

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN HOÀNG ANH

**TRIỂN KHAI RADAR THỜI TIẾT METEOR 60DX
CHO CUNG CẤP DỊCH VỤ KHÍ TƯỢNG HÀNG KHÔNG DÂN DỤNG
TẠI SÂN BAY NỘI BÀI**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Viễn thông

Mã số: 8.52.02.08

TÓM TẮT ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – 2024

Đề án tốt nghiệp được hoàn thành tại:
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học: **PGS. TS. VŨ VĂN SAN**

Phản biện 1 :

Phản biện 2 :

Đề án tốt nghiệp sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm đề án tốt nghiệp thạc sĩ tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn Thông.

MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, hoạt động bay của các hãng hàng không dân dụng trong nước và khu vực tăng trưởng đều và nhanh. Hiện tại, mật độ hoạt động bay đi, đến các cảng hàng không quốc tế của Việt Nam tăng cao. Với áp lực hoạt động bay nhiều hơn, việc cung cấp dữ liệu khí tượng cho kiểm soát viên không lưu phục vụ điều hành bay cần được liên tục và đầy đủ. Đây là một trong những yếu tố chính góp phần nâng cao chất lượng quản lý và đảm bảo an toàn hoạt động bay tại Việt Nam. Sân bay Nội Bài là một sân bay không quân dân sự dùng chung, thuộc hai xã Phú Cường và Phú Minh, huyện Sóc Sơn thành phố Hà Nội. Nằm trong vùng đồng bằng trung du Bắc Bộ, sân bay Nội Bài đóng một vai trò quan trọng cả về kinh tế lẫn quốc phòng. Về mặt hàng không dân dụng, sân bay Nội Bài là một trong sáu sân bay quốc tế của Việt Nam, là cửa ngõ đường không ở miền Bắc, là một trong ba sân bay nội địa chính của cả nước, nối liền miền Bắc với miền Trung và miền Nam, là sân bay trung chuyển các trục hàng không chính trong khu vực và châu lục. Sân bay quốc tế Nội Bài hiện có mật độ bay cao. Vấn đề khí tượng thời tiết xấu ảnh hưởng lớn quá trình khai thác của các hãng hàng không.

Do vậy, việc nghiên cứu các giải pháp nhằm nâng cao chất lượng cung cấp dịch vụ khí tượng hàng không nhằm chủ động tư vấn sớm, kịp thời cho kiểm soát viên không lưu tại Nội Bài về cường độ, thời gian kéo dài hay các hiện tượng thời tiết ảnh hưởng đến khu vực cất hạ cánh và tại sân bay để từ đó kiểm soát viên không lưu có thể lựa chọn đường cất hạ cánh phù hợp, không bị gián đoạn trong quá trình khai thác nhằm đảm bảo an toàn, điều hòa, hiệu quả trong dây chuyền đảm bảo hoạt động bay tại sân bay Nội Bài là rất cần thiết.

Đây cũng là lý do, tôi chọn đề tài “Triển khai Radar thời tiết METEOR 60DX cho cung cấp dịch vụ khí tượng hàng không dân dụng tại sân bay Nội Bài” làm đề án tốt nghiệp thạc sĩ của mình.

Đề án bao gồm 3 chương:

Chương 1 – Radar thời tiết và dịch vụ khí tượng hàng không dân dụng

Chương 2 – Công nghệ Radar thời tiết Meteor 60DX

Chương 3 – Triển khai Radar thời tiết Meteor 60DX cho cung cấp dịch vụ khí tượng hàng không dân dụng tại sân bay Nội Bài.

CHƯƠNG I - RADAR THỜI TIẾT VÀ DỊCH VỤ KHÍ TƯỢNG HÀNG KHÔNG DÂN DỤNG

1.1. Khái quát về dịch vụ khí tượng trong ngành hàng không

Khí tượng hàng không tìm hiểu về sự phân bố của các hiện tượng khí quyển trong tầng khí quyển, nguyên nhân hình thành và tác động của các yếu tố thời tiết, đặc điểm khí hậu liên quan đến hoạt động hàng không qua đó đưa ra những nhận định, dự báo đảm bảo hoạt động hàng không an toàn, thuận lợi.

Thời tiết luôn là yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đến an toàn trong các chuyến bay trên toàn cầu. Theo dữ liệu từ Cục Hàng không Liên bang Mỹ (FAA), khoảng 70% các trường hợp chậm trễ chuyến bay có nguyên nhân từ thời tiết. Hơn nữa, thời tiết cũng gây ra nhiều sự cố và tai nạn hàng không, dẫn đến tổn thất lớn về mặt kinh tế và an toàn cho hành khách.

1.2. Vai trò của dịch vụ khí tượng trong ngành hàng không

Dịch vụ khí tượng trong ngành hàng không đóng một vai trò cực kỳ quan trọng và không thể phủ nhận, với các tác động và ảnh hưởng lớn đến mọi khía cạnh của hoạt động hàng không: đảm bảo an toàn bay, hỗ trợ lập kế hoạch bay và quản lý không lưu, tối ưu hóa hoạt động tại sân bay, cải thiện trải nghiệm hành khách, phòng chống và giảm nhẹ thiên tai.

1.3. Nguyên lý Radar thời tiết

1.3.1. Nguyên Lý

Radar thời tiết hoạt động dựa trên nguyên lý phản xạ sóng điện từ. Khi một sóng điện từ được phát đi từ radar và gặp các hạt thời tiết như mưa hoặc tuyết, một phần của sóng sẽ bị hạt này phản xạ lại về phía radar. Radar thu nhận tín hiệu phản xạ và xử lý nó để xác định thông tin về thời tiết.

Công thức xác định khoảng cách đến mục tiêu là $R = (c * \Delta t) / 2$, trong đó R là khoảng cách từ radar đến mục tiêu, c là tốc độ ánh sáng, và Δt là thời gian từ lúc sóng được phát đi cho đến khi nhận được sóng phản xạ.

Độ mạnh của tín hiệu phản xạ, được gọi là Z , thường được đo bằng dBZ. Z được tính theo công thức $Z = A * r^b$, trong đó A và b là hằng số phụ thuộc vào loại mưa và r là bán kính của hạt mưa.

Radar thời tiết cũng sử dụng phép đo Doppler để xác định tốc độ và hướng chuyển động của các hạt, từ đó dự đoán hướng di chuyển của mây mưa. Tốc độ Doppler được tính

bằng $v = (\Delta f * c) / (2 * f_0)$, trong đó Δf là sự thay đổi tần số Doppler, c là tốc độ ánh sáng, và f_0 là tần số sóng phát ra.

