาณความชื้นปานกลาง

1.75 ถึง 2.00 นิ้ว = ปริมาณความชื้นสูง

2.00 นิ้วหรือสูงกว่า = มีความชื้นสูงมาก

1.5 Vertical velocity (pressure) (VS) คือ ความเร็วของอากาศที่ลอยขึ้นหรือจมตัวในแนวดิ่ง ถ้ามีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้โอกาสเกิดฝนเพิ่มขึ้น หน่วย พาสคาลต่อวินาที [pa/s]



รูปที่ 5 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความกดอากาศกับVertical Velocity ในพื้นที่ที่เกิดฝน

สมการ Vertical Velocity คือ แสดงดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}uw - \frac{1}{\bar{\rho}}\frac{\partial}{\partial z}\bar{\rho}ww - C_p\bar{\theta}\frac{\partial \pi'}{\partial z} + g\left(\frac{\theta'}{\bar{\theta}} + 0.61q_v' - q_l\right) + D_w$$

โดยที่ u และ w เป็นความเร็วแนวนอนและแนวตั้งตัวแปร θ และ q_v คือ อุณหภูมิและไอน้ำ, ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ, $\bar{\pi} = \left(p / p_{00}\right)^{R/cp}$ = คือ ความกดดันแบบไม่มีมิติ (ที่ p และ poo เป็นมิติและแรงกดอากาศอ้างอิงตามลำดับโดยมี poo เป็น 1,000 hPa) cp คือ ความร้อนเฉพาะของอากาศแห้งที่ความดันคงที่ q_l คือ การโหลดของเหลวและน้ำแข็งน้ำ และ Dw คือ การแพร่กระจาย (ระยะความปั่นป่วน) ที่สำคัญหมายถึงการเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยในแนวนอน

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 การดาวน์โหลดข้อมูล GFS

ข้อมูล GFS สามารถดาวน์โหลด เป็นไฟล์ csv ซึ่งประกอบไปด้วย latitude longitude และค่าของพารามิเตอร์ โดยใช้ library rNOMADS ผ่าน R script ดังตัวอย่าง code ต่อไปนี้

```
mainDir <- "C:/Users/jingj/OneDrive/Desktop/rainchance run/data/"

library(rNOMADS)
#Get dates of model output
model.urls <- GetDODSDates("gfs_0p25")
#Find day of most recent model run
latest.model <- tail(model.urls$url, 1)
latest.model.run <- "gfs_0p25_00z"

for (i in 8:16){
#Define model domain
time <- c(i,i) #Analysis model
lon <- c(400, 425) #All longitude points
lat <- c(414, 428) #All latitude points
vv <- c("pwatclm", "lftxsfc", "capesfc","cinsfc", "vvelsig995")
vn <- c("pw", "li", "cape", "cin", "vs")
for (j in 1:5){
variables <- c(vv[j])
#Get data from NOMADS real time server
ttt.data <- DODSGrab(latest.model, latest.model.run,variables, time, lon, lat, display.url
= FALSE)

x <- data.frame(lon = ttt.data$lon, lat = ttt.data$lat, value = ttt.data$value, time =
as.character(ttt.data$forecast.date))
write.table(x, file = paste(mainDir , vn[j] , "/" , vn[j] , i , ".csv", sep = ""), sep = "," ,
row.names = FALSE , col.names = TRUE, qmethod = "double")
}
}
```

โดยข้อมูล GFS ที่ใช้มีความห่าง grid point ที่ 0.25 degree (27-28 กม.) และจะใช้ initial time ของโมเดลที่ 00z ซึ่งจะเปิดให้ทำการดาวโหลดช่วงหลัง 13.00 น. ดังนั้นเพื่อจะพยากรณ์วันที่ 2 จะใช้ข้อมูล initial time 00z ของวันที่ 1 และใช้เวลา +24 - +48 ชม.

2.2 หาค่าสูงสุด หรือ ต่ำสุด ในช่วงเวลา 24 ชม.

ซึ่งข้อมูลที่ดาวโหลดมาจะมีจำนวน 8 ชุดข้อมูล(ชุดข้อมูลละสาม ชม.) ต่อพารามิเตอร์ โดยจะใช้ค่าที่สูงที่สุด หรือต่ำสุด ของแต่ละ grid point จากทั้ง 8 ชุดข้อมูล สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ค่าสูงสุด ได้แก่ CAPE PW VS ส่วนพารามิเตอร์ที่ใช้ค่าต่ำสุด ได้แก่ CIN และ Li การหาค่าสูงสุด-ต่ำสุดนี้ จะทำโดยใช้ R script ต่อไปนี้

