ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HCM

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



BÁO CÁO TỔNG KẾT

ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ SINH VIÊN NĂM 2018

*Tên đề tài tiếng Việt:*

THIẾT BỊ QUAN TRẮC, DỰ BÁO THỜI TIẾT PHẠM VI NHỎ SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ MÁY HỌC

*Tên đề tài tiếng Anh:*

LOCAL WEATHER FORECASTING SYSTEM USING NEURAL NETWORK

Khoa: Kỹ thuật Máy tính

Thời gian thực hiện: 06 tháng

Cán bộ hướng dẫn: TS. Trịnh Lê Huy

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| TT | Họ và tên, MSSV | Chịu trách nhiệm | Điện thoại | Email |
| 1 | Nguyễn Mạnh Thảo | Chủ nhiệm | 0987612206 | 14520853@gm.uit.edu.vn |
| 2 | Quách Thế Hào | Thành viên | 0986467627 | 14521124@gm.uit.edu.vn |
|  |  |  |  |  |

Thành phố Hồ Chí Minh – Tháng 12/2018

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| LOGO DHCNTT -hinh.jpg | ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HCM  TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN | Ngày nhận hồ sơ |  |
| Mã số đề tài |  |
| *(Do CQ quản lý ghi)* | |

BÁO CÁO TỔNG KẾT

*Tên đề tài tiếng Việt:*

THIẾT BỊ QUAN TRẮC, DỰ BÁO THỜI TIẾT PHẠM VI NHỎ SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ MÁY HỌC

*Tên đề tài tiếng Anh:*

LOCAL WEATHER FORECASTING SYSTEM USING NEURAL NETWORK

|  |  |
| --- | --- |
| *Ngày 17 tháng 12 năm 2018.*  Cán bộ hướng dẫn  *(Họ tên và chữ ký)*  TS. Trịnh Lê Huy | *Ngày 17 tháng 12 năm 2018*  Sinh viên chủ nhiệm đề tài  Nguyễn Mạnh Thảo |

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

# Thông tin chung:

- Tên đề tài:

Thiết bị quan trắc, dự báo thời tiết phạm vi nhỏ sử dụng công nghệ máy học

- Chủ nhiệm: Nguyễn Mạnh Thảo

- Cơ quan chủ trì: Khoa Kỹ thuật Máy tính, Trường Đại học Công nghệ Thông tin.

- Thời gian thực hiện: 06 tháng

# Mục tiêu

# Lý do chọn đề tài

# Đề tài nghiên cứu, phát triển hệ thống thiết bị quan trắc, dự báo thời tiết trong phạm vi nhỏ, sử dụng làm nền tảng phát triển các ứng dụng liên quan đến thời tiết. Thiết bị dựa trên công nghệ máy học để đưa ra dự đoán, giúp cải thiện độ chính xác của phép dự đoán đối với từng trường hợp riêng biệt theo thời gian sử dụng, thích nghi với từng khu vực khác nhau.

# Thống kê trong năm 2017, cơ cấu nền kinh tế nước ta như sau: khu vực nông, lâm nghiệp và thủy sản chiếm tỷ trọng 15,34%; khu vực công nghiệp và xây dựng chiếm 33,34%; khu vực dịch vụ chiếm 41,32%. Trong đó, các ngành nông, lâm nghiệp và thủy sản, xây dựng đóng vai trò quan trọng, chiếm tỉ trọng lớn và rất phổ biến. Đa số các mô hình trong các ngành này đều bị ảnh hưởng do thời tiết và việc dự đoán trước thời tiết một cách cục bộ mang lại lợi ích không nhỏ cũng như phòng tránh được các thiệt hại không đáng có. Cùng với sự phát triển của các mô hình Internet of Things trong các ngành, nhu cầu dự đoán thời tiết ngày càng tăng cao. Tuy nhiên, hiện tại vẫn chưa có một hệ thống đơn giản cụ thể nào đáp ứng cho nhu cầu này.

# Giải pháp hiện tại để đáp ứng cho các nhu cầu hiện tại là sử dụng kênh dự báo thời tiết của quốc gia hay quốc tế để dự đoán trước thời tiết. Ưu điểm của giải pháp này là không cần phần cứng lắp thêm, không tốn chi phí do thông tin được công bố trên các kênh truyền thông miễn phí. Tuy nhiên, giải pháp này có khuyết điểm là không hoàn toàn chính xác cho một khu vực cục bộ cụ thể.

