

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

---



**PHẠM THỊ XUYỀN**

**HỆ THỐNG CẢNH BÁO BẤT THƯỜNG  
CHO CẦU DÂY VĂNG**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SỸ**

**TP.HỒ CHÍ MINH – NĂM 2022**

Luận văn được hoàn thành tại:

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

Người hướng dẫn khoa học: **TS. Huỳnh Trọng Thưa**

Phản biện 1: **PGS.TS Nguyễn Tuấn Đăng**

Phản biện 2: **PGS.TS Võ Thị Lưu Phương**

Luận văn đã được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ  
tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Vào lúc: 10h15 - 11h00, ngày 02 tháng 07 năm 2022

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

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

## I. MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Với sự phát triển vượt bậc của khoa học kỹ thuật, số lượng cầu dây văng trên thế giới được xây dựng ngày càng nhiều. Do vai trò đặc biệt quan trọng của chúng, cộng với giá thành xây dựng rất đắt đỏ, các cầu này cần thiết phải được duy tu, bảo dưỡng thường xuyên và kịp thời. Quá trình này thường gặp nhiều khó khăn do nhiều lý do như vị trí xây dựng khắc nghiệt, số chi tiết nhiều, cấu tạo phức tạp, chi phí lớn... [1]. Chính vì vậy, nhằm đáp ứng nhu cầu thực tiễn của công tác duy tu, bảo dưỡng cầu, nhất là cầu nhịp lớn, hệ thống quan trắc cầu (Structural Health Monitoring – SHM) đã từng bước được áp dụng tại Việt Nam, đặc biệt sau khi Bộ GTVT ban hành Thông tư 52/2013/TT-BGTVT quy định về quản lý, khai thác và bảo trì công trình đường bộ, trong đó yêu cầu các công trình cầu có nhịp dài hơn 150m hoặc trụ cầu cao hơn 50m phải được lắp đặt hệ thống quan trắc [2].

Hệ thống quan trắc cầu dây văng là một hệ thống phức tạp, được tích hợp nhiều công nghệ tiên tiến nhằm quan trắc, giám sát trạng thái công trình liên tục trong thời gian thực [3]. Hiện nay, tại Việt Nam đã và đang xây dựng rất nhiều cầu lớn và hệ thống quan trắc giám sát sửa chữa cầu đã được lắp đặt phổ biến trên các cây cầu lớn như: Cầu Cần Thơ, cầu Bãi Cháy, cầu Bình, cầu Phú Mỹ... nhưng phần lớn là hệ thống thiết bị và phần mềm do các công ty nước ngoài cung cấp, vì thế khi các sự cố xảy ra đối với hệ thống này rất khó có thể tự can thiệp và khắc phục [4]. Bên cạnh đó, việc quản lý, phân tích, xử lý và lưu trữ dữ liệu, thông số thu thập được từ hệ thống quan trắc trong quá

trình khai thác ở nhiều công trình còn lúng túng, chưa hiệu quả và số lượng chuyên gia còn hạn chế [5].

Vấn đề đặt ra là làm sao triển khai được một hệ thống không những có thể quản lý khối lượng lớn dữ liệu thu được mỗi ngày một cách hiệu quả, dễ mở rộng, khả năng chịu lỗi cao mà còn có thể phân tích và đưa ra cảnh báo bất thường ghi nhận được về tình trạng kỹ thuật cầu, đảm bảo khai thác cầu an toàn giảm chi phí vận hành, bảo dưỡng cầu là một việc hết sức cấp thiết. Từ những lý do trên, tôi xin lựa chọn đề tài nghiên cứu “**Hệ thống cảnh báo bất thường cho cầu dây văng**”.

## **2. Tổng quan vấn đề nghiên cứu**

Trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng công nghệ Big Data vào việc quản lý và phân tích dữ liệu cho hệ thống SHM. Seongwoon Jeong et al. [6, 7] đã đề xuất mô hình quản lý và phân tích dữ liệu lớn cho việc giám sát cầu dựa trên dữ liệu từ hệ thống quan trắc. Mô hình này bao gồm các máy ảo đám mây, hệ thống cơ sở dữ liệu phân tán như Cassandra, NoSQL cùng với Spark cluster và máy chủ. Kết quả cho thấy khung đề xuất không chỉ quản lý dữ liệu lớn và phức tạp được thu thập từ việc giám sát cầu, mà còn đối phó với các nhu cầu thay đổi về xử lý dữ liệu.

S. Gunner et al. [8] triển khai hệ thống quản lý dữ liệu mã nguồn mở tích hợp với hệ thống quan trắc công trình cầu sử dụng mạng cảm biến không dây cho cầu treo Clifton, Vương Quốc Anh. Hệ thống cho phép thu thập, lưu trữ, truy xuất, xử lý và trực quan hóa

dữ liệu về việc sử dụng cầu dựa trên lưu lượng tải trên cầu một cách linh hoạt với phần lớn phần mềm là miễn phí như: Kafka giúp đơn giản hóa việc di chuyển dữ liệu, cơ sở dữ liệu chuỗi thời gian InfluxDB cung cấp khả năng lưu trữ lâu dài cho dữ liệu và giao diện trực quan hóa dữ liệu dựa trên Grafana.

