

## **Xây dựng giải pháp công nghệ nhận dạng giản đồ Khí tượng thủy văn**

**Phạm Lê Phương<sup>1\*</sup>, Lê Trung Hưng<sup>1</sup>, Mạnh Xuân Huy<sup>2</sup>, Triệu Văn Linh<sup>3</sup>, Nguyễn Xuân Hoài<sup>3</sup>, Hải Hồng Phan<sup>4</sup>, Vũ Hải<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Trung tâm Thông tin và Dữ liệu KTTV; phuongpl80@gmail.com; hungtttl@gmail.com

<sup>2</sup> Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội; mxhuysnowy@gmail.com

<sup>3</sup> Viện AI Academy Việt Nam; nxhoai@gmail.com; trieuvanlinh04101998@gmail.com

<sup>4</sup> Học Viện Kỹ thuật Quân Sự; hongpth@lqdtu.edu.vn

<sup>5</sup> Viện Điện tử – Viễn Thông, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội; hai.vu@hust.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: phuongpl80@gmail.com; Tel.: +84-912353680

Ban Biên tập nhận bài: 25/3/2021; Ngày phản biện xong: 4/5/2021; Ngày đăng bài: 25/6/2021

**Tóm tắt:** Giản đồ khí tượng thủy văn ghi chép lại thông tin, số liệu đo đạc của lượng mưa, mực nước, độ ẩm, nhiệt độ và các loại thông số đo đạc khác. Các thông số này được thu thập từ các trạm đo lường KTTV trên toàn quốc. Việc lưu trữ các thông tin này là cực kỳ quan trọng nhằm phục vụ cho mục đích nghiên cứu và dự báo thời tiết và thiên tai trong tương lai. Tuy nhiên, hiện nay việc lưu trữ của các loại giản đồ đang ở dạng truyền thống; việc đọc dữ liệu lại phụ thuộc người có chuyên môn. Do đó, khó bảo đảm về tính toàn vẹn của dữ liệu theo thời gian. Bài báo này đưa ra giải pháp nhận dạng giản đồ tự ghi và tách các thông tin giản đồ bằng công nghệ thị giác máy, giúp việc lưu trữ và số hóa dữ liệu giản đồ một cách tự động. Giải pháp tích hợp thuật toán phân tích cấu trúc trang, thuật toán phát hiện lưới và căn chỉnh kết hợp thuật toán phát hiện line và các đối tượng trong giản đồ để tách line. Bằng thực nghiệm, phương pháp đã đạt được độ chính xác cao, hơn 90% giản đồ có thể số hóa, trong đó bao gồm các loại giản đồ lượng mưa, mực nước, độ ẩm, áp suất và nhiệt độ.

**Từ khóa:** Giản đồ Khí tượng, thủy văn; Nhận dạng; Xử lý ảnh; Thị giác máy.

### **1. Mở đầu**

Theo Tổng cục Khí tượng Thủy văn (Bộ Tài nguyên và Môi trường), đến nay mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn (KTTV) hiện có là 1.719 trạm điểm đo trên toàn quốc, trong đó trong giai đoạn 2010–2020 mới có 40% các trạm được đầu tư tự động hóa [1]. Còn gần 60% (hơn 1000) các trạm vẫn đang vận hành theo các phương pháp và kỹ thuật cũ. Tại mỗi trạm quan trắc một lượng dữ liệu quan trắc rất lớn được thu nhận liên tục hàng ngày như nước, áp suất, độ ẩm, nhiệt độ... Do đó, vấn đề lưu trữ và xử lý thông tin rất khó khăn. Ngay cả khi các trạm được đầu tư toàn bộ với quy trình tự động hóa hết thì việc lưu trữ và xử lý các dữ liệu trước đó là rất quan trọng, phục vụ dự báo và cảnh báo về các thiên tai trong tương lai có thể xảy ra cũng như làm giảm thiểu tối đa thiệt hại do thiên tai gây ra [2–3].

Việt Nam thuộc nhóm quốc gia đang phát triển, chủ chương của nước ta là hướng tới phát triển và ứng dụng công nghệ 4.0. Cũng như vậy, lĩnh vực KTTV cũng cần một cuộc chuyển đổi số với toàn bộ quy trình [4–6]. Tuy nhiên, hiện nay với số lượng tài liệu giản đồ và sổ sách khổng lồ được lưu trữ từ hàng chục năm về trước đang là vấn đề nan giải cho công cuộc chuyển đổi số. Nhiều nghiên cứu trên thế giới tập trung để giải quyết các bài toán xử lý dữ liệu khí tượng thủy văn [7–12]. Do đó, nghiên cứu này đưa giải pháp để số hóa

giản đồ sử dụng công nghệ xử lý ảnh hiện đại, công nghệ thị giác máy để nhận dạng và trích xuất thông tin từ giản đồ. Phương pháp áp dụng thực nghiệm cho các loại giản đồ lượng mưa, mực nước, áp suất không khí, nhiệt độ, độ ẩm.

Giải pháp được đưa ra trong nghiên cứu này theo hướng tiếp cận chính sử dụng các kỹ thuật phân tích ảnh và nhận dạng tự động để tách các đường line ghi trong giản đồ. Kết quả của quá trình này sẽ tách được line và nền từ đó giúp việc đọc dữ liệu được chính xác. Thuật toán áp dụng cho các loại giản đồ tự ghi thông dụng như giản đồ mưa, nhiệt, ẩm, áp và lượng nước. Thuật toán tính toán nhanh có thể xử lý quy trình đọc vào tập file ảnh đã được scan, số hóa thông tin để tách được line và thước đo làm đầu vào cho giao diện GUI tiếp theo.

Các kết quả thực nghiệm trên năm loại giản đồ cho thấy kết quả tách line sai lệch trung bình chưa đến 2% trong các loại giản đồ với chất lượng scan tốt; đường line và các đối tượng trong giản đồ được tách chuẩn xác từ giản đồ giúp việc đọc các mốc thời gian và giá trị đo tốt. Thời gian xử lý việc tách line và các đối tượng tương đối nhanh, đảm bảo thời gian xử lý của kỹ thuật viên. Từ kết quả của giải pháp, làm đầu vào để xây dựng công cụ DigiMeto [14] trợ giúp đọc giản đồ tự ghi khí tượng thủy văn và đã rút ngắn đáng kể thời gian đọc thủ công; đồng thời cho phép tùy chỉnh các tham số theo yêu cầu người dùng. Việc giải pháp số hóa này làm tiền đề cho việc số hóa các loại tài liệu KTTV khác đang lưu trữ tại Tổng cục Khí tượng Thủy văn.

