

การศึกษาการวิเคราะห์อากาศชั้นบนโดยใช้ข้อมูลจากระบบ Wind Profiler เพื่อการพยากรณ์อากาศบริเวณจังหวัดเชียงใหม่

นพพรพรรณ ฤทธิมหันต์^{1*}, ภาณุวรรณ พุทธิ¹, ศุภพร น้อยเซ็น¹, ปรีชา จินต์ธนาวัฒน์¹,
ดวงพร แก้วบังวัน¹ และ สุกฤษฎ์ เกิดแสง¹

Study of Upper Air Analysis Using Wind Profiler for Weather Forecasting in Chiang Mai, Thailand

Napornpan Ritmahun^{1*}, Pamornwan Pootta¹, Supaporn Noisen¹, Preecha Jintanawat¹,
Duangporn Kaewbungwan¹ and Sukrit Kirtsaeng¹

¹ Thai Meteorological Department 4353 Sukhumvit Road, Bang Na Subdistrict, Bang Na District, Bangkok.

* Corresponding author: napornpan4436@gmail.com

Received: December 9, 2023; Revised: July 8, 2024; Accepted: July 23, 2024

บทคัดย่อ

การตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหยังอากาศของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ ทำการตรวจวันละ 1 ครั้ง เป็นตัวแทนของลักษณะอากาศในรอบ 24 ชั่วโมง ซึ่งไม่เพียงพอต่อการนำข้อมูลมาวิเคราะห์สภาพอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา การตรวจอากาศชั้นบนด้วยระบบ Wind profiler สามารถติดตามสภาพอากาศได้ทุก 5 นาที และมีข้อจำกัดระดับความสูง 5 กิโลเมตร และไม่สามารถเข้าใช้งานได้อย่างเป็นสาธารณะ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลจาก Wind profiler เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์อากาศบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ โดยระบบ Wind profiler ของกรมอุตุนิยมวิทยาสามารถตรวจวัดข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และทิศทางลม จากการนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจอากาศชั้นบนจากระบบ Wind profiler และวิทยุหยังอากาศ มาวิเคราะห์ค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศ และประเมินความเสี่ยงเสถียรภาพอากาศเพื่อหาโอกาสที่จะเกิดพายุฝนฟ้าคะนองบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผลการตรวจอากาศชั้นบนจากทั้งสองแหล่ง สามารถนำมาพยากรณ์การเกิดฝนฟ้าคะนองได้ ดังนั้นการศึกษานี้นำไปสู่การพัฒนาโปรแกรมการวิเคราะห์เสถียรภาพของอากาศด้วยแผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลลอการิทึมพีและทำการเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ เพื่อสะดวกสำหรับการนำข้อมูลไปสนับสนุนการตัดสินใจออกข่าวพยากรณ์อากาศ ขาวเตือนภัยในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และบริเวณภาคเหนือ เช่น การวิเคราะห์โอกาสในการเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง การคาดการณ์แนวโน้มการเกิดหมอกในช่วงฤดูหนาว รวมถึงการวิเคราะห์แนวโน้มของสภาพอากาศในช่วงที่มีภาวะฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) ปกคลุมพื้นที่ภาคเหนือ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อประชาชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการเตรียมความพร้อมรับมือภัยธรรมชาติที่อาจเกิดจากสภาพอากาศร้าย ช่วยป้องกันและลดความเสียหายต่อชีวิต และทรัพย์สินได้ต่อไป

คำสำคัญ: อุตุนิยมวิทยา, การวิเคราะห์อากาศชั้นบน, การพยากรณ์อากาศ

¹ กรมอุตุนิยมวิทยา 4353 ถนนสุขุมวิท แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพมหานคร 10260

Abstract

The upper air observation using a radiosonde at the Northern Meteorological Center is conducted once a day, representing weather conditions over a 24-hour period. This is insufficient for analyzing weather conditions occurring within shorter time frames. The Wind profiler system can monitor weather conditions every 5 minutes, but is limited to 5 km altitude and is not publicly accessible. Therefore, this study aims to Study of upper air analysis using Wind profiler data in Chiang Mai Province. The Wind profiler system of the Thai Meteorological Department can measure meteorological data including temperature, relative humidity, wind speed, and wind direction. By analyzing the upper air observation data from the Wind profiler and radiosonde to calculate atmospheric stability indices and assess atmospheric instability risks, the stability assessment of thunderstorms in Chiang Mai Province can be determined. The results show that the upper air observations from both sources can forecast thunderstorm occurrences. Consequently, this study led to the development of a stability index analysis program using the Skew–T Log P thermodynamic diagram and the trial is distributed via the website. It facilitates the use of information to support decision-making in issuing weather forecasts and warning announcements in Chiang Mai and the northern region. For example, analysis of the opportunity of thunderstorms Forecasting the trend of fog during winter Including analysis of weather trends during high concentrations of particulate matter (PM2.5) in the northern region, etc., It is useful for people and agencies to collaborate to prevent dangers that may occur from severe weather and help reduce damage to people's lives and property.

Keywords: Meteorology, Upper Air analysis, Weather Forecast

บทนำ

ในปัจจุบันประชาชนให้ความสนใจและติดตามข่าวพยากรณ์อากาศมากขึ้น โดยข่าวพยากรณ์อากาศมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต เช่น ติดตามสภาพอากาศประจำวันและการคาดการณ์สภาพอากาศล่วงหน้ารายสัปดาห์เพื่อวางแผนการท่องเที่ยว หรือนำไปวางแผนด้านการเกษตร เป็นต้น ซึ่งผู้พยากรณ์อากาศจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจในลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศตั้งแต่ระดับพื้นดินไปจนถึงอากาศชั้นบนที่ระดับความสูงต่าง ๆ อีกทั้งยังต้องมีความเข้าใจในการนำข้อมูลผลการตรวจอากาศและแบบจำลองสภาพอากาศมาช่วยในการออกข่าวพยากรณ์อากาศและข่าวประกาศเตือนภัยพิบัติที่อาจเกิดอันตรายจากสภาพอากาศร้ายได้ (Kirtsaeng, Chantara, & Kreasuwun, 2010; Kirtsaeng, et al., 2012) ข้อมูลจากการตรวจอากาศชั้นบนเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างมากในการนำมาวิเคราะห์เสถียรภาพอากาศ เพื่อพยากรณ์แนวโน้มสภาพอากาศที่จะเกิดขึ้น เช่น การวิเคราะห์โอกาสในการเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง ลูกเห็บตก การคาดการณ์แนวโน้มการเกิดหมอกในตอนเช้าของฤดูหนาว รวมถึงการวิเคราะห์แนวโน้มของสภาพอากาศในช่วงที่มีภาวะฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) ปกคลุมพื้นที่ภาคเหนือ เป็นต้น

