

NHẬN DẠNG ĐƯỜNG CONG TÍN HIỆU THEO CÁCH TIẾP CẬN XỬ LÝ ÁNH MỘT CHIỀU

LÊ TỰ THÀNH

Viện Điện tử và Tin học

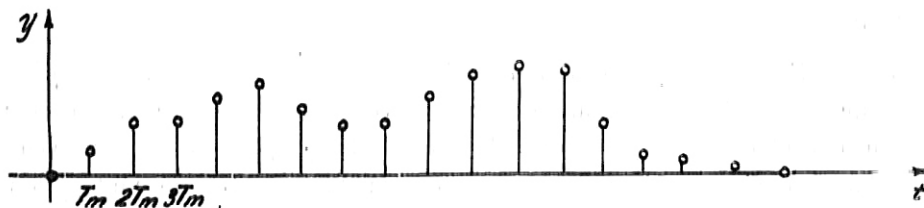
I - ĐẶT VẤN ĐỀ

1. Đường cong tín hiệu

Chúng ta có thể coi tín hiệu (signal) là một đại lượng vật lý mang tin. Chẳng hạn như tín hiệu âm thanh là tác động của áp suất không khí lên tai chúng ta. Tín hiệu được đo bằng độ lớn của đại lượng mang tin, đó là biên độ của tín hiệu. Biên độ biến đổi theo thời gian, khi biểu diễn trên hệ trục tọa độ biên độ - thời gian ta nhận được hình ảnh một đường cong đơn trị.

Một trong những phương pháp chuyển đổi từ tín hiệu liên tục sang tín hiệu số hóa là lấy mẫu. Khi đó, đường cong tín hiệu được biểu thị bởi một dãy số có thứ tự, sắp xếp theo thứ tự nhận vào. Mỗi giá trị số đó là giá trị biên độ của tín hiệu và tạo nên một điểm của đường cong.

Nếu coi đường cong tín hiệu là một biến theo thời gian $y(t)$, thì một điểm của đường cong sẽ có tọa độ $(t_0, y(t_0))$ trong hệ tọa độ biên độ - thời gian. Do việc lấy mẫu được tiến hành theo những quãng thời gian cách đều, nên có thể không cần quan tâm tới biến thời gian. Do vậy ta nhận được ảnh một chiều như trên hình 1.



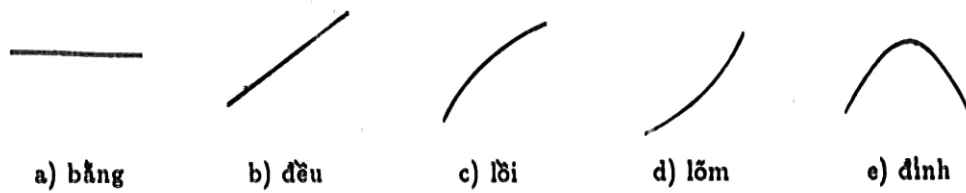
Hình 1. Ảnh của một đường cong tín hiệu

2. Nhận dạng đường cong tín hiệu

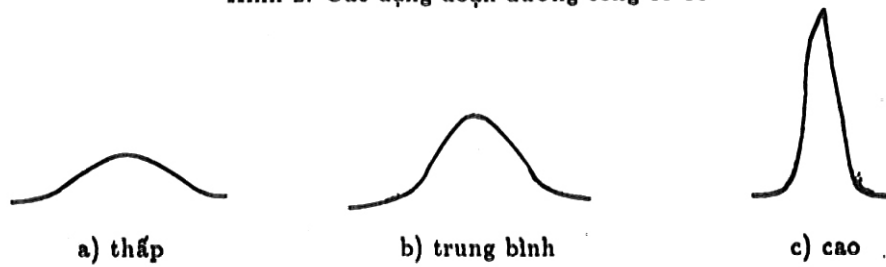
Nhận dạng dáng điệu đường cong được chia thành ba giai đoạn. Giai đoạn thứ nhất là chia đường cong thành các đoạn cơ sở. Giai đoạn tiếp sau là nhận dạng từng đoạn cơ sở. Và cuối cùng là xem xét việc bố trí lần lượt các đoạn cơ sở trước sau nhau. Như vậy giai đoạn thứ hai là giai đoạn ít phụ thuộc vào từng bài toán nhận dạng cụ thể hơn cả. Đó cũng là những vấn đề được quan tâm giải quyết ở đây.