Andrew Scullion [9] đã khai thác công nghệ dữ liệu lớn mã nguồn mở để xử lý dữ liệu của hệ thống SHM và giải thích cách một số công nghệ mã nguồn mở mới nhất như Python, Redis, Apache, PostgreSQL, WebGL, JQuery, Hadoop ecosystem... đã cho phép chuyển đổi dữ liệu thành thông tin và có thể đưa ra quyết định hiệu quả trong việc quản lý cầu.

Có nhiều nghiên cứu áp dụng các công nghệ khác nhau để thu thập, quản lý lưu trữ và phân tích dữ liệu thu được cho hệ thống SHM. Tuy nhiên, phạm vi đề tài luận văn chỉ tập trung áp dụng các công nghệ Big Data trên hệ thống cảnh báo bất thường cho cầu dây văng từ dữ liệu thu được của hệ thống SHM. Việc ứng dụng công nghệ Big Data mã nguồn mở không những tối ưu về mặt chi phí mà còn có khả năng mở rộng, khả năng chịu lỗi và độ tin cậy cao.

### **3. Mục tiêu nghiên cứu**

#### **Mục tiêu tổng quát**

- Xây dựng hệ thống cảnh báo bất thường cho cầu dây văng dựa trên dữ liệu thô thu được từ các cảm biến của hệ quan trắc cấu trúc công trình cầu bằng công nghệ Big Data.

## **Mục tiêu cụ thể**

- Cung cấp một Dashboard cho giám sát cầu dây văng để: 1) Hiển thị kết quả dữ liệu quan trắc đã qua xử lý và các dữ liệu lịch sử bằng các dạng đồ thị khác nhau theo yêu cầu cụ thể của hệ thống trong thời gian thực, 2) Hiển thị các thông tin, thiết lập các mức cảnh báo và giám sát cần thiết cho cầu dây văng.
- Xác định tình trạng bất thường bằng cách sử dụng các ngưỡng cảnh báo cho phép đối với tốc độ gió, lực căng cáp, độ nghiêng, độ dao động dầm, dao động cáp qua đó so sánh đối chiếu với giá trị đã được xử lý từ dữ liệu thô để hiển thị thông tin cảnh báo.
- Gửi các thông tin cảnh báo bất thường ghi nhận được về tình trạng kỹ thuật cầu thông qua một số trình thông báo khác nhau bao gồm PagerDuty, SMS, email hoặc Slack như: 1) Cảnh báo về tốc độ gió báo động, 2) Lực căng cáp báo động, lực căng cáp nguy hiểm, 3) Độ nghiêng đỉnh tháp, độ nghiêng chân tháp, 4) Dao động dầm, dao động cáp, 5) Các thông tin về thời tiết bất lợi cho cầu.

## **4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

### **Đối tượng nghiên cứu:**

- Biến đổi dữ liệu thô thu được từ các cảm biến của hệ quan trắc cấu trúc công trình cầu dây văng Phú Mỹ thành dữ liệu phục vụ cho mục đích nghiên cứu.

- Kỹ thuật phân tích dữ liệu thô như phương pháp tiếp cận miền tần số (biến đổi Fourier), lý thuyết về tính lực căng, góc nghiêng, dao động.
- Ngưỡng an toàn cho cầu dây văng dựa trên các ngưỡng cảnh báo đã được phân tích tính toán từ mô hình phân tích 3D của công trình và dựa trên cơ sở thực nghiệm.
- Các công nghệ Big Data để quản lý, phân tích dữ liệu như: Kafka, Apache Spark Structured Streaming, InfluxDB, Grafana.

### **Phạm vi nghiên cứu:**

- Sử dụng dữ liệu từ các cảm biến thu được thông qua hệ thống quan trắc của cầu dây văng Phú Mỹ như: Cảm biến đo nghiêng, gia tốc kế, cảm biến thời tiết, phong kế.
- Tập trung cảnh báo: 1) Tốc độ gió báo động, 2) Lực căng cáp báo động, lực căng cáp nguy hiểm, 3) Độ nghiêng đỉnh tháp, độ nghiêng chân tháp, 4) Dao động dầm, dao động cáp, 5) Các thông tin về thời tiết bất lợi cho cầu. 6) Tình hình tổng quát của cầu dây văng Phú Mỹ.

## **5. Phương pháp nghiên cứu**

Đề tài này sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với xây dựng ứng dụng thực nghiệm:

- Thu thập các tài liệu có liên quan tới đề tài, các thông số và ngưỡng cho phép về các bộ phận của cầu dây văng Phú Mỹ.

- Ứng dụng các công nghệ Big Data như Kafka, Apache Spark Structured Streaming, InfluxDB, Grafana để phát triển hệ thống thực nghiệm.
- Tiến hành đánh giá kết quả thực nghiệm, đưa ra hướng phát triển mở rộng của đề tài để đáp ứng những nhu cầu triển khai thực tế.

