|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**  **VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN & TRUYỀN THÔNG**  **--------o0o--------**    **BÁO CÁO MÔN HỌC:**  **LƯU TRỮ VÀ XỬ LÍ DỮ LIỆU LỚN**  **Đề tài:**  **Thu thập, lưu trữ và xử lý dữ liệu báo điện tử**  **Sử dụng Spark, Hadoop và ELK Stack**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Giảng viên hướng dẫn: TS. Đào Thành Chung** | | | | **Nhóm sinh viên thực hiện: Zootopia** | | | | 1 | Đàm Trọng Tuyên | 20173463 | | 2 | Ngô Việt Hoàng | 20173142 | | 3 | Nguyễn Thị Nhung | 20173294 |   **Hà Nội, tháng 12, năm 2020** |

Mục lục

[Danh mục bảng i](#_Toc59770964)

[Danh mục hình ảnh i](#_Toc59770965)

[Tóm tắt 1](#_Toc59770966)

[1 Giới thiệu 1](#_Toc59770967)

[2 Hệ thống 2](#_Toc59770968)

[2.1 Tổng quan hệ thống 2](#_Toc59770969)

[2.2 Cấu hình hệ thống 3](#_Toc59770970)

[3 Thu thập và lưu trữ dữ liệu 4](#_Toc59770971)

[3.1 Dữ liệu 4](#_Toc59770972)

[3.2 Thu thập dữ liệu 4](#_Toc59770973)

[3.3 Tích hợp và làm sạch dữ liệu 5](#_Toc59770974)

[3.4 Kết quả 5](#_Toc59770975)

[4 Tìm kiếm và trực quan hóa dữ liệu 6](#_Toc59770976)

[4.1 Cài đặt và lưu trữ 6](#_Toc59770977)

[4.2 Kết quả thực hiện 7](#_Toc59770978)

[5 Xử lý và phân loại dữ liệu 10](#_Toc59770979)

[5.1 Chuẩn bị dữ liệu 11](#_Toc59770980)

[5.1.1 Tách từ Tiếng Việt 11](#_Toc59770981)

[5.1.2 Chuẩn hóa câu 11](#_Toc59770982)

[5.1.3 Vector hóa 12](#_Toc59770983)

[5.1.4 Chia tập dữ liệu 13](#_Toc59770984)

[5.2 Xây dựng mô hình phân loại văn bản 13](#_Toc59770985)

[5.3 Kết quả đạt được 13](#_Toc59770986)

[6 Tổng kết và hướng phát triển 14](#_Toc59770987)

[7 Tài liệu tham khảo 15](#_Toc59770988)

# Danh mục bảng

[Bảng 1: Kết quả thu thập dữ liệu: 5](#_Toc59771007)

# Danh mục hình ảnh

[Hình 1: Tổng quan hệ thống 2](#_Toc59826606)

[Hình 2: Kết quả cài đặt Hadoop 3](#_Toc59826607)

[Hình 3: Kết quả cài đặt Spark 4](#_Toc59826608)

[Hình 4: Kết quả cài đặt Elasticsearch 4](#_Toc59826609)

[Hình 5: Luồng xử lí thu thập dữ liệu 4](#_Toc59826610)

[Hình 6: Luồng crawl dữ liệu 5](#_Toc59826611)

[Hình 7: Minh chứng dữ liệu lưu trong HDFS 5](#_Toc59826612)

[Hình 8: Luồng xử lí lưu trữ, trực quan dữ liệu với ELK Stack 6](#_Toc59826613)

[Hình 9: Dữ liệu được lưu trữ trong cụm Elasticsearch 7](#_Toc59826614)

[Hình 10: Phân bố dữ liệu trên các máy 8](#_Toc59826615)

[Hình 11: Phân bố dữ liệu theo nguồn 8](#_Toc59826616)

[Hình 12: Phân bố dữ liệu trang soha.vn theo tháng 9](#_Toc59826617)

[Hình 13: Phân bố dữ liệu trang soha.vn theo ngày trong tháng 9](#_Toc59826618)

[Hình 14: Luồng xử lí và xây dựng mô hình phân loại văn bản. 10](#_Toc59826619)

[Hình 15: Thống kê dữ liệu đầu vào cho bài toán phân loại văn bản 11](#_Toc59826620)

[Hình 16: Luồng chuẩn hóa dữ liệu 12](#_Toc59826621)

[Hình 17: Chạy job huấn luyện mô hình phân loại văn bản trên Spark 13](#_Toc59826622)

[Hình 18: Các job đã được chạy xong 14](#_Toc59826623)

# Tóm tắt

Trong thời đại hiện nay, mỗi ngày có lượng lớn dữ liệu được tạo ra và được truyền tải đi trên thế giới. Việc thu thập, lưu trữ và xử lí dữ liệu đóng vai trò quan trọng để các quốc gia, tổ chức và cá nhân có được lợi thế phát triển và động lực để vươn lên. Trong báo cáo này, nhóm triển khai một hệ thống đơn giản nhằm thực hiện quá trình thu thập, lưu trữ và xử lí dữ liệu ở quy mô nhỏ. Đối tượng dữ liệu được thử nghiệm trong báo cáo là các tin bài trên một số trang tin tức lớn tại Việt Nam. Sau quá trình thu thập và lưu trữ, nhóm thực hiện làm sạch dữ liệu và đưa ra một số đặc điểm thống kê của tin tức. Dữ liệu sau khi xử lí được trích xuất lấy các đặc trưng của văn bản để xây dựng mô hình phân loại văn bản.

# Giới thiệu

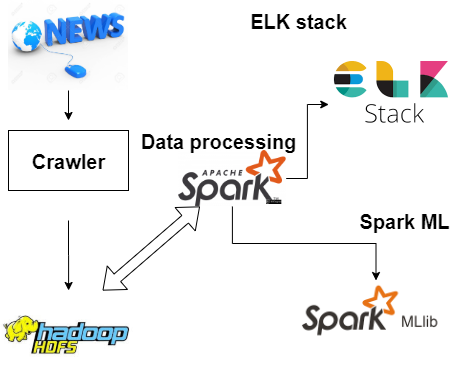
Công nghệ ngày càng phát triển mang lại cho cuộc sống con người nhiều chuyển biến tích cực. Mỗi ngày, hoạt động của con người tạo ra rất nhiều dữ liệu. Công nghệ sử dụng những dữ liệu này để tối ưu và chuyên biệt hóa, sau đó mang đến nhiều tiện ích hơn cho con người. Chính dựa vào công nghê, con người có thể làm được nhiều thứ hơn, kết nối nhiều hơn và khám phá nhiều hơn, từ đó tạo ra nhiều dữ liệu hơn. Vòng quay của dữ liệu lại được tiếp tục. Một công ti bán lẻ, khi nắm bắt được thông tin về như cầu sử dụng, có thể thay đổi chiến lược kinh doanh của mình có phù hợp. Một tờ báo, khi biết được độc giả của mình muốn gì, có thể mang đến nhưng tin tức mà họ quan tâm phù hợp. Vì lẽ đó, dữ liệu chính là nguồn tài nguyên quan trọng trong sự phát triển của xã hội. Các quốc gia, tổ chức và cá nhân nắm được và lấy được tri thức từ dữ liệu sẽ có lợi thế phát triển lớn.