Trước hết chúng ta liệt kê ra các dạng đường cong cơ sở như trình bày trên hình 2. Đỉnh sóng (picks) thường được quan tâm trong các bài toán nhận dạng hơn cả. Hình 3 cho các yêu cầu về độ dốc đỉnh sóng, và các dạng đỉnh sóng được cho trên hình 4. Thực ra, các dạng đỉnh sóng có

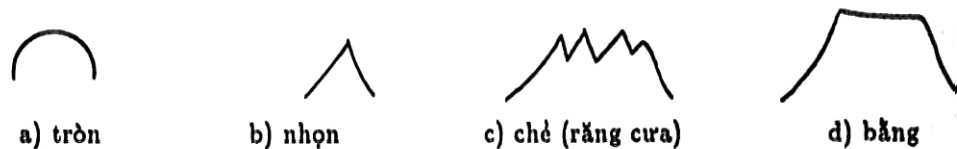
thể được chia nhỏ hơn để nhận được các đoạn cơ sở, nhưng nhiều khi chúng được xem xét như một yếu tố cơ bản để nhận dạng.



Hình 2. Các dạng đoạn đường cong cơ sở



Hình 3. Các yêu cầu về độ dốc đỉnh sóng



Hình 4. Các dạng đỉnh sóng

Để dàng nhận thấy rằng còn thiếu các dạng đoạn đường cong đối xứng với các đoạn trên hình 2 qua các trục tọa độ. Và nhận xét đó cũng đúng với các dạng đỉnh sóng. Tuy vậy, sau này sẽ thấy rằng chúng cũng được xử lý một cách "đối xứng".

Việc chia độ dốc đỉnh sóng làm ba mức cũng cần được trao đổi. Nói một cách tổng quát hơn, là có thể quan tâm tới các độ nghiêng khác nhau của đường cong. Tất nhiên, chúng có thể được chia tỉ mỉ làm nhiều mức hơn. Nhưng điều cơ bản là cần phải đáp ứng các yêu cầu nhận dạng. Nếu đường cong được nhận dạng bằng mắt, thì chia ba mức như trên hình 3 không phải là không có lý. Tuy nhiên phương pháp của chúng ta sẽ không phụ thuộc vào số mức cần chia.

Việc đưa ra các đoạn cơ sở như trên rõ ràng dựa vào trực giác. Tuy nhiên chúng đủ để tái tạo mọi đoạn đường cong. Những lý luận về vấn đề này là cơ sở để phân chia đường cong, mà không được quan tâm ở đây.

II - KỸ THUẬT XỬ LÝ ẢNH MỘT CHIỀU ĐỂ NHẬN DẠNG

1. Nguyên tắc xử lý

Giả sử rằng tín hiệu được lấy mẫu với chu kỳ T_m bằng phương pháp lấy mẫu trung bình trong khoảng thời gian θ . Bằng cách đó, quá trình biến thiên theo thời gian của tín hiệu sẽ tạo

nên một dãy số.

Nếu tín hiệu được biểu diễn bằng biến $y(t)$, qua quá trình lấy mẫu sẽ thu nhận được:

$$y_1(t) = h(t)y(t) \quad (1)$$

Mà ở đây, $h(t)$ là hàm biểu thị tác động của quá trình lấy mẫu lên tín hiệu $y(t)$. Theo cách lấy mẫu trên, hàm $h(t)$ là hàm cổng:

$$h(t) = \frac{1}{\theta} \Pi_{\frac{\theta}{2}}(t) = \begin{cases} 1 & t \in (kT_m - \frac{\theta}{2}, kT_m + \frac{\theta}{2}) \quad k = 1, 2, \dots \\ 0 & \text{các giá trị } t \text{ khác} \end{cases}$$

Khi đó dãy số thu được là:

$$\{y_k/y_k = h(kT_m)y(kT_m); k = 1, 2, \dots\} \quad (2)$$

Từ dãy số (2), để làm xuất hiện mối liên hệ giữa dãy này với dáng điệu đường cong do nó tạo nên, chúng ta cần phân tích sự biến đổi về biên độ giữa các phần tử của dãy. Sự phân tích có thể thực hiện với một nhóm điểm với số điểm tối thiểu là 2. Những nhóm liên tiếp nhau có thể lấy trùng nhau một số điểm, tuy vậy phải tồn tại ít nhất một điểm khác nhau, nếu không việc chia nhóm sẽ mất ý nghĩa.