# Sau khi tiến hành tìm hiểu, nhóm nghiên cứu quyết định thực hiện đề tài Thiết bị dự báo thời tiết trong phạm vi nhỏ sử dụng công nghệ Neural Network được mục đích quan trắc và dự báo thời tiết trong một khu vực nhỏ, cá nhân hóa người dùng, phục vụ cho các hộ gia đình và doanh nghiệp nhỏ, điều mà các hệ thống quan trắc lớn, quy mô quốc gia, khó có thể làm được.

# Mục tiêu tổng quan

# Xây dựng thành công Hệ thống có khả năng tự nó thu thập các giá trị môi trường và đưa ra dự báo mà không phụ thuộc vào các thông tin dữ liệu từ bên thứ ba. Có thể hoạt động trong thời gian dài ở ngoài môi trường thực tế, đóng gói sản phẩm để thiết bị có thể hoạt động được dưới trời mưa bão.

# Đề tài hướng đến sử dụng Machine Learning, cụ thể là mô hình Back-propagation Neural Network giải quyết bái toán dự đoán mưa phạm vi nhỏ. Sử dụng ưu điểm của mô hình Back-propagation Neural Network cải thiện độ chính xác của dự đoán theo thời gian sử dụng hệ thống.

# Sử dụng công nghệ truyền dữ liệu LoRa để áp dụng vào việc truyền nhận tín hiệu, giúp gia tăng khoảng cách lắp đặt hệ thống, theo dõi được tình hình tại khu vực có khoảng cách xa nơi lắp đặt server trung tâm. Không những tăng khoảng cách truyền nhận dữ liệu, công nghệ LoRa còn giúp tiết kiệm năng lượng sử dụng rất phù hợp với hệ thống. Bên cạnh đó, nhờ kết hợp với pin mặt trời, thời gian sử dụng của thiết bị quan trắc của hệ thống được kéo dài, qua đó giúp hệ thống có thể lắp đặt được ở nhiều khu vực khác nhau, tăng khả năng mở rộng hệ thống quan trắc.

# Bên cạnh đó nhóm cũng đưa hệ thống lên môi trường Internet bằng cách thiết kế Gateway có kết nối Wifi, đưa dữ liệu lên VPS để xử lý với thuật toán Machine Learning. Ngoài ra, VPS này cũng chạy một Web Server, cung cấp cho người một trang Web quản lý với giao diện thân thiện.

# Trên tất cả, vấn đề lớn nhất mà nhóm đang tập trung giải quyết chính là độ chính xác và độ tin cậy của hệ thống phải được tối ưu nhất có thể và phải đặt lên hàng đầu.

# Mục tiêu cụ thể

# Đối tượng nghiên cứu của đề tài như sau:

# Hệ thống thu thập thông số môi trường SKU:SEN0186

# Pin năng lượng mặt trời mono, pin li-ion và mạch sạc

# Cảm nhiệt độ, độ ẩm SHT10, cảm biến áp suất BMP180

# Cơ sở lý luận về dự báo thời tiết và dữ liệu

# Mô hình Machine Learning Back-propagation Neural Network

# Module truyền nhận LoRa RFM96

# Module Wifi ESP8266

# Giao thức MQTT

# Web Server với ngồn ngữ NodeJS

# Hệ cơ sở dữ liệu MongoDB

# Với mục tiêu xây dựng được một hệ thống phần cứng thu thập dữ liệu môi trường một cách độc lập, được đóng gói để hoạt động trong môi trường mưa gió khắc nghiệt. Bao gồm:

# Trạm thu dữ liệu: Thu thập các giá trị như nhiệt độ, độ ẩm, áp suất khí quyển, hướng gió, sức gió và lượng mưa. Sử dụng pin năng lượng mặt trời để duy trì hoạt động.

# Gateway: Thu thập dữ liệu từ trạm thu dữ liệu và đưa lên VPS thông qua Wifi. Nhận dữ liệu dự đoán thời tiết từ VPS và hiển thị lên LCD.

# Nghiên cứu về cơ sở lý thuyết dự báo thời tiết, tìm hiểu các bài báo về thời tiết. Kết hợp với việc xử lý, phân tích giá trị thực tế thu thập được trong thời gian dài. Từ đó đưa ra cơ sở lý luận tin cậy cho việc dự báo thời tiết.