Trong khuôn khổ môn học, báo cáo trình bày về những công việc nhóm đã thực hiện để xây dựng một mô hình đơn giản có chức năng thu thập thông tin các bài báo từ một số trang báo trực tuyến tại Việt Nam, lưu trữ và xử lí các dữ liệu thu được. Dữ liệu được lưu trữ phân tán trên nhiều máy, có chức năng sao lưu để có thể truy cập được khi một số máy mất kết nối. Quá trình xử lí dữ liệu bao gồm làm sạch dữ liệu, thống kê một số đặc điểm của tin tức, trích xuất đặc trưng để xây dựng mô hình phân loại văn bản.

# Hệ thống

## Tổng quan hệ thống

Hệ thống được xây dựng gồm bốn phần với các chức năng nhằm thu thập, xử lý, lưu trữ và trực quan hóa dữ liệu tin tức thu thập từ internet.



Hình : Tổng quan hệ thống

Thành phần của hệ thống bao gồm:

* **Bộ phận thu thập dữ liệu:** bộ phận này sử dụng Scrapy, một công cụ thu thập dữ liệu trên internet, với nhiệm vụ lấy dữ liệu từ các trang báo điện tử.
* **Bộ phận lưu trữ:** hệ thống lưu trữ dữ liệu vào Hadoop dưới dạng Hadoop File System (HDFS) để có thể lưu dữ liệu phân tán và có chức năng sao lưu, đảm bảo truy cập được khi một số máy mất kết nối.
* **Bộ phận xử lí và tích hợp dữ liệu:** Từ dữ liệu đã được lưu trong HDFS, Spark được sử dụng để xử lý và làm sạch dữ liệu. Dữ liệu đã làm sạch lại được lưu vào HDFS.
* **Bộ phận biểu diễn dữ liệu:** Dữ liệu đã được làm sạch được tổng hợp và lưu vào Elasticsearch thông qua Logstash phục vụ tìm kiếm thông tin và trực quan hóa dữ liệu. Việc trực quan hóa dữ liệu sẽ được Kibana đảm nhiệm.

Hệ thống trên đạt được các yêu cầu sau đối với một hệ thống dữ liệu lớn:

* **Khả năng mở rộng**: hệ thống sử dụng Hadoop, Spark, ELK Stack đều là những thành phần có khả năng mở rộng cao và dễ dàng.
* **Tính bền vững của dữ liệu**: Dữ liệu được lưu trữ trong HDFS và Elasticsearch đều được lưu trữ phân tán nên tính ổn định cao kể cả khi có máy bị mất kết nối.
* **Tốc độ tính toán cao**: việc sử dụng Spark giúp đơn giản hóa các tác vụ tính toán trên dữ liệu phân tán, khiến việc xử lý đạt được hiệu năng cao trong môi trường phân tán.
* **Khả năng trực quan hóa dữ liệu**: dữ liệu được trực quan sử dụng Kibana giúp cho việc quản lý, trực quan dữ liệu được dễ dàng.

## Cấu hình hệ thống

Hệ thống được cài đặt trên ba máy tính với cấu hình chi tiết như sau:

* Máy 1:
  + Hostname: vostro2420
  + Hệ điều hành: Ubuntu 18.04
  + Chip: Core i5-3230M, 4 cores.
  + RAM: 8GB DDR3
* Máy 2:
  + Hostname: thinkpadt530
  + Hệ điều hành: Ubuntu 18.04
  + Chip: Core i5-3320M, 4 cores.
  + RAM: 6GB DDR3
* Máy 3:
  + Hostname: asus
  + Hệ điều hành: Window 10 Pro
  + Chip: i5-6198U
  + RAM: 8GB DDR3

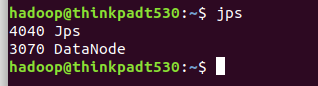
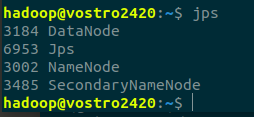
Các thành phần của hệ thống được cài đặt cụ thể như sau:

* Hadoop:

Vì lí do kĩ thuật không thể kết nối ba máy, nên Hadoop chỉ được cài đặt trên hai máy chạy Ubuntu, trong đó một máy vừa là datanode, vừa là master.

Replication = 2.