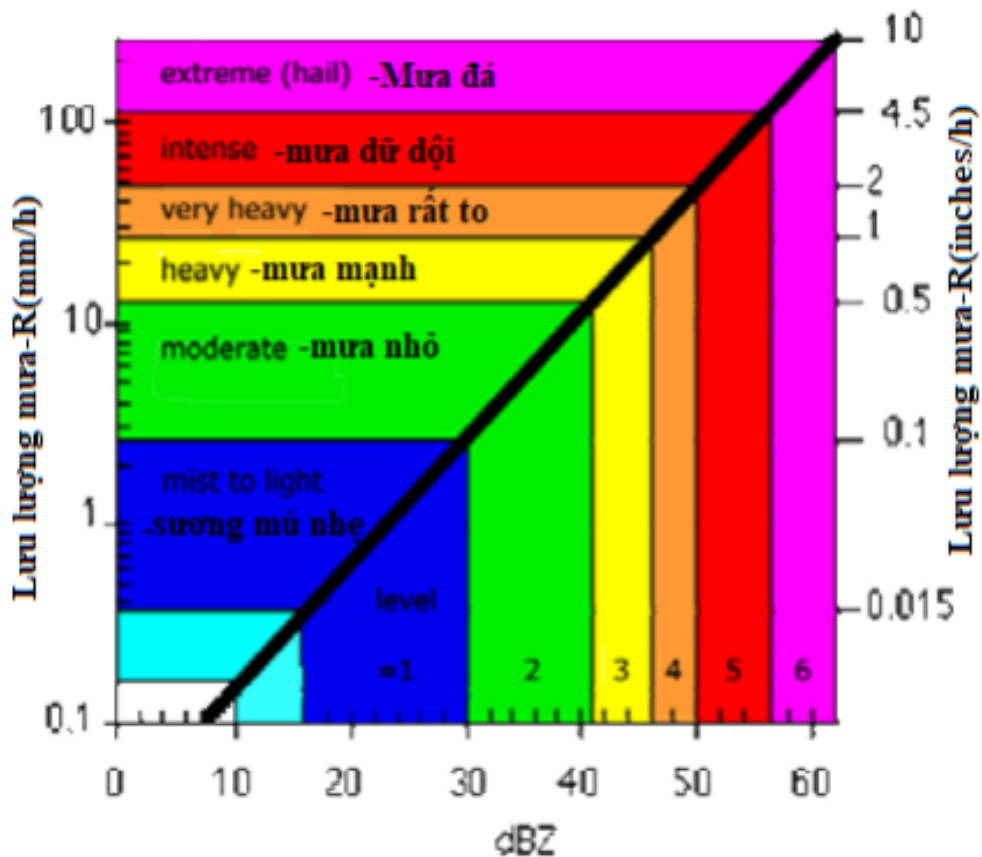
1.3.2. Các tham số khí tượng nhận được từ Radar thời tiết:

- Hệ số phản xạ (Reflectivity) Z : là thước đo công suất phản xạ từ mục tiêu khí tượng, mục tiêu mạnh (stronger) thì hệ số phản xạ Z có mức cao.

Bảng 1.1: Quan hệ giữa hệ số phản xạ và lưu lượng mưa

dBZ	Rain rate	Trạng thái khí tượng
10	-0.2	Mây
20	-1	Mưa Phùn
30	-3	Mưa nhẹ
40	-10	Mưa rào
50	-50	Mưa to kèm sấm sét, có thể kèm mưa đá
60	-200	Mưa rất to, bão tố sấm sét, mưa đá

Cường độ mạnh hay nhẹ của năng lượng tín hiệu phản xạ từ các vật thể khí tượng được hiển thị tương ứng với mức màu khác nhau:



Hình 1.1: Biểu diễn dBZ theo các mức màu

- Lưu lượng mưa (Rainfall Rate) R: Radar thời tiết cho phép quét vùng không gian rộng lớn và đo nhanh và tính ra lưu lượng mưa.

- Vận tốc V_r : Các radar hiện đại đều có thể đo được vận tốc hướng tâm (radial velocity) V_r của mục tiêu dựa vào độ dịch tần Dopple trong tín hiệu phản xạ thu được:

$$f_d = \frac{2V_r}{\lambda}.$$

- Độ rộng phổ (Spectrum Width) W: cho biết độ phân tán tốc độ hướng tâm của khối khí tượng.

Bảng 1.2: Độ rộng phổ của tốc độ hướng tâm và giá trị trung bình

Cuộn xoáy	Nhẹ	Mạnh	Rất mạnh
Độ rộng phổ trung bình (m/s)	4	7	≥ 8

- Hệ số sai biệt phản xạ (Differential Reflectivity) Z_{DR} : là loại dữ liệu được tạo ra nhờ Radar hai phân cực.

1.3.3. Ưu điểm

- Hỗ trợ đắc lực trong việc đo đạc các yếu tố thời tiết. Bằng cách sử dụng sóng điện từ và nhận phản hồi từ đám mây và mưa, chúng ta có thể xác định vị trí, hình dạng, và độ lớn của các hiện tượng thời tiết. Sự phản xạ và hấp thụ tín hiệu là chìa khóa để hiểu rõ về cấu trúc vật lý của mỗi loại mây và mưa;

Với khả năng quét vùng một cách chi tiết và độ phân giải cao, radar không chỉ cung cấp ảnh với độ chính xác cao hơn mà còn giúp dự báo thời tiết trong các khu vực nhỏ và vừa. Quét ngang theo hình vòng tròn mang lại ảnh thời tiết xung quanh trạm, từ đó chúng ta có thể đoán được cường độ mưa và dự báo thời gian mưa.

1.3.4. Nhược điểm

Radar không thể theo dõi nếu một vật thể giảm tốc độ với hơn 161 km/h. Nếu một vật thể đang di chuyển, hệ thống radar có thể gặp khó khăn trong việc thu thập dữ liệu từ vật thể. Bên cạnh đó, các vật thể lớn gần trạm phát có thể làm bão hòa bộ thu. Tín hiệu radio hoạt động tốt nhất khi vật thể cách xa bộ thu và không gần hơn.

1.3.5. Phân loại radar thời tiết

Theo quá trình phát triển của các radar chuyên quan sát thời tiết, khí tượng phục vụ không lưu (sau đây gọi tắt là radar thời tiết) có thể chia thành 3 loại sau:

- Radar thời tiết thông thường: Các radar thời tiết trước kia thường không đo được sự thay đổi tần số trong tín hiệu phản xạ (phụ thuộc vào vận tốc chuyển động hướng tâm của mục tiêu) so với tần số tín hiệu phát.

- Radar thời tiết Doppler: Radar loại này đo được lượng dịch tần Doppler trong tín hiệu phản xạ. Sử dụng nguyên lý “xung tương can” dùng tách sóng pha để phát hiện những khác biệt về pha giữa các xung tín hiệu phát và các xung tín hiệu phản xạ từ mục tiêu. Loại radar này thuộc loại radar tương can. Các radar không tương can thì không thể đo được lượng dịch tần giữa xung phản xạ và xung phát.

- Radar thời tiết Doppler phân cực: Radar thời tiết Doppler phân cực thuộc loại radar phân cực, phát và thu sóng phân cực, có thể là phân cực thẳng, 1 phân cực hoặc ngang hoặc đứng, hoặc đồng thời cả 2 phân cực ngang và đứng (có thể tạo thành phân cực tròn). Radar loại này cho phép thu được nhiều thông tin khí tượng với dữ liệu đầy đủ và chính xác hơn.