ปัจจุบันสถานีตรวจอากาศชั้นบนเชียงใหม่ ทำการตรวจอากาศด้วยวิทยุหยั่งอากาศวันละ 1 ครั้ง เวลา 0000UTC (Coordinated Universal Time) หรือเวลา 07.00 น. ของประเทศไทย โดยทำการตรวจสภาพอากาศตั้งแต่ระดับผิวพื้นขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศ มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 20 กิโลเมตร จากพื้นดิน ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากการตรวจวัด ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ความเร็วลม ทิศทางลม และความชื้นสัมพัทธ์ จากนั้นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในแต่ละระดับความสูงตามระดับค่าความกดอากาศ จะถูกนำไปเขียนบนแผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นความกดอากาศเท่า (Isobar) เส้นอุณหภูมิเท่า (Isotherm) เส้นอะเดียเบติกแบบแห้ง (Dry Adiabatic) เส้นอะเดียเบติกชื้น (Moist Adiabatic) และเส้นอัตราส่วนผสมอิ่มตัว (Saturation Mixing Ratio) ส่วนมากใช้สำหรับทราบถึงเสถียรภาพของของบรรยากาศ ทำให้ผู้พยากรณ์อากาศทราบถึงคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ต่าง ๆ เช่น คุณลักษณะทางด้านอุณหภูมิในรูปแบบข้อมูลเชิงปริมาณหรือพารามิเตอร์ และเสถียรภาพของบรรยากาศ (Atmospheric Stability) เพื่อทำการวิเคราะห์และคาดการณ์สภาพอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาและทำนายสภาพอากาศในชั้นบรรยากาศ โดยคำนวณค่าเสถียรภาพของอากาศ ช่วยให้นักอุตุนิยมวิทยาหรือผู้ที่สนใจศึกษาลักษณะอากาศในชั้นบรรยากาศ สามารถทำการวิเคราะห์และพยากรณ์อากาศได้อย่างเป็นระบบและแม่นยำ โดยค่าดัชนีที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่

- ค่าดัชนี K Index (KI) คือ ดัชนีที่ใช้คาดการณ์การยกตัวของอากาศจากการพาความร้อนและแสดงถึงโอกาสที่จะเกิดฝนฟ้าคะนอง การคำนวณค่าดัชนี (KI) ต้องคำนึงถึงการกระจายตัวของความชื้นและอุณหภูมิในแนวตั้ง โดยคำนวณค่าอุณหภูมิ (T) และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Td) ที่ระดับความกดอากาศ 850, 700 และ 500 เฮกโตปาสคาล สามารถเขียนความสัมพันธ์เป็นสมการได้ ดังนี้

$$KI = (T850 - T500) + Td850 - (T700 - Td700) \quad (\text{สมการที่ 1})$$

- ค่าดัชนี Lifted Index (LI) เป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสามารถในการลอยตัวของอากาศและบ่งบอกความรุนแรงของพายุฝนฟ้าคะนอง โดยคำนวณจากผลต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูง 500 เฮกโตปาสคาล (hPa) กับอุณหภูมิของมวลอากาศที่ยกตัวขึ้นมาจากระดับผิวพื้นถึงระดับความสูง 500 hPa ตามขอบการอะเดียเบติก สามารถเขียนความสัมพันธ์เป็นสมการได้ ดังนี้

$$LI = T500 - T' \quad (\text{สมการที่ 2})$$

โดยปกติค่าผลต่างที่ได้ แสดงถึงความมีหรือไม่มีเสถียรภาพของอากาศ ซึ่งค่าดัชนี (LI) มีผลต่างติดลบมาก ๆ จะแสดงถึงความไม่มีเสถียรภาพของอากาศนั้นคืออากาศมีการยกตัวได้ดี

- ค่า Convective Available Potential Energy (CAPE) เป็นค่าพลังงานที่บอกถึงศักยภาพการลอยตัวของอากาศโดยการพาความร้อน (Convection) จากระดับการยกตัวอิสระ (LFC) ไปจนถึงระดับสมดุล (Equilibrium Level, EL) โดยปกติค่า (CAPE) จะถูกคำนวณโดยอัตโนมัติและแสดงในแผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี จากการหาพื้นที่เชิงบวกบนแผนภูมิ สามารถวิเคราะห์ค่า (CAPE) ที่มีค่ามากกว่า 0 ขึ้นไปแสดงถึงความไม่มีเสถียรภาพของอากาศ

- ค่าดัชนี Total Totals Index (TT) คือ ดัชนีชี้วัดสภาพอากาศที่รุนแรง (Severe weather) คำนวณโดยใช้ อุณหภูมิ (T) และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Td) ที่ระดับความกดอากาศ 850 และ 500 เฮกโตปาสคาล โดยค่าดัชนี (TT) บ่งชี้ถึงสภาพอากาศที่รุนแรงสามารถเกิดขึ้นได้จะมีค่าอยู่ที่ 44-55 โดยประมาณอีกทั้งขึ้นกับลักษณะอากาศของแต่ละพื้นที่รวมไปถึงการวิเคราะห์ค่าอื่น ๆ ร่วมด้วย โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการ

$$TT = (T850 + Td850) - (2 \times T500) \quad \text{(สมการที่ 3)}$$

การศึกษาค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศที่วิเคราะห์จากแผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี จากการตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหยั่งอากาศ ของผู้พยากรณ์อากาศ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555-2564 พบว่า ดัชนีเสถียรภาพอากาศเกณฑ์ใหม่ที่ทำการศึกษามาแล้วนั้น มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การเกิดฝนฟ้าคะนอง ได้แก่ Showalter Index (SI), Lifted Index (LI) และ Convective Available Potential Energy (CAPE) โดยทุกดัชนีต้องบ่งชี้ไปทิศทางเดียวกัน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การพยากรณ์การเกิดฝนฟ้าคะนอง ควรนำค่าดัชนีแต่ละชนิดมาวิเคราะห์ร่วมกันให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด อย่างไรก็ตาม ในกรณีการเกิดพายุฝนฟ้าคะนองที่รุนแรง ควรมีการปรับปรุงเกณฑ์ดัชนีเสถียรภาพอากาศเพื่อการพยากรณ์ การเกิดพายุฝนฟ้าคะนองเพื่อให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ทิศทางและความเร็วลม มีการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะ ทางกายภาพของมวลอากาศ และมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ดังนั้นการตรวจอากาศด้วยวิทยุหยั่งอากาศ ที่ทำ การตรวจเพียงวันละ 1 ครั้ง จึงมีข้อจำกัดในการติดตามสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และอาจส่งผลให้การพยากรณ์ อากาศคลาดเคลื่อนได้ หากมีสภาพอากาศร้ายเกิดขึ้นจะส่งผลให้เกิดความเสียหายได้อย่างมาก การศึกษานี้จึงได้ ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากระบบ Wind profiler ของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ติดตั้งบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ (Radiometrics Corporation, 2020) ซึ่งประกอบด้วยเซนเซอร์ 3 ชนิด ได้แก่ Wind profiler ทำการตรวจและรายงานข้อมูลทิศทางและ ความเร็วของลมชั้นบนที่ระดับความสูงตั้งแต่ 300 เมตร ถึง 5 กิโลเมตร โดยปล่อยคลื่นแม่เหล็กแม่ไฟฟ้า (Electromagnetic wave) และรับสัญญาณกลับมาคำนวณด้วยวิธีปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler Effect), SODAR (sonic detection and ranging) ทำการตรวจและรายงานข้อมูลทิศทางและความเร็วของลมตั้งแต่ระดับผิวพื้นถึง 300 เมตร โดยส่งและรับสัญญาณแบบคลื่นเสียง เพื่อคำนวณทิศทางและความเร็วลม และ Radiometer เป็นเครื่องตรวจ อุณหภูมิและไอน้ำในอากาศตามแนวตั้ง โดยใช้หลักการ Microscopic voltage changes (Molecular emissions) โดยแสดงผลการตรวจวัดทุก 5 นาที ซึ่งข้อมูลจะถูกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RAOB (The Universal RAOBwinsonde Observation program) ออกมาในรูปแบบแผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี

วัตถุประสงค์

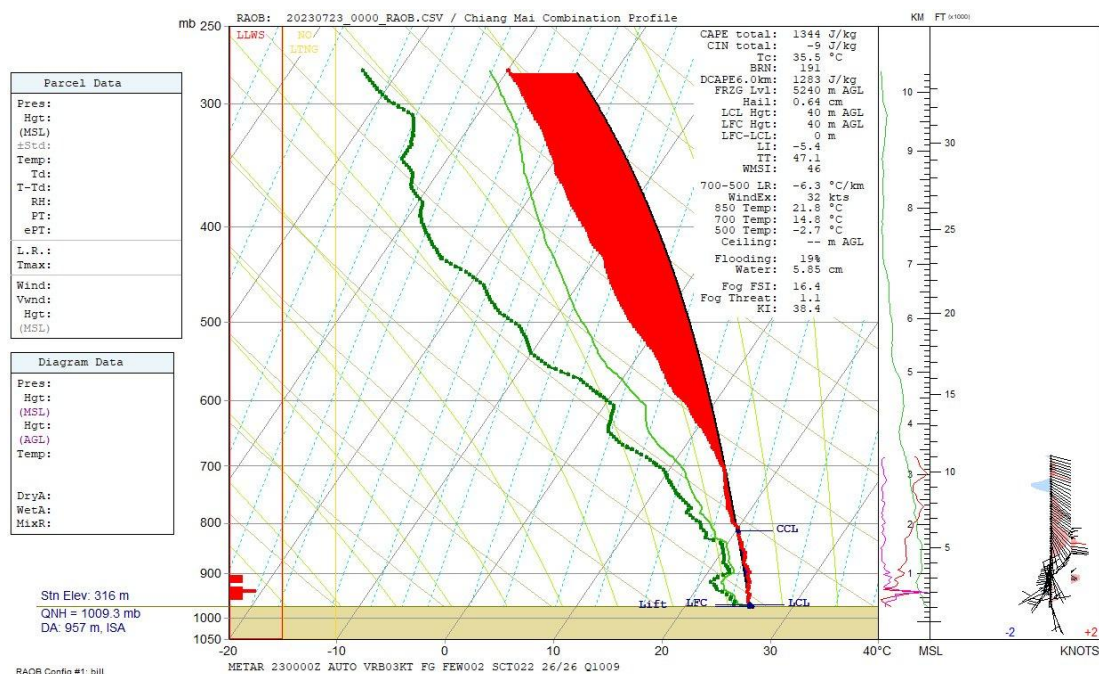
การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำการประยุกต์ใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์อากาศชั้นบนจากระบบ Wind profiler กับ การตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหยั่งอากาศ บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ โดยเลือกกรณีศึกษาการเกิดฝนฟ้า คะนองบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 23 เดือนกรกฎาคม 2566 และพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพอากาศจาก ข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนโดยภาษาไพทอน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้สนใจสามารถใช้งานแบบเป็นปัจจุบัน (real time) ได้

วิธีการศึกษา

1. เก็บรวบรวมข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบนรายวันระหว่างเดือน กรกฎาคม-กันยายน พ.ศ.2566 จากระบบ Wind profiler และวิทยุหึ่งอากาศ ณ เวลา 07.00 น.
2. หาค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศจากแผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี จากระบบ Wind profiler และวิทยุหึ่งอากาศ และประเมินความเสี่ยงค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศ
3. ทวนสอบผลการประเมินความเสี่ยงค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศ กับข่าวอากาศการบินสนามบินเชียงใหม่และผลการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน
4. พัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพอากาศเพื่อสร้างแผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี โดยภาษาไพทอน
5. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษา

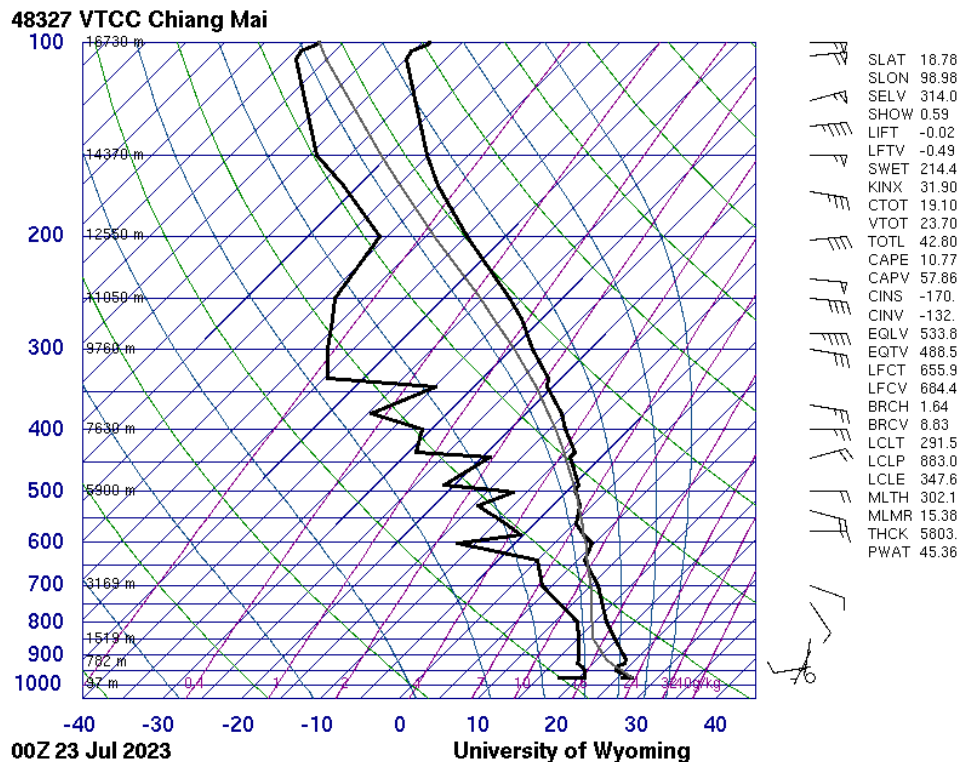
1. จากการเก็บรวบรวมข้อมูลรายวันในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2566 พบว่า การตรวจอากาศด้วยระบบ Wind profiler และการตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหึ่งอากาศ เวลา 07.00 น. ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 ชนิด จะได้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ที่ระยะความสูงต่าง ๆ ขึ้นไปในชั้นบรรยากาศ โดยข้อมูลทิศทางลมและความเร็วลมจากวิทยุหึ่งอากาศ แสดงข้อมูลการตรวจวัดที่ระดับความสูงมากกว่าการตรวจวัดโดยระบบ Wind profiler ในขณะที่ระบบ Wind profiler มีความละเอียดเชิงเวลาสูงกว่าการตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหึ่งอากาศ จากการนำข้อมูลดัชนีเสถียรภาพอากาศจากระบบ Wind profiler และจากการตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหึ่งอากาศ มาวิเคราะห์สภาพอากาศที่เกิดขึ้นในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 1 แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี จากระบบ Wind profiler