## **6. Cấu trúc luận văn**

Ngoài phần mở đầu, mục lục, kết luận và kiến nghị, danh mục hình vẽ, danh mục bảng biểu, tài liệu tham khảo, phụ lục, phần chính của luận văn gồm 4 chương như sau:

Chương 1: NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN

Chương 2: PHÂN TÍCH THIẾT KẾ

Chương 3: TRIỂN KHAI ỨNG DỤNG

Chương 4: ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM



## CHƯƠNG 1: NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN

### 1.1. Tổng quan về Big Data

### 1.2. Các công nghệ Big Data

Công nghệ Dữ liệu lớn có thể được định nghĩa là một Tiện ích-Phần mềm được thiết kế để phân tích, xử lý và trích xuất thông tin từ một bộ dữ liệu cực kỳ phức tạp và lớn mà phần mềm xử lý dữ liệu truyền thống khó có thể xử lý được. Các công nghệ Big Data hàng đầu được chia thành 4 lĩnh vực được phân loại như sau:

- Lưu trữ dữ liệu: Hadoop, MongoDB, InfluxDB, Rainstor...
- Khai thác dữ liệu: Presto, Elasticsearch, Apache Spark...
- Phân tích dữ liệu: Apache Kafka, Splunk, KNIME, Apache Spark...
- Trực quan hóa dữ liệu: Tableau, Plotly, Grafana ...

### 1.3. Cơ sở phân tích dữ liệu quan trắc cầu

Để các cơ sở dữ liệu phản ánh một cách chính xác trạng thái kết cấu và sức khỏe của công trình cầu thì việc thu thập các dữ liệu cần phải được thực hiện một cách đồng bộ. Phần mềm quản lý dữ liệu sẽ được thiết kế cho các trạng thái, mức độ làm việc khác nhau của công trình liên quan đến tần suất thu thập đồng bộ tất cả các đại lượng vật lý từ các cảm biến và các thiết bị quan trắc.

Để phục vụ tốt cho công tác duy tu bảo dưỡng, hệ thống không chỉ cho phép thiết lập các mức cảnh báo và giám sát cần thiết cho công

trình mà còn thực hiện đánh giá các mức cảnh báo một cách tự động thông qua các giá trị nhận được bởi tính toán phân tích dữ liệu.

#### **1.4. Yêu cầu báo cáo số liệu cho hệ thống**

Việc báo cáo thống kê phải mang tính chất định kỳ bao gồm:

- Báo cáo hàng ngày,
- Báo cáo hàng tháng,
- Báo cáo năm

Trong đó các kết quả phải phân tích đánh giá đến thông số yêu cầu, so sánh đánh giá theo thời gian quan trắc.

## CHƯƠNG 2: PHÂN TÍCH THIẾT KẾ

### 2.1 Mô tả vấn đề

Việc áp dụng các công nghệ Big Data mã nguồn mở trên hệ thống cảnh báo bất thường cho cầu dây văng từ dữ liệu thu được của hệ thống SHM không những tối ưu về mặt chi phí mà còn có khả năng mở rộng, khả năng chịu lỗi và độ tin cậy cao.

### 2.2. Kiến trúc Big Data

Kiến trúc phân lớp được chia thành các lớp khác nhau trong đó mỗi lớp thực hiện một chức năng cụ thể. Kiến trúc này bao gồm các lớp kiến trúc chính như sau: Lớp nguồn dữ liệu, lớp thu thập và truyền dữ liệu, lớp xử lý dữ liệu, lớp lưu trữ dữ liệu, lớp truy vấn dữ liệu, lớp trực quan hóa dữ liệu.

#### 2.2.1. Lớp thu thập dữ liệu

Trong tất cả các công nghệ sử dụng publish-subscribe messaging thì Kafka [13] là một mô hình có tốc độ nhanh, khả năng mở rộng, độ tin cậy và đảm bảo tính chịu lỗi cao. Ngoài ra Kafka có thể truyền một lượng lớn dữ liệu trong thời gian thực, vì có độ tin cậy vào tính chịu lỗi cao nên trong trường hợp bên nhận chưa nhận dữ liệu vẫn được lưu trữ sao lưu trên một hàng đợi và cả trên ổ đĩa để đảm bảo an toàn.

#### 2.2.2. Lớp xử lý dữ liệu

Mô hình lập trình Spark Structured Streaming coi dòng dữ liệu đầu vào là “Input Table”. Mỗi mục dữ liệu tới trên luồng được thêm vào trong dòng của “Input Table”.

Mô hình này rất khác với các công cụ xử lý phát trực tuyến khác. Nhiều hệ thống phát trực tuyến yêu cầu người dùng duy trì trạng thái. Trong mô hình này, Spark chịu trách nhiệm cập nhật “Result Table” khi có dữ liệu mới, do đó giúp người dùng không phải suy đoán về nó.

### **2.2.3. Lớp lưu trữ dữ liệu**

Trong đề tài luận văn sử dụng dữ liệu thu được từ các cảm biến và là kiểu dữ liệu chuỗi thời gian, trước khi đi vào chi tiết về lớp lưu trữ ta sẽ tìm hiểu về kiểu dữ liệu Time-series Data.

a. Time-series Data

b. Ứng dụng của Time-series Data

Tính tới tháng 9 năm 2020, InfluxDB [15] là một cơ sở dữ liệu chuỗi thời gian được xếp hạng số 1 trong danh sách các cơ sở chuỗi thời gian hàng đầu thế giới .

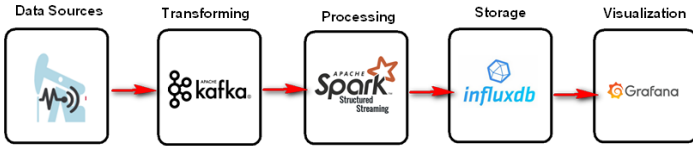
### **2.2.4. Lớp trực quan hóa dữ liệu**

Ngoài các chức năng biểu diễn dữ liệu với các bảng điều khiển mạnh mẽ thì Grafana cũng hỗ trợ cài đặt và gửi cảnh báo qua một số trình thông báo khác nhau bao gồm PagerDuty, SMS, email hoặc Slack.