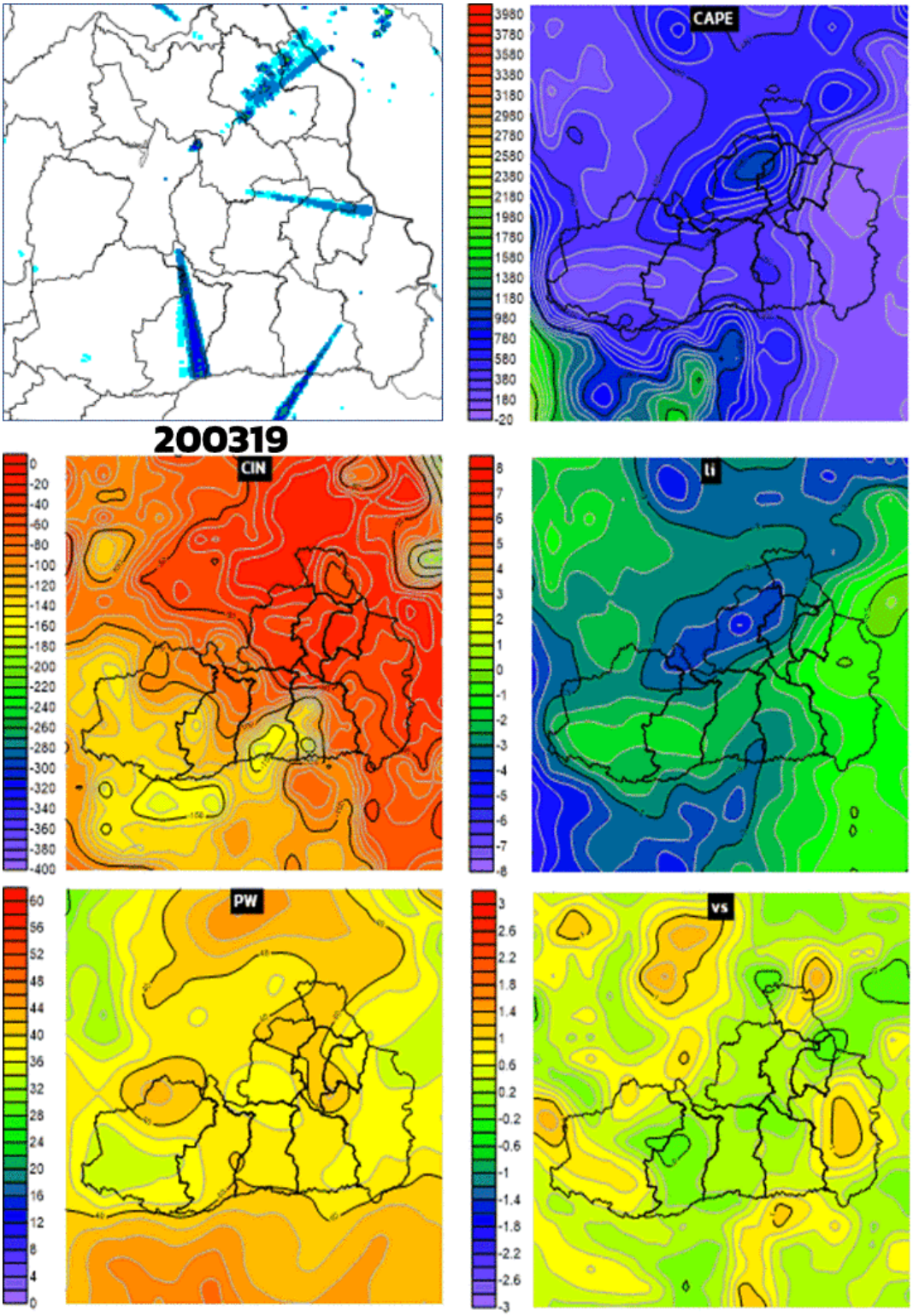
```
mainDir <- "C:/Users/jingj/OneDrive/Desktop/rainchance run/data/"

vv <- c("pwatclm", "lftxsfc", "capesfc","cinsfc", "vvelsig995")
vn <- c("pw", "li", "cape", "cin", "vs")

for(k in 1:5){
files2 <- list.files(path=paste(mainDir, vn[k] ,sep=""), pattern="*.csv", full.names=TRUE,
recursive=FALSE)
for(j in 1:8){
ttt.data <- read.table(files2[j], header = TRUE, sep = ",", stringsAsFactors = FALSE)
if(k==1 || k==3 || k==5){
      ggg<-"max"
      if(j==1){max.data <- ttt.data}else{
            for (i in 1:length(ttt.data$value)){
                  x <- ttt.data$value[i]
                  y <- max.data$value[i]
                  if(y >= x){}else{y=x}
                  max.data$value[i] <- y
            }
      }
}else{
      ggg<-"min"
      if(j==1){max.data <- ttt.data}else{
            for (i in 1:length(ttt.data$value)){
                  x <- ttt.data$value[i]
```

```
                        y <- max.data$value[i]
                        if(y <= x){}else{y=x}
                        max.data$value[i] <- y
                }
      }
      }
}
xx <- data.frame(lon = max.data$lon, lat = max.data$lat, value = max.data$value)
write.table(xx, file = paste(mainDir, vn[k], "_" ,ggg, ".csv",sep="")  , sep = "," , row.names =
FALSE , col.names = TRUE, qmethod = "double")
}
```

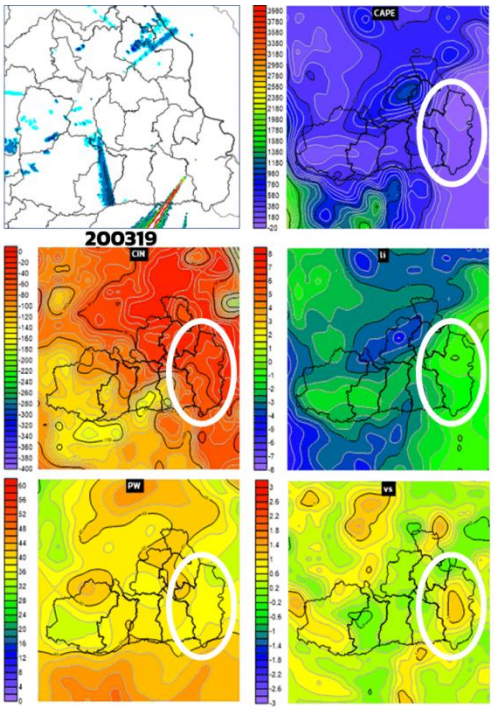
หลังจากได้ค่าสูงสุด-ต่ำสุดแล้ว จะนำมาทำการ plot แผนที่ contour โดยโปรแกรม Surfer 13 ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ตัวอย่างแผนที่ค่าสูงสุด-ต่ำสุดของแต่ละพารามิเตอร์ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

