

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ XỬ LÝ ẢNH VÀ MÁY HỌC NHẬN DẠNG MỘT SỐ BỆNH TRÊN CÂY LÚA

Phan Thị Mỹ Hạnh
Trường Cao đẳng Cộng đồng Hậu Giang

Tóm tắt: Việc ứng dụng công nghệ xử lý ảnh và máy học vào lĩnh vực nông nghiệp đang trở nên cấp thiết trong bối cảnh chuyển đổi số và phát triển nông nghiệp thông minh. Bài báo trình bày phương pháp nhận dạng một số bệnh phổ biến trên cây lúa như đốm nâu, đạo ôn, vàng lá, đốm sọc vi khuẩn thông qua các giai đoạn: tiền xử lý ảnh, phân đoạn vùng bệnh, trích chọn đặc trưng (màu sắc, hình dáng, kết cấu) và nhận dạng bằng mô hình máy học SVM. Kết quả thực nghiệm trên tập dữ liệu thu thập được cho thấy tính khả thi và độ chính xác cao, góp phần hỗ trợ giám sát tự động trên cánh đồng và cảnh báo bệnh kịp thời.

Từ khóa: Lúa, bệnh trên cây trồng, xử lý ảnh, phân đoạn ảnh, nhận dạng, học máy, SVM

RESEARCH ON IMAGE PROCESSING TECHNOLOGY AND MACHINE LEARNING TO IDENTIFY SOME DISEASES ON RICE

Phan Thi My Hanh
Hau Giang Community College

Abstract: The application of image processing and machine learning technology in the agricultural sector is becoming urgent in the context of digital transformation and smart agricultural development. The article presents a method to identify some common diseases on rice plants such as brown spots, blast, yellow leaves, bacterial streaks through the stages of: image preprocessing, diseased area segmentation, feature extraction (color, shape, texture) and identification using SVM machine learning model. Experimental results on the collected data set show feasibility and high accuracy, contributing to supporting automatic monitoring in the field and timely disease warning.

Keywords: Rice, plant diseases, image processing, image segmentation, recognition, machine learning, SVM

Nhận bài: 10/05/2025

Phản biện: 03/06/2025

Duyệt đăng: 07/06/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là quốc gia có truyền thống nông nghiệp lâu đời, từng thiếu lương thực trong thời chiến nhưng nay đã trở thành nước xuất khẩu gạo lớn, với sản phẩm gạo được tiêu thụ tại 135 quốc gia và vùng lãnh thổ, bao gồm nhiều thị trường khó tính như Mỹ, EU, Nhật Bản, Hàn Quốc... Tuy nhiên, cây lúa – cây lương thực chủ lực – vẫn chịu ảnh hưởng nặng nề bởi nhiều loại sâu bệnh như đạo ôn, bạc lá, đốm lá, khô vằn... gây thiệt hại lớn nếu không được phát hiện và xử lý kịp thời.

Hiện nay, việc phát hiện bệnh trên lúa chủ yếu vẫn theo phương pháp truyền thống, dựa vào kinh nghiệm nông dân hoặc sự hỗ trợ của kỹ sư nông nghiệp, dẫn đến sự thiếu chính xác, tốn kém và không hiệu quả. Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu và ứng dụng hệ thống nhận dạng bệnh trên cây lúa bằng công nghệ xử lý ảnh và học máy trở nên cần thiết. Hệ thống này không chỉ giúp phát hiện bệnh sớm mà còn góp phần vào sản xuất nông nghiệp thông minh, hiệu quả và tiết kiệm chi phí. Bài viết trình bày các kết quả bước đầu của nghiên cứu này.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Mục tiêu nghiên cứu

Cho đến nay, các nhà khoa học vẫn không ngừng tìm các hướng tiếp cận mới, các thuật toán mới nhằm nâng cao hiệu suất của việc phát hiện và nhận dạng bệnh trên cây lương thực. Đặc biệt, ở Việt Nam chúng ta mặc dù là một nước nông nghiệp và cây lúa là cây lương thực chủ đạo, nhưng hầu như có rất ít công trình nghiên cứu về phát hiện và nhận dạng sớm bệnh trên cây lúa một cách tự động. Vì vậy đề tài “Nghiên cứu công nghệ xử lý ảnh và máy học nhận dạng một số bệnh trên cây lúa” là rất hữu ích và cần thiết cho hiện nay.