Tất cả các loại radar thời tiết nói trên thường hoạt động ở các dải tần số: S-band (2-4 GHz) C-band (4-8 GHz), X-band (8-12 GHz).

1.4. Kết luận chương I

Dịch vụ khí tượng hàng không dân dụng đóng một vai trò cốt yếu trong việc đảm bảo an toàn và hiệu quả của hoạt động hàng không trên toàn cầu. Nó không chỉ giúp trong việc lập kế hoạch và điều hành chuyến bay mà còn hỗ trợ cải thiện trải nghiệm của hành khách và tối ưu hóa hoạt động tại các sân bay. Tại Việt Nam, sự phát triển và tổ chức của dịch vụ khí tượng hàng không đã được củng cố và hiện đại hóa, điều này phản ánh sự cam kết trong việc tuân thủ các tiêu chuẩn và khuyến nghị của Tổ chức Hàng không Dân dụng Quốc tế (ICAO) cũng như nâng cao chất lượng dịch vụ để phục vụ ngành hàng không và đáp ứng yêu cầu của người dùng.

Các sản phẩm từ dịch vụ khí tượng, bao gồm bản tin dự báo thời tiết, cảnh báo thời tiết và tư vấn khí tượng, là những công cụ quan trọng để đảm bảo hoạt động bay an toàn và hiệu quả. Chúng giúp giảm thiểu rủi ro và cung cấp dữ liệu cần thiết cho việc quyết định lập kế hoạch và quản lý chuyến bay.

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và sự phát triển mạnh mẽ của ngành hàng không, vai trò của dịch vụ khí tượng hàng không ngày càng trở nên quan trọng hơn. Việc đầu tư và cải thiện các dịch vụ khí tượng không chỉ cần thiết cho an toàn hàng không mà còn góp phần vào sự phát triển bền vững của ngành hàng không dân dụng, cũng như thúc đẩy giao lưu kinh tế, văn hóa giữa các quốc gia và vùng lãnh thổ.

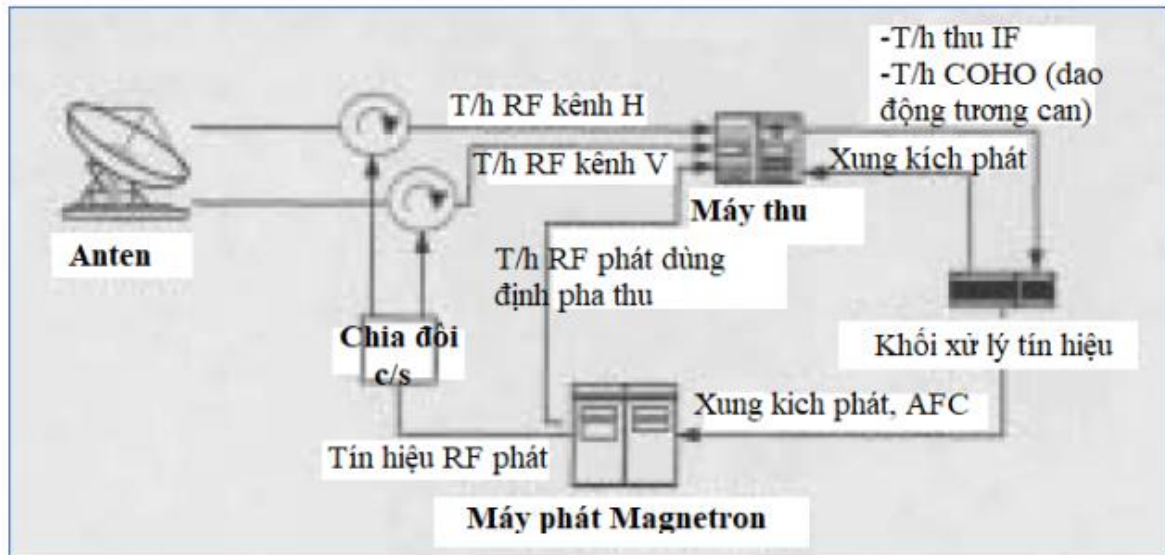
Radar thời tiết là một công cụ quan trọng trong việc phát hiện và dự báo thời tiết, hoạt động dựa trên nguyên lý phản xạ sóng điện từ. Tuy nhiên, radar cũng có nhược điểm như không thể theo dõi vật thể di chuyển nhanh hoặc bị ảnh hưởng bởi các vật cản gần trạm phát. Radar thời tiết đóng vai trò nâng cao chất lượng cung cấp sản phẩm khí tượng tức thời phục vụ điều hành hoạt động bay.

CHƯƠNG II - CÔNG NGHỆ RADAR THỜI TIẾT METEOR 60DX

2.1. Hệ thống Radar thời tiết METEOR 60DX

2.1.1. Giới thiệu chung

Hệ thống Radar thời tiết METEOR 60DX là radar thời tiết hai phân cực của công ty Selex ES – Gematronik nước Đức



Hình 2.1: Sơ đồ khối tổng quát hệ thống radar 2 phân cực

Cấu hình 2 kênh hỗ trợ 2 kiểu hoạt động của radar: kiểu hoạt động chỉ theo một kênh phân cực ngang (kiểu HP) và kiểu hoạt động theo cả 2 kênh phân cực (kiểu DP). Trong kiểu HP, máy phát và máy thu chỉ phát và thu phân cực ngang. Kiểu này cũng dùng để ước lượng tỷ số khử phân cực tuyến tính (LDR- Linear Depolarization Ratio)

Trong kiểu hoạt động 2 phân cực DP, công suất phát chia thành 2 kênh phân cực vuông góc và phát đồng thời. Mỗi kênh đều có máy thu riêng. Vì công suất phát chia đôi nên công suất mỗi kênh giảm đi 3 dB so với khi dùng kiểu HP. Khi chuyển sang dùng kiểu 2 kênh DP, mỗi xung đều được trích mẫu đồng thời trong 2 kênh H và V.

Cấu trúc của radar METEOR 60DX bao gồm các thành phần chính sau:

- Hệ thống phát và thu tín hiệu hai phân cực: Radar METEOR 60DX sử dụng hệ thống phát và thu hai phân cực cho phép thu thập dữ liệu phong phú hơn về các mục tiêu khí tượng, bao gồm cả hình dạng và kích thước của các hạt mưa.

- Khớp quay hai kênh: Được thiết kế để hỗ trợ quay theo phương vị.

- Máy phát: Sử dụng đèn siêu cao tần Magnetron đồng trục và bộ điều chế thể rắn.

- Máy thu bao gồm 3 phần nối tiếp nhau: phần máy thu analog (AR – Analog receiver), phần máy thu số (DR – digital receiver) và phần xử lý tín hiệu (SP – Signal).