วันที่ 23 กรกฎาคม 2566 เวลา 07.00 น.

ที่มา: (โปรแกรม RAOB, 2566)



รูปที่ 2 แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี จากการตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหยั่งอากาศ วันที่ 23 กรกฎาคม 2566 เวลา 07.00 น.

ที่มา: (Wyoming Weather Web, 2566)

2. จากการประเมินความเสี่ยงเสถียรภาพอากาศ (Stability Assessment) จากระบบ Wind profiler ดังรูปที่ 1 และจากวิทยุหยั่งอากาศ ดังรูปที่ 2 ได้ค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศโดยการวิเคราะห์แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวทีลอการิทึมพี ดังนี้

– ค่าดัชนี K Index K Index จากระบบ Wind profiler มีค่าเท่ากับ 38.40 มีโอกาสเกิดฝนฟ้าคะนอง 80% – 90% และจากวิทยุหยั่งอากาศ มีค่าเท่ากับ 31.90 โอกาสเกิดฝนฟ้าคะนอง 60% – 80%

– ค่าดัชนี Lifted Index จากระบบ Wind profiler มีค่าเท่ากับ -5.4 และจากวิทยุหยั่งอากาศ มีค่าเท่ากับ -0.02 ตามลำดับ มีค่าติดลบทั้งสอง แสดงว่าอากาศสามารถยกตัวได้ดี และมีแนวโน้มเกิดฝนฟ้าคะนองรุนแรงได้

– ค่า Convective Available Potential Energy จากระบบ Wind profiler มีค่าเท่ากับ 1,344 จูล/กิโลกรัม แสดงว่ามวลอากาศสามารถยกตัวได้ปานกลาง และจากวิทยุหยั่งอากาศ มีค่าเท่ากับ 10.77 จูล/กิโลกรัม แสดงว่ามวลอากาศสามารถยกตัวได้เล็กน้อย

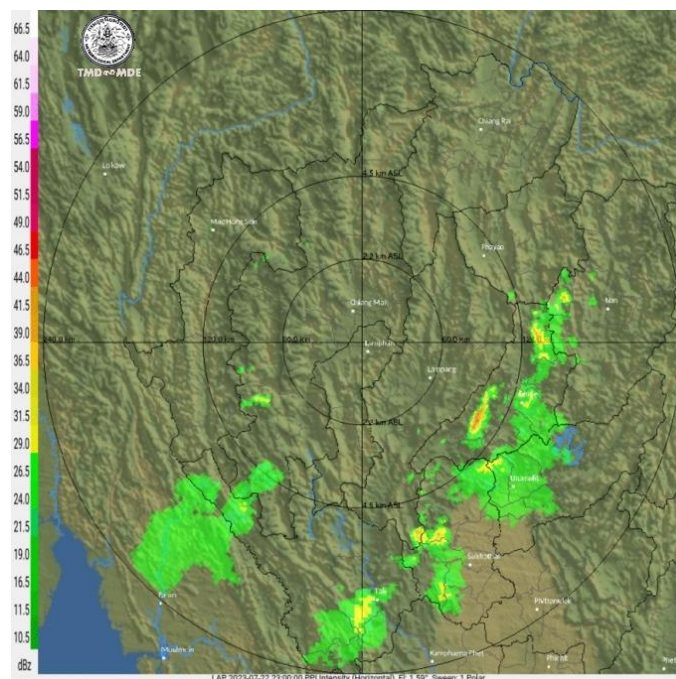
– ค่าดัชนี Total Totals Index จากระบบ Wind profiler มีค่าเท่ากับ 47.1 แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสเกิดฝนฟ้าคะนองรุนแรง และจากวิทยุหยั่งอากาศ มีค่าเท่ากับ 42.8 แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสเกิดลมเฉือน หรือฝนฟ้าคะนองได้เล็กน้อย

โดยค่าดัชนีที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงเสถียรภาพอากาศนั้นจะเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งในการศึกษานี้ พบว่าค่าดัชนีข้างต้นให้ผลที่สนับสนุนต่อการเกิดฝนฟ้าคะนองในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