## **2.3. Đánh giá và lựa chọn mô hình phát triển hệ thống**

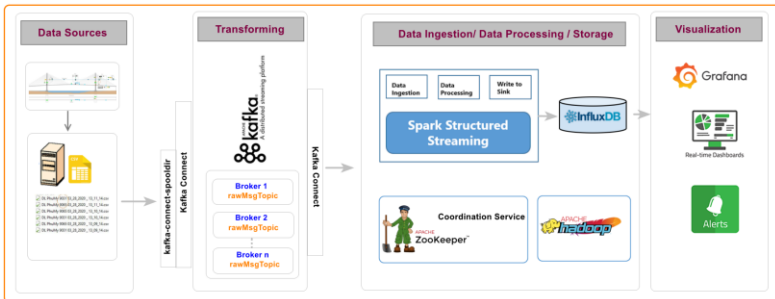
Dựa vào kết quả đánh giá các công nghệ sử dụng trong kiến trúc Big Data ở trên cùng với việc đánh giá các mô hình tương tự đang được nghiên cứu và áp dụng trong thực tế được công bố gần đây, mô

hình được lựa chọn để xây dựng trong bài luận văn này được mô tả như trong Hình 2.9: Mô hình xử lý tổng quan.



**Hình 2.9: Mô hình xử lý tổng quan**

Từ mô hình xử lý tổng quan Hình 2.9 kết hợp với dữ liệu thực tế của cầu dây văng cũng như lý thuyết tổng quan về các lớp dữ liệu trong mục 2.1, 2.2, 2.3 ta có mô hình chi tiết của hệ thống như sau:



**Hình 2.10: Mô hình chi tiết của hệ thống**

## CHƯƠNG 3: TRIỂN KHAI ỨNG DỤNG

### 3.1. Giới thiệu tổng quan về cầu dây văng Phú Mỹ

### 3.2. Thực trạng khai thác và bảo trì cầu dây văng Phú Mỹ

### 3.3. Thực tế triển khai ứng dụng

#### 3.3.1. *Triển khai hệ thống thu thập, xử lý và lưu trữ dữ liệu từ các cảm biến*

##### a. Cài đặt hệ thống

Để xây dựng hệ thống cảnh báo bất thường cho cầu dây văng trong đề tài này, ta sử dụng ngôn ngữ lập trình, thư viện và các phần mềm chính như sau:

- Ngôn lập trình: Python, Scala;
- Cơ sở dữ liệu: InfluxDB v2.1.1;
- Thư viện đọc và truyền dữ liệu: Kafka v2.3.1, Spark v3.1.3;
- Thư viện quan hóa dữ liệu: Grafana v8.5.1;

Ngoài ra còn có các thư viện mở rộng phục vụ cho việc thu thập, xử lý dữ liệu như: `kafka-connect-spooldir` [20];

##### b. Nguồn dữ liệu

Dữ liệu nguồn là các file .csv không giới hạn đến liên tục mỗi phút theo thời gian thực.

##### b. Truyền dữ liệu từ các file csv vào Kafka

Để truyền dữ liệu một cách liên tục từ các file CSV trong thư mục dữ liệu vào Kafka, ta sẽ sử dụng plugin **`kafka-connect-spooldir`**

[20]. Nhằm phục vụ cho việc đọc, và lấy data, để quản lý nguồn dữ liệu đã được xử lý ta sẽ tạo ba thư mục như sau:

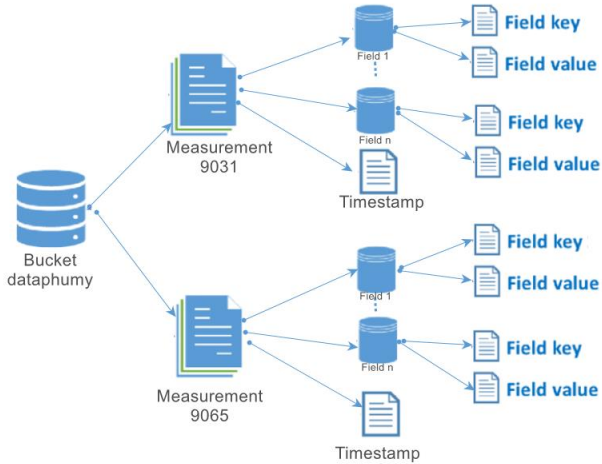
- Một thư mục chứa các file dữ liệu gốc (*.source*)
- Một thư mục chứa các file dữ liệu đã được xử lý (*.finished*)
- Và một thư mục chứa bất kỳ các file lỗi (*.error*)

b. Lấy dữ liệu từ Kafka thông qua Spark structured Streaming vào database

Spark Structured Streaming nhận dữ liệu từ các nguồn streaming data, cụ thể ở đây là Kafka. Để ghi dữ liệu vào InfluxDB, trước hết ta phải tạo một **Class InfluxDBWriter**. Class này có hai methods là – **switch\_database** và **write\_rows**.

Bên cạnh đó, ta cũng tạo một Kafka consumer để lấy dữ liệu từ Kafka. Hàm **value\_deserializer** được sử dụng để chuyển các bản ghi đến thành dạng JSON để có thể phân tích cú pháp một cách dễ dàng hơn.