Bảng 2.1: Tính năng kỹ thuật của đài radar

Tham số	Giá trị tham số
Anten	
Kiểu	Mặt phản xạ paraboloid tròn xoay
Đường kính mặt phản xạ	2,4 m
Hệ số khuếch đại	>44,5 dB
Độ rộng búp sóng ở mức 0,5 công suất	1,05 độ
Tính phân cực	Phân cực ngang và phân cực đứng
Điều kiện môi trường của radar METEOR 60DX	
Giải nhiệt độ bên ngoài	-15° C ÷ +45° C
Độ ẩm	Tối 100%
Thời tiết	Sương mù, mưa, mưa đá, bão tố sấm sét
Lưu lượng mưa	Mưa liên tục tới 500mm/h
Khí quyển	Chịu được ăn mòn của không khí biển
Độ cao lắp đặt	Tối 3,5 km trên mực nước biển
Hệ thống ra đa khí tượng METEOR 60DX	
Tần số hoạt động	9,3 ÷ 9,5 GHz điều chỉnh được (Băng X)
Mode xung mặc định	Xung ngắn (SPM-short pulse mode)
Độ rộng xung	0,33 ÷ 2,5 μs
Độ phân giải theo cự ly	60m
Tần số lặp của xung	250 ÷ 3000Hz (theo tùy chọn)
Công suất phát đỉnh	75kW
Cự ly hoạt động	100 km
Dải chuyển động góc nâng	-6° đến 182°
Lưu lượng mưa tối thiểu quan sát được, ứng với khi cự ly hoạt động điển hình và tốc độ anten quay cực đại	<0,02 mm/h

2.1.2. Ưu điểm của radar hai phân cực

Radar thời tiết 2 phân cực phát và thu tín hiệu vi ba theo cả 2 phân cực. Các dữ liệu nhận được sẽ chứa đựng nhiều thông tin hơn về hình dạng và kiểu rơi của các loại vật thể khí tượng thủy văn khác nhau.

Những ưu điểm của radar 2 phân cực là:

- Phân loại các vật thể khí tượng thủy văn (mưa đá, mưa, tuyết, v.v...)
- Đánh giá tốt hơn mật độ kích thước trung bình của hạt khí tượng
- Hiệu chỉnh hoàn thiện hệ số phản xạ đã có về suy giảm của mưa
- Ước lượng hoàn thiện lưu lượng mưa theo các phương pháp Z-R thông thường
- Lọc bỏ tốt hơn các sóng về không phải từ vật thể khí tượng ví dụ như nhiễu, các dị thường truyền sóng, v.v...

2.2. Phần mềm xử lý dữ liệu trong hệ thống Radar thời tiết METEOR 60DX

Bộ chương trình phần mềm đảm bảo giám sát và điều khiển các chế độ làm việc của đài radar, xử lý các kết quả quan trắc, truy xuất và hiển thị các dữ liệu thông tin khí tượng cho các thiết bị đầu cuối tại trạm radar thời tiết và cung cấp liên thông các dữ liệu trong mạng thông tin khí tượng.

Bộ chương trình phần mềm gồm hai phần mềm chính là Ravis và Rainbow.

2.2.1. Phần mềm Ravis

Phần mềm Ravis là công cụ chính để bảo dưỡng và điều khiển radar. Người dùng có thể truy cập vào hệ thống radar từ máy tính bất kỳ trong mạng LAN hoặc qua kết nối mạng WAN (internet). Ravis là phần mềm được thiết kế riêng cho dòng sản phẩm METEOR Series của Selex ES-Gematronik.

Phần mềm có cấu trúc theo modul. Các đặc tính chương trình khác nhau được sử dụng để mô phỏng, điều khiển, ... có thể được khởi động riêng biệt như là các modul độc lập.

Đặc tính của phần mềm Ravis:

- Khả năng hiển thị thời gian thực cho tất cả chức năng điều khiển và giám sát radar.
- Hỗ trợ nhiều mức người dùng và có thể quản lý nhiều hệ thống radar.
- Truy cập thời gian thực vào dữ liệu thô.
- Hiển thị thời gian thực dữ liệu vào/ra từ bộ xử lý tín hiệu radar (I, Q, UZ, CZ, V, W, Spectrum, ZDR...) trong các cửa sổ PPI/RHI hoặc A-Scope/B-Scope.

- Điều khiển toàn quyền và chỉ báo trạng thái cho các thành phần bất kỳ của hệ thống radar.

- Hỗ trợ toàn quyền căn chỉnh và hiệu chỉnh hệ thống.

- Chức năng kiểm tra tự động (Build-In-Test).

- Có chế độ "passive mode" để hiển thị và theo dõi trực tiếp quá trình quét và chế độ "active mode" để toàn quyền điều khiển, hiệu chỉnh hệ thống.

2.2.2. Phần mềm Rainbow

Bộ ứng dụng Rainbow là bộ phần mềm khí tượng linh hoạt để quản lý một hoặc nhiều radar thời tiết từ xa qua mạng, xử lý sản phẩm khí tượng, phân phối dữ liệu và hỗ trợ hiển thị dữ liệu qua web.

Bộ ứng dụng Rainbow có 05 chức năng chính:

- Quản trị, giám sát radar.

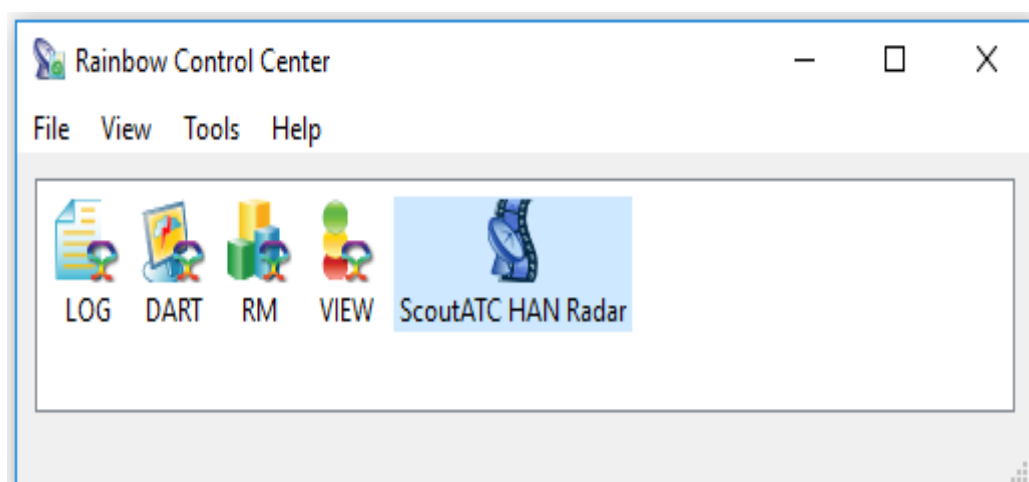
- Xử lý dữ liệu khí tượng.

- Hiển thị và phân tích dữ liệu.

- Hỗ trợ phân phối và hiển thị dữ liệu qua web.

- Quản lý dữ liệu và giao diện đến các hệ thống khác.