Bài toán “Nghiên cứu công nghệ xử lý ảnh và máy học nhận dạng một số bệnh trên cây lúa” được giới hạn ở một số loại bệnh trên lá lúa như: Đốm nâu, Đốm sọc vi khuẩn, Đạo ôn, Vàng lá và sử dụng các kỹ thuật xử lý ảnh và nhận dạng dựa vào những đặc trưng màu sắc (Color), kết cấu (Texture) và hình dáng (Shape) trên các đối tượng trong ảnh nhận được từ máy ảnh số.

Đề tài tập trung nghiên cứu một số phương pháp phân đoạn ảnh trong việc phân vùng ảnh

bệnh trên lá lúa. Sau đó nghiên cứu rút trích đặc trưng ảnh phù hợp áp dụng để phân lớp và xây dựng nhận dạng một số bệnh trên lá lúa để phục vụ cho xây dựng bài toán nhận dạng một số loại bệnh trên cây lúa

Ứng dụng thực tiễn: Công cụ được tích hợp vào các hệ thống tự động phát hiện và nhận dạng sớm một số bệnh trên cây lúa. Để có được năng suất và chất lượng lúa cao nhất chúng ta cần phải theo dõi dịch bệnh để phòng ngừa hoặc đối phó kịp thời. Điều này đòi hỏi phải theo dõi liên tục và tốn rất nhiều thời gian, công sức của người nông dân nhất là đối với các cánh đồng mẫu lớn. Công cụ “Phát hiện và nhận dạng một số bệnh trên cây lúa sử dụng công nghệ xử lý ảnh và máy học” có thể tích hợp vào hệ thống giám sát tự động cho phép lấy hình ảnh cây lúa từ cánh đồng, đưa vào hệ thống để phát hiện và nhận dạng sớm vùng (khu vực) bị nhiễm bệnh, loại bệnh bị nhiễm. Từ đó, gửi thông tin thông báo cho nông dân hoặc người quản lý để có biện pháp đối phó nhanh nhất nhằm giảm thiểu thiệt hại và nâng cao năng suất, chất lượng cây lúa.

2.2. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của nghiên cứu

Thông qua các hình ảnh lá lúa bệnh được chụp từ camera. Thời gian chụp khi lúa mới bắt đầu nhiễm bệnh. Ảnh chụp trực diện lá lúa bị bệnh.

Đề tài nghiên cứu một số bệnh phổ biến trên lá lúa như đốm nâu, đạo ôn, vàng lá.

- Về mặt lý thuyết: Ứng dụng công nghệ xử lý ảnh vào thực tế. Nhận dạng và xác định được đốm bệnh của lúa bằng hình ảnh. Tăng hiệu quả, giảm chi phí nhân công và công sức theo dõi bệnh theo phương pháp truyền thống.

- Về mặt thực tiễn: Tìm hiểu các thuật toán phát hiện đối tượng trong ảnh để áp dụng phân lớp ảnh. Ứng dụng rộng rãi của việc phát hiện và nhận dạng một số bệnh trên cây lúa. Làm nền tảng cho các ứng dụng: hệ thống tự động phát hiện và nhận dạng nhiều bệnh trên cây lúa, và hệ thống tự động phát hiện và nhận dạng bệnh trên nhiều loại cây trồng khác. Công cụ này có thể tích hợp vào các hệ thống tự động phát hiện và nhận dạng sớm một số bệnh trên cây lúa. Để có được năng suất và chất lượng lúa cao nhất, việc theo dõi dịch bệnh để phòng ngừa hoặc đối phó kịp thời là rất

cần thiết. Điều này đòi hỏi sự theo dõi liên tục và tốn nhiều thời gian, công sức của người nông dân, đặc biệt đối với các cánh đồng mẫu lớn. Công cụ “Phát hiện và nhận dạng một số bệnh trên cây lúa sử dụng công nghệ xử lý ảnh và máy học” có thể tích hợp vào hệ thống giám sát tự động, cho phép lấy hình ảnh cây lúa từ cánh đồng, đưa vào hệ thống để phát hiện và nhận dạng sớm vùng (khu vực) bị nhiễm bệnh, và loại bệnh bị nhiễm. Từ đó, hệ thống có thể gửi thông báo cho nông dân hoặc người quản lý để có biện pháp đối phó nhanh nhất, nhằm giảm thiểu thiệt hại và nâng cao năng suất, chất lượng cây lúa.