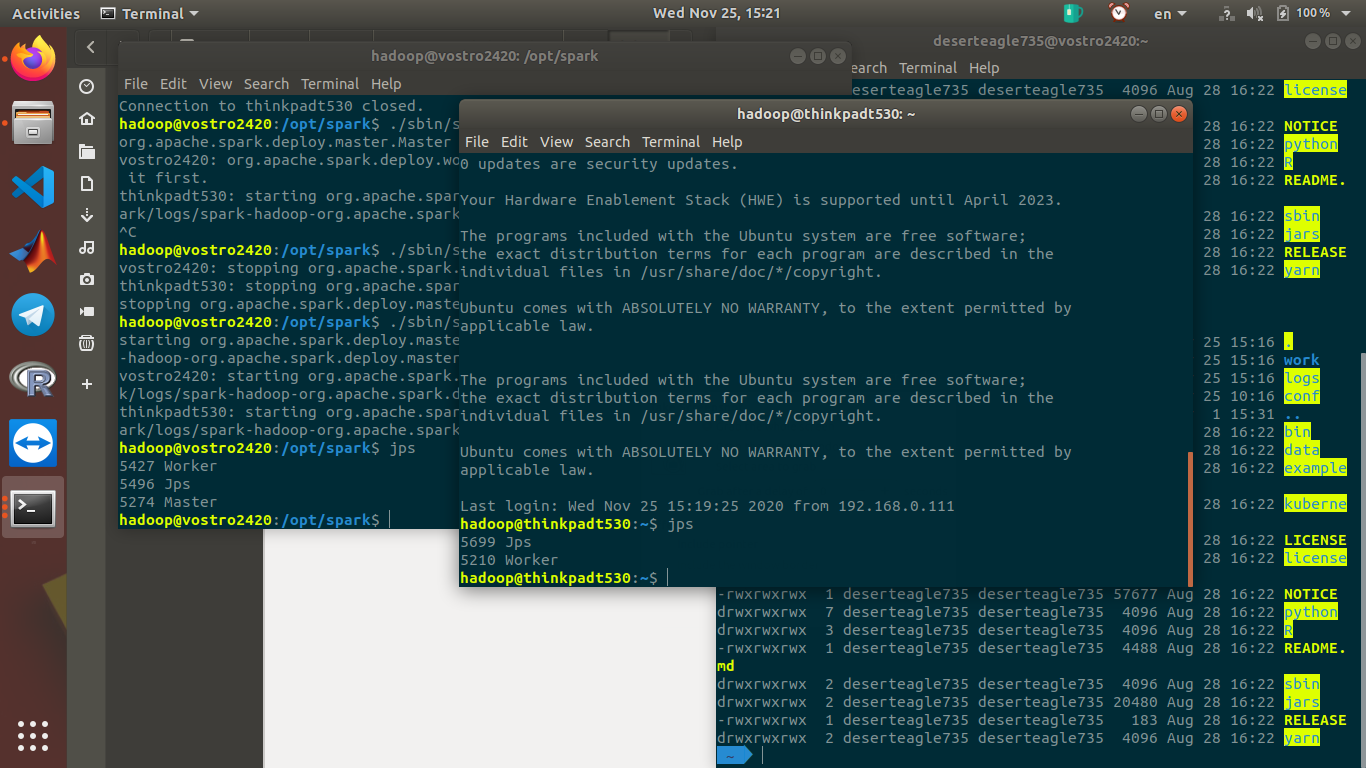
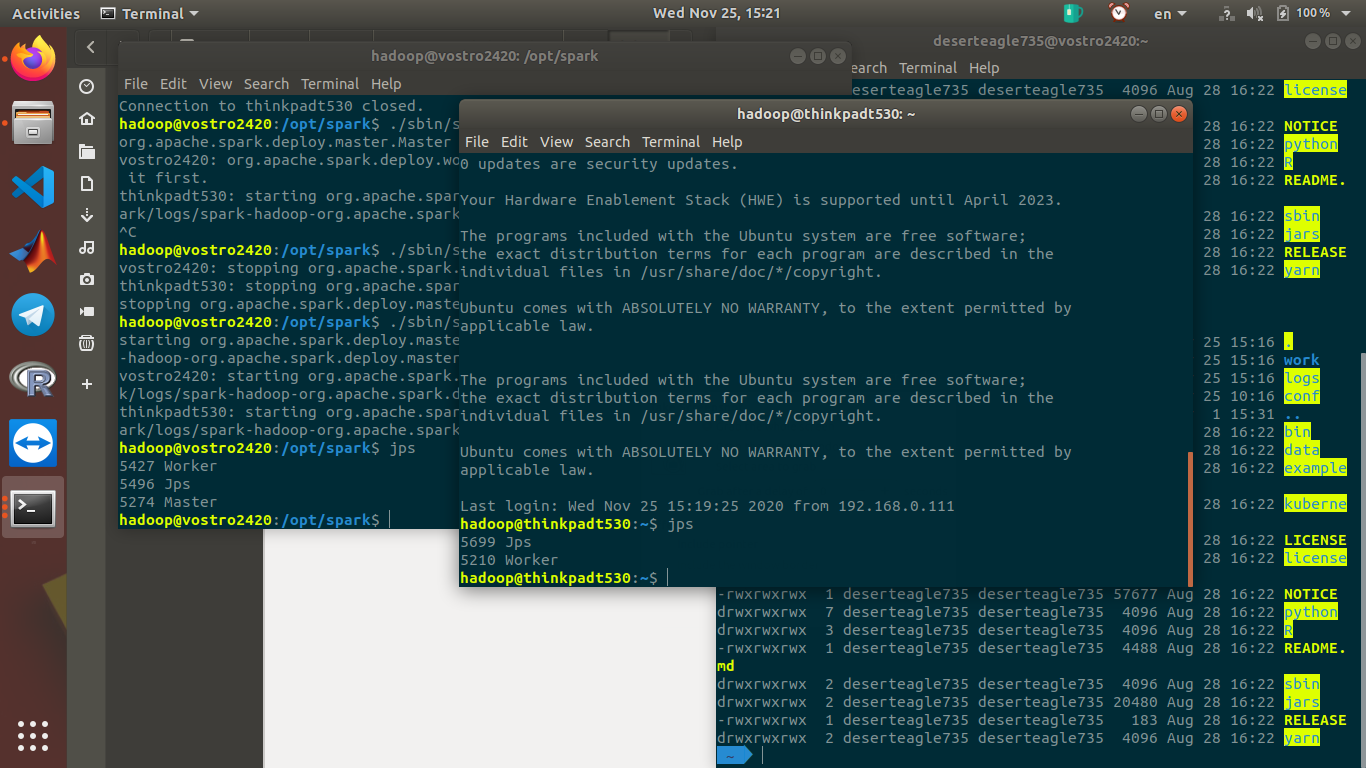
Chunk size = 64MB



Hình : Kết quả cài đặt Hadoop

* Spark:

Cài đặt trên hai máy chạy Ubuntu



Hình : Kết quả cài đặt Spark

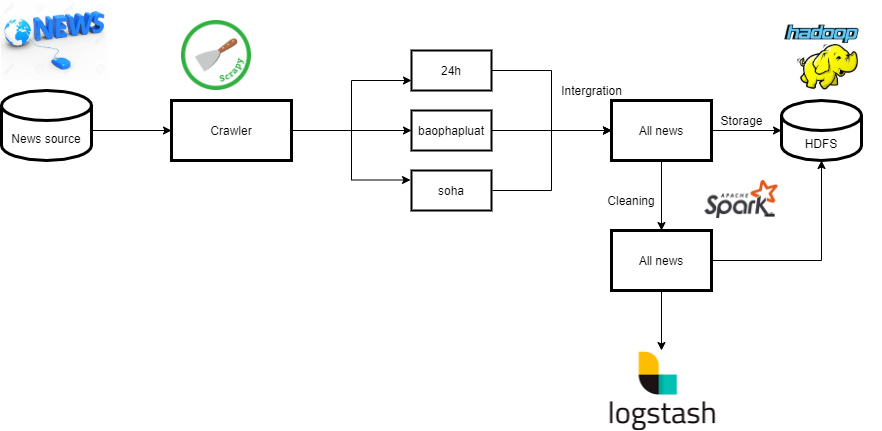
* ELK Stack:

Cài đặt trên cả ba máy.