Bộ phần mềm Rainbow được cài đặt trên cả máy chủ và các máy trạm trong mạng. RCC là Rainbow Control Center, là ứng dụng khởi động chính của bộ phần mềm Rainbow. Tất cả các ứng dụng khác trong bộ phần mềm Rainbow đều được khởi động sử dụng RCC.



Hình 2.2: Rainbow Control Center

2.3. Đặc điểm và các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng dữ liệu khí tượng

2.3.1. Đặc điểm của dữ liệu Radar thời tiết

- Độ phân giải của Radar quyết định khả năng nhận biết và theo dõi các hiện tượng thời tiết nhỏ và di chuyển nhanh.
- Tần số và công suất phát Radar: các thông số này ảnh hưởng đến khả năng phát hiện và thu nhận tín hiệu từ các vật thể trong không gian như mưa, tuyết hoặc bão, ...
- Góc quét và phạm vi quét: Góc quét và phạm vi quét cung cấp thông tin về diện tích được quét và độ rộng của vùng phát hiện.

2.3.2. Yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng dữ liệu Radar

- Nhiễu và nhiễu từ: nhiễu radar bao gồm nhiễu từ các nguồn như máy phát sóng VHF, và nhiễu từ sự phản xạ của tia radar từ các đối tượng không phải là hiện tượng thời tiết, cả hai đều có thể làm ảnh hưởng đến chất lượng dữ liệu.
- Hiệu chỉnh và bảo trì: Radar cần được hiệu chỉnh và bảo trì thường xuyên để đảm bảo rằng nó hoạt động chính xác và đưa ra dữ liệu chính xác.
- Việc lựa chọn vị trí quy hoạch trạm radar thời tiết có vai trò rất quan trọng để đạt được kết quả tối ưu đối với thông số kỹ thuật của radar sử dụng. Tầm phủ hoạt động của radar thời tiết không chỉ bị giới hạn bởi thông số kỹ thuật của thiết bị, mà còn phụ thuộc vào độ cong của trái đất, hiệu ứng khúc xạ của sóng điện từ trong môi trường khí quyển, và đặc biệt là sự che chắn tầm nhìn thẳng bởi các chướng ngại vật như đỉnh hình, các tòa nhà và cây cối. Việc giải thích chính xác về tác động của các hiện tượng này là điều cần thiết cho vị trí và hoạt động của radar thời tiết và cho việc làm sáng tỏ các dữ liệu và sản phẩm của radar.

2.4. Kết luận chương II

Chúng ta đã xem xét các khía cạnh chính của công nghệ radar thời tiết METEOR 60DX, bao gồm cấu trúc và các thành phần chính của hệ thống, cũng như phần mềm Ravis được sử dụng để xử lý và quản lý dữ liệu radar. Ngoài ra cung cấp phần mềm Rainbow nhằm khai thác hiệu quả dữ liệu radar thu thập được từ đó tạo ra sản phẩm phù hợp cho công tác khí tượng hàng không.

Công nghệ radar METEOR 60DX, với hệ thống phát và thu tín hiệu hai phân cực, khớp quay hai kênh, máy phát và thu tiên tiến, cung cấp một nền tảng mạnh mẽ để thu thập và phân tích dữ liệu khí tượng. Hệ số sai biệt phản xạ Z_{DR} và phần mềm Ravis tăng cường khả năng của radar trong việc cung cấp dữ liệu chính xác và chi tiết, từ đó hỗ trợ đắc lực trong việc quan sát và dự báo thời tiết.

Qua chương II cho ta biết về ưu điểm của Radar Meteor 60DX phù hợp với điều kiện khai thác sử dụng tại sân bay Nội Bài cũng như tại Việt Nam để từ đó đưa ra bước triển khai vào thực tế tại chương sau.

CHƯƠNG III – TRIỂN KHAI RADAR THỜI TIẾT METEOR 60DX CHO CUNG CẤP DỊCH VỤ KHÍ TƯỢNG HÀNG KHÔNG DÂN DỤNG TẠI SÂN BAY NỘI BÀI

3.1. Các đặc điểm khi triển khai hệ thống

3.1.1. Khí hậu

Sân bay Nội Bài là một sân bay trọng điểm của khu vực phía bắc đặc biệt là thủ đô Hà Nội có khí hậu nhiệt đới gió mùa, chia làm hai mùa rõ rệt: mùa hè ẩm và nóng, mùa đông khô và lạnh. Dưới đây là chi tiết về từng mùa:

- Mùa Hè (từ tháng 5 đến tháng 9): Mùa hè ở Hà Nội thường nóng và ẩm, với nhiệt độ trung bình từ 28°C đến 35°C. Thời gian này cũng chứng kiến lượng mưa lớn nhất trong năm, đặc biệt là do ảnh hưởng của các cơn bão.

- Mùa Đông (từ tháng 11 đến tháng 3): Mùa đông ở Hà Nội lạnh hơn nhiều so với các vùng khác ở Việt Nam, với nhiệt độ trung bình từ 10°C đến 20°C. Thời tiết thường khô và có sương mù, đôi khi nhiệt độ có thể giảm xuống dưới 10°C.

- Mùa Xuân (từ tháng 2 đến tháng 4) và Mùa Thu (từ tháng 10 đến cuối tháng 11): Cả hai mùa này đều có thời tiết ôn hòa, dễ chịu, với nhiệt độ trung bình là 20°C-25°C. Đây là thời gian lý tưởng để thăm quan và trải nghiệm Hà Nội.

Ngoài ra, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, mẫu thời tiết ở Hà Nội có thể thay đổi, với các hiện tượng thời tiết cực đoan xuất hiện nhiều hơn.

3.1.2. Vị trí lắp đặt

Vị trí lắp đặt: chọn vị trí nằm ở phía Bắc hai đường cất hạ cánh trong khu bay cảng hàng không quốc tế Nội Bài có những ưu điểm:

- Hoạt động của Radar thời tiết không bị ảnh hưởng bởi vật cản xung quanh, đảm bảo độ cao so với các công trình khác. Toàn bộ khu vực 02 đường CHC nằm ngoài vùng mù của Radar. Vị trí thích hợp cho quan trắc khí tượng.