# Nghiên cứu và xây dựng ứng dụng dự đoán thời thiết cục bộ sử dụng mô hình Back-propagation Neural Network. So sánh với hệ thống sử dụng Fuzy Logic trước đây. Tăng tỉ lệ chính xác lên 60%.

# Xây dựng hệ thống quản lý dữ liệu với MongoDB để quản lý dữ liệu cảm biến, kết quả dự đoán và dữ liệu người dùng.

# Xây dựng một Web Server trên VPS Linux với giao diện thân thiện và hoạt động ổn định.

# Cụ thể:

# Dữ liệu thu thập môi trường ít nhất trong khoảng 3 tháng, xử lý dữ liệu và để mô hình Back-propagation Neural Network học tập dữ liệu ban đầu này.

# Xây dựng ứng dụng dự đoán thời thiết cục bộ sử dụng mô hình Back-propagation Neural Network để dự đoán thời tiết. Ứng dụng sử dụng 7 biến đầu vào bao gồm: nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, giờ trong ngày, tháng trong năm, hướng gió và sức gió để dự đoán và thêm một biến đầu vào là lượng mưa để học.

# Giao tiếp với các cảm biến. Thực hiện đọc dữ liệu từ các cảm biến.

# Xây dựng nguồn nuôi cho hệ thống thu dữ liệu bằng pin li-ion, dùng pin năng lượng mặt trời để duy trì hoạt động của pin.

# Thực hiện giao tiếp giữa trạm thu dữ liệu và board trung tâm bằng sóng LoRa.

# Xây dựng một trang Web bằng ngôn ngữ HTML, Css và NodeJS, trang Web có giao diện đẹp, tính tương tác người dùng cao.

# Tạo và đăng kí được một tên miền trên No-IP.

# Xây dựng ứng dụng quản lý, truy xuất trên hệ cơ sở dụng liệu MongoDB.

# Tính mới và sáng tạo

# Phân tích hiện trạng

# Tình hình nghiên cứu trong nước

# Việt Nam là một nước nằm trong khu vực có thời tiết thay đổi phức tạp, biến hóa khôn lường, thường xuyên xảy ra thiên tai lũ lụt, đặc biệt là các tỉnh thành miền Trung và miền Bắc nước ta, nên việc xây dựng các trạm quan trắc dự báo thời tiết đang rất được chú trọng ở Việt Nam.

# Các trạm quan trắc thời tiết ở Việt Nam, hầu như có qui mô lớn trên diện rộng, chưa áp dụng phát triển ở từng địa phương khu vực. Các trang thiết bị đều được nhập từ nước ngoài với chi phí đắt đỏ và độ chính xác không cao do phạm vi quan trắc còn lớn và số lượng trạm quan trắc chưa nhiều

# Trong cuộc thi Nhà sáng tạo Việt Nam với Intel Galileo năm 2015 (VMIG 2015), nhóm sinh viên Trường Đại học Khoa học Tự nhiên đã giành giải Ba với đề tài "Trạm quan trắc môi trường và cảnh báo sớm thiên tai". Hệ thống gồm 3 thành phần chính: hệ thống cảm biến xử lý dữ liệu, board xử lý trung tâm là Intel Galileo và cuối cùng là một Web hiển thị thông tin và đưa ra cảnh báo khi vượt mức. Đề tài nghiên cứu của nhóm bạn có ứng dụng rất cao và được hội đồng đánh giá cao, nhưng hệ thống vẫn còn một số bất cập đó là, hệ thống chỉ mang tính cảnh báo tại vị trí và thời điểm hiện tại chưa có tính dự đoán thời tiết xảy ra tương lai.

# Công ty Mimosatek - Giải Nhất Nhóm Khởi Nghiệp Cuộc Thi Venture Cup 2015 với sản phẩm "Hệ thống quản lý tưới chính xác", một thiết bị dùng để đo các giá trị thời tiết, tính toán phân tích thông tin để biết được lượng nước cần tưới cho từng loại cây trồng, tất cả những việc này được quản lý và điều khiển thông qua điện thoại thông minh. Hệ thống này chỉ đo giá trị thời tiết tại thời điểm hiện tại, để thực hiện tưới nước hợp lý và cảnh báo khi môi trường bất lợi chưa có mang tính dự báo thời tiết tiếp sắp tới.