Từ cấu trúc dữ liệu của data thu thập được, ta thiết kế cấu trúc database để lưu dữ liệu vào inFfluxDB như sau:



**Hình 3.15: Mô hình cơ sở dữ liệu**

### 3.3.2. Phân tích và mô hình hóa dữ liệu

#### a. Cấu hình để Grafana đọc dữ liệu từ InfluxDB

Để phân tích và mô hình hóa dữ liệu, ta kết nối Grafana tới InfluxDB nơi lưu trữ thông tin dữ liệu của cảm biến đã hoàn thành ở phần 3.3.1. Để kết nối Grafana với InfluxDB ta sử dụng các thông số sau:

- URL: là địa chỉ của máy có chứa InfluxDB, như trong thực nghiệm của luận văn là *http://localhost:8086/*
- Database: thông tin database nơi lưu trữ data của hệ thống

Sau khi hoàn thành kết nối Grafana với InfluxDB ta tiến hành tạo các bảng điều khiển để phân tích, theo dõi quan sát và cảnh báo cho hệ thống.



## b. Tính lực căng cáp

Để mô hình hóa dữ liệu của lực căng cáp và cảnh báo về ngưỡng lực căng cáp, ta tiến hành tính lực căng cáp trước khi hiển thị và báo cáo.

### Tính lực căng trong dây văng từ kết quả đo dao động:

$$T = 4mL^2 \left(\frac{f_n}{n}\right)^2 - \frac{EJ\pi^2}{L^2} n^2 \quad (3.1)$$

Trong đó:

- $T$ : là lực căng
- $m$ : là trọng lượng đơn vị theo chiều dài của cáp văng.
- $L$ : là khoảng cách giữa hai đầu cố định của dây văng.
- $f_n$ : Tần số dao động riêng thứ  $n$  của cáp văng.
- $EJ$ : Độ cứng chống uốn.  $EJ = (B \cdot H^3)/12$ , với  $B$  là chiều rộng còn  $H$  là chiều cao tiết diện cáp.

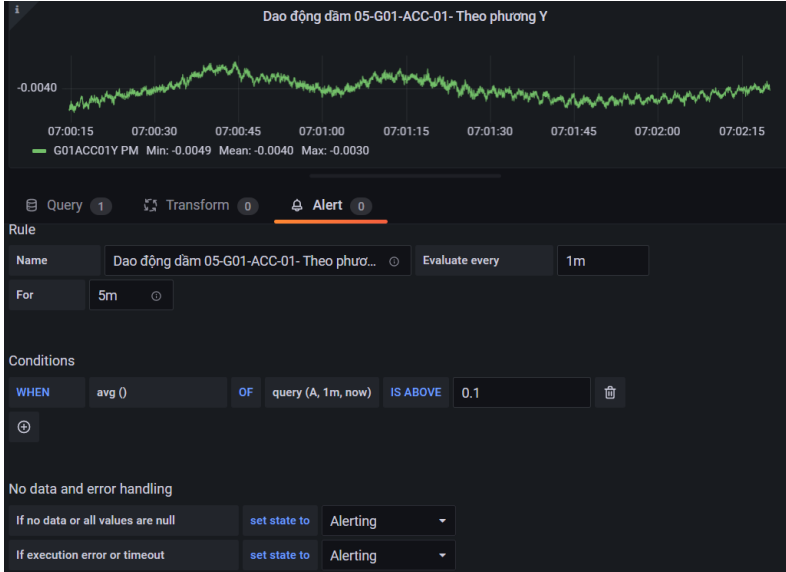
### Xác định tần số dao động riêng của cáp văng

Để xác định tần số dao động riêng của cáp văng ta sử dụng phương pháp biến đổi nhanh Fourier (FFT). Phương pháp FFT dùng thuật toán để biến đổi chuỗi dữ liệu từ miền thời gian sang miền tần số. Công thức cơ bản của phương pháp là:

$$X_\kappa = \sum_{j=0}^{N-1} x_j e^{-\frac{2\pi i}{N} \kappa j}, \quad \kappa = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (3.2)$$

trong đó:  $x_j$  - biến dữ liệu trong miền thời gian và  $x_k$  - biến dữ liệu miền tần số,  $N=2^n$  với  $n$  là số nguyên;  $t_j=j\Delta t$  với  $j = 0$  đến  $N-1$ ;  $i = \sqrt{-1}$  là số phức.

### c. Cấu hình cảnh báo

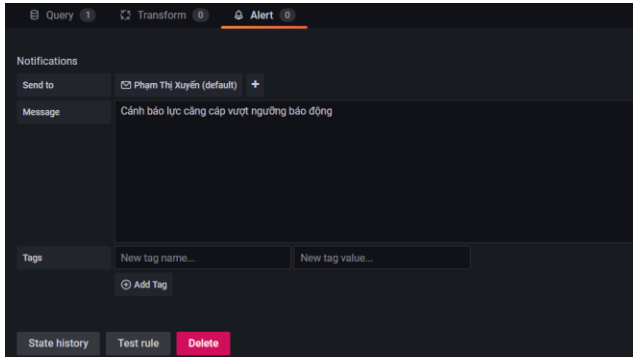


**Hình 3.19: Cài đặt tần số và ngưỡng cảnh báo**

- **Name:** Nhập tên mô tả. Tên sẽ được hiển thị trong danh sách các cảnh báo trên bảng điều khiển.
- **Evaluate every:** Chỉ định tần suất người lập lịch sẽ đánh giá quy tắc cảnh báo. Đây được gọi là khoảng thời gian đánh giá.
- **For:** Chỉ định thời gian truy vấn cần vi phạm các ngưỡng đã định cấu hình trước khi kích hoạt thông báo cảnh báo.