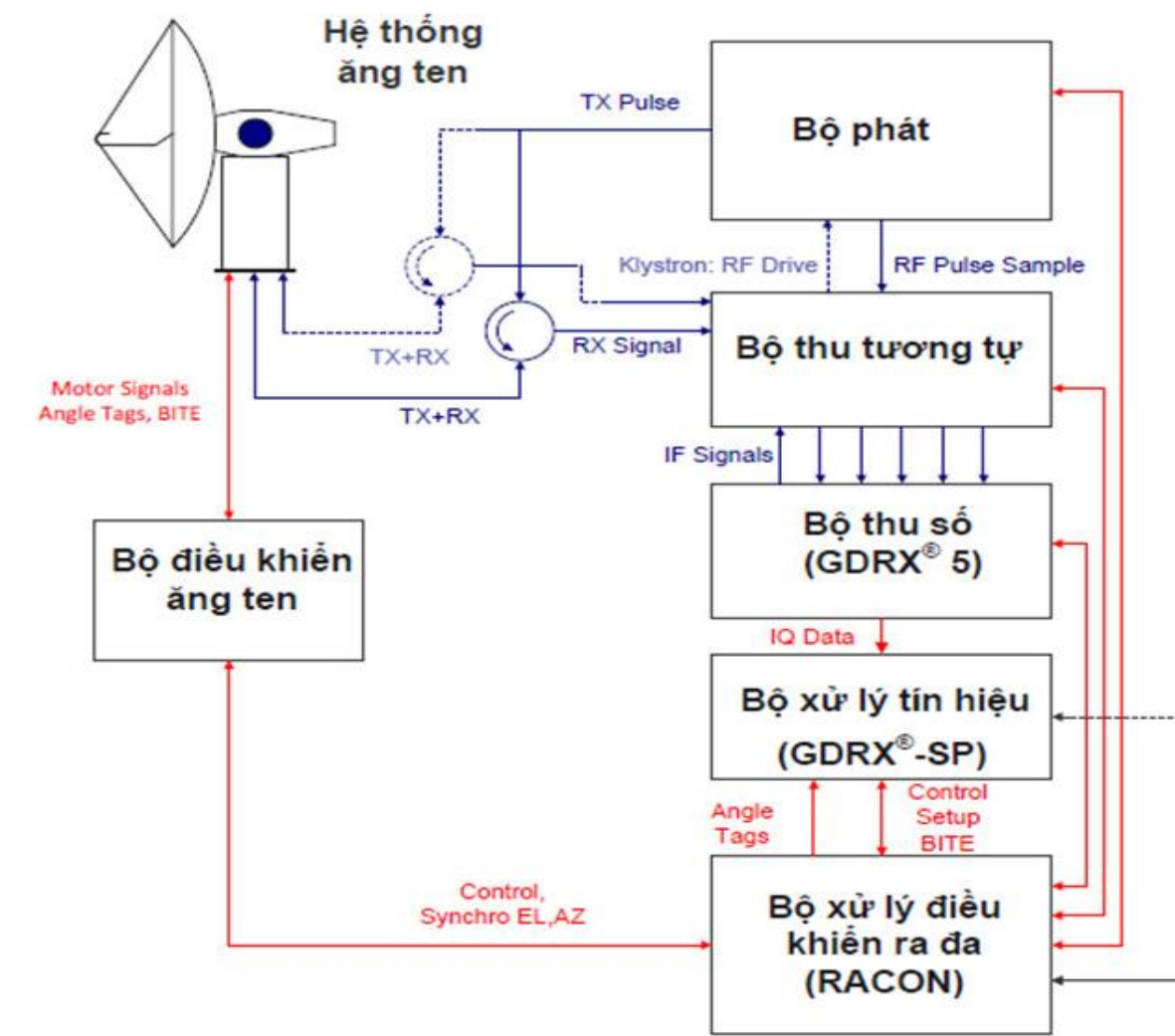
- Đảm bảo cự ly an toàn yêu cầu đối với người lao động hoạt động tại các công trình xung quanh (như đài KSKL, nhà ga hành khách, nhà ga hàng hóa, ...) do phát xạ sóng điện từ trường.

- Tiết kiệm chi phí đầu tư đường giao thông, cấp điện, xây dựng cơ bản và thiết bị truyền dẫn tín hiệu.

- Thuận tiện công tác sửa chữa các sự cố liên quan đường truyền dẫn như thiết bị tại đài radar và an ninh.
- Đảm bảo các yêu cầu về môi trường theo các quy định hiện hành của pháp luật.

3.2. Mô hình triển khai Radar thời tiết METEOR 60DX tại sân bay Nội Bài

Triển khai lắp đặt thiết bị tại đài radar thời tiết bao gồm các thành phần: Hệ thống ăng ten, bộ điều khiển ăng ten, bộ phát, bộ thu tương tự, bộ thu số, bộ xử lý tín hiệu, bộ xử lý điều khiển radar.



Hình 3.1: sơ đồ khối radar thời tiết

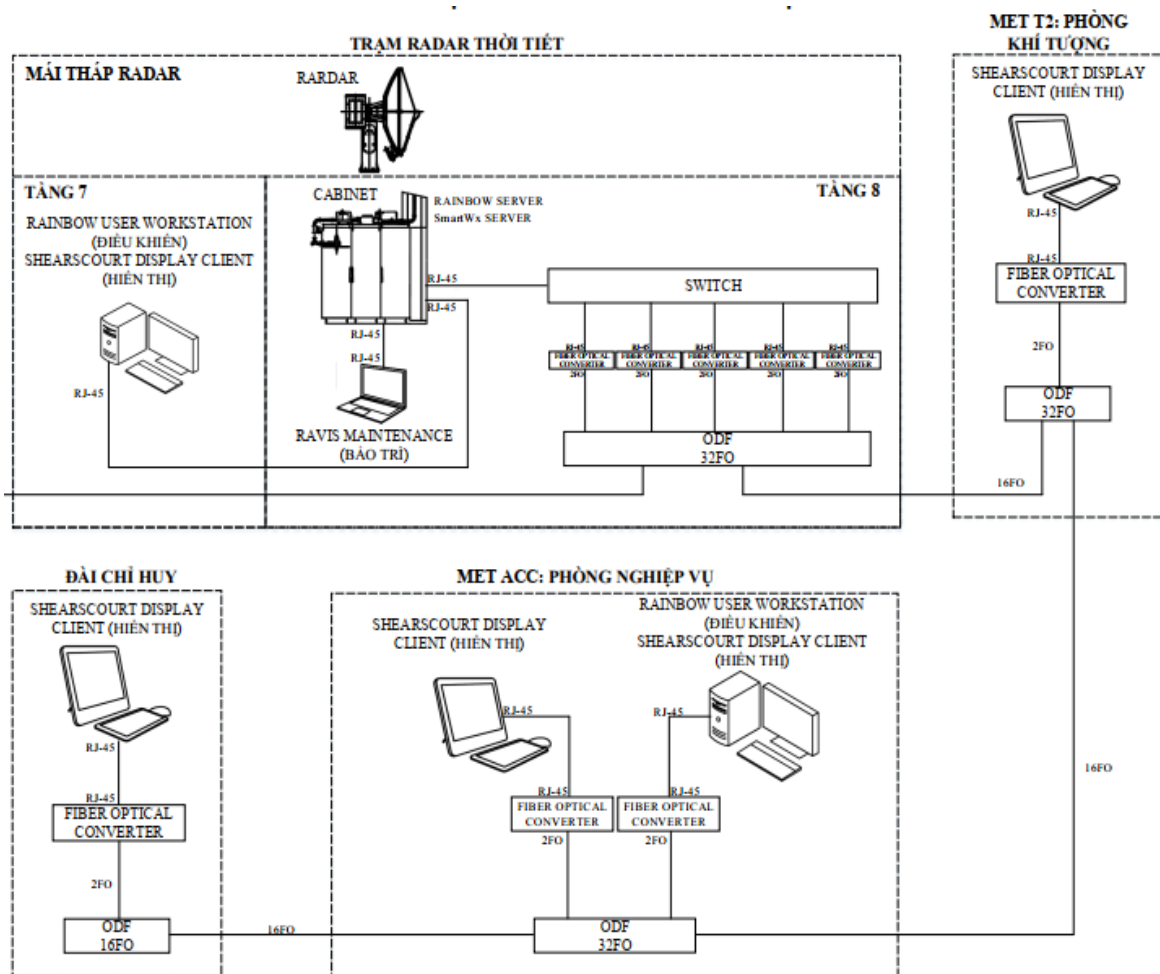
Triển khai thiết bị sử dụng phần mềm Ravis tại máy bảo dưỡng tại đài để giám sát hệ thống cũng như tinh chỉnh các tham số hoạt động của radar cho phù hợp với điều kiện khai thác cũng như theo nhu cầu sử dụng của nhân viên khí tượng thông qua một số chức năng:

- Build-in-Test Equipment (BiTE) cho biết các trạng thái xử lý của hệ thống radar trong các cửa sổ thông báo. Các biểu tượng màu được sử dụng để phân loại các thông báo. Mỗi thông báo bao gồm nguồn, dữ liệu và thời gian, cũng như thông tin tóm tắt liên quan. Mô tả chi tiết hơn của trạng thái xử lý cũng sẽ được hiển thị.

- Antenna Control được sử dụng để điều khiển ăngten của radar. Có thể điều khiển góc phương vị và góc ngẩng bằng cách nhập các giá trị danh định và điều khiển ăngten sử dụng các phím mũi tên.

- Scan Worksheet dùng để thiết lập radar bằng cách điều chỉnh các tham số quét được sử dụng để thu thập dữ liệu. Hệ thống sẽ kiểm tra các thông số nhập vào để đảm bảo độ tin cậy. Các loại dữ liệu được chia thành các mục Moment Data, IQ Data và TX Data.

Xây dựng sơ đồ nguyên lý truyền dẫn hệ thống radar, thiết lập đường truyền quang và LAN từ đài radar thời tiết tới các máy tính trạm tại các vị trí: trung tâm khí tượng hàng không Nội Bài, trung tâm tiếp cận tại sân Nội Bài, phòng khí tượng cảng hàng không sân bay Nội Bài.



Hình 3.2: Sơ đồ nguyên lý truyền dẫn hệ thống Radar thời tiết Nội Bài

Thiết lập phần mềm Rainbow tại các máy trạm tại các vị trí:

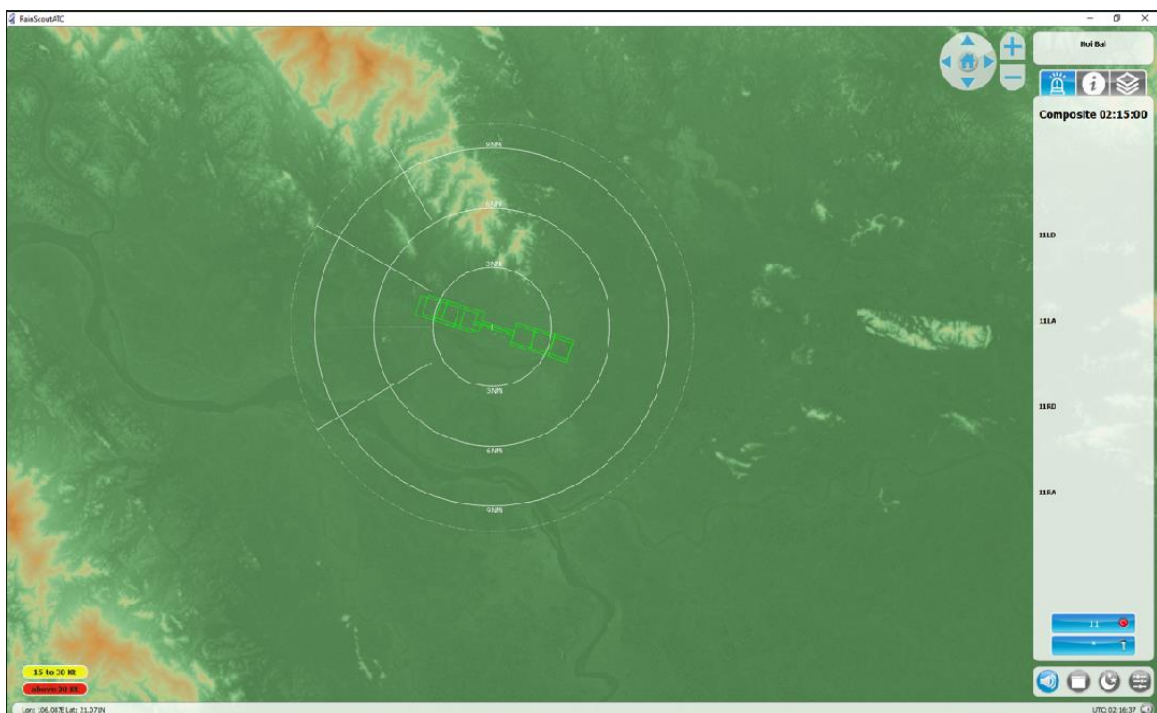
- Kết nối đến Radar qua Rainbow RM, tại Configuration Box, chọn Product để thiết lập các thông số cho sản phẩm ảnh radar thời tiết (như thông số khoảng cách quét, độ phân giải ảnh, độ cao quét, loại ảnh, ...).

- Hiển thị và phân tích dữ liệu sử dụng chức năng Rainbow DART để cung cấp giao diện đồ họa người dùng cho công việc hằng ngày bao gồm: hiển thị sản phẩm thu thập được, tạo ảnh, thu phóng ảnh, chọn màu sắc, ... Đồng thời cho phép chuyển đổi ảnh sang định dạng đồ họa, xử lý dữ liệu và lưu trữ sản phẩm thu được.

3.3. Đánh giá thực tế hệ thống sau khi triển khai

Sau khi triển khai hệ thống radar thời tiết METEOR 60DX tại sân bay Nội Bài, các bộ chương trình phần mềm quan trọng như Ravis và Rainbow đã được sử dụng để giám sát và điều khiển hiệu quả các chế độ làm việc của đài radar, xử lý và truy xuất kết quả quan trắc, cũng như hiển thị các dữ liệu thông tin khí tượng cho các thiết bị đầu cuối có độ chính xác và tốc độ phục vụ công tác điều hành hoạt động bay tại khu vực tiếp cận sân bay Nội Bài an toàn hiệu quả.