Hình : Kết quả cài đặt Elasticsearch

# Thu thập và lưu trữ dữ liệu



Hình : Luồng xử lí thu thập dữ liệu

## Dữ liệu

Dữ liệu được thu thập từ ba trang báo trực tuyến ***soha.vn***, ***baophapluat.vn*** và ***24h.com.*** Những bài viết trên ba trang này đa dạng về thể loại và cấu trúc bài viết.

## Thu thập dữ liệu

Cấu trúc của mỗi trang báo khác nhau nên cần xây dựng crawler riêng cho từng trang web. Công cụ được nhóm sử dụng là Scrapy, một framework python giúp cho việc crawl được song song hóa, với khả năng chịu lỗi tốt. Tuy nhiên, đầu vào của Scrapy là danh sách các đường dẫn (link) cần crawl nên cần phải thu thập link và xử lí trước khi truyền vào cho scrapy.

Diagram

Description automatically generated

Hình : Luồng crawl dữ liệu

Với mỗi trang web, việc trích xuất các trường thông tin được xử lý theo đường dẫn Xpath của thành phần tương ứng trên trang HTML.

## Tích hợp và làm sạch dữ liệu

Quá trình làm sạch dữ liệu cần phải thực hiện các công đoạn:

* Loại bỏ các trang lỗi khi crawl (trang không có nội dung, bài báo không có tiêu đề, id bài báo không đúng chuẩn, xử lí các trường dữ liệu bị thiếu).
* Chuẩn hóa dữ liệu về định dạng cần lưu trữ.

Dữ liệu sau khi làm sạch được lưu dưới dạng CSV và lưu trữ trong Hadoop.

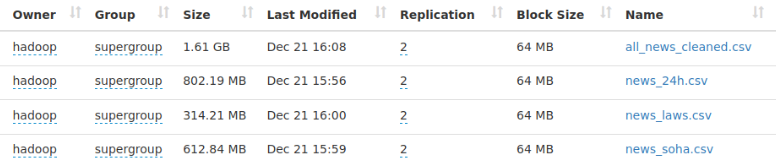
## Kết quả

Tốc độ thu thập dữ liệu: 800-900 trang/ 1 phút.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nguồn​** | **Link đã duyệt qua​** | **Số lượng bài báo​** | **Dung lượng (MB)​** |
| 24h.com​ | ~800.000​ | 555143​ | 802​ |
| Baophapluat.vn​ | ~100.000​ | 95690​ | 314​ |
| Soha.vn​ | ~300.000​ | 196497​ | 613​ |

Bảng 1: Kết quả thu thập dữ liệu:

Kết quả dữ liệu sau khi được lưu vào HDFS được thể hiện trong hình sau:



Hình : Minh chứng dữ liệu lưu trong HDFS

# Tìm kiếm và trực quan hóa dữ liệu

A picture containing diagram

Description automatically generated

Hình : Luồng xử lí lưu trữ, trực quan dữ liệu với ELK Stack

ELK Stack là một nhóm phần mềm nguồn mở, dựa trên Elastic cho phép tìm kiếm, phân tích, thể hiện trực quan các log thu thập được từ các nguồn, các log này ở bất kỳ định dạng nào, ELK là trung tâm phân tích log. Trung tâm log có nhiệm vụ xác định các vấn đề phát sinh trên các server, các ứng dụng thay cho việc truy cập trực tiếp vào log của từng server, từng ứng dụng. ELK gồm các thành phần chính:

* Elasticsearch - máy chủ lưu trữ và tìm kiếm dữ liệu
* Logstash - thành phần xử lý dữ liệu, sau đó nó gửi dữ liệu nhận được cho Elasticsearch để lưu trữ
* Kibana - ứng dụng nền web để tìm kiếm và xem trực quan các logs
* Beats - gửi dữ liệu thu thập từ log của máy đến Logstash

Trong báo cáo này, ELK được sử dụng để lưu trữ dữ liệu liên quan tới bài báo đã thu thập được.

## Cài đặt và lưu trữ

Dữ liệu sau khi được xử lí bằng Spark được lưu lại thành một file duy nhất ở định dạng CSV. Elasticsearch lưu trữ dữ liệu dưới dạng JSON nên thông thường nếu muốn đẩy dữ liệu vào Elasticsearch ta cần một bước chuyển từ dữ liệu dạng CSV sang JSON.

Hướng tiếp cận cơ bản nhất có thể kể đến chính là chuyển dữ liệu từ CSV sang JSON và dùng bulk API của Elasticsearch để đẩy dữ liệu vào cụm Elastic.

Tuy nhiên, phương pháp này tồn tại nhược điểm lớn đó là phải cần thêm một bước tạo file JSON, dung lượng file JSON bị giới hạn nhỏ hơn 2GB. Chính vì vậy, Logstash được sử dụng làm giải pháp thay thế.

Với Logstash, chỉ cần cấu hình đầu vào và đầu ra dữ liệu (địa chỉ Elasticsearch master) Logstash sẽ xử lý phần đọc và đẩy dữ liệu vào cụm Elasticsearch.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **1** | input { | | |
| **2** |  | file { | |
| **3** |  |  | path => "../../all\_news\_cleaned.csv" |
| **4** |  |  | start\_position => "beginning" |
| **5** |  | } | |
| **6** | } | | |
| **7** | filter { | | |
| **8** |  | csv { | |
| **9** |  |  | columns => ['content', 'news\_id', 'sapo', 'title', 'topic', 'url', 'sub\_topic'] |
| **10** |  | } | |
| **11** | } | | |
| **12** | output { | | |
| **13** |  | elasticsearch { | |
| **14** |  |  | hosts => ["192.168.0.111:9200"] |
| **15** |  |  | index => "zootopia\_news" |
| **16** |  | } | |
| **17** | } | | |

Hình : Cấu hình file config\_news.conf cho Logstash

Khởi chạy Logstash đẩy dữ liệu vào cụm Elasticsearch:

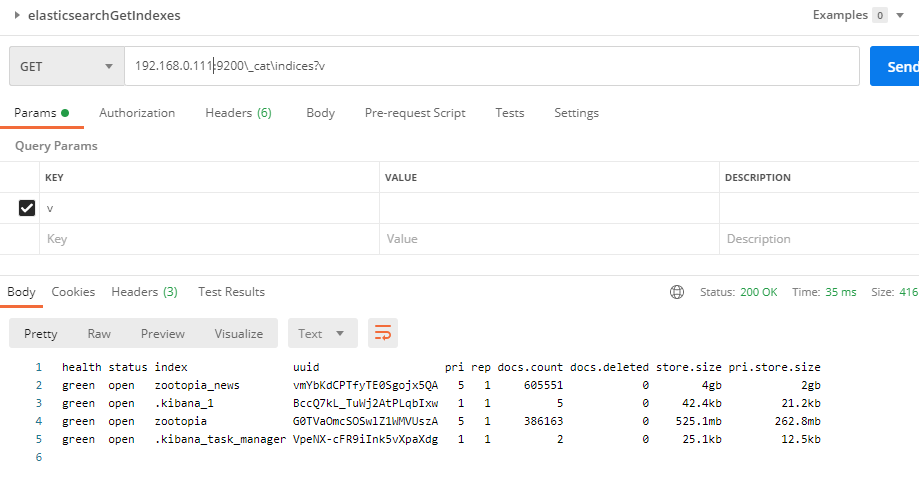
bin/logstash -f config/csv.conf

Elasticsearch làm nhiệm vụ lưu trữ, xử lý tìm kiếm thông tin dưới dạng full text search. Điều này giúp tìm kiếm bài báo theo nội dung một cách dễ dàng.