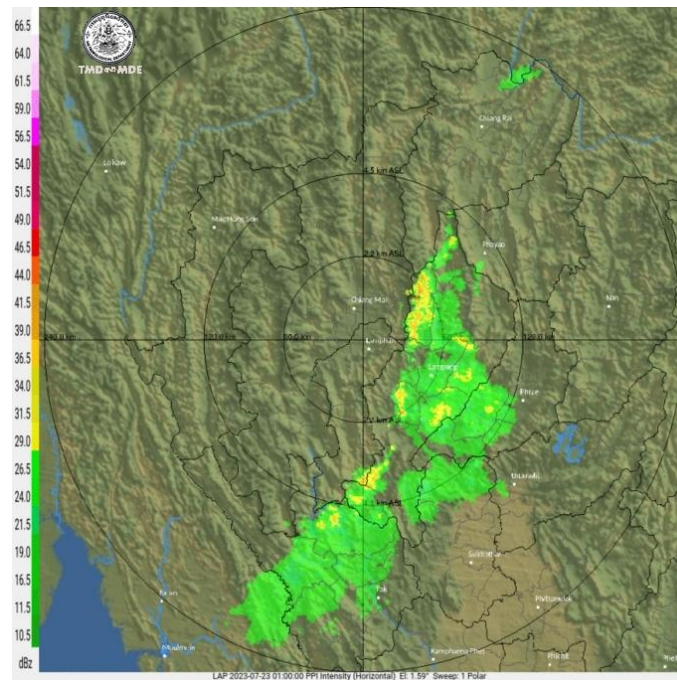
3. นำผลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงเสถียรภาพอากาศจากแผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวที่ลอกการพิมพ์ ของการตรวจอากาศชั้นบนจากระบบ Wind profiler และวิทยุหยั่งอากาศ พบว่ามีโอกาสเกิดฝนฟ้าคะนองในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อนำไปทวนสอบกับข่าวอากาศการบินจากสนามบินเชียงใหม่ พบว่า จากกรณีศึกษาการเกิดฝนฟ้าคะนองในจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อ วันที่ 23 กรกฎาคม 2566 ณ เวลา 07.00 น. – 10.00 น. ข่าวอากาศการบินของสนามบินเชียงใหม่ ดังรูปที่ 3 พบว่า เมื่อเวลา 09.00 น. ผู้ตรวจอากาศได้ยินเสียงฟ้าร้องในระยะ 8–16 กิโลเมตร จากสนามบินเชียงใหม่ และเวลา 09.11 น. เกิดฝนฟ้าคะนองกำลังอ่อนในรัศมี 8 กิโลเมตร และเวลา 10.00 น. ไม่พบการรายงานสภาพอากาศที่มีฝนฟ้าคะนองในพื้นที่ และจากผลการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน ณ เวลา 06.00 น.ดังรูปที่ 4 และ 08.00 – 09.00 น. พบกลุ่มฝนฟ้าคะนองมีทิศทางการเคลื่อนตัวเข้าสู่จังหวัดเชียงใหม่ ดังรูปที่ 5 และ 6

ลำดับ	เวลา	CODE
1	00.00 - 00.59	METAR VTCC 230000Z 15003KT 100V190 9999 FEW018 BKN038 26/24 Q1011 NOSIG= METAR VTCC 230030Z VRB02KT 9999 SCT035 26/24 Q1011 NOSIG=
2	01.00 - 01.59	METAR VTCC 230100Z VRB02KT 9999 SCT035 27/24 Q1012 NOSIG= METAR VTCC 230130Z 16004KT 100V200 9999 FEW018 BKN032 27/24 Q1012 NOSIG=
3	02.00 - 02.59	METAR VTCC 230200Z 22005KT 180V240 9999 VCTS FEW018 FEW025CB BKN032 27/24 Q1013 TEMPO FM0230 TL0300 2500 +TSRA= SPECI VTCC 230211Z 23006KT 190V260 9999 -TSRA FEW020CB BKN032 27/24 Q1012 TEMPO FM0230 TL0300 2500 +TSRA= METAR VTCC 230230Z 26006KT 230V290 9999 -TSRA FEW020CB BKN032 27/24 Q1012 TEMPO 3000 TSRA=
4	03.00 - 03.59	METAR VTCC 230330Z VRB03KT 9999 SCT035 30/23 Q1011 NOSIG= METAR VTCC 230300Z 23004KT 170V290 9999 BKN035 29/23 Q1011 RETS NOSIG=

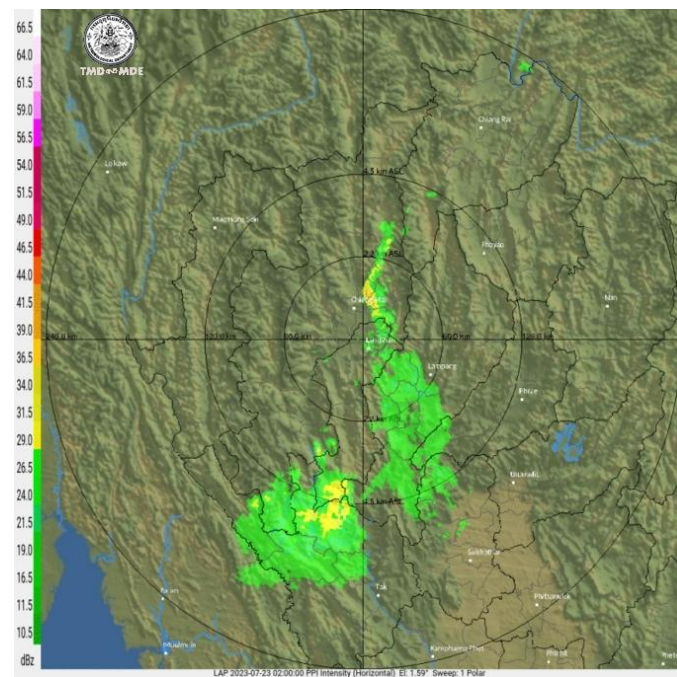
รูปที่ 3 ข่าวอากาศการบิน วันที่ 23 กรกฎาคม 2566 เวลา 07.00–10.00 น.
ที่มา: (กรมอุตุนิยมวิทยาA, 2566)



รูปที่ 4 ภาพผลการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน วันที่ 23 กรกฎาคม 2566 เวลา 06.00 น.
ที่มา: (กรมอุตุนิยมวิทยาB, 2566)

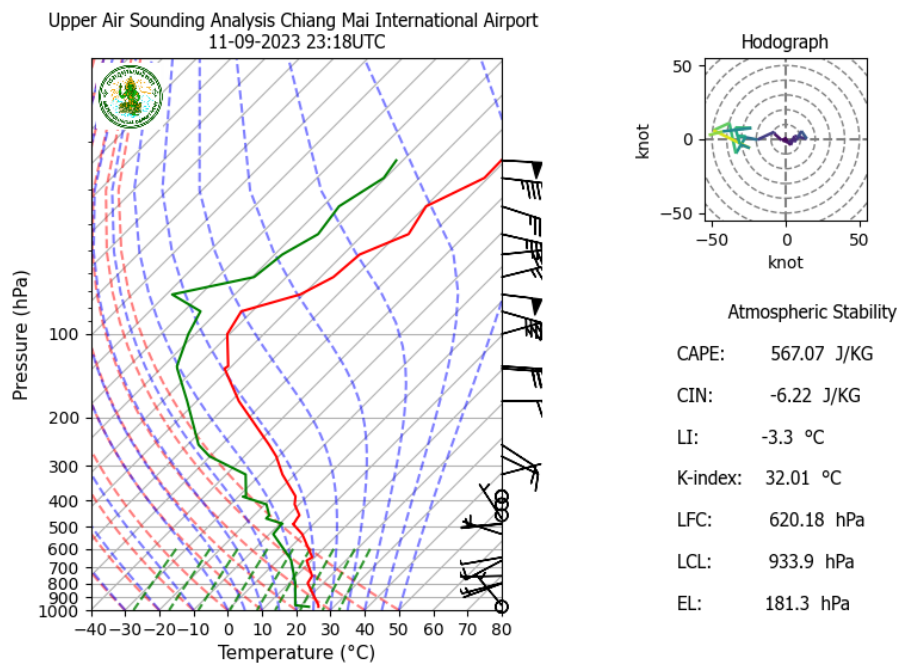


รูปที่ 5 ภาพผลการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน วันที่ 23 กรกฎาคม 2566 เวลา 08.00 น.
ที่มา: (กรมอุตุนิยมวิทยาB, 2566)