2.3. Cơ sở lý thuyết

2.3.1. Thu nhận ảnh bệnh trên cây lúa

Ảnh lá lúa bị bệnh sẽ được thu nhận bằng camera số chụp trực diện với lá lúa.

• **Giới thiệu về camera:** Camera là một thiết bị ghi hình, ghi lại những hình ảnh tại một địa điểm trong một khoảng thời gian nhất định, những hình ảnh ghi được có thể được lưu lại trên máy tính hay các thiết bị lưu trữ.

• **Độ phân giải:** Là chỉ số các điểm ảnh hiển thị trên màn hình (pixel), thể hiện số pixel của chiều cao và chiều ngang của ảnh. Chỉ số này càng lớn thì màn hình hiển thị càng chi tiết. Một số độ phân giải thông dụng: 3840x2160, 1920x1080, 1280x720, 720x480.

• **Cách thu ảnh:** Ảnh đầu vào có thể là ảnh tĩnh thu từ máy chụp ảnh, máy quét ảnh (scanner). Ngoài ra, ảnh đầu vào cũng có thể được trích xuất từ luồng dữ liệu (stream) của đoạn phim được phát lại (offline) hoặc được truyền trực tiếp (online) từ máy quay phim hoặc máy thu ảnh ba chiều (sensor).

2.3.2. Tiền xử lý

Ảnh thu được sẽ được lọc nhiễu, tăng cường chất lượng để làm nổi rõ các vùng bệnh.

- *Chuyển đổi không gian màu:*

+ Tổng quan: Con người tiếp nhận thông tin màu sắc thông qua mắt, phân biệt được vài chục màu khác nhau nhưng lại cảm nhận được hàng ngàn màu. Một màu sắc có ba thuộc tính chính: loại màu (Hue), độ thuần khiết (Saturation) và cường độ sáng (Value). Hiện nay có nhiều không gian màu được sử dụng tùy theo mục đích khác nhau.

+ Không gian màu RGB: Thường dùng trong các hệ thống tạo ảnh màu (màn hình máy tính, máy thu ảnh màu, máy quay phim màu). Sử dụng ba màu cơ bản là đỏ (Red), xanh lá (Green) và xanh dương (Blue). Mỗi thành phần màu được biểu diễn bằng một byte (8 bits), do đó cần ba byte (24 bits) để biểu diễn cho một màu, với tối đa $2^{24}=16.777.216$ màu.

Không gian màu CMYK: Thường dùng trong kỹ thuật in ấn. Không gian màu HSV (Hue-Saturation-Value) hoặc HSI (Hue-Saturation-Intensity): Được Alvy Ray Smith tạo ra vào năm 1978. Sử dụng ba thành phần chính: Hue (loại màu, 00 đến 3600), Saturation (độ thuần khiết, 0% đến 100%), Value (cường độ sáng, 0% đến 100%). Được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xử lý ảnh. Định hướng người sử dụng dựa trên trực giác về tông màu, sắc độ và sắc thái mỹ thuật. Không gian màu CIE-LAB: Do CIE phát triển, dựa trên sự cảm nhận của mắt người về màu sắc và không lệ thuộc vào thiết bị. Được CIE chấp nhận năm 1976. Được dùng làm mô hình quản lý màu độc lập với thiết bị cho tổ chức ICC.

- *Khử nhiễu bằng phương pháp lọc ảnh:*

Sau khi thu nhận ảnh, ảnh sẽ được lọc nhiễu và tăng cường chất lượng.

• Lọc số ảnh (Filter): Là một hệ thống làm biến dạng sự phân bố tần số của các thành phần tín hiệu theo các chỉ tiêu cho trước. Có ý nghĩa quan trọng trong việc tạo ra các hiệu ứng trong ảnh như làm mờ (Blur), làm trơn (Smooth). Nguyên tắc chung là cho ma trận ảnh nhân chập với một ma trận lọc (Kernel).