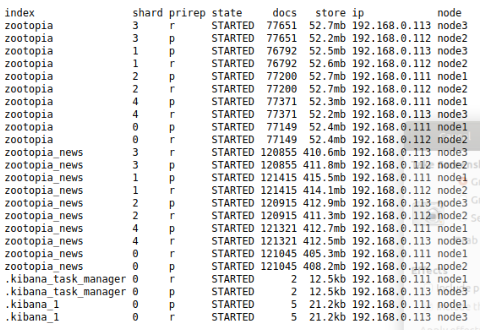
Tiếp theo, để trực quan hóa dữ liệu, giúp cho việc quản lý lưu trữ và tìm kiếm các bài báo một cách dễ dàng báo cáo sử dụng Kibana, một công cụ khác trong bộ công cụ ELK Stack. Để giúp Kibana xác định nguồn dữ liệu, chỉ cần cấu hình lại địa chỉ **host** trong file ***config/kibana.yml*** về địa chỉ master của cụm Elastic.

## Kết quả thực hiện

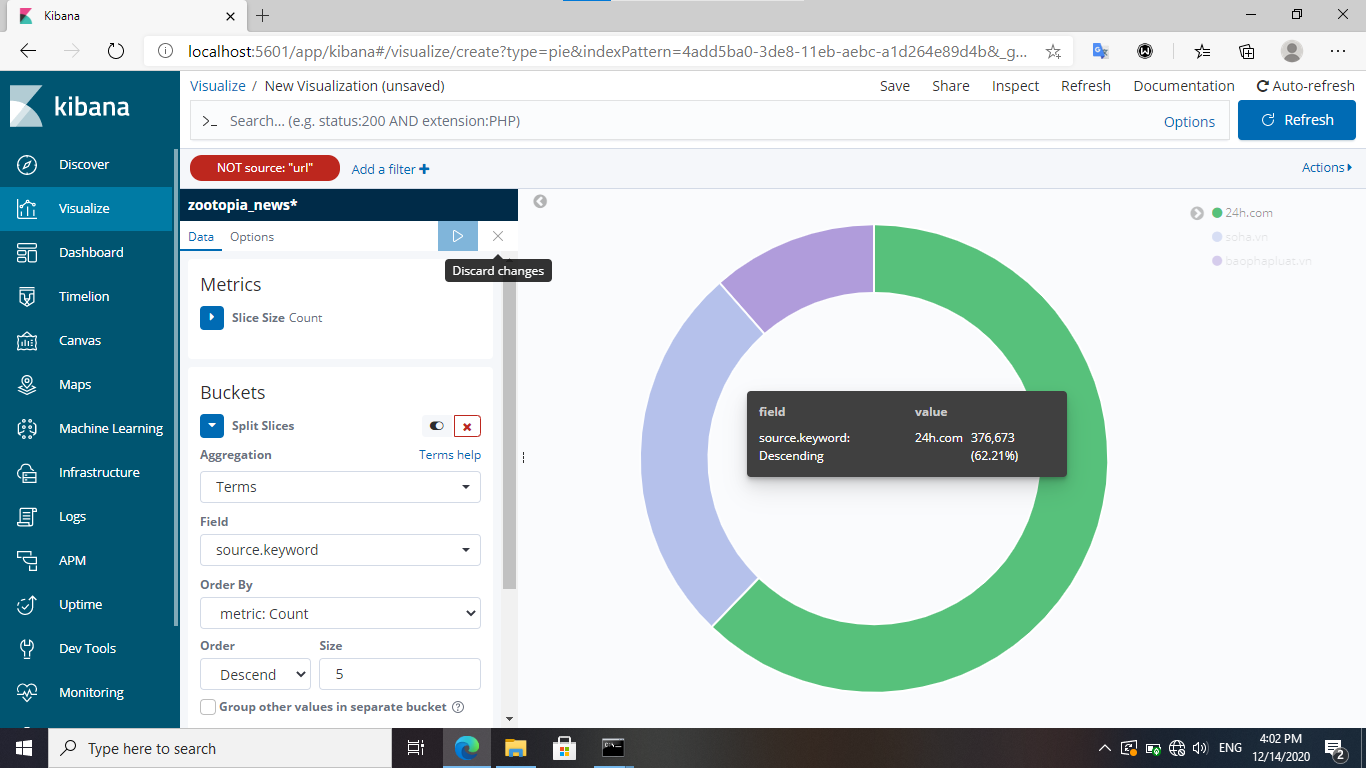
Kết quả thực hiện được thể hiện trong các hình từ Hình 9 đến Hình 13.