2.3 เก็บค่าของแต่ละพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดฝน

ขั้นตอนนี้จะอาศัยคณะผู้ศึกษาในการตรวจสอบและบันทึกข้อมูล โดยนำภาพเรดาร์ composite มาใช้แทนฝนจริงที่เกิดขึ้น โดยผู้บันทึกจะบันทึกค่าของแค่ละพารามิเตอร์ที่อยู่ในบริเวณที่เกิดฝนจริง โดยอาจเป็นช่วงหรือค่าเดียวก็ได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 7



วันที่	บริเวณที่มีฝน	cape	cin	li	pw	vs
3/17/19	ไม่มี					
	มี	200/900	-200/-60	-3/0	28/38	-0.2/1
3/18/19	ไม่มี					
	มี	150/400	-200/-60	0/2	28/32	0/1
3/19/19	ไม่มี	100/800	-130/-20	-3/0	32/40	-0.2/1
	มี					
3/20/19	ไม่มี	100/400	-100/-40	-2/0	32/40	0/1
	มี					
3/21/19	ไม่มี					
	มี	100/400	-60/-10	-4/0	36/40	0/1
3/22/19	ไม่มี					
	มี	100/1000	-100/-60	-4/0	36/40	0/1

รูปที่ 7 ตัวอย่างการเก็บข้อมูล ของจังหวัดอุบลราชธานี วันที่ 20 มิถุนายน 2562

โดยจะเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2562 – 9 สิงหาคม 2562

2.4 สร้างตารางแจกแจงความถี่

การหาค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดฝน จะใช้หลักการทางสถิติ คือ ตารางแจกแจงความถี่ โดยจะได้ค่าสำคัญที่นำมาใช้ในการคำนวณต่อไป คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งหาได้จากสมการและตัวอย่างข้างล่างนี้

Cape (x)	จำนวนครั้ง (f)	(xf)	$(x - \bar{x})$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^2 f$
80-329	4	818	-1117.03	1247760	4991041
330-579	3	1363.5	-867.032	751744.3	2255233
580-829	4	2818	-617.032	380728.4	1522914
830-1079	2	1909	-367.032	134712.4	269424.9
1080-1329	10	12045	-117.032	13696.47	136964.7
1330-1579	7	10181.5	132.9681	17680.51	123763.6
1580-1829	5	8522.5	382.9681	146664.6	733322.8
1830-2079	9	17590.5	632.9681	400648.6	3605837
2080-2329	2	4409	882.9681	779632.6	1559265
2330-2580	1	2455	1133.468	1284750	1284750
รวม	**47**	**62112**			**16482516**

$$\bar{X} = \frac{\sum Xf}{\sum f} = \frac{62112}{47} = 1321.53$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 f}{n}} = \sqrt{\frac{16482516}{47}} = 592.19$$

โดยที่ f คือ จำนวนครั้งที่เกิด, n คือ จำนวนครั้งที่เกิดทั้งหมด, x คือ ค่าของพารามิเตอร์, $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์, SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

และโอกาสสูงสุดที่เป็นไปได้หาจากพื้นที่ของข้อมูลภายใน $\bar{X} \pm SD$ ต่อพื้นที่ทั้งหมด (ค่าข้อมูลต่ำสุด ถึง ค่าข้อมูลสูงสุด)

$$\text{โอกาสสูงสุด} = \left(1 - \frac{2SD}{max - min}\right) \times 100$$

โดยที่ max คือ ค่าสูงสุดของชุดข้อมูล, min คือ ค่าต่ำสุดของชุดข้อมูล

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พื้นที่ของข้อมูลส่วนใหญ่ และค่าโอกาสสูงสุด ของพื้นที่ที่เกิดฝน (ฤดูร้อน)

จังหวัด	convective available potential energy (CAPE)		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	1278.11	616.66	48.61
ร้อยเอ็ด	1202.34	603.34	51.73
ยโสธร	1165.33	429.45	58.90
อำนาจเจริญ	1375.71	579.91	37.97
อุบลราชธานี	1114.92	637.12	49.23
ศรีสะเกษ	1530.00	828.30	42.88
สุรินทร์	1092.00	463.93	59.66
บุรีรัมย์	1094.48	556.37	54.58
นครราชสีมา	1133.27	547.34	56.04
จังหวัด	Convective inhibition (CIN)		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	-85.68	16.06	59.84
ร้อยเอ็ด	-86.13	26.74	61.81
ยโสธร	-71.00	22.67	73.33
อำนาจเจริญ	-79.69	36.83	56.67
อุบลราชธานี	-99.17	31.06	67.31
ศรีสะเกษ	-144.89	81.24	52.21
สุรินทร์	-87.6	28.61	72.75
บุรีรัมย์	-113.19	31.97	66.35
นครราชสีมา	-122.19	29.07	70.93
จังหวัด	Lift index		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	-4.93	1.33	58.98
ร้อยเอ็ด	-4.97	2.37	56.94
ยโสธร	-4.63	1.23	64.72
อำนาจเจริญ	-4.94	1.31	67.18
อุบลราชธานี	-4.20	1.84	53.88
ศรีสะเกษ	-3.52	3.33	35.02
สุรินทร์	-4.68	1.39	60.35
บุรีรัมย์	-4.44	1.92	63.27
นครราชสีมา	-4.58	1.41	62.44