• Các bộ lọc thường dùng:

o Bộ lọc Median (lọc trung vị): Không thực hiện phép tính toán mà chỉ chỉ ra giá trị nằm ở vị trí trung bình trong các giá trị đầu vào được thiết lập bởi khung lọc, sau đó lấy giá trị đó thế vào tâm của khung lọc trong ảnh gốc để tạo ra giá trị ảnh mới. Có ưu thế là sửa chữa mạnh mẽ một số điểm bất thường trên ảnh mà các bộ lọc khác không làm được. Ví dụ: Với nhân chập 3x3 và tập điểm ảnh đã sắp xếp, giá trị của điểm ảnh sau khi lọc trung vị là 43.

o Bộ lọc Gaussian Blur: Cách làm mờ ảnh bằng hàm Gaussian. Được ứng dụng rộng rãi trong các phần mềm xử lý đồ họa và là công cụ phổ biến

cho tiền xử lý hình ảnh trong Computer Vision. Giúp giảm nhiễu và mức độ chi tiết (không mong muốn) của hình ảnh.

▪ Trong toán học, việc ứng dụng Gaussian Blur cho một hình là tính tích chập hình đó với hàm Gaussian. Trong miền tần số, phương pháp này làm giảm các thành phần có tần số cao trong hình, tức là bộ lọc tần số cao (low pass filter).

▪ Phương trình hàm Gaussian một chiều và hai chiều được sử dụng để tính toán việc chuyển đổi mỗi pixel của hình.

▪ Đặc tính có cấu trúc như những hình tròn đối xứng, với hình hai chiều, Gaussian blur có thể được áp dụng như là hai phép tính toán một chiều độc lập (tuyến tính). Điều này hữu ích trong việc giảm chi phí tính toán.

▪ Gaussian blur cũng được sử dụng để giảm kích thước của hình ảnh.

o Bộ lọc Bilateral (Bộ lọc hai chiều): Làm mượt ảnh trong khi vẫn bảo toàn được cạnh, bằng cách kết hợp không tuyến tính các giá trị ảnh gần nhau. Kết hợp các mức xám hay màu sắc dựa trên sự thân cận hình học và sự gần giống về độ sáng của chúng. Khác với các bộ lọc chuẩn, bộ lọc hai chiều không tạo ra các bóng mờ của màu dọc theo các cạnh của ảnh màu, và giảm đi bóng mờ của màu xuất hiện trên ảnh gốc. Có thể thực thi với 3 kênh màu cùng lúc, chỉ những màu phù hợp nhận thức thì bằng trung bình của các màu khác, và các màu không phù hợp thì bị loại bỏ. Bộ lọc hai chiều xét đến cả dải màu của ảnh trong khi các bộ lọc truyền thống chỉ xét từng miền ảnh. Nó vừa có thể quân bình nhiễu trên vùng ảnh vừa có thể giữ lại đường viền của miền không bị quân bình.

2.3.3. Trích chọn vùng ứng viên bệnh trên lá lúa

Tiếp đến, kỹ thuật dò biên kết hợp với phân đoạn ảnh và xử lý hình thái sẽ được áp dụng để trích chọn các vùng ứng viên có thể là vùng bệnh trên lá lúa.

- *Phát hiện biên*

• Giới thiệu: Một điểm ảnh được gọi là biên nếu có sự thay đổi đột ngột về mức xám. Tập hợp các điểm biên liên tiếp nhau sẽ tạo thành đường biên hay đường bao của ảnh.

o Ý nghĩa: Đường biên là một loại đặc trưng tiêu biểu trong phân tích, nhận dạng ảnh. Sử dụng biên làm phân tách các vùng đối tượng trên ảnh.

o Các dạng đường biên ảnh: Biên dạng dốc (đường biên lý tưởng), biên dạng bước (đường biên bậc thang), biên dạng mái (đường biên thực).

- Phát hiện biên: Là tìm kiếm biên của đối tượng trên ảnh nhằm mục đích làm rõ đối tượng. Tùy ứng dụng, người ta đưa ra các độ đo khác nhau về biên, một trong các độ đo là sự thay đổi đột ngột về mức xám. Có hai phương pháp:

o Phát hiện biên trực tiếp: Làm nổi đường biên dựa vào sự biến thiên về giá trị mức xám của các điểm ảnh. Kỹ thuật sử dụng chủ yếu là lấy đạo hàm (dò biên cục bộ), gồm phương pháp dò biên Gradient (đạo hàm bậc nhất) và phương pháp dò biên Laplacian (đạo hàm bậc hai). Hiệu quả và ít bị tác động của nhiễu nếu có sự thay đổi đột biến của độ sáng. Tuy nhiên, nếu sự biến thiên độ sáng không đột ngột thì kém hiệu quả.

o Phát hiện biên gián tiếp: Phân chia ảnh thành các vùng, đường phân cách giữa các vùng đó chính là biên. Còn gọi là phương pháp phân vùng ảnh. Phương pháp này phức tạp, khó hiểu và khó cài đặt, nhưng áp dụng khá tốt khi sự biến thiên độ sáng tương đối nhỏ.