# Tình hình nghiên cứu quốc tế

# Tác giả Saktaya Suksri and Warangkhana Kimpan, bài báo "Neural Network training model for weather forecasting using Fireworks Algorithm". Công bố tại International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC) ngày 14-17 Dec. 2016

# Bài báo trình bày phương pháp sử dụng mô hình Artificial Neural Networks with supervised learning paradigm để dự đoán giá trị nhiệt độ trung bình trong ngày với dữ liệu đầu vào lấy dự trạm khí tượng thủy văn đặt ở Bangkok. Mô hình Artificial Neural Network được train bởi thuật toán Fireworks - thuật toán tối ưu hóa việc train ANN được phát triển bởi Swarm Intelligence Algorithm. Tuy nhiên, bài báo chỉ tập trung phát triển thuật toán và nghiên cứu chứ không phát triển thành sản phẩm.

# Trường đại học, bằng Master. Tác giả Andrew Culclasure, đề tài "Using Neural Networks to Provide Local Weather Forecasts", Công bố tại Electronic Theses & Dissertations Georgia Southern University Spring 2013.

# Đề tài tập trung vào việc thực hiện khảo sát trên các mô hình dự đoán thời tiết sử dụng ANN đã có tại thời điểm thực hiện. Ngoài ra, đề tài cũng giới thiệu một thí nghiệm của tác giả về việc sử dụng ANN để dự đoán nhiệt độ.

# Tác giả Kumar Abhishek, bài báo "Weather Forecasting Model using Artificial Neural Network", được đăng trên tạp chí Procedia Technology Volume 4, 2012, Pages 311-318.

# Bài báo xem xét độ khả thi của phương pháp sử dụng ANN với các thông số hàm truyền, số lượng lớp ẩn và neural khác nhau trong việc dự đoán thời tiết, cụ thể hơn là dự đoán nhiệt độ tối đa trong một năm.

# Phân tích các công nghệ

# Công nghệ máy học

# Máy học hay còn gọi là học máy là tên được đặt ra vào năm 1959 bởi Arthur Samuel. Phát triển từ nghiên cứu nhận dạng mẫu và lý thuyết học tính toán trong trí tuệ nhân tạo, máy học khám phá nghiên cứu và xây dựng các thuật toán có thể học và đưa ra dự đoán về dữ liệu - các thuật toán đó vượt qua các hướng dẫn chương trình tĩnh nghiêm ngặt bằng cách đưa ra các dự đoán hoặc quyết định dựa trên dữ liệu, thông qua việc xây dựng một mô hình từ các đầu vào mẫu. Máy học được sử dụng trong các công việc điện toán trong đó việc thiết kế và lập trình các thuật toán rõ ràng với hiệu suất tốt với con người thì rất khó khó khăn hoặc không khả thi; các ứng dụng ví dụ bao gồm lọc email, phát hiện kẻ xâm nhập mạng làm việc theo hướng vi phạm dữ liệu, nhận dạng ký tự quang học (OCR), học cách xếp hạng và thị giác máy tính.

# Máy học có liên quan chặt chẽ với (và thường trùng lặp với) thống kê tính toán, cũng tập trung vào việc dự đoán thông qua việc sử dụng máy tính. Nó có mối quan hệ chặt chẽ với tối ưu hóa toán học, cung cấp các phương thức, lý thuyết và lĩnh vực ứng dụng cho lĩnh vực này. Máy học đôi khi được kết hợp với khai thác dữ liệu, trong đó trường con sau tập trung nhiều hơn vào phân tích dữ liệu khám phá và được gọi là học tập không giám sát. máy học cũng có thể không được giám sát và được sử dụng để tìm hiểu và thiết lập hồ sơ hành vi cơ bản cho các thực thể khác nhau và sau đó được sử dụng để tìm ra sự bất thường có ý nghĩa.

# Trong lĩnh vực phân tích dữ liệu, máy học là một phương pháp được sử dụng để đưa ra các mô hình và thuật toán phức tạp cho vay để dự đoán; trong sử dụng thương mại, điều này được gọi là phân tích dự đoán. Những mô hình phân tích này cho phép các nhà nghiên cứu, nhà khoa học dữ liệu, kỹ sư và nhà phân tích "đưa ra các quyết định và kết quả đáng tin cậy, có thể lặp lại" và khám phá "những hiểu biết ẩn giấu" thông qua việc học hỏi từ các mối quan hệ và xu hướng lịch sử trong dữ liệu.