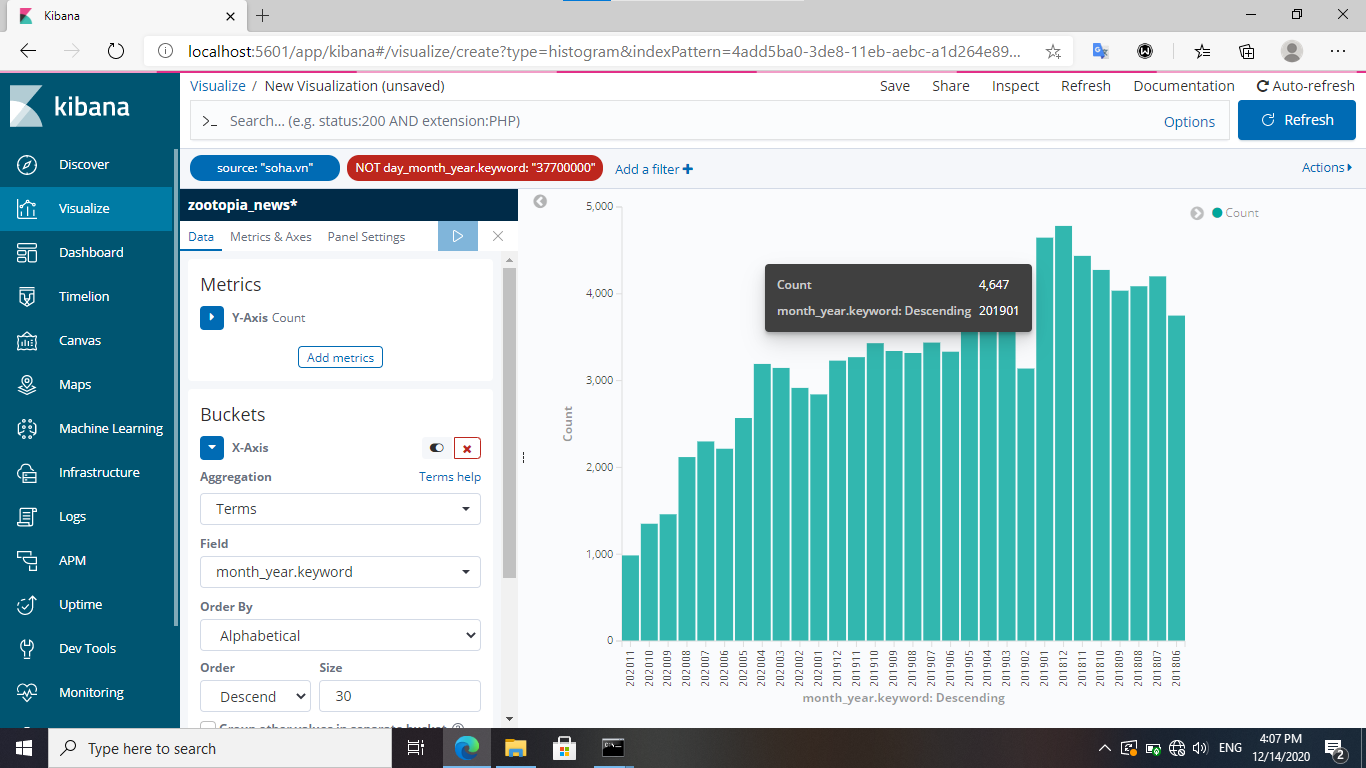
Hình : Dữ liệu được lưu trữ trong cụm Elasticsearch