## Cài đặt kênh nhận cảnh báo

Trong giới hạn của luận văn này tôi sử dụng gửi cảnh báo thông qua email, để gửi thông tin cảnh báo vượt ngưỡng báo động được cài đặt.



**Hình 3.20: Cài đặt kênh nhận cảnh báo**

- *Send to:* Chọn một kênh thông báo cảnh báo nếu bạn đã thiết lập một kênh.
- *Message:* Nhập tin nhắn văn bản sẽ được gửi trên kênh thông báo. Một số trình thông báo hỗ trợ chuyển đổi văn bản sang HTML hoặc các định dạng khác.
- *Tags:* Chỉ định danh sách các thẻ (khóa / giá trị) được đưa vào thông báo.

### d. Cấu hình báo cáo

Sử dụng panel dạng table để hiển thị các báo cáo theo thời gian quy định như Ngày, Tuần, hoặc Tháng....

### 3.3.3. Quản lý khai thác và bảo trì cầu dây văng Phú Mỹ dựa trên kết quả phân tích

## CHƯƠNG 4: ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

### 4.1. Mô tả về quá trình truyền dữ liệu phát dữ liệu

Toàn bộ dữ liệu được thu thập trong thời gian chạy thử nghiệm đã được đọc, truyền và import vào cơ sở dữ liệu InfluxDB. Các file dữ liệu sau khi được xử lý xong được chuyển qua folder *finished*.

```

Directory: D:\hethongcanhbaoluovan\Data\finished

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
-a-----          3/27/2020 12:02 AM         408774 DL_PhuMy_9031_03_27_2020_00_00_14.csv
-a-----          3/27/2020 12:03 AM         408724 DL_PhuMy_9031_03_27_2020_00_01_14.csv
-a-----          3/27/2020 12:04 AM         409099 DL_PhuMy_9031_03_27_2020_00_02_14.csv
-a-----          3/27/2020 12:05 AM         408849 DL_PhuMy_9031_03_27_2020_00_03_14.csv
-a-----          3/27/2020 12:06 AM         409076 DL_PhuMy_9031_03_27_2020_00_04_14.csv
-a-----          3/27/2020 12:01 AM         456190 DL_PhuMy_9065_03_27_2020_00_00_14.csv
-a-----          3/27/2020 12:02 AM         456190 DL_PhuMy_9065_03_27_2020_00_01_14.csv
-a-----          3/27/2020 12:03 AM         456190 DL_PhuMy_9065_03_27_2020_00_02_14.csv
-a-----          3/27/2020 12:05 AM         456190 DL_PhuMy_9065_03_27_2020_00_04_14.csv
-a-----          3/27/2020 12:06 AM         456190 DL_PhuMy_9065_03_27_2020_00_05_14.csv
  
```

Hình 4.1: Các file dữ liệu chuyển sang folder *finished* sau khi truyền dữ liệu kết thúc

### 4.2. Mô tả hệ thống lưu trữ, xử lý và quản trị dữ liệu

Dữ liệu thực tế được ghi vào InfluxDB rất lớn và được ghi với thời gian cách nhau 02 millisecond.

time	9031.G01WEA01AH	9031.G01WEA01AP	9031.G01WEA01AT	9031.G01WEA01...	9031.G01WEA01...	9031.G11ACC01Y	9031.G11ACC01Z
03/27/2020 00:00:14.46	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.48	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.50	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.52	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.54	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.56	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.58	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.60	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.62	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.64	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.66	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.68	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.70	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.72	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00
03/27/2020 00:00:14.74	78.00	1005.00	27.70	31.20	0.00	0.02	0.00

Hình 4.3: Cơ sở dữ liệu thực tế được ghi vào InfluxDB

## 4.3. Phân tích và xuất trình báo cáo

### 4.3.1 Theo dõi dữ liệu

Dashboard tổng quát của hệ thống giám sát cầu dây văng đã triển khai.



Hình 4.9: Dashboard của hệ thống giám sát cầu dây văng đã triển khai

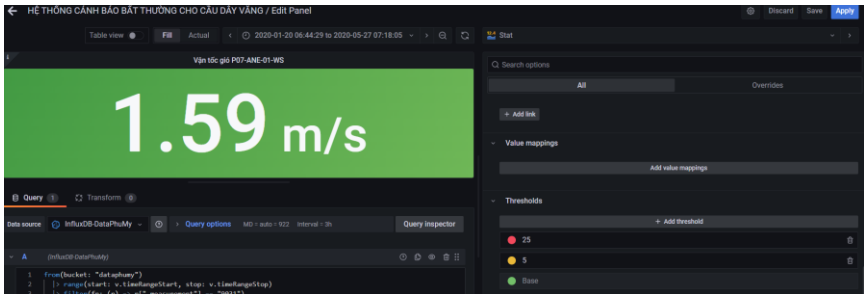
### 4.3.2. Cảnh báo

Sử dụng bảng giá trị cảnh báo (Bảng 4.1) để cài đặt các ngưỡng cảnh báo cho hệ thống, khi giá trị vượt ngưỡng thì hệ thống sẽ hiển thị màu sắc để phân biệt các giá trị bất thường đồng thời cũng sẽ gửi email đính kèm giá trị cảnh báo.