Hình 1 mô tả cấu trúc tổng thể của giải pháp. Để nhận dạng giản đồ phục vụ đọc dữ liệu, nghiên cứu này đề xuất tích hợp thuật toán phân tích cấu trúc trang, thuật toán phát hiện lưới và căn chỉnh, thuật toán phát hiện line và các đối tượng trong giản đồ để tách line và các đối tượng khác, làm đầu vào cho công cụ đọc ghi tự động DigiMeto. Thực nghiệm và đánh giá trên các loại giản đồ như giản đồ mưa, ẩm, lượng nước, áp suất và nhiệt cho kết quả tốt.



**Hình 1.** Các khối module chính giải pháp số hóa giản đồ KTTV; trong đó bài báo tập trung phát triển thuật toán Phân tích cấu trúc trang, phát hiện lưới và căn chỉnh, phát hiện line và các đối tượng khác trong giản đồ làm đầu vào cho phát triển GUI (DigiMeto) hỗ trợ đọc giản đồ tự ghi KTTV.

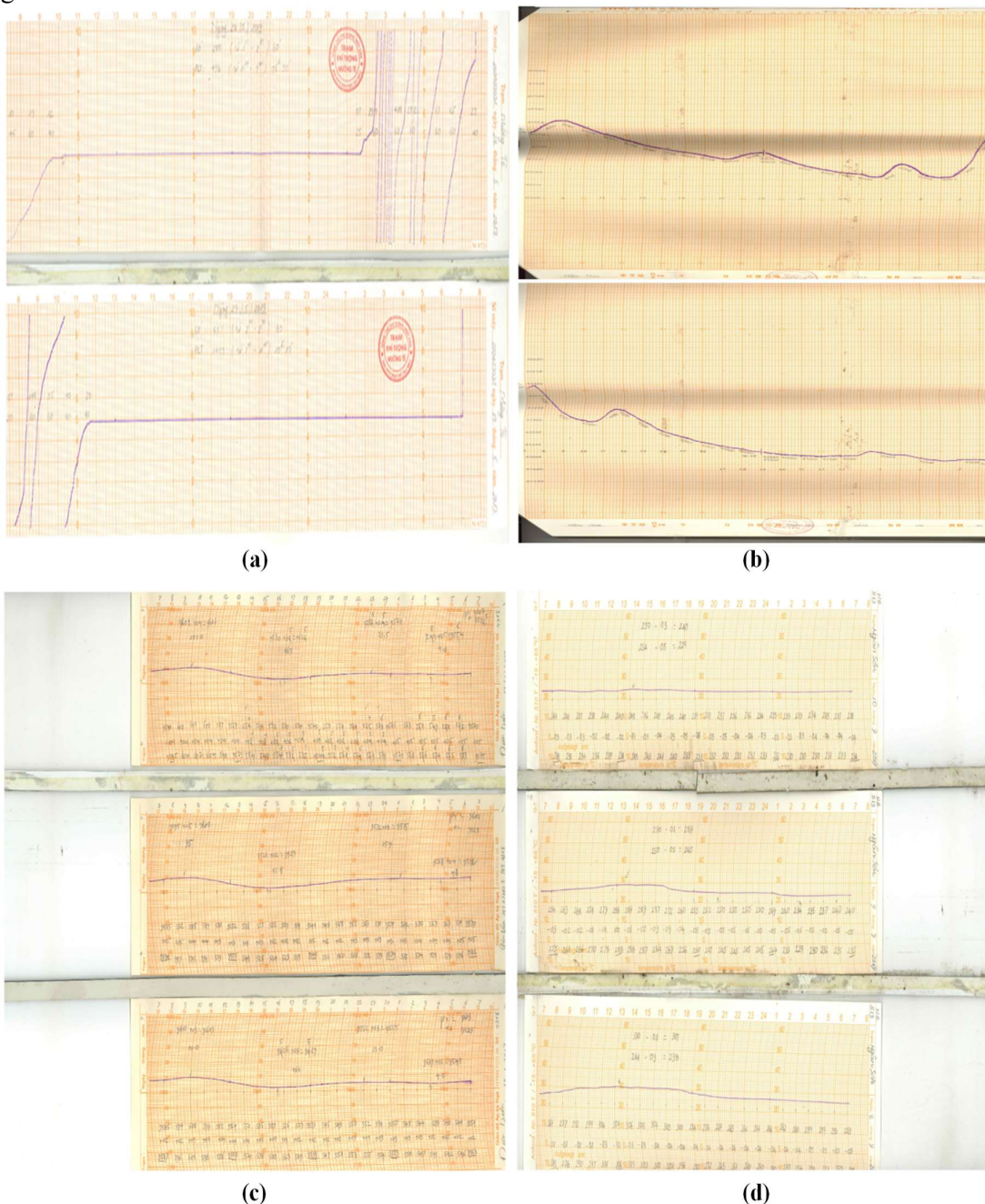
## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Với lịch sử hình thành 100 năm nên tài liệu giản đồ KTTV rất phong phú về chủng loại cũng như hình thức và chất lượng vật lý [15]. Giản đồ hiện nay chiếm khoảng 1/3 khối lượng tài liệu lưu trữ hiện nay với rất nhiều loại giản đồ như mưa, nhiệt, độ ẩm, áp suất và mực nước. Cùng một loại giản đồ nhưng có các hình thức và thiết kế không hoàn toàn giống nhau theo thời gian. Do điều kiện lưu trữ tại Trung tâm Thông tin và Dữ liệu KTTV và các Đài KTTV khu vực không đạt chuẩn kho lưu trữ theo quy định. Do đó tình trạng vật lý của giản đồ bị ảnh hưởng nhiều. Các giản đồ từ trước năm 70 có tình trạng vật lý kém, nhiều tờ giản đồ bị thủng, bị rách và còn có những tờ giản đồ bị oxy hóa gây ra mất thông tin. Các giản đồ sau năm 90 có độ dày tờ giản đồ mỏng hơn những năm trước đó, đây cũng có thể là

nguyên nhân các gián đồ dễ bị nhòe khi gặp độ ẩm không khí cao và cũng rất dễ bị nhẵn. Các lỗi thường hay gặp như nhòa nét trên gián đồ, lỗi bậc thang, lỗi chảy men... Hình 2a–2c minh họa các loại gián đồ được thực nghiệm trong bài báo, trong đó gián đồ mưa có độ phức tạp gián đồ cao hơn các gián đồ khác.