- Phát hiện biên ảnh bằng Laplace: Biến đổi Laplace của hàm $f(x,y)$ 2 chiều là đạo hàm cấp hai.

- Phân đoạn ảnh

Sau khi dò biên, ảnh sẽ được phân đoạn để tách lấy c vùng đốm bệnh. Phân đoạn ảnh (image segmentation) là quá trình chia một ảnh số thành nhiều phân đoạn hoặc tập các pixel (còn gọi là các đối tượng hoặc vùng ảnh). Mục đích là để đơn giản hóa hoặc thay đổi cách biểu diễn ảnh thành một thứ gì đó có ý nghĩa hơn và dễ phân tích hơn.

- Xử lý hình thái (Morphology)

Các kỹ thuật xử lý hình thái (Morphology) được áp dụng để hoàn thiện việc trích chọn vùng ứng viên bệnh. Morphology là một tập hợp các phép toán xử lý ảnh nhằm phân tích và biến đổi hình dạng của đối tượng trong ảnh, dựa trên các tập hợp pixel được gọi là phần tử cấu trúc (structuring element). Các phép toán cơ bản bao gồm co ảnh (Erosion) và giãn ảnh (Dilation).

2.3.4. Nhận dạng bệnh

Cuối cùng, các đặc trưng ảnh về màu sắc, hình dạng, kết cấu sẽ được rút trích để huấn luyện bộ nhận dạng nhằm xác định chính xác loại bệnh của lá lúa.

- Đặc trưng của ảnh

- Đặc trưng kết cấu (Texture): Đặc trưng kết cấu mô tả sự phân bố của cường độ pixel trong một vùng ảnh. Nó cung cấp thông tin về sự lặp lại của các mẫu cơ bản, độ mịn, độ thô, sự đều đặn... của bề mặt đối tượng.

- Đặc trưng màu sắc (Color): Màu sắc là một trong những đặc trưng quan trọng nhất để nhận dạng bệnh trên lá lúa. Các thông tin về loại màu (Hue), độ bão hòa (Saturation) và cường độ sáng (Value) từ các không gian màu như RGB, HSV, LAB được sử dụng.

- Đặc trưng hình dáng (Shape): Đặc trưng hình dáng mô tả hình dạng hình học của vùng bệnh, ví dụ như diện tích, chu vi, độ tròn, tỷ lệ khung hình, số lỗ hổng....

- Máy học vector hỗ trợ (SVM)

Sau khi trích xuất các đặc trưng, thuật toán máy học vector hỗ trợ (Support Vector Machine - SVM) được áp dụng để xây dựng mô hình huấn luyện. SVM là một thuật toán học có giám sát được sử dụng cho các bài toán phân loại và hồi quy. Mục tiêu của SVM là tìm một siêu phẳng (hyperplane) trong không gian nhiều chiều để phân chia các lớp dữ liệu một cách tối ưu, sao cho khoảng cách từ siêu phẳng đến các điểm dữ liệu gần nhất của mỗi lớp (gọi là support vectors) là lớn nhất.

2.4. Phương pháp đánh giá mô hình k-fold

Để đánh giá mức độ hiệu quả của mô hình, phương pháp kiểm thử k-fold được sử dụng. Trong phương pháp này, tập dữ liệu được chia thành k phần (folds) có kích thước bằng nhau. Mô hình được huấn luyện k lần, mỗi lần sử dụng k-1 phần làm tập huấn luyện và 1 phần làm tập kiểm thử. Kết quả cuối cùng là giá trị trung bình của k lần kiểm thử.