**Bảng 4.1: Giá trị cảnh báo**

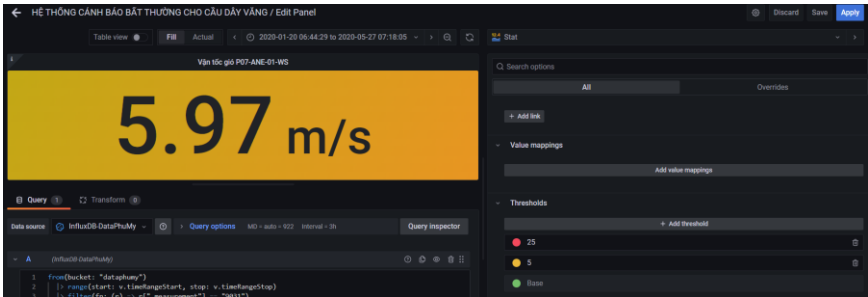
(Nguồn công ty cổ phần đầu tư xây dựng Phú Mỹ)

Loại cảnh báo	Giá trị
Ngưỡng vận tốc gió báo động (m/s)	25
Ngưỡng vận tốc gió nguy hiểm(m/s)	11
Cận trên ngưỡng lực căng cáp nguy hiểm (% so với lực kéo đứt cáp)	65
Cận dưới ngưỡng lực căng cáp nguy hiểm (% so với lực kéo đứt cáp)	15
Cận trên ngưỡng lực căng cáp báo động (% so với lực kéo đứt cáp)	75
Cận dưới ngưỡng lực căng cáp báo động (% so với lực kéo đứt cáp)	5



**Hình 4.10: Đồ thị hiển thị độ gió bình thường**

Màu sắc biểu đồ thay đổi đối với các trạng thái dữ liệu, trong thời gian tiến hành mô phỏng dữ liệu thì giá trị vận tốc gió thực tế chưa vượt ngưỡng cảnh báo, tuy nhiên để minh họa cho thực nghiệm chúng ta sẽ thay đổi mức cảnh báo tốc độ gió cảnh báo nguy hiểm từ 11m/s xuống thành 5m/s. Thì ta thấy có thời điểm đồ thị đã hiển thị màn hình với màu cảnh báo để cho biết tốc độ gió đã vượt qua mức cảnh báo nguy hiểm như Hình 4.11.



**Hình 4.11: Đồ thị hiển thị tốc độ gió vượt ngưỡng cảnh báo được cài đặt**

### 4.3.3. Báo cáo

Báo cáo sẽ được tổng hợp và hiển thị theo bảng với mốc thời gian lựa chọn theo chu kỳ tính tới thời điểm thực tế.

The screenshot shows a report table titled 'Báo cáo định kỳ theo tuần'. The table has the following columns: 'time', 'Nhiệt độ không khí (r)', 'Nhiệt độ không khí (r)', 'Nhiệt độ không khí (max)', 'Lực căng cáp (min)', 'Lực căng cáp (mean)', 'Lực căng cáp (max)', and 'Độ n'. The data rows are as follows:

time	Nhiệt độ không khí (r)	Nhiệt độ không khí (r)	Nhiệt độ không khí (max)	Lực căng cáp (min)	Lực căng cáp (mean)	Lực căng cáp (max)	Độ n
2022-05-07 04:47:59	28.9	31.4	33.9	6290	6332	6388	
2022-05-08 05:35:59	29	31	34.5	6299	6330	6361	
2022-05-09 06:23:59	28.1	30.6	35	6287	6323	6349	
2022-05-10 07:11:59	27.7	31	34.3	6281	6308	6332	
2022-05-11 07:59:59	28.6	31	34.1	6288	6327	6386	
2022-05-12 08:47:59	29.1	34.4	38.7	6294	6324	6361	

**Hình 4.14: Báo cáo kết quả thực tế theo Tháng**

Báo cáo sẽ được gửi về kênh nhận báo cáo (email, slack...) kết quả báo cáo định kỳ theo ngày, tuần, tháng... như ảnh dưới.

Ngày	Nhiệt độ không khí			Lực căng cáp			Độ nghiêng đỉnh tháp		Dao động dầm (m/s <sup>2</sup> )
	(oC)	(oC)	(oC)	Mar-22			(o)	(o)	
				(KN)	(KN)	(KN)			
	Min	TB	Max	Min	TB	Max	Max	TB	[Max - Min]
01	27.5	30.3	35.5	6252	6291	6320	-0.38	-0.57	0.002
02	28.3	30.3	34.9	6281	6313	6338	-0.38	-0.57	0.001
03	28	30.4	33.9	6254	6303	6335	-0.37	-0.57	0.001
04	28.6	30.6	34.2	6283	6332	6365	-0.3	-0.56	0.001
05	28.9	31.3	38.4	6294	6327	6357	-0.28	-0.56	0.001
06	28.9	31.1	34.2	6282	6326	6362	-0.32	-0.56	0.001
07	28.9	31	33.9	6290	6332	6388	-0.33	-0.56	0.001
08	29	31.4	34.5	6299	6330	6361	-0.34	-0.56	0.001
09	28.1	31	35	6287	6323	6349	-0.35	-0.56	0.001
10	27.7	30.6	34.3	6281	6308	6332	-0.32	-0.57	0.001
11	28.6	31	34.1	6288	6327	6386	-0.29	-0.57	0.001
12	29.1	31.4	38.7	6294	6324	6361	-0.31	-0.56	0.001
13	0	19.4	34.4	6284	6319	6342	-0.28	-0.57	0.729
14	0	0	0	6302	6332	6368	-0.33	-0.56	0.002
15	0	0	0	6290	6328	6374	-0.34	-0.57	0.001
16	0	0	0	6286	6326	6368	-0.32	-0.56	0.001