Màn hình hiển thị quan sát tại vị trí của kiểm soát viên không lưu và dự báo viên khí tượng giám sát hiện tượng thời tiết theo thời gian thực nhằm kịp thời phát hiện các hiện tượng thời tiết đột ngột cũng như dự báo được hướng di chuyển của các hiện tượng thời tiết nhằm đưa ra phương án kế hoạch bay phù hợp điều tiết hoạt động các chuyến bay



Hình 3.3: ScoutATC

Ngoài ra dựa trên dữ liệu thu thập được từ đài radar thời tiết, dự báo viên khí tượng thông qua phần mềm Ravis sẽ lựa chọn các chức năng từ đó tạo ra một số sản phẩm ảnh radar thời tiết phục vụ công tác theo dõi dự báo cũng như lưu trữ nhằm phân tích hiện tượng thời tiết.

Một số sản phẩm:

- Ảnh CAPPI Là mặt cắt ngang được người sử dụng tính toán. Sản phẩm nhận được từ dữ liệu thô thông qua một phép nội suy. Dữ liệu từ các góc nâng và các hướng được sử dụng để ước tính lượng mưa, vận tốc hoặc chiều rộng phổ trên mặt cắt ngang. Ảnh CAPPI thể hiện đối tượng thời tiết ở độ cao không đổi trong lớp khí quyển. Tuy bị hạn chế về phạm vi quét, sản phẩm rất hữu ích khi loại bỏ được nhiễu bởi các vật thể tạp thu được ở khoảng cách gần.

- Ảnh MAX thực hiện quét khối theo hệ tọa độ cực, sau đó chuyển sang hệ tọa độ Đề-Các, tạo ra hình dung ba chiều về tình trạng thời tiết gồm 3 thành phần : thành phần thứ nhất thể hiện giá trị đo được lớn nhất đối với từng cột dọc theo hướng Z nhìn từ phía trên của khối theo hệ tọa độ Đề-Các; thành phần thứ hai ghép vào phía trên thành phần thứ nhất, thể hiện giá trị đo được lớn nhất đối với dòng ngang nhìn từ bắc về nam; thành phần thứ ba ghép vào phía bên phải thành phần thứ nhất, thể hiện giá trị đo được lớn nhất đối với dòng ngang nhìn từ đông sang tây.

- Ảnh CMAX tương tự ảnh MAX nhưng không có ảnh thành phần ở trên và bên phải. Ảnh CMAX được dùng để giám sát vùng mưa đối lưu để nhận biết mây dông nguy hiểm hay mới hình thành, mây dông có cường độ phản hồi vô tuyến cao, hẹp và được hiển thị thành những vùng có phản hồi vô tuyến mưa đối lưu mạnh trên một tầng dày.

3.4. Kết luận chương III

Sau quá trình triển khai và đánh giá, tôi đã rút ra những kết luận quan trọng sau đây về việc triển khai radar thời tiết Meteor 60DX tại sân bay Nội Bài:

Vị trí lắp đặt phù hợp để đạt được tối ưu các tính năng, hiệu quả thiết bị Radar thời tiết được thiết lập.

Mô hình triển khai hợp lý: Mô hình triển khai radar thời tiết Meteor 60DX tại sân bay Nội Bài đã được thiết kế sao cho phản ánh được yêu cầu và điều kiện cụ thể của sân bay. Điều này giúp tối ưu hóa việc thu thập và xử lý dữ liệu thời tiết, từ đó cung cấp thông tin chính xác và kịp thời cho dịch vụ khí tượng hàng không dân dụng.

Đánh giá thực tế: Hệ thống đã được đánh giá trong điều kiện thực tế sau khi triển khai. Kết quả cho thấy hệ thống đáp ứng được yêu cầu và mang lại lợi ích trong việc cung cấp dịch vụ khí tượng hàng không dân dụng tại sân bay Nội Bài. Đóng góp cho sự phát triển của ngành hàng không: Việc triển khai radar thời tiết Meteor 60DX không chỉ cung cấp dịch vụ an toàn hàng không mà còn góp phần vào sự phát triển và nâng cao chất lượng sản phẩm khí tượng phục vụ ngành hàng không dân dụng tại sân bay Nội Bài. Việc triển khai radar thời tiết Meteor 60DX tại sân bay Nội Bài đã mang lại những kết quả tích cực và đáng giá, góp phần vào việc cung cấp dịch vụ an toàn và chất lượng cho ngành hàng không dân dụng tại Việt Nam.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nội dung Đề án đã nghiên cứu những vấn đề cơ bản trong hệ thống Radar thời tiết METEOR 60DX. Tiến hành triển khai hệ thống radar thời tiết vào thực tế đưa ra đánh giá.

Kết quả dự kiến sẽ là toàn bộ khu vực tiếp cận tại sân bay Nội Bài sẽ được giám sát và cung cấp số liệu dữ liệu thời tiết tức thời cho kiểm soát viên không lưu và các đơn vị liên quan góp phần đảm bảo công tác điều hành bay an toàn, điều hòa, hiệu quả.

Hướng phát triển của đề án: tiếp theo phương án cải tiến lắp các trạm radar thời tiết tại sân bay trong nước tạo thành một mạng lưới radar thời tiết của ngành hàng không. Mạng lưới hệ thống radar thời tiết có thể kết hợp với nhau tạo nên sự thống nhất chung trong công tác giám sát thời tiết cũng như cung cấp dịch vụ khí tượng sát hàng không dân dụng trên toàn khu vực.

Do một vài nguyên nhân khách quan và chủ quan, đề án còn để lại nhiều thiếu sót và mức độ chuyên sâu còn hạn chế. Tôi rất mong nhận được những ý kiến quý báu của quý thầy cô cùng các bạn.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cục Hàng Không, “TIÊU CHUẨN VỀ KHÍ TƯỢNG HÀNG KHÔNG”, TCCS 25:2019/CHK, 2019.
- [2]. Dusan S. Zrníc and Alexander V. Ryzhkov, “Polarimetry for Weather Surveillance Radars”, Bulletin of the American Meteorological Society Vol.80, No. 3, March 1999.
- [3]. Enterprise Electronics Corporation Technical Description, “DWSR-3501C SDP Dual Polarization Radar System”, 2011.
- [4]. ICAO, “MANUAL OF AERONAUTICAL METEOROLOGICAL PRACTICE (DOC 8896)”, 2021.
- [5]. Mario Montopoli and Frank S. Marzano, “Meteorological Radar Systems”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- [6]. OFFICE OF THE FEDERAL COORDINATOR FOR METEOROLOGICAL SERVICES AND SUPPORTING RESEARCH, “DOPPLER RADAR theory and meteorology”, FCM-H11B, 2005.
- [7]. RICHARD J. DOVIK, “Doppler Weather Radar”, PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 67, NO. 11, NOV. 1979.
- [8]. Selex ES GmbH – Germany, “Training Material METEOR 60DX”, 2018.
- [9]. WMO, “Lectures on RADAR BASICS”, Brasilia, Nov 2003.
- [10]. WMO/IMO, “Training Material on Weather Radar Systems”, Report No.88, WMO/TD- No.1308, 2006.
- [11]. Website <http://vatm.vn>.