จังหวัด	Precipitable water		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	46.77	5.90	50.87
ร้อยเอ็ด	48.45	8.12	45.90
ยโสธร	53.24	5.50	35.32
อำนาจเจริญ	49.06	5.98	43.06
อุบลราชธานี	46.89	6.40	54.25
ศรีสะเกษ	39.70	13.86	27.04
สุรินทร์	49.81	7.21	50.28
บุรีรัมย์	45.61	7.26	54.60
นครราชสีมา	43.80	6.40	60.02
จังหวัด	Vertical velocity		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	0.1870	0.2310	74.34
ร้อยเอ็ด	0.2030	0.2048	87.00
ยโสธร	0.1250	0.2645	59.31
อำนาจเจริญ	0.0596	0.4654	66.76
อุบลราชธานี	0.2948	0.1882	83.63
ศรีสะเกษ	0.4079	0.9175	30.67
สุรินทร์	0.1720	0.2944	57.95
บุรีรัมย์	0.1069	0.2249	67.87
นครราชสีมา	0.1960	0.2944	79.70

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พื้นที่ของข้อมูลส่วนใหญ่ และค่าโอกาสสูงสุด ของพื้นที่ที่เกิดฝน (ฤดูฝน)

จังหวัด	convective available potential energy (CAPE)		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	935.42	454.43	62.13
ร้อยเอ็ด	833.62	426.68	65.87
ยโสธร	1165.33	429.45	58.90
อำนาจเจริญ	951.67	440.37	61.54
อุบลราชธานี	975.11	418.17	66.68
ศรีสะเกษ	1126.67	795.54	45.13
สุรินทร์	950.98	508.56	55.78
บุรีรัมย์	882.73	514.24	58.02
นครราชสีมา	900.95	531.33	57.32

จังหวัด	Convective inhibition (CIN)		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	-88.64	19.04	52.39
ร้อยเอ็ด	-93.25	30.91	55.85
ยโสธร	-71.00	22.67	73.33
อำนาจเจริญ	-82.83	27.66	67.46
อุบลราชธานี	-120.00	26.52	72.08
ศรีสะเกษ	-127.59	65.18	61.66
สุรินทร์	-107.41	38.04	63.77
บุรีรัมย์	-123.51	28.88	69.60
นครราชสีมา	-117.12	33.30	66.70
จังหวัด	Lift index		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	-4.65	1.32	59.32
ร้อยเอ็ด	-4.46	1.52	72.31
ยโสธร	-4.63	1.23	64.72
อำนาจเจริญ	-4.37	1.58	60.48
อุบลราชธานี	-4.22	1.48	62.89
ศรีสะเกษ	-3.38	2.80	45.43
สุรินทร์	-4.57	1.70	51.33
บุรีรัมย์	-4.34	1.43	72.81
นครราชสีมา	-4.03	1.78	52.55
จังหวัด	Precipitable water		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	57.19	3.25	74.76
ร้อยเอ็ด	57.91	2.82	83.67
ยโสธร	53.00	5.50	35.32
อำนาจเจริญ	56.49	1.04	90.11
อุบลราชธานี	49.40	1.37	90.19
ศรีสะเกษ	43.46	12.77	32.80
สุรินทร์	57.58	3.17	78.12
บุรีรัมย์	55.72	3.78	76.37
นครราชสีมา	52.68	5.47	65.84
จังหวัด	Vertical velocity		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าโอกาสสูงสุด
มุกดาหาร	0.1807	0.2837	74.76
ร้อยเอ็ด	-0.0633	0.4219	73.21

ยโสธร	0.1250	0.2645	59.31
อำนาจเจริญ	0.0026	0.2858	79.58
อุบลราชธานี	0.9774	0.5226	54.55
ศรีสะเกษ	0.1692	0.6913	51.80
สุรินทร์	0.0131	0.2411	65.56
บุรีรัมย์	0.2636	0.2097	70.04
นครราชสีมา	0.4139	0.4069	71.94

2.5 สร้างแผนที่โอกาสเกิดฝน

โดยจะคำนวณเปอร์เซ็นต์โอกาสเกิดฝน จากสมการข้างล่างนี้

$$\%\text{โอกาสเกิดฝน} = \left(1 - \frac{|P - \bar{x}|}{SD}\right) \times C$$

โดยที่ P คือ ค่าของพารามิเตอร์, $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์, SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพารามิเตอร์, และ C คือ ค่าโอกาสสูงสุดของพารามิเตอร์

และจะนำค่าเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากพารามิเตอร์ที่ให้ค่าสูงสุด สำหรับแต่ละ grid point มาแสดง