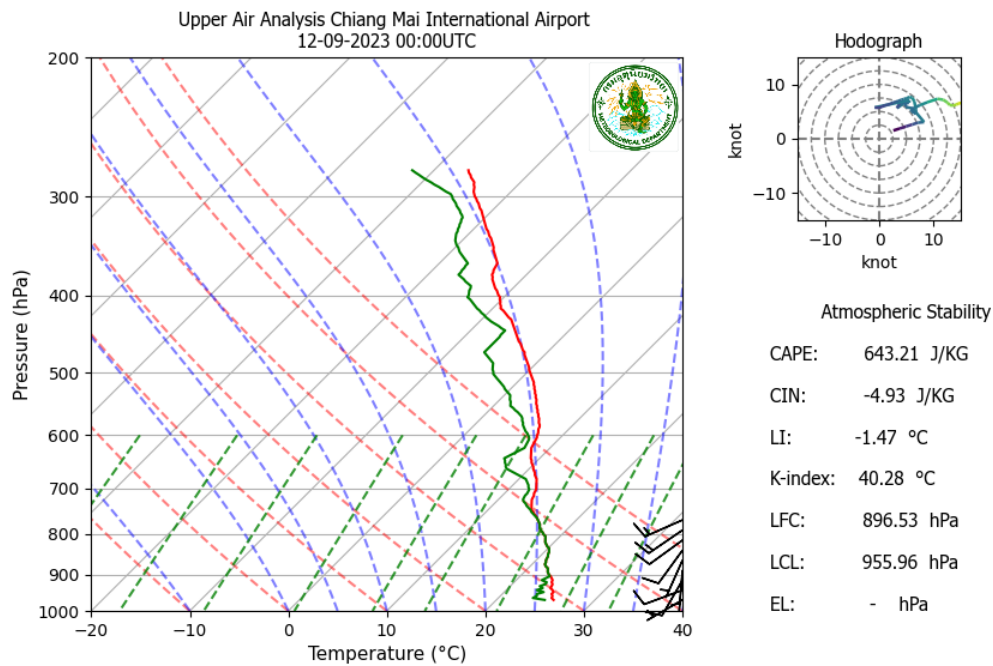


รูปที่ 6 ภาพผลการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน วันที่ 23 กรกฎาคม 2566 เวลา 09.00 น.
ที่มา: (กรมอุตุนิยมวิทยาB, 2566)

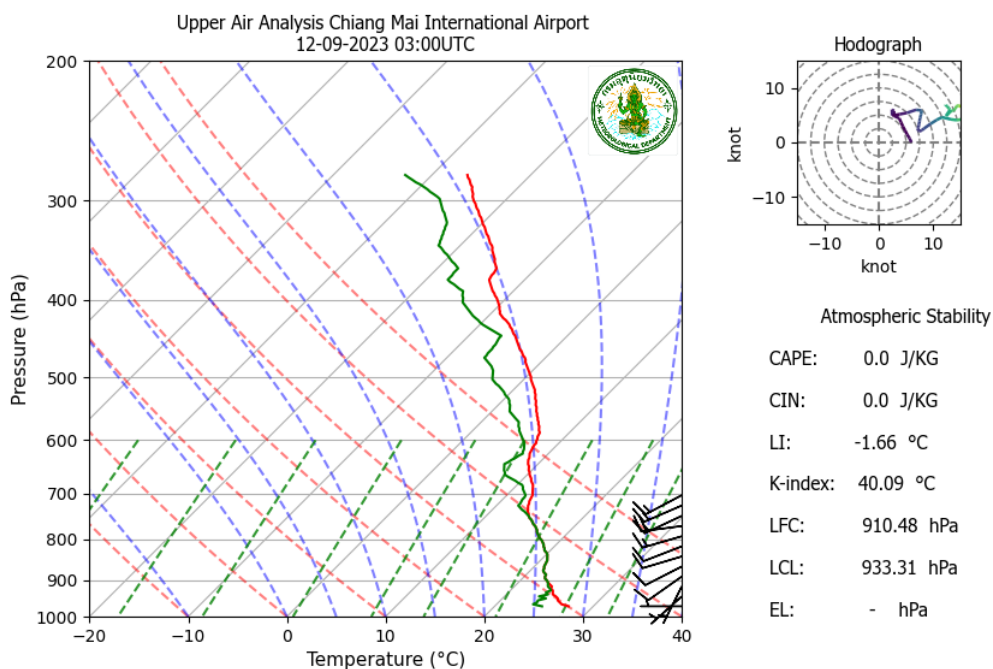
4. จากการนำภาษาไพทอนมาพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพอากาศจากข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบน ที่ทำการตรวจวัดด้วยวิทยุหยังอากาศ ดังตัวอย่างในรูปที่ 7 และจากระบบ Wind profiler ที่แสดงถึงความถี่ในการตรวจ ดังตัวอย่างในรูปที่ 8, 9 และ 10 ซึ่งได้แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวที่ลอการิทึมพี และค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศ พบว่าการตรวจอากาศจากทั้ง 2 แหล่ง มีข้อจำกัดด้านความสูงในการตรวจ โดยจากวิทยุหยังอากาศตรวจวัดได้ที่สูงมากกว่าระบบ Wind profiler ทำให้แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวที่ลอการิทึมพี แสดงค่าแตกต่างกัน และส่งผลต่อดัชนีเสถียรภาพอากาศมีค่าแตกต่างกันด้วย เช่น ระดับ Equilibrium level (EL) จากระบบ Wind profiler มักจะไม่พบค่านี้ เนื่องจากตรวจวัดที่ความสูงไม่มากพอ และในการคำนวณค่า Convective Available Potential Energy จากระบบ Wind profiler จะคำนวณได้ถึงเพียงจุดที่เป็นขีดความสามารถของเครื่องมือ ตั้งแต่ระดับพื้นดินไปจนถึงความสูงประมาณ 5 กิโลเมตร แต่การตรวจด้วยวิทยุหยังอากาศสามารถคำนวณต่อไปได้ที่ระดับความสูงที่มากกว่า เป็นต้น นอกจากนี้ การตรวจด้วยระบบ Wind profiler จะทำการตรวจทุก ๆ 5 นาที ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความต่อเนื่องและเป็นปัจจุบัน สามารถติดตามและวิเคราะห์สภาพอากาศที่เป็นปัจจุบันได้โดยปัจจุบันโปรแกรมอยู่ในระหว่างการพัฒนา และสามารถใช้งานได้ที่ <https://unique-driven-bonefish.ngrok-free.app/>