Các gián đồ có thể chia thành hai nhóm: gián đồ lưới thẳng và gián đồ lưới cong. Gián đồ lưới thẳng bao gồm gián đồ lượng mưa và mực nước, được xác định theo các đường tọa độ thẳng được quy định trước; Gián đồ lưới cong bao gồm gián đồ độ ẩm, nhiệt và áp suất. Các gián đồ này có đặc điểm là các đường tọa độ có hình dạng cong để phù hợp với máy đo kỹ thuật. Nghiên cứu đề xuất giải pháp tách line và các đối tượng trên gián đồ cho các loại gián đồ trên.

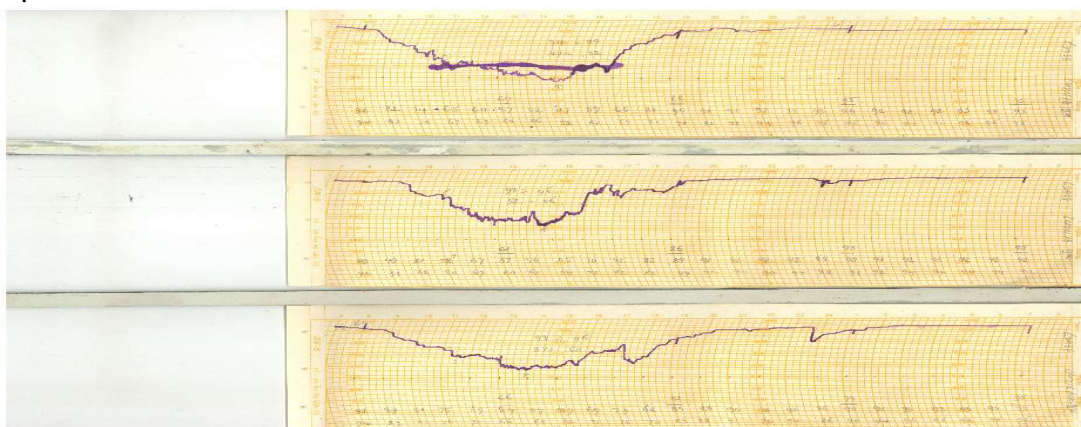


**Hình 2.** (a) Gián đồ mưa Mường Tè 5/2019; (b) Gián đồ nước Bản Yên 8/2012; (c) Gián đồ áp Điện Biên 7/2007; (d) Gián đồ nhiệt Ngân Sơn 9/2019.

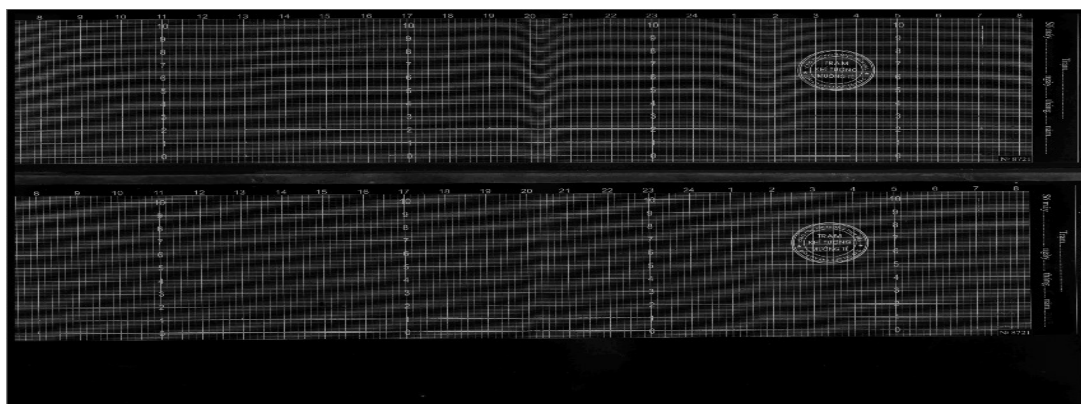


## 2.2. Thuật toán phân tích cấu trúc trang

Phân tích cấu trúc trang là bước đầu tiên trong số hóa biểu đồ khí tượng thủy văn. Việc phân tích này giúp chúng ta xác định các vùng biểu đồ cần làm việc và loại bỏ các vùng không quan tâm. Đầu vào là ảnh scan các biểu đồ khí tượng thủy văn có nhiều biểu đồ của nhiều ngày khác nhau. Từ việc xác định vị trí các vùng biểu đồ trên ảnh scan, chúng ta sẽ tách thành các biểu đồ riêng biệt làm đầu vào cho bước xử lý sau. Qua phân tích nghiên cứu này thấy các biểu đồ có đặc trưng góc trong khu vực biểu đồ khá rõ nét. Hình 3 biểu diễn kênh S của ảnh đầu vào sau khi được chuyển sang hệ màu HSV. Ta có thể thấy thông tin góc của biểu đồ được thể hiện khá rõ trong kênh S thuộc bộ ba kênh màu HSV. Vì vậy, gợi ý tương áp dụng phương pháp phát hiện góc, từ đó gián tiếp tìm được khu vực biểu đồ cần phát hiện.



Hình 2. Giản đồ âm Mùng Tè 7/2007 (tiếp).



Hình 3. Biểu diễn kênh S (thuộc hệ màu HSV) trên một ảnh giản đồ mưa.

Harris Corner Detector [15–16] là phương pháp phát hiện góc đơn giản và hiệu quả. Ý tưởng chính của thuật toán này dựa vào sự biến đổi cường độ sáng tại một vùng lân cận: là một vùng nhỏ quanh các đặc trưng (góc, cạnh...) sẽ có sự thay đổi lớn về cường độ sáng nếu một window dịch chuyển 1 đoạn  $(u,v)$  từ điểm  $(x,y)$  theo bất kì hướng nào. Công thức Harris Corner Detection tổng quát như sau:

$$E(u, v) = \sum_{x,y} w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2 \quad (1)$$

Trong đó  $w$  là một window ở trên ảnh;  $x, y$  là tọa độ của điểm  $w(x,y)$  thuộc window đó;  $I(x,y)$  là giá trị độ sáng của một pixel tại điểm  $x,y$ ;  $I(x+u, y+v)$  là giá trị độ sáng của một pixel tại điểm  $I(x+u, y+v)$ .