ตัวอย่าง R script ที่ใช้ในการคำนวณโอกาสเกิดฝน

```
#-----roiet-----

nme<-"roiet"

aver_y<-c(833.623188405797,-93.2463768115942,-4.45507246376812,57.9130434782609,-
0.0632608695652177)

dev_y<-
c(426.675626087407,30.9072505902162,1.52311049318792,2.81166890682169,0.421881419295
837)

per_y<-
c(0.658659499130075,0.558467848711197,0.723070819420378,0.836712485714639,0.73213878
1399468)

ttt1.data <- read.table(paste(f_folder , f_name[1] ,sep=""), header = TRUE, sep = ",",
stringsAsFactors = FALSE)
```

```
ttt2.data <- read.table(paste(f_folder , f_name[2] ,sep=""), header = TRUE, sep = ",",
stringsAsFactors = FALSE)

ttt3.data <- read.table(paste(f_folder , f_name[3] ,sep=""), header = TRUE, sep = ",",
stringsAsFactors = FALSE)

ttt4.data <- read.table(paste(f_folder , f_name[4] ,sep=""), header = TRUE, sep = ",",
stringsAsFactors = FALSE)

ttt5.data <- read.table(paste(f_folder , f_name[5] ,sep=""), header = TRUE, sep = ",",
stringsAsFactors = FALSE)

for (i in 1:length(ttt1.data$value)){

        x1 <- ttt1.data$value[i]

        x2 <- ttt2.data$value[i]

        x3 <- ttt3.data$value[i]

        x4 <- ttt4.data$value[i]

        x5 <- ttt5.data$value[i]

        x1 <- (1 - (abs(x1 - aver_y[1]) / dev_y[1]))*per_y[1]*100

        x2 <- (1 - (abs(x1 - aver_y[2]) / dev_y[2]))*per_y[2]*100

                x3 <- (1 - (abs(x1 - aver_y[3]) / dev_y[3]))*per_y[3]*100

                x4 <- (1 - (abs(x1 - aver_y[4]) / dev_y[4]))*per_y[4]*100

        x5 <- (1 - (abs(x1 - aver_y[5]) / dev_y[5]))*per_y[5]*100

        if(x1<x2){x1<-x2}

        if(x1<x3){x1<-x3}

        if(x1<x4){x1<-x4}

        if(x1<x5){x1<-x5}

        ttt1.data$value[i] <- x1
```

```
        }

x <- data.frame(lon = ttt1.data$lon, lat = ttt1.data$lat, value = ttt1.data$value)

write.table(x, file = paste(f_folder,"cal_percent/",nme,".csv",sep="") , sep = "," , row.names =
FALSE , col.names = TRUE, qmethod = "double")
```

2.6 การประเมินความถูกต้อง

ความถูกต้องของแผนที่จะประเมินโดยใช้ contingency table และใช้คณะผู้ศึกษาเป็นผู้ประเมิน โดยมีหลักในการพิจารณาคือ ค่าโอกาสที่มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ จะถือว่าพยากรณ์กว่ามีฝน และถ้าน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ คือ พยากรณ์ว่าไม่เกิดฝน โดยนำแผนที่โอกาสเกิดฝนเปรียบเทียบกับฝนจริงจากเรดาร์ composite (รูปที่ 8)

ซึ่งการประเมินจะทำเป็นรายจังหวัดและแบ่งจังหวัดออกเป็นสี่ส่วน คือ ขวาบน ซ้ายบน ขวาล่าง ซ้ายล่าง โดยผลการประเมินจะแสดงในตารางข้างล่าง

Ubon Ratchathani (top-left)	**Forecast yes**	**Forecast no**
Observe yes	A	B
Observe no	C	D

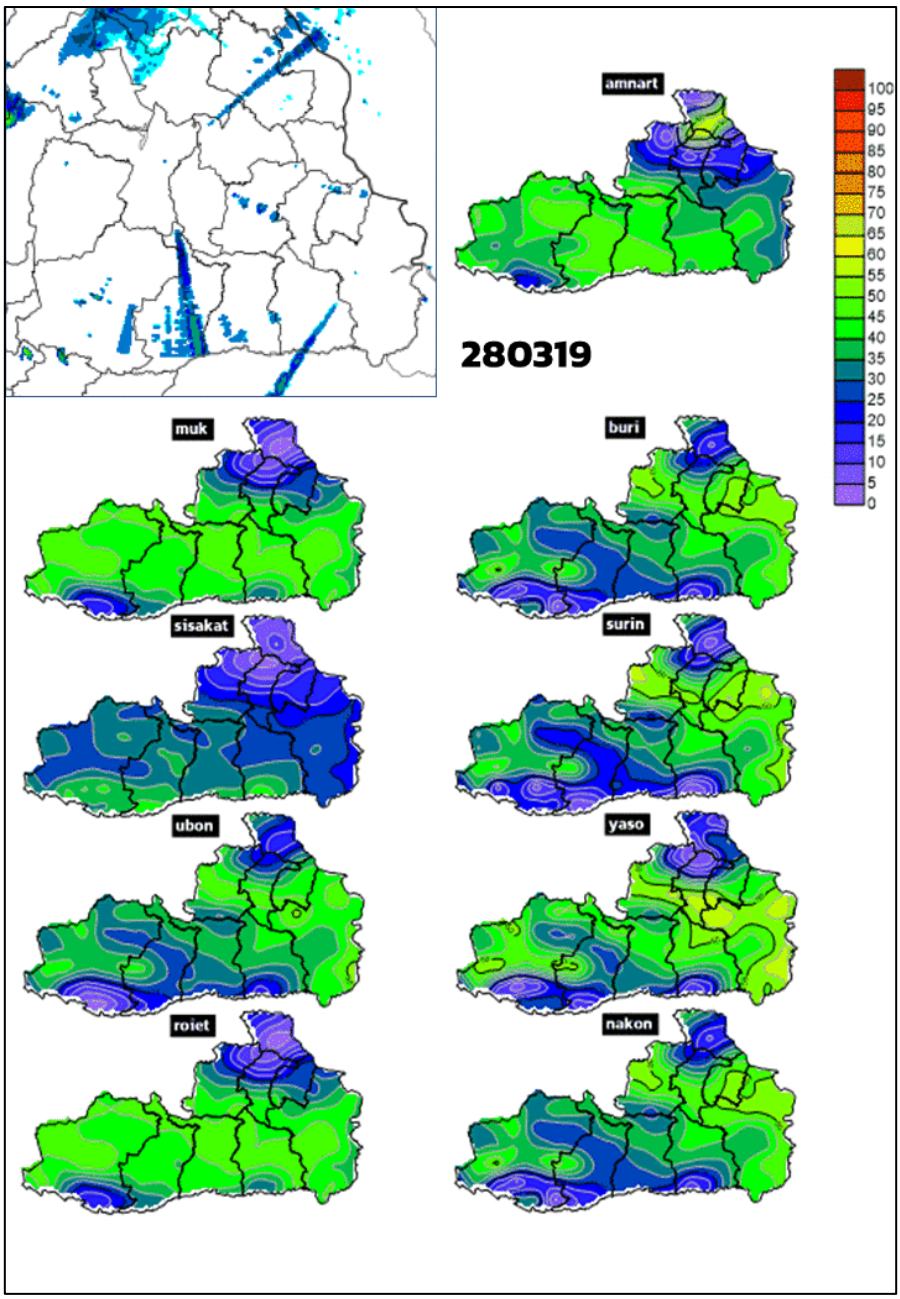
และจะใช้สมการข้างล่างในการหา เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง

$$\%\text{ความถูกต้อง} = \frac{A + D}{A + B + C + D} \times 100$$

และผลประเมินความถูกต้องได้แสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้ และตัวอย่างแผนที่ที่ใช้ในการประเมินดูจากรูปที่ 8

ตารางที่ 3 ผลประเมินความถูกต้องของแผนที่โอกาสเกิดฝน ช่วงวันที่ 1 มิถุนายน 2562 – 9 สิงหาคม 2562

ฤดู	มุกดาหาร	ร้อยเอ็ด	ยโสธร	อำนาจเจริญ	อุบลราชธานี
ร้อน	49.11	48.35	51.57	46.62	75.63
ฝน	66.77	64.66	65.74	66.45	67.55
ฤดู	ศรีสะเกษ	สุรินทร์	บุรีรัมย์	นครราชสีมา	
ร้อน	69.01	58.30	67.85	64.47	
ฝน	76.10	68.64	50.93	51.15	



รูปที่ 8 ตัวอย่างแผนที่โอกาสเกิดฝน ที่ใช้ในการประเมินความถูกต้อง

อภิปรายและสรุป

การหาพื้นที่โอกาสเกิดฝนโดยวิธีนี้ ทำให้เราทราบว่า แต่ละจังหวัดมีผลกระทบจากค่าพารามิเตอร์ต่างกัน โดยจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆเรียงจากมากไปหาน้อย มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ผลกระทบจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆเรียงจากมากไปหาน้อย ในช่วงฤดูร้อน

CAPE	สุรินทร์	ยโสธร	นครราชสีมา	บุรีรัมย์	ร้อยเอ็ด	อุบลราชธานี	มุกดาหาร	ศรีสะเกษ	อำนาจเจริญ
ค่าเฉลี่ย	1092	1165.33	1133.27	1094.48	1202.34	1114.92	1278.11	1530	1375.71
%สูงสุด	59.66	58.9	56.04	54.58	51.73	49.23	48.61	42.88	37.97
CIN	ยโสธร	สุรินทร์	นครราชสีมา	อุบลราชธานี	บุรีรัมย์	ร้อยเอ็ด	มุกดาหาร	อำนาจเจริญ	ศรีสะเกษ
ค่าเฉลี่ย	-71	-87.6	-122.19	-99.17	-113.19	-86.13	-85.68	-79.69	-144.89
%สูงสุด	73.33	72.75	70.93	67.31	66.35	61.81	59.84	56.67	52.21
Li	อำนาจเจริญ	ยโสธร	บุรีรัมย์	นครราชสีมา	สุรินทร์	มุกดาหาร	ร้อยเอ็ด	อุบลราชธานี	ศรีสะเกษ
ค่าเฉลี่ย	-4.94	-4.63	-4.44	-4.58	-4.68	-4.93	-4.97	-4.2	-3.52
%สูงสุด	67.18	64.72	63.27	62.44	60.35	58.98	56.94	53.88	35.02
PW	นครราชสีมา	บุรีรัมย์	อุบลราชธานี	มุกดาหาร	สุรินทร์	ร้อยเอ็ด	อำนาจเจริญ	ยโสธร	ศรีสะเกษ
ค่าเฉลี่ย	43.8	45.61	46.89	46.77	49.81	48.45	49.06	53.24	39.7
%สูงสุด	60.02	54.6	54.25	50.87	50.28	45.9	43.06	35.32	27.04
VS	ร้อยเอ็ด	อุบลราชธานี	นครราชสีมา	มุกดาหาร	บุรีรัมย์	อำนาจเจริญ	ยโสธร	สุรินทร์	ศรีสะเกษ
ค่าเฉลี่ย	0.203	0.2948	0.196	0.187	0.1069	0.0596	0.125	0.172	0.4079
%สูงสุด	87	83.63	79.7	74.34	67.87	66.76	59.31	57.95	30.67