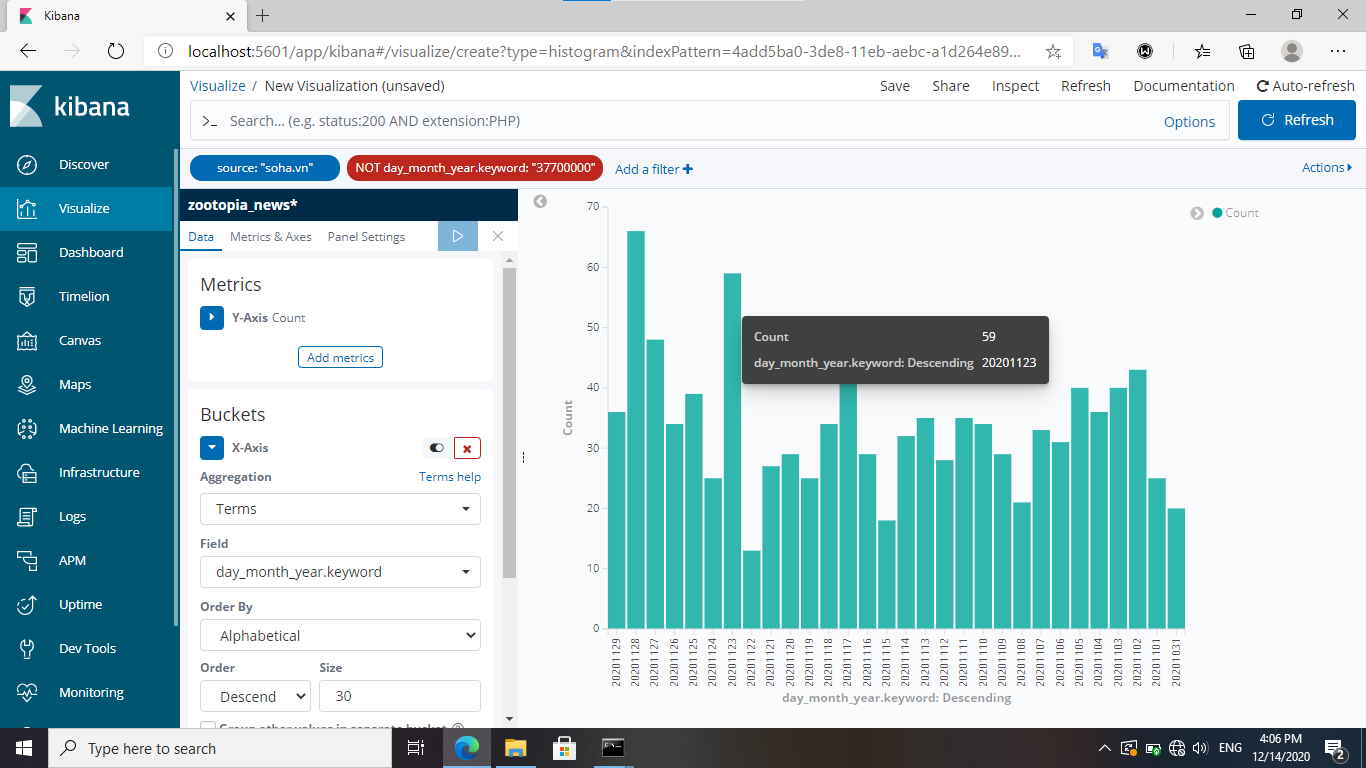
Hình : Phân bố dữ liệu trên các máy



Hình : Phân bố dữ liệu theo nguồn



Hình : Phân bố dữ liệu trang soha.vn theo tháng



Hình : Phân bố dữ liệu trang soha.vn theo ngày trong tháng

# Xử lý và phân loại dữ liệu

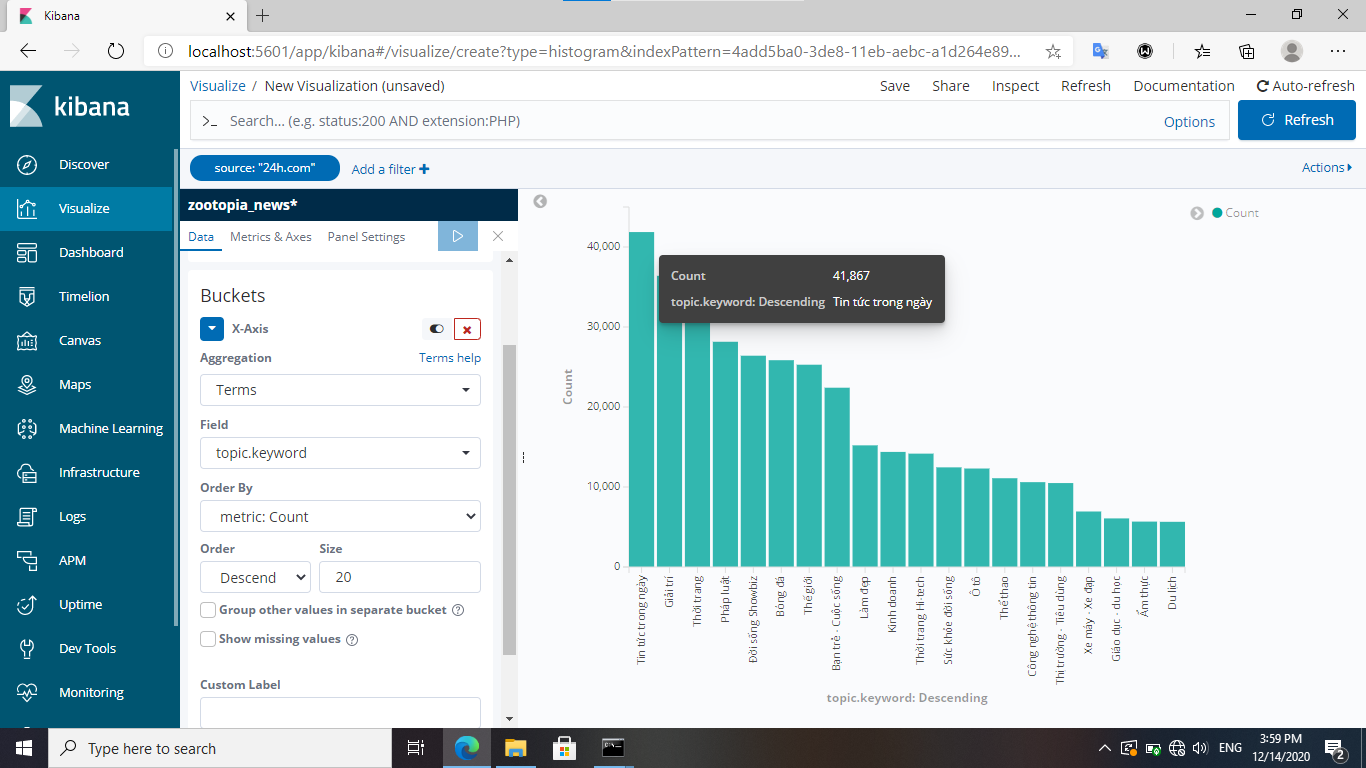
Diagram

Description automatically generated

Hình : Luồng xử lí và xây dựng mô hình phân loại văn bản.

Bộ phận xử lí dữ liệu có nhiệm vụ chuẩn hóa dữ liệu theo định dạng cần thiết để đưa vào mô hình học máý. Luồng xử lí dữ liệu được thể hiện trên hình Hình 14.

Dữ liệu được sử dụng cho bài toán phân loại văn bản được lấy từ trang [**24h.com**](file:///F:\Learning%20documentation\20201\big%20data\report\24h.com) với 20 chủ đề có số lượng bài báo thu thập được lớn nhất. Hình 15 cho thấy các chủ đề có số lượng lớn nhất và số lượng bài tương ứng được biểu diễn trên đồ thị sử dụng Kibana.



Hình : Thống kê dữ liệu đầu vào cho bài toán phân loại văn bản

## Chuẩn bị dữ liệu

### Tách từ Tiếng Việt

Trong Tiếng Việt, từ cấu tạo từ một hay nhiều tiếng. Các từ tạo bởi một tiếng có thể ghép với nhau để tạo thành từ khác. Ý nghĩa của từ theo đó cũng thay đổi trong từng văn cảnh khác nhau. Ví dụ trong cụm “Giới chính trị” thì “chính trị” là một từ, khác nghĩa với việc “chính” và “trị” tách rời nhau. Do đó quá trình xử lí tách từ cần quan tâm đến cấu tạo và ngữ nghĩa của từ, cũng như văn cảnh của câu. Vì vậy, việc xử lý tách từ Tiếng Việt là rất quan trọng.

Báo cáo sử dụng thư viện Pyvi để tách từ. Đây là một sản phẩm của nhóm nghiên cứu đến từ Đại học Bách khoa Hà Nội [1].

### Chuẩn hóa câu

Bước chuẩn hóa thực hiện theo các bước trên Hình 16.

Diagram

Description automatically generated

Hình : Luồng chuẩn hóa dữ liệu

Đầu tiên, tất cả thẻ HTML (ví dụ: **bold**)cònlại trong văn bản sẽ bị loại bỏ. Tiếp theo, bỏ đi các ký tự đặc biệt không phải chữ cái và khoảng trắng thừa. Cuối cùng là bỏ chữ số và đưa chuỗi đầu vào về dạng chữ thường. Các thao tác chuẩn hóa sẽ được thực hiện thông qua việc sử dụng các biểu thức chính quy (regular expression) cũng như các phương thức của String trong python.

Tuy nhiên, trong Spark, để có thể thực hiện một hàm tự định nghĩa một cách song song trên nhiều máy, cần đưa hàm về dạng **udf** function. Để tương thích với việc sử dụng hàm remove stops word của SparkML, ở bước tiếp theo, kiểu dữ liệu trả về của hàm chuẩn hóa dữ liệu tự định nghĩa sẽ phải là ArrayType.

Với danh sách stops word đầu vào, StopWordsRemover của Spark ML Feature sẽ giúp loại bỏ stops word có trong chuỗi đầu vào.

### Vector hóa

Sử dụng hai phương pháp cơ bản là CountVectorizer và TfIdfVectorizer để mã hóa dữ liệu nội dung bài báo đầu vào. Đầu vào của các Class này là SparkDataFrame với tên cột dữ liệu và tên cột dữ liệu mã hóa dưới dạng Count hay TfIdf tương ứng. Vì số lượng từ lớn, nên để đảm bảo hiệu năng trong quá trình huấn luyện, báo cáo sử dụng 10000 từ có tần suất xuất hiện lớn nhất để mã hóa cho chuỗi đầu vào tương ứng với tham số vocabSize của CountVectorizer, TfIdfVectorizer là 10000.