Hiệu của shifted intensity và intensity biểu thị độ thay đổi về giá trị điểm ảnh khi ta dịch chuyển một lượng  $u, v$  (trên ảnh). Mục tiêu của Harris Corner detector là cực đại hóa hàm  $E(u, v)$  để tìm ra những khu vực có sự thay đổi intensity lớn nhất.

$$E(u, v) \approx [u \ v] M \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (2)$$

Trong đó:

$$M = \sum w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

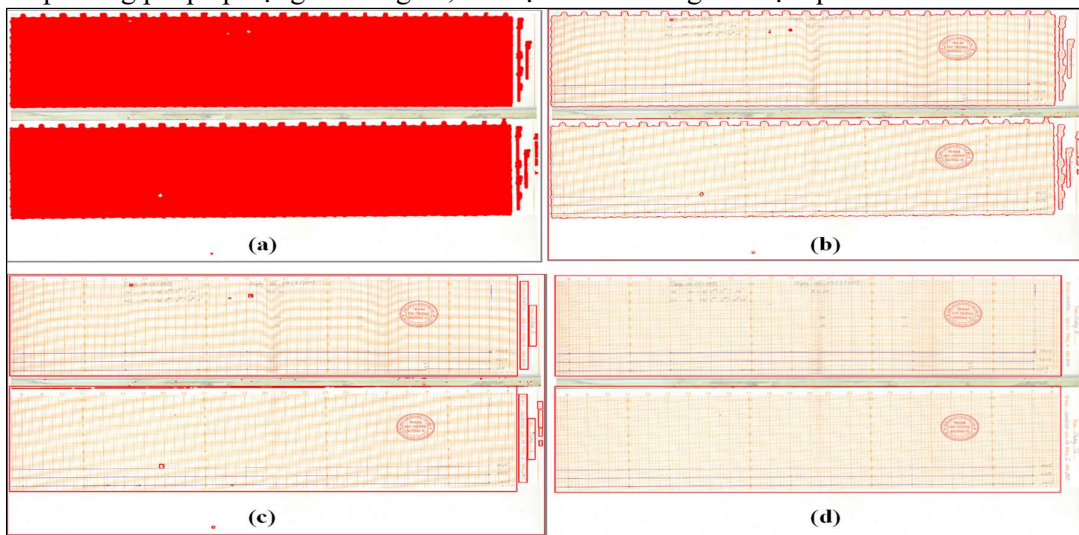
Ta có công thức cuối cùng như sau:

Việc tìm ra các điểm ảnh có phải corner hay không phụ thuộc vào giá trị  $R$  (*Measure of corner response*). Công thức  $R$  như sau:

$$R = \det(M) - k(\text{trace}(M))^2 \quad (4)$$

Trong đó  $\det(M) = AB - C^2 = \lambda_1 \lambda_2$ ,  $\text{trace}(M) = \lambda_1 + \lambda_2$ ,  $\lambda_1, \lambda_2$  là các giá trị bản địa của  $M$  tương ứng với độ cong của hàm địa phương quyết định xem điểm này có phải là corner hay không,  $k$  là tham số điều khiển.

Phương pháp đề xuất phát hiện và tách vùng biểu đồ của gồm 4 bước: (1) Sử dụng Harris Corner Detection để phát hiện vùng lưới; (2) Tìm contour bao quanh các khu vực có mật độ corner được detect nhiều nhất; (3) Xác định vùng biểu đồ và các vùng khác từ tọa độ 4 góc của các đường contour; (4) Cắt các vùng biểu đồ xác định được. Hình 4a–4d minh họa kết quả phân tích cấu trúc trang giản đồ. Ta có thể thấy vùng biểu đồ xác định được tốt. Ưu điểm của phương pháp áp dụng là đơn giản, tốc độ nhanh nhưng rất hiệu quả.

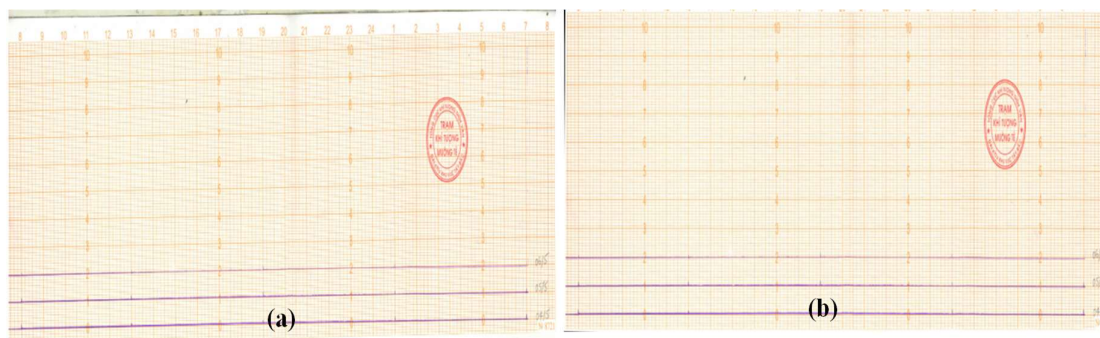


**Hình 4.** (a) Kết quả detect góc; (b) Kết quả tìm contour; (c) Xác định cấu trúc trang biểu đồ; (d) Kết quả vùng biểu đồ xác định được.