**Hình 4.15: Báo cáo kết quả tháng 3 năm 2022**

#### 4.4. Nhận xét kết quả thử nghiệm ứng dụng

Kết quả thử nghiệm ứng dụng đã xây dựng được bảng điều khiển hiển thị kết quả dựa trên dữ liệu cảm biến thu được. Màn hình điều khiển minh họa các số liệu trực quan, dễ nhìn và theo dõi. Phần cài đặt các ngưỡng cảnh báo và tin nhắn cảnh báo cũng tối ưu để người vận hành dễ dàng điều chỉnh theo các số liệu được cập nhật mới nhất.

#### Các ưu điểm của hệ thống

- Hệ thống sử dụng phần mềm mã nguồn mở và các thư viện hỗ trợ mới nhất, từ đó góp phần giảm thời gian cài đặt cũng như tích hợp.
- Hệ thống sử dụng công cụ truyền phát trực tiếp Spark Structured Streaming - phiên bản API mới nâng cấp của Apache Spark 2.0. Spark Structured Streaming có nhiều tính năng cải



thiện hơn so với các công cụ truyền phát khác giúp hệ thống xử lý một cách nhất quán và tăng cường khả năng chịu lỗi.

- Hệ thống có tính bảo mật cao vì các phần mềm sử dụng trong mô hình của bài luận văn đều hỗ trợ phân quyền cấu hình cho các user truy cập vào hệ thống và cấp quyền điều chỉnh các thông số theo quyền được cấp.
- Hệ thống xử lý dữ liệu Big data thường rất phức tạp và gồm nhiều thành phần và nhiều khâu xử lý, luận văn cơ bản đã thiết kế một mô hình tinh gọn nhất các thành phần thực sự cần thiết cho hệ thống phù hợp với đặc thù dữ liệu là các thông số quan trọng của Cầu dây văng bằng cách kết hợp một cách hợp lý nhất các nền tảng mã nguồn mở.

### **Bên cạnh ưu điểm thì hệ thống cũng còn điểm cần cân nhắc**

- Hệ thống cơ sở dữ liệu là InfluxDB là dạng cơ sở dữ liệu chuỗi thời gian nên chỉ sử dụng được cho các loại dữ liệu chuỗi thời gian, đối với các dữ liệu không mang dấu thời gian sẽ không hỗ trợ.
- Bên cạnh ưu điểm là mã nguồn mở mới nhất giúp giảm thời gian tích hợp thì đó cũng coi là một nhược điểm nhỏ. Vì hiện tại các hệ thống có sự hỗ trợ kết nối và tương thích với nhau nhưng nếu tương lai một trong các phần mềm cập nhật theo hướng không tương thích với một trong các phần mềm khác thì chúng ta phải kiểm tra lại trước hết là nội dung cập nhật có cần phải update hay không, nếu nó liên quan tới bảo mật thì phải update, khi đó chúng ta sẽ phải kiểm tra đối ứng với các phần mềm khác trong hệ thống.

## KẾT LUẬN

Hiện nay có rất nhiều hướng nghiên cứu để triển khai hệ thống cơ sở dữ liệu quan trắc phục vụ tốt cho công tác duy tu bảo dưỡng cầu dây văng trong giai đoạn khai thác. Luận văn đã trình bày một hướng tiếp cận có hiệu quả đó là ứng dụng công nghệ Big Data vào việc phát triển hệ thống cảnh báo bất thường cho cầu dây văng. Đồng thời phương pháp đề xuất sẽ được phân tích và đánh giá bằng mô hình thực nghiệm dựa trên dữ liệu thực tế của công trình cầu Phú Mỹ.

### Những đóng góp của luận văn

- Tìm hiểu tổng quan về kiến trúc và công nghệ Big Data.
- Tìm hiểu về cầu dây văng và hệ quan trắc cầu dây văng.
- Tìm hiểu về các công nghệ Big Data là Kafka, Apache Spark Structured Streaming, InfluxDB, Grafana.
- Thiết kế mô hình cảnh báo bất thường cho cầu dây văng và triển khai ứng dụng thực nghiệm.

### Hướng phát triển tiếp theo của đề tài

Từ những đóng góp của luận văn, học viên cũng đặt ra một số vấn đề nghiên cứu như sau:

- Kết hợp các thông số của các cảm biến và tìm hiểu sự liên quan giữa các thông số với nhau để đánh giá sự ảnh hưởng qua lại giữa các chỉ số và đưa ra ứng xử cho cầu dây văng.
- Phân tích dữ liệu để dự báo sự thay đổi của cầu dựa trên các chỉ số theo các mùa và sự thay đổi của kết cấu theo thời gian.