Với nhãn đầu vào ở dạng Text, ta cần mã hóa sang dạng số để mô hình có khả năng hiểu được. Spark ML hỗ trợ việc đó thông qua việc sử dụng StringIndexer. Tương tự với việc mã hóa nội dung, đầu vào của StringIndexer cũng là SparkDataFrame, tên cột chứa nhãn bài báo và tên cột đầu ra mã hóa tương ứng.

### Chia tập dữ liệu

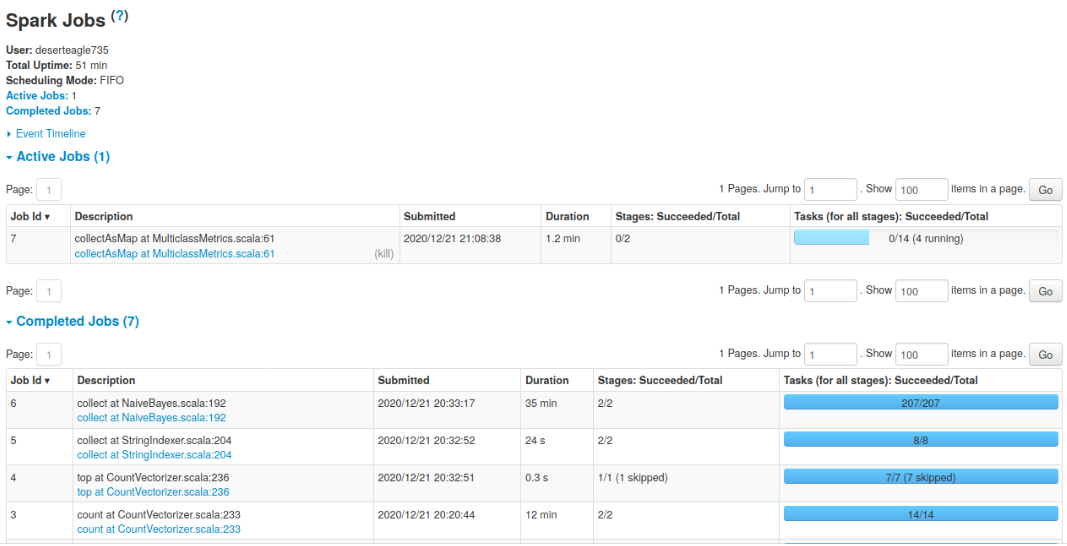
Dữ liệu đầu vào (biểu diễn dưới dạng SparkDataFrame) được chia thành hai tập train-test với tỉ lệ 7-3 tương ứng bằng cách sử dụng phương thức randomSplit, hàm này trả về hai tập train-test tương ứng. Kết quả thu được, tập train có 160001 văn bản và tập test có 69007 văn bản.

## Xây dựng mô hình phân loại văn bản

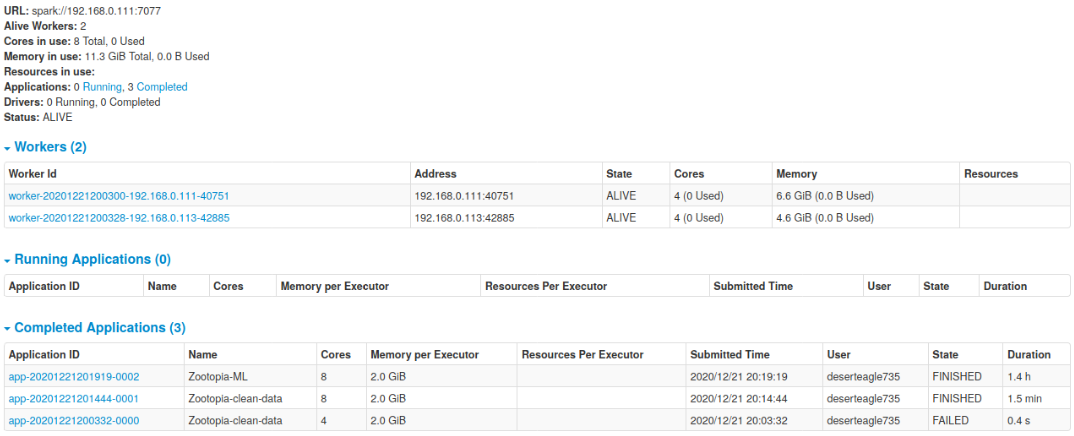
Mô hình Machine Learning được lựa chọn là Naïve Bayes, một mô hình xác suất cơ bản cho phân loại dữ liệu. Để đánh giá chất lượng mô hình, sử dụng Multiclass Classification Evaluator trong module ***evaluate*** của ***spark.ml*** với metrics là “accuracy”. Đầu vào của hàm đánh giá là kết quả trả về từ hàm *transform* của model Naïve Bayes.

## Kết quả đạt được

Một sô hình ảnh về quá trình chạy:



Hình : Chạy job huấn luyện mô hình phân loại văn bản trên Spark



Hình : Các job đã được chạy xong

Thời gian tiền xử lí: 1.5 phút

Thời gian huấn luyện và kiểm thử: 1.4 giờ

Chất lượng mô hình: 73.84 % cho tập test.

# Tổng kết và hướng phát triển

Báo cáo đã dựng nên một hệ thống thực hiện hầu hết các giai đoạn trong xử lý dữ liệu: thu thập, xử lý, lưu trữ và quản lý, trực quan hóa.

Hệ thống trên hoạt động đảm bảo các tính chất cần có của hệ thống dữ liệu lớn: tính sẵn sàng cao, tính mở rộng cao, tính bền vững của dữ liệu và khả năng quản lý dữ liệu.

Về ứng dụng, có thể tích hợp vào các hệ thống khác như: phát hiện tin giả, gợi ý tin tức. Hệ thống cũng có thể sử dụng độc lập trong ứng dụng tìm kiếm bài báo theo nội dung, theo tiêu đề, theo thời gian hay có thể gợi ý tin tức theo chủ đề.

Tuy hệ thống đã hoạt động một cách ổn định nhưng tính tự động hóa của hệ thống chưa thực sự cao: dữ liệu thu thập vẫn chưa được xử lý tự động, thời gian thực và vẫn cần lưu dữ liệu Local (phần Logstash). Do vậy trong tương lai, nhóm định hướng sẽ phát triển thêm module xử lý dữ liệu thời gian thực (sử dụng Spark Streaming hoặc Kafka); dữ liệu đầu vào của Logstash sẽ sử dụng luôn trong HDFS mà không cần thông qua file Local (sử dụng Hive hoặc thông qua webhdfs).

# Tài liệu tham khảo

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | T. V. Trung, "Python Vietnamese Toolkit," [Online]. Available: https://github.com/trungtv/pyvi. |