Giả sử từ nhóm thứ k gồm các điểm k_1, k_2, \dots, k_m ta phân tích ra một giá trị Δ_k . Nghĩa là từ m điểm của ảnh ban đầu ta đưa về một điểm của ảnh mới, với mục đích thể hiện sự biến đổi của ảnh ban đầu. Ta gọi đó là ánh xạ f từ nhóm m điểm sang một số thực. Vấn đề tiếp theo là khảo sát các giá trị mới nhận được.

2. Các đặc điểm kỹ thuật

Trước hết cần xác định trong những trường hợp nào có thể áp dụng được phương pháp đã nêu. Đó chính là điều kiện tồn tại của kỹ thuật xử lý trong thực tế.

Một cách trực quan, dễ dàng thấy rằng, nếu chọn số a quá lớn, thì sẽ có những biến thiên nhỏ của đường cong chắc chắn bị bỏ qua. Vậy cần phải chỉ ra được số m sao cho ứng với nó, mọi biến đổi trên ảnh với tần số được quan tâm tối đa là F_{max} đều được ghi nhận.

Mệnh đề 1. Số m_{max} được xác định bởi công thức

$$m_{max} \leq \frac{1}{2} T_m F_{max} \quad (3)$$

Chứng minh: Khi nhóm các điểm lại thành các nhóm gồm m điểm, vô hình chung chu kỳ lấy mẫu đã bị tăng lên m lần. Lúc đó, từ m điểm ban đầu chỉ tạo được ra một giá trị để khảo sát. Mặt khác, theo định lý Shannon về lấy mẫu, để không mất thông tin về tín hiệu với tần số tối đa là F_{max} , thì tần số lấy mẫu phải lớn hơn hai lần F_{max} . Do vậy suy ra:

$$m_{max} \cdot F_m \geq 2F_{max} \Rightarrow m_{max} \leq \frac{1}{2} T_m F_{max}$$

Từ mệnh đề trên có thể rút ra hai nhận xét. Thứ nhất là chỉ có thể áp dụng kỹ thuật xử lý khi lấy mẫu với tần số lớn hơn nhiều lần tần số Shannon, đó là những trường hợp áp dụng

tốt nhất. Thứ hai là do cách chứng minh, các nhóm m điểm được xem là tách nhau; trường hợp các nhóm liền nhau có trùng nhau một số điểm, dễ dàng nhận thấy khi đó m_{max} biểu thị cho số điểm không trùng giữa các nhóm. Điều đó có nghĩa là có thể áp dụng được kỹ thuật xử lý cho mọi đường cong tín hiệu mà ta có thể lấy mẫu được.

Sai số gây ra kết quả nhận dạng sai được tạo ra từ hai nguồn. Thứ nhất là sai số sinh ra do lấy mẫu. Và sau đó là sai số tạo ra bởi ánh xạ f , mà thực chất nằm ở chỗ chọn số m và các ngưỡng.

Sai số do lấy mẫu sẽ là tùy ý bé khi ta chọn tỷ lệ giữa thời gian lấy mẫu θ và chu kỳ lấy mẫu T_m hợp lý (xem [5]). Do vậy, ở đây ta chỉ tập trung vào sai số do chính ánh xạ f gây ra.

Mệnh đề 2. Chỉ có thể nhận dạng đúng một đoạn đường cong cơ sở khi có thể nhóm các điểm tạo nên đoạn đó thành ít nhất hai nhóm, với độ tỉ mỉ không quá $F_m = 1/T_m$.

Chứng minh: Giả sử chỉ có thể nhóm các điểm tạo nên đoạn cơ sở thành một nhóm. Khi đó đoạn đường cong tương đương một đoạn thẳng và với một giá trị của f là f_0 chỉ xác định được:

- Đường cong đi ngang nếu $f_0 = 0$,
- Đường cong đi lên nếu $f_0 > 0$,
- Đường cong đi xuống nếu $f_0 < 0$.

Nhưng mặt khác, chỉ xác định được đường cong là lồi hay lõm khi có tối thiểu hai giá trị của f trên đoạn đó. Vậy phải nhóm được ít nhất thành hai nhóm các điểm trên đoạn đó mới phân biệt được đó là đoạn thẳng hay lồi hoặc lõm.