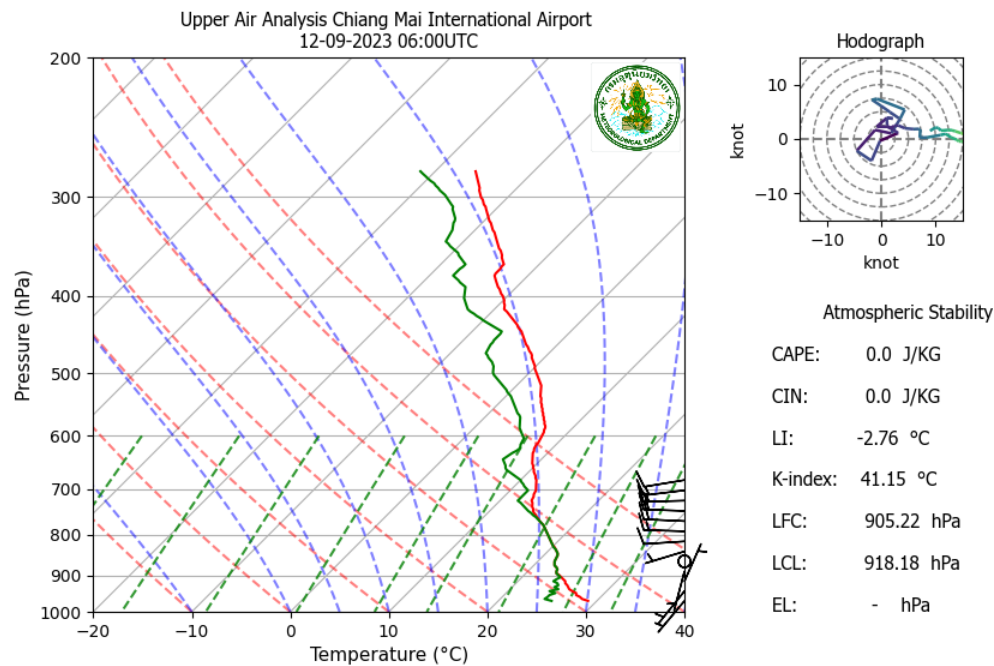
รูปที่ 7 แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวที่ลอการิทึมพี จากวิทยุหยังอากาศ
จากการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพอากาศ
ที่มา: (กรมอุตุนิยมวิทยาC, 2566)



รูปที่ 8 แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวที่ลอการิทึมพี จากระบบ Wind profiler
จากการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพอากาศ
ที่มา: (กรมอุตุนิยมวิทยาC, 2566)



รูปที่ 9 แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวที่ลอการิทึมพี จากระบบ Wind profiler
จากการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพอากาศ
ที่มา: (กรมอุตุนิยมวิทยาC, 2566)



รูปที่ 10 แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์แบบสกีวที่ลอการิทึมพี จากระบบ Wind profiler
จากการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพอากาศ
ที่มา: (กรมอุตุนิยมวิทยาC, 2566)

วิจารณ์และสรุปผล

การตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหยังอากาศตามมาตรฐานขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization: WMO) กำหนดให้ทำการตรวจวันละ 2 ครั้ง เวลา 07.00 น. และ 19.00 น. (ส่วนตรวจอากาศชั้นบน, 2566) แต่ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือทำการตรวจอากาศชั้นบนได้เพียงวันละ 1 ครั้ง เวลา 07.00 น. เนื่องจากข้อจำกัดของแก๊สที่ใช้ในการตรวจอากาศมีไม่เพียงพอ โดยเป็นตัวแทนของลักษณะอากาศในรอบ 24 ชั่วโมง ซึ่งไม่เพียงพอต่อการนำข้อมูลวิเคราะห์สภาพอากาศที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ห่างออกไปจากเวลาที่ทำการตรวจวัด แต่การตรวจอากาศชั้นบนจากระบบ Wind profiler สามารถติดตามสภาพอากาศได้ทุก 5 นาที แต่มีข้อจำกัดด้านความสูงที่สามารถหยังอากาศได้ตั้งแต่ระดับผิวพื้นขึ้นไปถึงระดับความสูงประมาณ 5 กิโลเมตร โดยผู้พยากรณ์อากาศจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อสนับสนุนการพยากรณ์อากาศในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และมีการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพอากาศจากข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนด้วยภาษาไพทอน ซึ่งสามารถใช้งานได้ที่ <https://unique-driven-bonefish.ngrok-free.app/> จึงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้พยากรณ์อากาศที่จะได้รับข้อมูลเสถียรภาพอากาศที่ใกล้เคียงสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุด

จากกรณีการเกิดฝนฟ้าคะนอง ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ.2566 ณ เวลา 09.00-10.00 น. เมื่อวิเคราะห์ค่าดัชนี K Index ค่าดัชนี Lifted Index ค่า Convective Available Potential Energy และค่าดัชนี Total Totals Index พบว่า ดัชนีเสถียรภาพอากาศจากระบบ Wind profiler และจากวิทยุหยังอากาศ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและสอดคล้องกับเกณฑ์ค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศที่บ่งชี้ถึงโอกาสที่จะเกิดฝนฟ้าคะนอง นอกจากนี้ยังพบว่าในบางครั้งผลการตรวจอากาศชั้นบนมีข้อมูลไม่ครบถ้วน อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่เป็นอุปสรรค เช่น

สภาพอากาศที่มีละอองน้ำหรือความชื้นสูง มีคลื่นเสียงรบกวนเครื่องมือขณะทำการตรวจ ทำให้ข้อมูลการตรวจวัดมีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ครบถ้วน ส่งผลทำให้ค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศไม่ครบถ้วนเช่นกัน ดังนั้นการนำข้อมูลจากทั้งสองแหล่งมาวิเคราะห์ร่วมกันจะช่วยสร้างประสิทธิภาพในการพยากรณ์อากาศ เนื่องจากการตรวจวัดด้วยวิทยุหยังอากาศจะได้ข้อมูลที่เป็นมาตรฐานสากลแต่ไม่เพียงพอต่อการพยากรณ์อากาศในช่วงเวลาที่ไกลออกไปจากเวลาที่ทำการตรวจวัด ซึ่งข้อมูลจากระบบ Wind profiler สามารถนำมาสนับสนุนการพยากรณ์อากาศได้ตลอด 24 ชั่วโมง นำมาใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์อากาศได้