### 2.3. Thuật toán phát hiện lưới và căn chỉnh

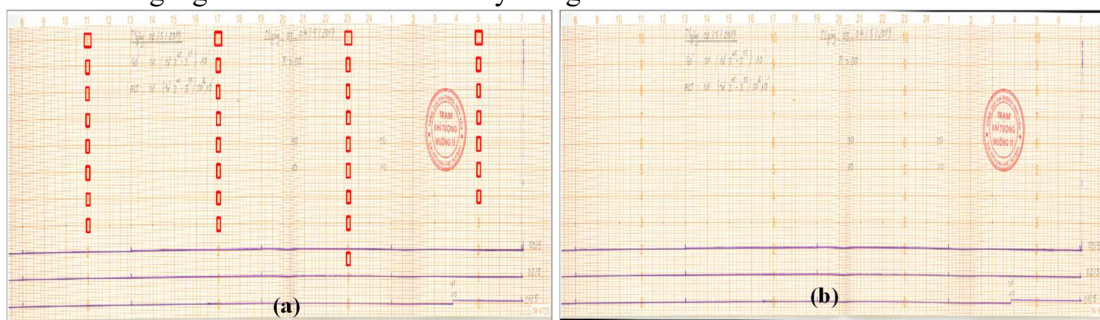
Vùng biểu đồ sau khi được xác định từ thuật toán phân tích cấu trúc trang cần được cắt gọn, căn chỉnh và làm phẳng để đo đạc chính xác. Kế thừa ý tưởng phát hiện góc của thuật toán ở phần 2.2, chúng ta sẽ dựa vào việc phát hiện corner để từ đó gián tiếp phát hiện bao quanh của biểu đồ và cắt gọn hơn. Tuy nhiên, có một số ảnh hiện tại đang bị lệch, không thẳng với hướng ngang do quá trình scan đặt giản đồ không thẳng góc. Hình 5a minh họa ảnh sau khi được cắt vùng biểu đồ ở thuật toán phân tích cấu trúc trang còn dư phần trên và góc lệch so với đường vuông góc.





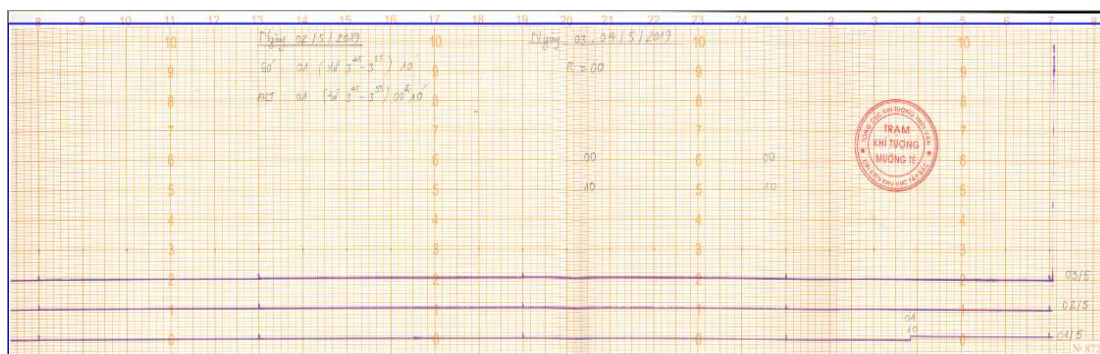
**Hình 5.** (a) Minh Minh họa ảnh sau khi được cắt vùng biểu đồ ở thuật toán phân tích cấu trúc trang còn dư phần trên và góc lệch so với đường vuông góc (b) Ảnh kết quả sau khi phát hiện lưới và căn chỉnh

Phát hiện tọa độ của các số trên biểu đồ sử dụng khớp mẫu, tìm ra những đường thẳng đi ngang qua các số có cùng giá trị (ví dụ 40, 50, 60). Lưu ý ở bước này, chúng ta có thể sẽ không tìm được toàn bộ các số cần tìm, ví dụ trên một đường nằm ngang có 4 số cần tìm nhưng ta có thể chỉ tìm được 2, 3 số, tuy nhiên vì ở đây ta chỉ cần tìm một đường thẳng đi qua các điểm nằm ngang nhau trên biểu đồ nên việc chỉ tìm được 2,3 điểm cho mỗi đường là đủ. Để hạn chế thiếu chính xác, bài báo tìm tất cả hệ số góc của các đường thẳng đi qua các điểm nằm ngang nhau trên biểu đồ rồi lấy trung bình.



**Hình 6.** (a) Tọa độ các tọa độ điểm cần phát hiện trên giản đồ; (b) Xoay hình ảnh theo góc đã phát hiện.

Để xác định vùng giản đồ chuẩn xác nhất, thuật toán áp dụng thêm các phép biến đổi hình thái học [17–19] gồm: dilate để vùng biểu đồ liền mạch với nhau, sau đó áp dụng phương pháp erosion để làm biến mất những khu vực nhiễu, và dilate một lần nữa để biến đổi khu vực mask về kích thước ban đầu. Thuật toán áp dụng thêm bước biến đổi opening này một lần nữa để kết quả ảnh được xử lý nhiễu tốt hơn nữa. Kết quả sau khi thực hiện hai phép biến đổi erosion và dilation như Hình 7.

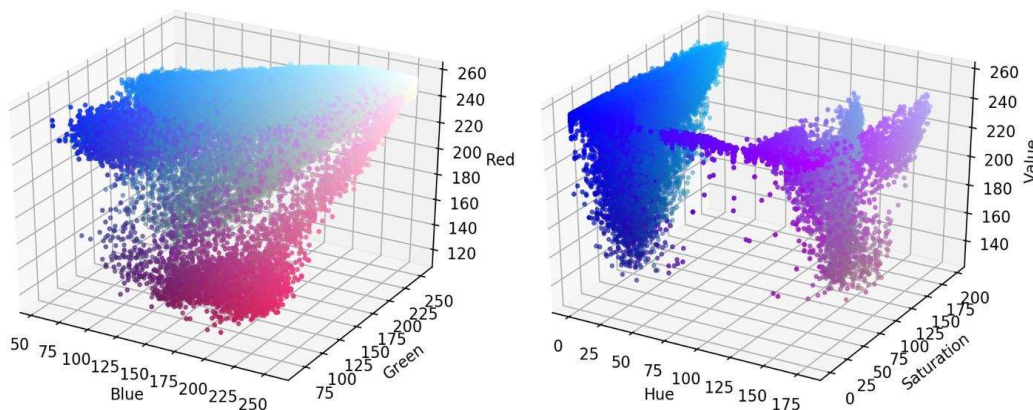


**Hình 7.** Tọa độ các tọa độ điểm cần phát hiện trên giản đồ.

## 2.4. Thuật toán phát hiện line và các đối tượng khác trong giản đồ

Phần này nghiên cứu đề xuất thuật toán tách đường line từ biểu đồ và các đối tượng khác trong giản đồ từ kết quả thuật toán trong phần 2.3. Để tách được line ra khỏi giản đồ nghiên cứu đã tích hợp các thuật toán xử lý ảnh như sau:

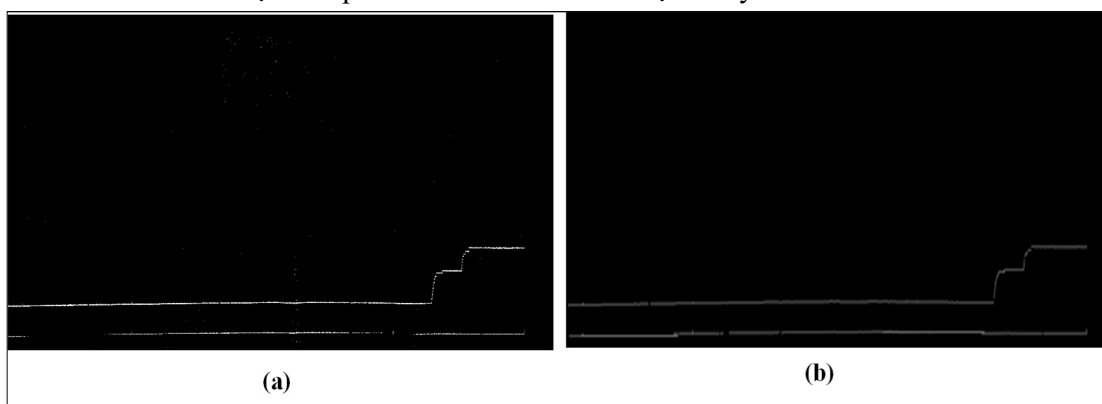
- Bước 1: Tiền xử lý:
  - Resize kích thước ảnh (cụ thể là 500px theo chiều rộng).
  - Tùy vào loại giản đồ, có thể tách chuyển về không gian màu HSV hoặc giữ nguyên RGB do tính chất màu của đường line và lưới đo quyết định để màu đường line và lưới tách biệt rõ ràng hơn, ví dụ biểu diễn phân bố màu của giản đồ mưa trong Hình 8.



**Hình 8.** Đồ thị 3D biểu diễn phân bố màu của ảnh giản đồ mưa trong không gian ảnh RGB (trái) và HSV (phải).

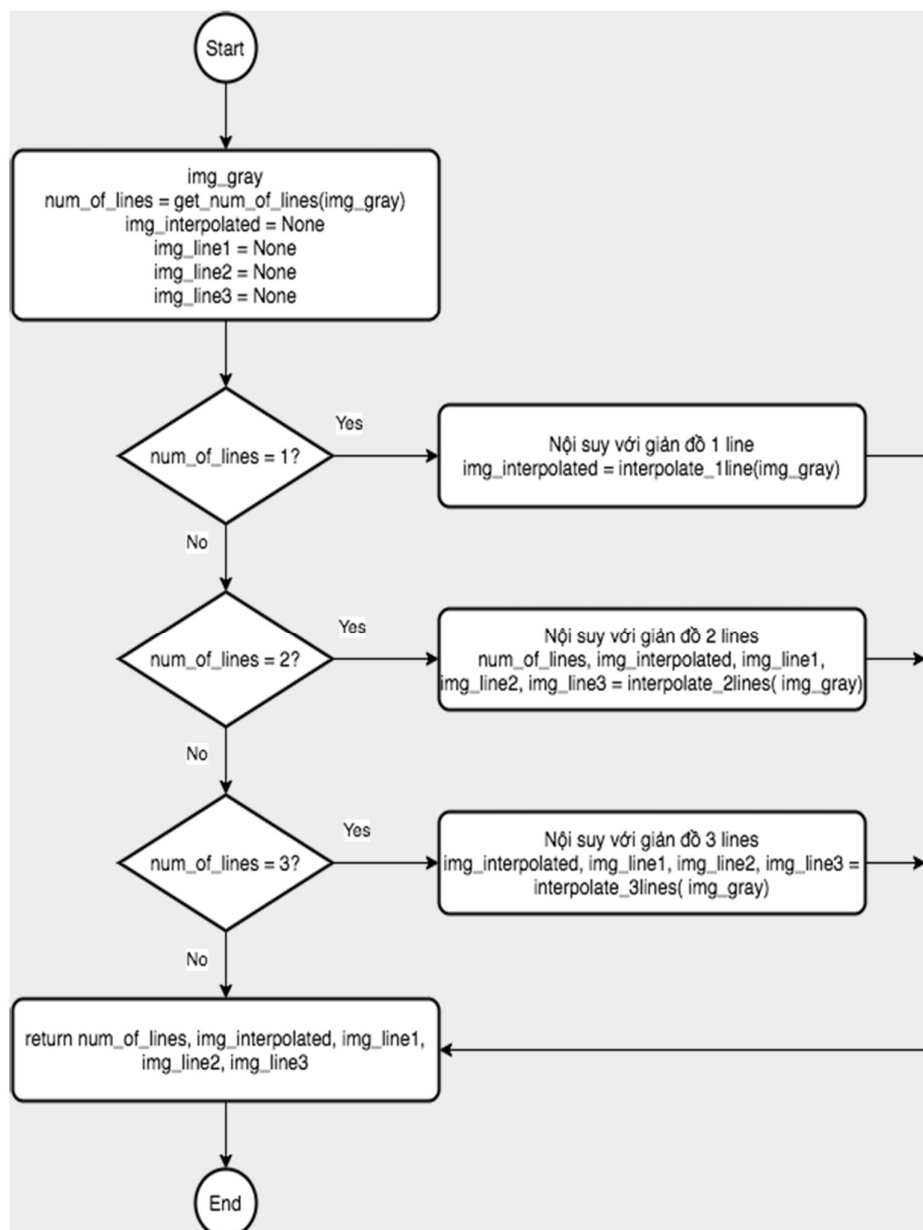
Có thể quan sát thấy phân bố màu line và lưới đã được tách biệt rõ ràng hơn, thuận lợi cho việc tách ngưỡng ở bước tiếp theo.