จะเห็นว่าในช่วงฤดูร้อน ค่าที่มีผลกระทบต่อฝนมากที่สุดคือค่า VS ในเกือบทุกจังหวัด (ประมาณ >60%) ยกเว้น จ.ศรีสะเกษ รองลงมาจะเป็นค่า CIN ยกเว้น จ.ศรีสะเกษ เช่นกัน เมื่อแยกเป็นรายจังหวัดพบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อ จ.มุกดาหารมากที่สุด คือ VS (74.34%) จ.ร้อยเอ็ด คือ VS (87%) จ.ยโสธร คือ CIN (73.33%) จ.อำนาจเจริญ คือ Li (67.18%) จ.อุบลราชธานี คือ VS (83.63%) จ.ศรีสะเกษ คือ CIN (52.21%) จ.สุรินทร์ คือ CIN (72.75%) จ.บุรีรัมย์ คือ VS (67.87%) และ จ.นครราชสีมา คือ VS (79.7%)

ตารางที่ 5 ผลกระทบจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆเรียงจากมากไปหาน้อย ในช่วงฤดูฝน

CAPE	อุบลราชธานี	ร้อยเอ็ด	มุกดาหาร	อำนาจเจริญ	ยโสธร	บุรีรัมย์	นครราชสีมา	สุรินทร์	ศรีสะเกษ
ค่าเฉลี่ย	975.11	833.62	935.42	951.67	1165.33	882.73	900.95	950.98	1126.67
%สูงสุด	66.68	65.87	62.13	61.54	58.9	58.02	57.32	55.78	45.13
CIN	ยโสธร	อุบลราชธานี	บุรีรัมย์	อำนาจเจริญ	นครราชสีมา	สุรินทร์	ศรีสะเกษ	ร้อยเอ็ด	มุกดาหาร
ค่าเฉลี่ย	-71	-120	-123.51	-82.83	-117.12	-107.41	-127.59	-93.25	-88.64
%สูงสุด	73.33	72.08	69.6	67.46	66.7	63.77	61.66	55.85	52.39
Li	บุรีรัมย์	ร้อยเอ็ด	ยโสธร	อุบลราชธานี	อำนาจเจริญ	มุกดาหาร	นครราชสีมา	สุรินทร์	ศรีสะเกษ
ค่าเฉลี่ย	-4.34	-4.46	-4.63	-4.22	-4.37	-4.65	-4.03	-4.57	-3.38
%สูงสุด	72.81	72.31	64.72	62.89	60.48	59.32	52.55	51.33	45.43
PW	อุบลราชธานี	อำนาจเจริญ	ร้อยเอ็ด	สุรินทร์	บุรีรัมย์	มุกดาหาร	นครราชสีมา	ยโสธร	ศรีสะเกษ
ค่าเฉลี่ย	49.4	56.49	57.91	57.58	55.72	57.19	52.68	53	43.46
%สูงสุด	90.19	90.11	83.67	78.12	76.37	74.76	65.84	35.32	32.8
VS	อำนาจเจริญ	มุกดาหาร	ร้อยเอ็ด	นครราชสีมา	บุรีรัมย์	สุรินทร์	ยโสธร	อุบลราชธานี	ศรีสะเกษ
ค่าเฉลี่ย	0.0026	0.1807	-0.0633	0.4139	0.2636	0.0131	0.125	0.9774	0.1692
%สูงสุด	79.58	74.76	73.21	71.94	70.04	65.56	59.31	54.55	51.8

ส่วนในช่วงฤดูฝน ค่าที่มีผลกระทบต่อฝนมากที่สุดคือค่า PW ในเกือบทุกจังหวัด (ประมาณ >60%) ยกเว้น จ.ยโสธร และ จ.ศรีสะเกษ รองลงมาจะเป็นค่า VS ยกเว้น จ.อุบลราชธานี และ จ.ศรีสะเกษ เมื่อแยกเป็นรายจังหวัดพบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อ จ.มุกดาหารมากที่สุด คือ PW และ VS (74.76%) จ.ร้อยเอ็ด คือ PW (83.67%) จ.ยโสธร คือ Li (64.72%) จ.อำนาจเจริญ คือ PW (90.11%) จ.อุบลราชธานี คือ PW (90.19%) จ.ศรีสะเกษ คือ CIN (61.66%) จ.สุรินทร์ คือ PW (78.12%) จ.บุรีรัมย์ คือ PW (76.37%) และ จ.นครราชสีมา คือ VS (71.94%)

สำหรับเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องจากมากไปหาน้อยในช่วงฤดูร้อย คือ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ นครราชสีมา สุรินทร์ ยโสธร มุกดาหาร ร้อยเอ็ด อำนาจเจริญ ส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องจากมากไปหาน้อยในช่วงฤดูฝน คือ ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุบลราชธานี มุกดาหาร อำนาจเจริญ ยโสธร ร้อยเอ็ด นครราชสีมา บุรีรัมย์