ทั้งนี้หากจะนำข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหยังอากาศ และจากระบบ Wind profiler ไปใช้ในงานวิจัยอื่น ๆ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการใช้ข้อมูลจากทั้ง 2 แหล่ง คือ ระยะเวลาของการพยากรณ์อากาศ เช่น การตรวจด้วยวิทยุหยังอากาศ เหมาะสำหรับการพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 24 ชั่วโมง สามารถใช้ข้อมูลเพื่อเป็นตัวแทนสภาพอากาศในพื้นที่นั้น ๆ และการนำข้อมูลจากระบบ Wind profiler เหมาะสำหรับการติดตามสภาพและคาดการณ์สภาวะอากาศระยะสั้นในช่วงเวลา 1 – 2 ชั่วโมงข้างหน้า ทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาและค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศ เพื่อประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดสภาวะอากาศร้ายในพื้นที่ที่ต้องการศึกษาได้ เช่น โอกาสเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง โอกาสเกิดหมอกในตอนเช้าของฤดูหนาว แนวโน้มของสภาพอากาศในช่วงที่มีภาวะฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) ปกคลุมพื้นที่ได้เป็นต้น ดังนั้นผู้พยากรณ์อากาศจำเป็นต้องมีความเข้าใจลักษณะอากาศในพื้นที่นั้น ๆ และมีความรู้ ความชำนาญ ประสบการณ์ ในการประเมินค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์สภาพอากาศและการตัดสินใจในการพยากรณ์อากาศในพื้นที่นั้นได้ ประกอบกับการศึกษางานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การพยากรณ์อากาศมีความถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือได้

จากการศึกษานี้จะเห็นได้ว่า การเกิดฝนฟ้าคะนองในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ในเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2566 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน สามารถเกิดฝนฟ้าคะนองได้ทุกช่วงเวลา อย่างไรก็ตามการตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหยังอากาศ ณ เวลา 07.00 น. ค่าดัชนีเสถียรภาพอากาศที่วิเคราะห์ได้นั้นบางครั้งไม่บ่งชี้ถึงฝนฟ้าคะนองที่จะเกิดในช่วงเวลาที่ห่างออกไป ดังนั้นควรมีการพิจารณาการตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหยังอากาศ ณ เวลาตามมาตรฐานของ WMO หรือเพิ่มจำนวนสถานีการตรวจอากาศชั้นบน โดยพิจารณาจากปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาที่เกิดขึ้นในแต่ละฤดูกาลสำหรับระบบ Wind profiler ที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันนั้น ควรบำรุงรักษาเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ และควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการตรวจวัดอากาศชั้นบนชนิดอื่น เช่น หอตรวจสภาพอากาศ (Climate tower) (Liang, et al., 2022) อากาศยานตรวจสภาพอากาศไร้คนขับ (Drone) (Thielicke, Hübert, Müller, Eggert, & Wilhelm, 2021; Edoardo, 2023; Hervo, Romanens, Martucci, Weusthoff, & Haefele, 2023) และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเพื่อการตรวจอากาศชั้นบน (Ma, et al., 2023) เป็นต้น เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการพยากรณ์อากาศ ให้มีความถูกต้อง แม่นยำและทันต่อสถานการณ์ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนและผู้รับบริการในพื้นที่ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณส่วนพยากรณ์อากาศการบิน ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลจากระบบ Wind profiler และขอบคุณกลุ่มงานตรวจอากาศชั้นบน ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ ที่สนับสนุนข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบนด้วยวิทยุหยังอากาศ เพื่อใช้ประกอบการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณนักอุตุนิยมวิทยาและผู้ปฏิบัติงานเข้าร่วมแลกเปลี่ยนประสบการณ์ แสดงความคิดเห็น และ ข้อเสนอแนะ ซึ่งทำให้ผลการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงและเป็นไปตามความต้องการของผู้รับบริการ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบคุณ ครู อาจารย์ ของผู้วิจัยที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้แนวคิดในการทำงานด้านวิชาการตลอดจนกำลังใจจากครอบครัว และเพื่อน ๆ ที่มีให้เสมอมา งานวิจัยนี้ เป็นประโยชน์ในการพยากรณ์อากาศ และงานด้านมลพิษทางอากาศเป็นอย่างมาก ซึ่งนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยาA. (2566). *METNET system*. สืบค้นจาก <http://119.46.126.213:20080/>.
- กรมอุตุนิยมวิทยาB. (2566). *เรดาร์ตรวจอากาศ*. สืบค้นจาก <https://weather.tmd.go.th/lmp.php>.
- กรมอุตุนิยมวิทยาC. (2566). *TMD – UPPERAIR ANALYSIS*. สืบค้นจาก กลุ่มวิจัยและพัฒนาสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา: <https://unique-driven-bonefish.ngrok-free.app/>.
- ส่วนตรวจอากาศชั้นบน. (2566). *การตรวจอากาศชั้นบน*. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- Edoardo, B. (2023). Methodologies for Wind Field Reconstruction in the U-SPACE: A Review. *Atmosphere*, 14, 2073–4433. Retrieved from <https://www.doi.org/10.20944/preprints202308.1156.v1>.
- Hervo, M., Romanens, G., Martucci, G., Weusthoff, T., & Haeferle, A. (2023). Evaluation of an Automatic Meteorological Drone Based on a 6-Month Measurement Campaign. *Atmosphere*, 14, 2073–4433. Retrieved from <https://www.doi.org/10.20944/preprints202307.2043.v1>.
- Kirtsaeng, S., Chantara, S., & Kreasuwun, J. (2010). Mesoscale Simulation of a Very Heavy Rainfall Event over Mumbai, Using the Weather Research and Forecasting (WRF) Model. *Chiang Mai Journal of Science*, 37(3), 429–442. Retrieved from <https://epg.science.cmu.ac.th/ejournal/journal-detail.php?id=20>.
- Kirtsaeng, S., Kreasuwun, J., Chantara, S., Kirtsaeng, S., Sukthawee, P., & Masthawee, F. (2012). The Weather Research and Forecasting (WRF) Model Performance for a Simulation of the 5 November 2009 Heavy Rainfall over Southeast of Thailand. *Chiang Mai Journal of Science*, 39(3), 511–523. Retrieved from <https://epg.science.cmu.ac.th/ejournal/journal-detail.php?id=1210>.
- Liang, Y., Wu, C., Wu, D., Liu, B., Li, Y., Sun, J. et al. (2022). Vertical distributions of atmospheric black carbon in dry and wet seasons observed at a 356-m meteorological tower in Shenzhen, South China. *Science of The Total Environment*, 853, 0048–9697. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722057564>.
- Ma, X., Wang, J., Hong, H., Wang, X., Wang, Z., & Hu, B. (2023). Comprehensive Analysis of Typhoon Nangka Based on the Satellite Data from the GPM, CloudSat and Himawari-8. *Atmosphere*, 14, 440. Retrieved from <https://www.doi.org/10.3390/atmos14030440>.
- Radiometrics Corporation. (2020). *Wind and Thermodynamic Profiling system CNX training*.

Thielicke, W., Hübert, W., Müller, U., Eggert, M., & Wilhelm, P. (2021). Towards accurate and practical drone-based wind measurements with an ultrasonic anemometer. *Atmospheric Measurement Techniques*, 14(2), 1303–1318. Retrieved from <https://amt.copernicus.org/articles/14/1303/2021/>.

Wyoming Weather Web. (2566). *University of Wyoming*. สืบค้นจาก <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.