# Việc ứng dụng máy học trong lĩnh vực dự đoán thời tiết vẫn còn khá mới. Ngoài máy học, logic mờ hay Fuzzy logic cũng được ứng dụng trong lĩnh vực dự đoán thời tiết, tuy nhiên độ chính xác của dự đoán và khả năng thích ứng với môi trường của máy học vượt trội hơn hẳn.

# Công nghệ giao tiếp truyền thông LoRa

# LoRa, viết tắt của Long Range Radio, là một công nghệ truyền thông không dây được phát triển bởi Cycleo và được Semtech mua vào năm 2012. LoRa sử dụng một kỹ thuật điều chế có tên là Chirp Spread Spectrum. Theo công bố của SemTech, kỹ thuật này làm giảm yêu cầu về độ phức tạp và độ chính xác của các thiết bị thu cần đạt được để giải mã dữ liệu. Ngoài ra, LoRa không yêu cầu công suất truyền cao để truyền đến thiết bị thu ở khoảng cách xa khiến thiết bị thu có thể nhận dữ liệu ngay cả khi cường độ tín hiệu nhận được thấp hơn nhiễu của môi trường xung quanh.

# Công nghệ bao gồm hai phần - Lora, lớp vật lý và LoRaWan, lớp giao thức. LoRaWan là một giao thức dựa trên LoRa được phát triển bởi LoRa Alliance. Nó được sử dụng trong các băng tần radio công nghiệp, khoa học và y tế (ISM). Cấu trúc mạng LoRaWan thường là mô hình sao. Gateway là cầu nối chuyển tiếp các gói tin giữa các thiết bị đầu cuối và máy chủ. Các gateway kết nối với internet thông qua các kết nối IP thông thường. Trong khi đó, các thiết bị đầu cuối không dây giao tiếp với một hoặc nhiều gateway.

# Một gateway LoRaWan duy nhất có thể bao phủ khu vực có bán kính lên đến 10Km. Với những lợi ích từ khoảng cách của LoRaWan, Mạng lưới Things bao phủ Amsterdam chỉ với 10 cổng và có giá $1200.

# Ưu điểm vượt trội của LoRa khi so sánh với các công nghệ truyền dữ liệu không dây khác đó là khoảng cách giao tiếp và tiết kiệm năng lượng. Những đặc điểm này rất thích hợp ứng dụng trong đề tài, nơi mà các thiết bị quan trắc được đặt ngoài trời, xa gateway và sử dụng pin năng lượng mặt trời. Bảng so sánh chi tiết ưu/nhược điểm của các công nghệ truyền dữ liệu không dây được thể hiện trong hình ...

# Tính mới và sáng tạo của đề tài

# Nhìn chung, bài toán dự báo thời tiết phạm vi nhỏ đã và đang nhận được rất nhiều sự quan tâm cũng như đầu tư nghiên cứu cả trong và ngoài nước và cũng đã có những thành quả nhất định.

# Tuy nhiên, điểm mới của đề tài là trực tiếp phát triển hệ thống thành một hệ thống dự báo thời tiết độc lập mà hạn chế sự phụ thuộc vào các thông tin từ Internet. Hệ thống tự nó là một thiết bị có thể dự báo thời tiết có khả năng di động cao, độ chính xác cao.

# Nhóm ứng dụng công nghệ máy học vào hệ thống giải quyết bài toán dự báo thời tiết, đây là một hướng đi mới trong tình hình nghiên cứu về thời tiết trong và ngoài nước. Nhóm hi vọng nếu thành công thì thiết bị có thể thay thế hoặc bổ trợ trong việc dự đoán thời tiết.

# Sử dụng công nghệ sóng LoRa để truyền dẫn, đây là một công nghệ mới, truyền được dữ liệu ở khoảng cách xa (khoảng 15 Km).

# Bên cạnh đó nhóm cũng đã đưa được hệ thống lên môi trường Internet of Things với việc gửi dữ liệu lên trên mạng. Kết hợp với việc giảm tối thiểu giá thành là một trong những điểm mạnh của đề tài.