Như vậy, để khảo sát những thay đổi nhỏ của đường cong, cần phải chia nhỏ các nhóm ra. Giới hạn của việc chia nhỏ là ở mỗi nhóm phải tồn tại ít nhất một điểm không thuộc vào nhóm tiếp sau. Nói cách khác là bị chặn bởi khả năng lấy mẫu. Ta biết mức tỉ mỉ đạt được của việc lấy mẫu không vượt quá F_m , do vậy mức tỉ mỉ của phương pháp cũng không quá F_m .

Như vậy, với mệnh đề 2 có thể khẳng định rằng những biến đổi của đường cong với tần số nhỏ hơn F_m đều có thể chọn số m để nhận dạng đúng các đoạn cơ sở. Trong trường hợp này, số m được coi là số điểm không trùng nhau giữa hai nhóm liền tiếp nhau. Số m lớn nhất, ký hiệu là m_{max} được xác định bởi công thức (3).

III - PHƯƠNG PHÁP DELTA

Nhằm đưa ra một ví dụ về kỹ thuật xử lý, chúng ta chọn phương pháp Delta. Các ánh xạ được xây dựng như sau:

$$f_2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=2}^k (y_{k_i} - y_{k_1}) \quad (4)$$

Từ giá trị thực của f_2 , chọn các giá trị ngưỡng ng_1, ng_2, \dots với $ng_{i+1} > ng_i$ để xác định ánh xạ f_1 theo quy tắc:

$$f_1 = \begin{cases} i & ng_{i-1} \leq f_2 < ng_i \\ 0 & |f_2| \leq ng_1 \\ i & -ng_{i-1} \geq f_2 > -ng_i \end{cases} \quad (5)$$

và $f = f_1 \cdot f_2$.

Rõ ràng phép biến đổi này dựa vào độ chênh về biên độ của các điểm trên đường cong để làm lộ ra mối liên hệ với dáng điệu đường cong, nên ta gọi tên phương pháp này là phương pháp Delta. Phép biến đổi này phụ thuộc vào yêu cầu nhận dạng từng đường cong trong thực tế thông qua việc chọn các ngưỡng ng_i . Giả sử có thể chọn được các giá trị ngưỡng thích hợp và xác định được số m hợp lý, ta có:

Mệnh đề 3. Tồn tại mối quan hệ một một giữa các dạng đoạn đường cong cơ sở và độ dốc đỉnh sóng với phép biến đổi Delta.

Chứng minh: Ta sẽ chứng minh sự tồn tại bằng cách chỉ ra chính mối quan hệ đó. Với các đoạn cơ sở ta thấy:

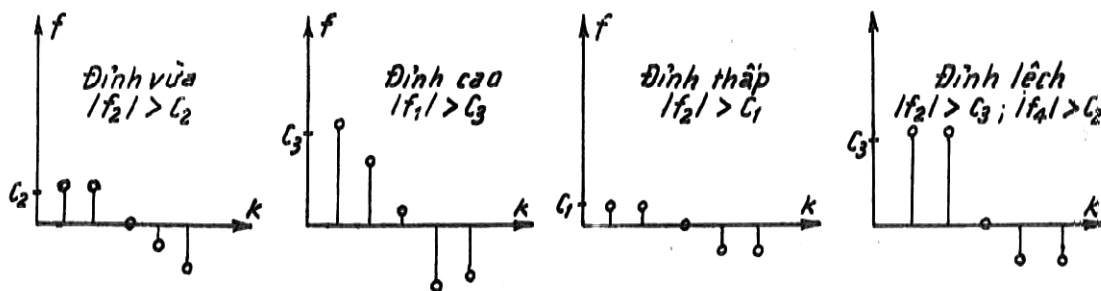
- a) bằng : $f = 0$;
- b) đều : $f = i = \text{const.}$;
- c) lồi : f đơn điệu giảm;
- d) lõm : f đơn điệu tăng;
- e) đỉnh : f đổi dấu.

Các độ dốc đỉnh sóng cần được xem xét cẩn thận hơn. Trên hình 3, độ dốc đỉnh sóng được chia làm ba mức căn cứ vào độ dốc sườn sóng. Nếu trong trường hợp nào đấy, cần quan tâm tới biên độ của đỉnh sóng chứ không phải độ nghiêng sườn sóng, thì rõ ràng không cần áp dụng kỹ thuật xử lý. Do vậy, mối quan hệ giữa các độ dốc đỉnh sóng với ánh xạ f sẽ là:

f đổi dấu (đỉnh sóng) và $\exists |f_k| > c = \text{const.}$

Nếu có ba độ dốc đỉnh sóng khác nhau, thì cần chọn ba hằng số c_1, c_2 và c_3 . Tuy nhiên, khi đỉnh sóng lệch, hai sườn sóng có độ dốc khác nhau, có thể đề ra tiêu chuẩn riêng cho từng sườn sóng. Hình 5 mô tả dáng của hàm f cho trường hợp này.