- Bước 2: Tách line theo phương pháp ngưỡng:
  - Thuật toán áp dụng một số phương pháp như Adaptive threshold, phương pháp OTSU để chọn ngưỡng tự động và phương án chọn ngưỡng cố định.
- Bước 3: Hậu xử lý:
  - Sử dụng phép biến đổi hình thái closing: làm dày (dilate) sau đó làm mòn (erosion) để làm cho đường line rõ nét hơn, loại bỏ nhiễu, làm mảnh đường line, và nội suy phần đường thiếu. Hình 9 minh họa kết quả sau khi tách line và hậu xử lý tách line.



**Hình 9.** (a) Kết quả tách line trên hệ màu HSV; (b) Kết quả sau khi áp dụng các kỹ thuật hình thái học, loại bỏ nhiễu, làm mảnh đường line, và nội suy phần đường thiếu.

Đối với các loại giản đồ như âm, áp, nhiệt và nước thuật toán tách line đến đây là hoàn thành. Riêng với giản đồ mưa phức tạp hơn do trên một giản đồ có thể có nhiều line cho nhiều ngày. Do đó cần tách ra cho từng ngày riêng biệt. Thuật toán đưa ra giải pháp xác định số line của giản đồ dựa trên số lượng pixel của đường line theo hướng dọc của ảnh, sau đó tách từng line và nội suy để được kết quả cuối cùng. Hình 10 minh họa giải pháp nội suy các đường line giản đồ mưa trong một giản đồ.

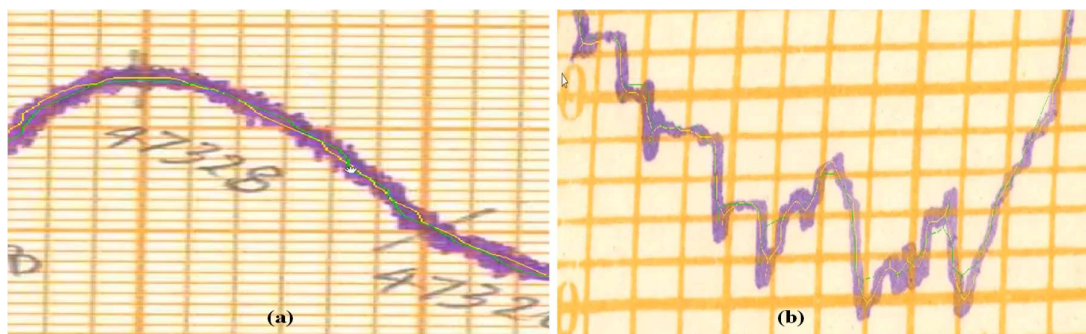


**Hình 10.** Luồng thuật toán nội suy đường line bị đứt.

### 3. Kết quả và thảo luận

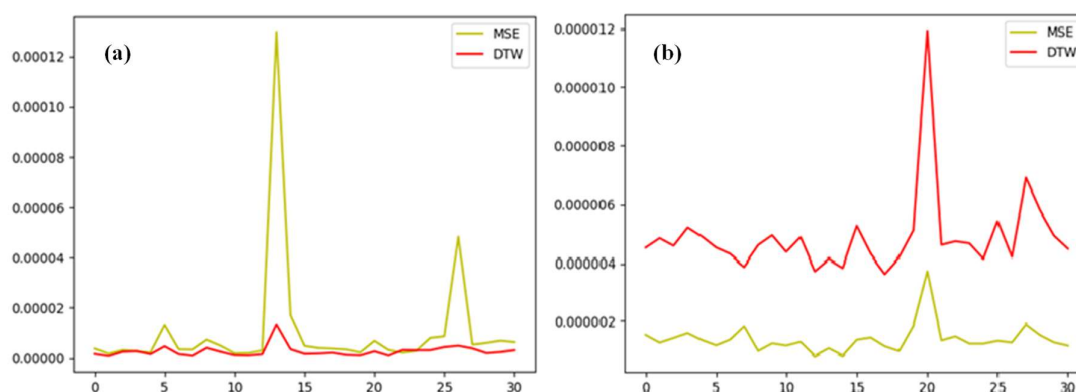
Phương pháp đề xuất được đánh giá trên tập các file scan của năm loại giản đồ. Kết quả tách line và các đối tượng khác trên giản đồ tốt, khớp với đường line gốc. Hình 11 minh họa so sánh kết quả line tách được theo thuật toán đề xuất và ground truth, cho thấy kết quả khớp với đường line ground truth.





**Hình 11.** (a) So sánh kết quả tách line theo giải pháp đề xuất (đường màu xanh) với ground truth (đường màu vàng) trên giản đồ mực nước; (b) So sánh kết quả tách line theo giải pháp đề xuất (đường màu xanh) với ground truth (đường màu vàng) trên giản đồ độ ẩm.

Ngoài ra, phương pháp được đánh giá kiểm chứng độ chính xác qua các độ đo như: Mean Square Error (MSE), Dynamic Time Warping (DTW). Hình 12 minh họa kết quả đánh giá sai số giữa tách line theo giải pháp đề xuất với ground truth trên giản đồ nhiệt và mưa theo tiêu chí MSE (đường màu vàng) và DTW (đường màu đỏ). Trục hoành là chỉ số các giản đồ trong tháng, trục tung là sai số tỉ lệ được tính theo số lượng pixel trên giản đồ. Chúng ta thấy rằng, sai số pixel rất thấp, điều này chứng tỏ phương pháp đề xuất hiệu quả và chính xác cao. Với một vài ảnh có MSE cao hơn bình thường xảy ra ở giản đồ bị ổ mực, do vùng ổ mực và vùng line thường chồng lên nhau và có màu giống nhau. Cũng như vậy, giá trị DTW rất thấp, điều này có nghĩa là khoảng cách giữa đường line detected được và đường line ground truth rất gần nhau.



**Hình 12.** (a) Đánh giá sai số giữa tách line theo giải pháp đề xuất với ground truth trên giản đồ ẩm; (b) Đánh giá sai số giữa tách line theo giải pháp đề xuất với ground truth trên giản đồ nhiệt.