จะเห็นได้ว่ากระบวนการที่ใช้ในงานนี้ สามารถนำมาเป็นตัวเลือกหนึ่งในการพยากรณ์ได้สำหรับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยบางจังหวัดจะให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าจังหวัดอื่นๆ อาจเนื่องมาจากลักษณะภูมิประเทศที่สอดคล้องกับการคำนวณของโมเดล GFS มากกว่าจังหวัดอื่น สำหรับวิธีการปรับปรุงผลให้ดียิ่งขึ้น อาจทำได้โดยการขยายขนาดแผนที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลให้ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่ละเอียดขึ้น รวมไปถึงการปรับปรุงสมการที่ใช้คำนวณโอกาสเกิดฝน โดยนำพารามิเตอร์มาใช้มากขึ้น ซึ่งรวมไปถึงพารามิเตอร์ที่ส่งผลในการยับยั้งการเกิดฝนด้วย

สุดท้ายนี้ แผนที่โอกาสเกิดฝนที่ได้จากงานนี้ จะแสดงไว้ที่ www.ubonmet.tmd.go.th

อ้างอิง

https://www.tmd.go.th

สรุปการจัดการความรู้KM ส่วนพยากรณ์อากาศ เรื่อง แผนภูมิเทอร์โมไดนามิคแบบสกิวทีลอการิทึมพี

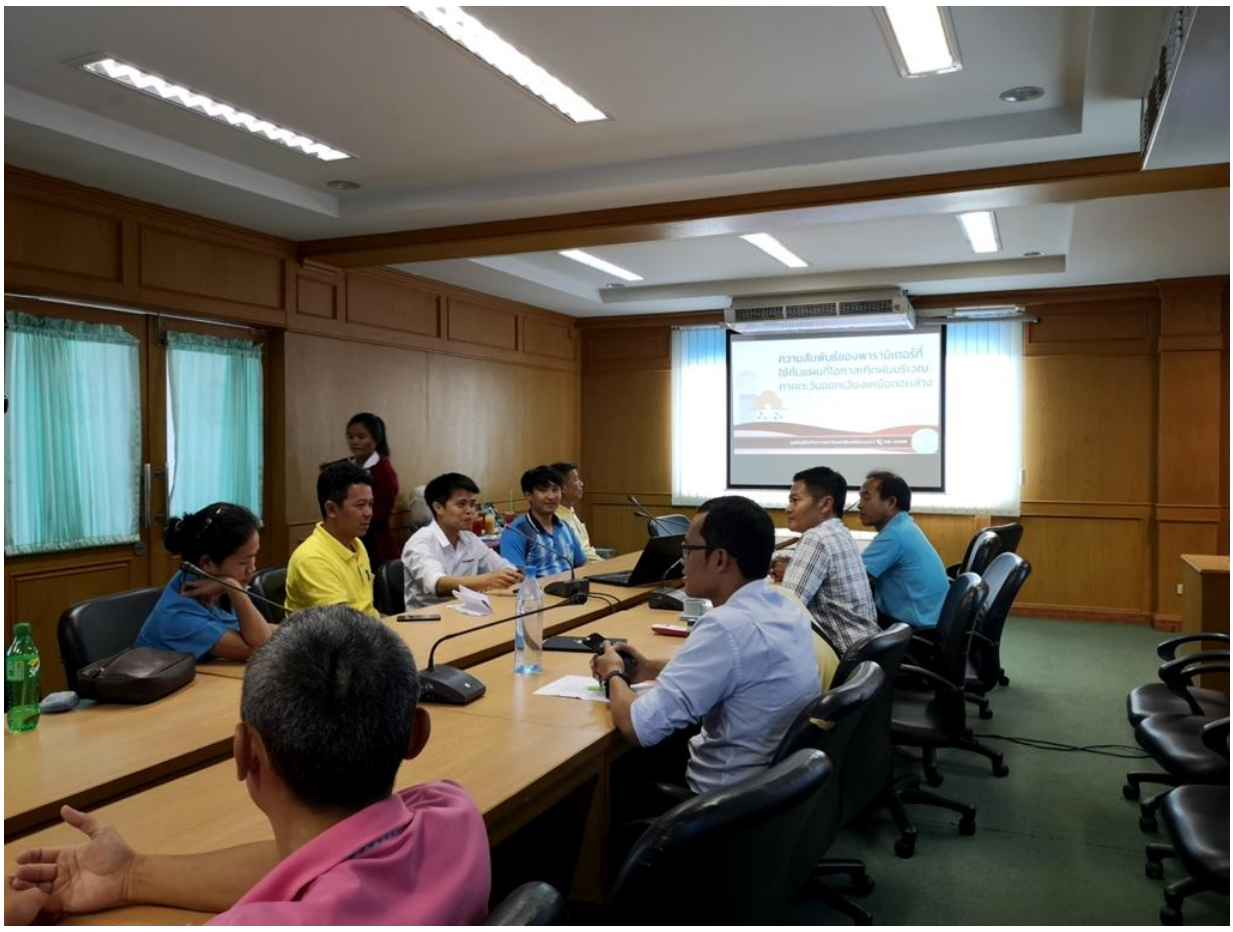
https://www.theweatherprediction.com/habyhints3/899/

http://glossary.ametsoc.org/wiki/Precipitable_water

https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2015JD024267

https://www.researchgate.net/figure/The-mean-vertical-velocity-m-s-1-for-each-vertical-level-in-the-model-for-the_fig4_249621650

รูปกิจกรรมแลกเปลี่ยนความรู้



ขั้นตอนให้การดำเนินงาน นวัตกรรม

ผลการทำ
นวัตกรรม

ขั้นตอนปฏิบัติการดำเนินงาน นวัตกรรม
Download ข้อมูล GPS
ตาก่า MAX 24 ชม.
Frequency table
สร้างแผนที่