Chúng ta dễ dàng chứng minh rằng các dạng chỉ ra ở trên của hàm f là không trùng nhau. Điều đó tạo ra mối quan hệ một một giữa dáng điệu đường cong và dạng của hàm f .



Hình 5. Hàm f với các độ dốc đỉnh sóng khác nhau.

Tồn tại hai vấn đề mà ta phải giải quyết khi chọn ngưỡng. Một là chọn bao nhiêu ngưỡng. Hai là giá trị ngưỡng bằng bao nhiêu. Hai vấn đề này liên quan tới nhau và phụ thuộc vào yêu cầu nhận dạng.

Để giải quyết hai vấn đề trên, trước hết phải xem xét ý nghĩa của ngưỡng. Xuất phát từ

(4) và (5), rõ ràng một ngưỡng cho biết độ biến thiên về biên độ của đoạn đường cong ở mức độ nào. Độ biến thiên này liên quan tới độ nghiêng của đường cong. Chia ngưỡng chính là chia độ nghiêng của đường cong thành các mức khác nhau. Với việc chia ngưỡng, thay cho việc chỉ nhận dạng 5 dạng đoạn đường cong cơ sở thành nhận dạng một tập lớn hơn nhiều.

Các giá trị ngưỡng được chọn căn cứ vào độ nghiêng giới hạn cho từng lớp. Giới hạn này thường là những giá trị thực nghiệm. Giá trị đường cong được vẽ theo một tỷ lệ quen thuộc giữa biên độ và thời gian. Khi đó giá trị ngưỡng sẽ tỷ lệ với $\sin \alpha$ (α là góc nghiêng giới hạn).

Mệnh đề 4. Số lượng ngưỡng bằng số các góc nghiêng giới hạn đủ để đáp ứng mọi yêu cầu nhận dạng với các giá trị ngưỡng được tính bằng: $n_{g_i} = m.tg\alpha_i$, α góc nghiêng tới hạn thứ i .

IV - KẾT LUẬN

Nhận dạng đường cong tín hiệu bằng kỹ thuật xử lý ảnh cho phép phối hợp giữa kỹ thuật xử lý số liệu số với nhận dạng dựa trên tri thức. Đó là một hướng nhận dạng ngày càng có nhiều ứng dụng thực tế. Đặc biệt là việc tự động hóa các quá trình nhận dạng trước đây được thực hiện bởi con người.

Để áp dụng có kết quả kỹ thuật này, ngoài việc chú ý tới các kết quả đã nêu, còn cần phải quan tâm tới những yêu cầu nhận dạng cụ thể, trong đó có những tri thức kinh nghiệm. Tuy vậy, vẫn có những kỹ thuật có thể khái quát hóa cho một hay một số lớp đường cong như việc chọn số m , chọn góc nghiêng giới hạn.

Thực tế kỹ thuật xử lý được xây dựng trên cơ sở phỏng theo quá trình nhận dạng bằng mắt. Do vậy chắc chắn cần có những bước nghiên cứu tiếp tục để khai thác được những ưu điểm của nó, mà những kết quả trình bày ở đây mới chỉ là bước đầu. Ta hy vọng rằng đây sẽ là một kỹ thuật có nhiều ứng dụng để nhận dạng đường cong tín hiệu trong tương lai.

Nhận ngày 1-8-1990

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bạch Hưng Khang, Hoàng Kiếm, Trí tuệ nhân tạo. Các phương pháp và ứng dụng. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 216 tr., 1989.
2. Franks, L. E., Signal Theory. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J., 317 pp., 1969.
3. Kunt, M., Traitement numerique des Signaux. Editions Georgi. Lausanne, 401 pp., 1980.
4. Lê Tự Thành, Mai Thị Thu, Nhận dạng đường cong điện tim (Tài liệu đề tài "Xử lý ảnh"). Viện Tin học, Hà Nội, 30 tr., 1989.
5. Max, J., Methodes et Techniques de Traitement du Signal et Applications aux Mesures physiques. Masson et CIE, Paris (bản dịch tiếng Việt của GS. Nguyễn Văn Ngộ), 401 tr., 1985.

(Xem tiếp trang 33)