#### 4. Kết luận

Bài báo đề xuất giải pháp nhận dạng giản đồ sử dụng các thuật toán xử lý ảnh và thị giác máy đơn giản nhưng hiệu quả, làm tiền đề xây dựng công cụ lưu trữ và số hóa dữ liệu giản đồ một cách tự động. Giải pháp tích hợp thuật toán phân tích cấu trúc trang, thuật toán phát hiện lưới và căn chỉnh và thuật toán phát hiện line. Bằng thực nghiệm trên các loại giản đồ lượng mưa, mực nước, độ ẩm, áp suất, nhiệt độ, hơn 90% giản đồ có thể số hóa với độ chính xác cao.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.L.P., H.H.P., H.V.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: P.L.P., H.H.P., H.V.; Xử lý số liệu: L.T.H., M.X.H., T.V.L.; Phân tích mẫu: H.H.P., H.V., M.X.H., T.V.L.; Lấy mẫu: L.T.H.; Viết bản thảo bài báo: P.L.P., H.H.P., H.V.; Chỉnh sửa bài báo: P.L.P., H.H.P., H.V.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây, không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### **Tài liệu tham khảo**

1. <http://kttvqg.gov.vn/kttv-voi-san-xuat-va-doi-song-106/>.
2. Nhi, H.Y.; Thoa, L.T.K. Trích xuất đường bờ biển từ ảnh SENTINEL-1A khu vực thành phố Phan Thiết. *Tạp chí Khí tượng Thủy Văn* **2019**, 697, 20–25.
3. Tinh, T.V.; Phong, D.H. Sử dụng ảnh viễn thám và Gis nghiên cứu biến động đường bờ biển mũi Cà Mau. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, 684, 35–40.
4. Trung, L.B.; Toán, H.M.; Phong, N.B. Nghiên cứu sử dụng số liệu định vị sét kết hợp với ảnh radar để cảnh báo đợt mưa lớn từ 01–06/8/2017 trên khu vực Tây Bắc. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 685, 48–53.
5. Ngà, P.T.T. Nghiên cứu tương quan giữa đặc tính mây và mưa lớn cho khu vực Hồ Chí Minh bằng dữ liệu vệ tinh Himawari-8 và GSMaP. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 702, 21–30.
6. Công, T.T.; Quyền, L.N.; Giám, N.M.; Quyết, L.D. Ứng dụng số liệu ảnh mây vệ tinh Himawari trong dự báo và cảnh báo mưa dông cho khu vực Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 713, 1–13.
7. Sene K. Meteorological Forecasting. In: Hydrometeorology. Springer, Cham. 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23546-24>
8. Bruce, J.P.; Clark, R.H. Introduction to Hydrometeorology: Pergamon International Library of Science, Technology. *Eng. Social Stud.* **2013**, pp. 340.
9. Chwala, C.; Keis, F.; Kunstmann, H. Real-time data acquisition of commercial microwave link networks for hydrometeorological applications. *Atmos. Meas. Tech.* **2016**, 9, 991–999.
10. Walker, D.; Forsythe, N.; Parkin, G.; Gowing, J. Filling the observational void: Scientific value and quantitative validation of hydrometeorological data from a community-based monitoring programme. *J. Hydrol.* **2016**, 538, 713–725.
11. Zhi, W.; Feng, D.; Tsai, W.P.; Sterle, G.; Harpold, A.; Shen, C.; Li, L. From Hydrometeorology to River Water Quality: Can a Deep Learning Model Predict Dissolved Oxygen at the Continental Scale?. *Environ. Sci. Technol.* **2021**, 55, 2357–2368.
12. Sene, K. Meteorological Observations. In: Hydrometeorology. Springer, Cham. 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23546-22>.
13. Phương, P.L.; Hưng, L.T.; Huy, M.X.; Linh, T.V.; Hoài, N.X.; Hải-Hồng, P.; Hải, V. DigiMeto: Công cụ trợ giúp đọc giải đồ tự ghi Khí tượng thủy văn. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 725, 49–59.
14. <https://nchmf.gov.vn/Kttvsite/vi-VN/1/thuy-van-12-18.html>
15. Harris, C.; Stephens, M. A combined corner and edge detector. In: Alvey vision conference, 1988, 147–151.
16. <https://opencv.org/>
17. Nixon, M.S.; Aguado, A.S. Feature Extraction and Image Processing. Newnes: Elsevier, Oxford, 2002.
18. Forsyth, D.A.; Ponce J. Computer Vision – A Modern Approach. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, 2002.
19. Gonzalez, D.C.; Woods, R.E. Digital Image Processing. Third Edition, Pearson Educational International Publisher, 2002.

## **Develop technology solutions to recognize hydro–meteorological diagrams**

**Pham Le Phuong<sup>1,\*</sup>, Le Trung Hung<sup>1</sup>, Manh Xuan Huy<sup>2</sup>, Trieu Van Linh<sup>3</sup>, Nguyen Xuan Hoai<sup>3</sup>, Hai–Hong Phan<sup>4</sup>, Vu Hai<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Hydro–Meteorological Information and Data Center; phuongpl80@gmail.com; hungtttl@gmail.com

<sup>2</sup> Hanoi University of Science and Technology; huy.mx161818@sis.hust.edu.vn

<sup>3</sup> AI Academy Viet Nam; nxhoai@gmail.com; trieuvanlinh04101998@gmail.com

<sup>4</sup> Military Technical Academy, Viet Nam; hongph@lqdtu.edu.vn

<sup>5</sup> School of Electronics and Telecommunications, Hanoi University of Science and Technology; hai.vu@hust.edu.vn

**Abstract:** Meteorological and hydrological chart records information, measurement data of rainfall, water level, humidity, temperature and other types of measured parameters. These parameters are collected from hydrometeorological measurement stations nationwide. The storage of this information is extremely important for the purpose of researching and forecasting weather and natural disasters in the future. However, at present, the storage of all types of schemas is in paper form, the reading of data depends on the expert. Therefore, it is difficult to guarantee the integrity of the data over time. In this paper, we propose a solution for schema recognition and self–recording of schema information using today's most advanced machine vision and artificial intelligence technologies to help store and digitize data, diagrams automatically. The solution integrates the page structure analysis algorithm, the grid detection algorithm and the alignment algorithm to combine the line detection algorithm and the objects in the schema to separate the line. By experiment, the solution has achieved high accuracy, more than 90% of the diagrams can be digitized, including all types of diagrams of precipitation, water level, humidity, pressure, and temperature.

**Keywords:** Meteorological and hydrological diagrams; Identification; Image processing; Computer vision.