# Tóm tắt kết quả nghiên cứu:

# Đặc tả kỹ thuật

# <Trình bày khoảng 1 đến 2 trang, các thông số mong muốn đạt được của hệ thống, ví dụ: sử dụng pin 12V, 0.5A có thể cho hệ thống hoạt động ổn định trong 1 ngày. Sản phẩm của đề tài có thể hoạt động ngoài trời, …., chú ý không để hình vẽ mà chỉ giới thiệu hình vẽ, hình vẽ sẽ đặt ở mục 7>

# Thiết kế hệ thống

# <Trình bày 3 đến 5 trang, vẽ sơ đồ khối của hệ thống, nêu cách thức hoạt động của hệ thống, trình bày mối liên hệ giữa các khối nhỏ trong hệ thống, chú ý không để hình vẽ mà chỉ giới thiệu hình vẽ, hình vẽ sẽ đặt ở mục 7>

# Thiết kế chi tiết

# <Không giới hạn, trình bày chi tiết các khối nhỏ trong hệ thống và thiết kế chi tiết của chúng, chú ý không để hình vẽ mà chỉ giới thiệu hình vẽ, hình vẽ sẽ đặt ở mục 7>

# Tích hợp hệ thống và kiểm thử

# <Không giới hạn, trình bày cách kết nối toàn bộ hệ thống hoàn chỉnh, cách kiểm tra hệ thống và các thông số kiểm tra, thống kê kết quả, …, chú ý không để hình vẽ mà chỉ giới thiệu hình vẽ, hình vẽ sẽ đặt ở mục 7>

# Kết quả nghiên cứu

# <Không giới hạn, nêu kết quả đạt được, phân tích ưu nhược điểm, đề xuất hướng phát triển, …, chú ý không để hình vẽ mà chỉ giới thiệu hình vẽ, hình vẽ sẽ đặt ở mục 7>

# Tên sản phẩm

# Thiết bị quan trắc, dự báo thời tiết phạm vi nhỏ

# Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng

# < Đề tài mang tính mới ở thị trường trong nước, giải quyết được nhu cầu cụ thể là dự đoán thời tiết hay chi tiết hơn là mưa trong phạm vi nhỏ. Ứng dụng được công nghệ máy học giúp hệ thống dễ dàng tương thích được với môi trường đa dạng hơn mà không cần thay đỗi thuật toán hay phần cứng.

# Thiết bị được đóng gói tương đối tốt bằng hộp nhựa và gia cố thêm bằng khung sắt chắc chắn, giúp thiết bị hoạt động ổn định ngoài trời, dưới thời tiết mưa bão. Tuy nhiên, để có thể hướng đến mục đích thương mại sản phẩm, thiết bị nên có giải pháp đóng gói tốt hơn, tối thiểu hóa khả năng mạch điện bên trong bị ẩm hoặc ướt do thời tiết.

# Đề tài mang tính ứng dụng cao, nghiên cứu chế tạo sản phẩm dự đoán lượng mưa trong khu vực nhỏ, giải quyết được các nhu cầu dự đoán thời tiết cụ thể. Thêm vào đó, việc ứng dụng công nghệ máy học vào lĩnh vực dự đoán thời tiết cũng là bước đệm đưa công nghệ mới này vào nhiều lĩnh vực hơn.

# Khả năng thương mại hóa sản phẩm ở mức tương đối, do mục đích sử dụng của thiết bị nhắm đến nhóm đối tượng cụ thể. Sản phẩm còn giải quyết được vấn đề dự đoán thời tiết trong phạm vi nhỏ khi trên thị trường còn ít sản phẩm đối thủ cạnh tranh. Ngoài ra, việc thích nghi với môi trường và cải thiện độ chính xác theo thời gian hoạt động cũng là một ưu thế của sản phẩm. Tuy nhiên, cần phải nâng cao tính hoàn thiện của sản phẩm để có thể tăng độ hấp dẫn cũng như giảm khả năng hỏng và chi phí vận hành.>

# Hình ảnh, sơ đồ minh họa chính

# <Trình bày các hình vẽ đã được tham khảo trong các mục trên có kèm theo đánh số hình>

|  |  |
| --- | --- |
| *Cơ quan Chủ trì*  *(ký, họ và tên, đóng dấu)* | *Chủ nhiệm đề tài*  *(ký, họ và tên)*  Nguyễn Mạnh Thảo |