- Phương pháp xây dựng hệ thống

Lưu đồ tổng quát của phương pháp tiếp cận nhận dạng bệnh trên cây lúa bao gồm các bước chính: Thu thập ảnh bệnh trên cây lúa, Tiền xử lý, Phân đoạn ảnh, Trích chọn đặc trưng, và Nhận dạng bệnh.

2.4.1. Thu thập ảnh bệnh trên cây lúa

Thu thập ảnh: Các ảnh bệnh trên cây lúa được thu thập từ camera. Cách thức tổ chức dữ liệu: Dữ liệu ảnh được tổ chức một cách khoa học để phục

vụ cho quá trình huấn luyện và kiểm thử mô hình.

2.4.2. Tiền xử lý

Chuyển đổi không gian màu: Ảnh lá lúa bệnh chuyển từ kênh RGB sang LAB. Kênh L (độ sáng) có thể được bỏ đi để tập trung vào các kênh màu a và b, giúp làm nổi bật các đốm bệnh. Ảnh cũng có thể được chuyển sang ảnh mức xám. Khử nhiễu: Áp dụng các bộ lọc như đã trình bày ở trên.

2.4.3. Phân đoạn ảnh (image segmentation)

- Sử dụng các kỹ thuật phân đoạn ảnh để tách lấy đốm bệnh trên lá lúa.
- Quá trình này bao gồm việc chuyển ảnh sang ảnh mức xám và áp dụng các kỹ thuật dò biên.
- Tách lấy đối tượng trong ảnh sau khi dò biên.

2.4.4. Nhận dạng bệnh

- Sử dụng mô hình máy học (SVM) đã được huấn luyện với các véc tơ đặc trưng tổng hợp để nhận dạng loại bệnh trên lá lúa.
- Mô hình phát hiện và nhận dạng bệnh trên cây lúa được thể hiện trong.

III. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, về mặt lý thuyết, đề tài đã tổng quan được bài toán nhận dạng bệnh trên lá lúa, nắm vững các kiến thức về không gian màu, các phép toán xử lý ảnh (hình thái, lọc ảnh...), trích đặc trưng ảnh và áp dụng vào huấn luyện mô hình SVM. Về thực tiễn, đề tài đã xây dựng thành công ứng dụng nhận dạng bệnh trên lá lúa với độ chính xác trên 97%.

Tuy đạt kết quả khả quan, đề tài còn một số hạn chế như: tập dữ liệu còn nhỏ, chưa đa dạng về loại bệnh; điều kiện tự nhiên không thuận lợi cho việc thu thập mẫu bệnh; kết quả cần kiểm chứng thêm để tránh tình trạng mô hình học vẹt. Hướng phát triển sắp tới là mở rộng thu thập dữ liệu theo mùa, thử nghiệm thêm các phương pháp trích đặc trưng và tối ưu hóa độ chính xác cũng như thời gian nhận dạng. Đề tài mới dừng ở mức nghiên cứu, cần tiếp tục hoàn thiện nếu muốn triển khai thực tế để hỗ trợ nông dân giám sát bệnh trên cây lúa một cách hiệu quả hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Công thương Việt Nam, Hội nghị tổng kết công tác xuất khẩu gạo năm 2014: giải pháp tháo gỡ khó khăn cho nhiệm vụ xuất khẩu gạo năm 2015, ngày 25/12/2014
2. Cục Bảo vệ thực vật, Thông báo sâu bệnh số 2, Hà Nội, 09/01/2015
3. Báo Điện tử Đảng Cộng sản Việt Nam, Tổng diện tích gieo trồng lúa cả nước năm 2014 ước đạt hơn 7,8 triệu ha, ngày 26/12/2014
4. Hoàng Văn Hiệp, Giáo trình Xử lý ảnh, Viện Công nghệ thông tin và Truyền thông.
5. Nguyễn Thị Hoàn, Phương pháp trích chọn đặc trưng ảnh trong thuật toán học máy tìm kiếm ảnh áp dụng vào bài toán tìm kiếm sản phẩm, Khóa luận tốt nghiệp, Đại học Công Nghệ, năm 2010.
6. Phan Thị Thu Hồng, Đoàn Thị Thu Hà, Nguyễn Thị Thủy, Ứng dụng phân lớp ảnh chụp lá cây bằng phương pháp máy vector hỗ trợ, Tạp chí Khoa học và Phát triển 2013, tập 11, số 7: 1045-1052