

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình mã hóa liên khung hình (inter-frame coding) cho phép xác định các khối ảnh lặp lại. Sau đó, thực hiện một quy trình mã hóa riêng cho các khối ảnh lặp lại nhằm giảm kích thước chuỗi bit mã hóa và loại bỏ các ảnh hưởng tiêu cực của sai số lượng tử. Bên cạnh đó, sáng chế cũng trình bày một số giải pháp để tăng tốc công đoạn xác định khối ảnh lặp lại.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, các chuẩn mã hóa video đều thực hiện dựa trên sơ đồ mã hóa video lai như đã được mô tả trong tài liệu kỹ thuật “Video codec for audio visual services at $p \times 64$ kbit/s” của Hiệp hội Viễn thông quốc tế – lĩnh vực Tiêu chuẩn Viễn thông (ITU-T) công bố tháng 3 năm 1993 hay trong tài liệu khuyến nghị về chuẩn H.264/AVC của Hiệp hội ITU-T năm 2003 và tài liệu khuyến nghị về chuẩn H.265/HEVC của Hiệp hội ITU-T vào tháng 4 năm 2013. Tuy nhiên, sơ đồ này có hạn chế về kích thước chuỗi bit sau mã hóa của các khối ảnh lặp lại. Nguyên nhân xuất phát từ sai số của cặp quá trình lượng tử và giải lượng tử nằm trong khối ảnh dự đoán. Quy trình mã hóa liên khung hình của sơ đồ mã hóa lai (Hybrid Coding Scheme) này được minh họa trên Hình 1. Theo đó, bộ mã hóa thực hiện tuần tự các công đoạn sau để sinh ra chuỗi bit mã hóa E từ khung hình đầu vào I :

- chia khung hình của video đầu vào I thành các khối ảnh nhỏ 12;
- dự đoán liên ảnh 13;
- biến đổi sang miền tần số và lượng tử hóa 14;
- mã hóa Entropy 15;
- Giải lượng tử và biến đổi ngược 17;
- Khôi phục ảnh 18;

- trong bộ mã hóa cũng bao gồm giai đoạn xây dựng khung hình sau giải mã D 20 và lọc bởi các bộ lọc khác 19 phục vụ cho giai đoạn dự đoán liên ảnh và đảm bảo bộ mã hóa và giải mã sử dụng chung tập hợp khung hình tham chiếu.

Trên Hình 1, để bắt đầu mã hóa một khung hình, khung hình đầu vào I sẽ được chia thành các khối ảnh chữ nhật hoặc vuông nhỏ hơn. Từng khối ảnh nhỏ này đi qua công đoạn dự đoán liên ảnh để tìm ra khối ảnh giống nhất trong tập hợp khung hình tham chiếu D (khung hình sau giải mã D). Khối ảnh giống nhất sẽ được lựa chọn làm khối ảnh dự đoán trong việc tính toán sai khác R .

Công đoạn biến đổi và lượng tử hóa thực hiện công việc loại bỏ các thành phần tần số cao ít ảnh hưởng đến mắt người trong từng khối ảnh sai khác R . Trong đó, quá trình biến đổi sẽ chuyển dữ liệu sai khác R từ miền không gian sang miền tần số. Tiếp đó, quá trình lượng tử loại bỏ các thành phần tần số cao thông qua việc chia các phần tử của khối ảnh sai khác R trong miền tần số cho các hệ số lượng tử tương ứng.

Công đoạn mã hóa Entropy tiếp nhận các dữ liệu sau để thực hiện mã hóa:

- ma trận sai khác R sau lượng tử;
- dữ liệu vectơ chuyển động;
- dữ liệu điều khiển.

Công đoạn xây dựng dữ liệu khung hình sau giải mã D trong Hình 1 nhằm đảm bảo bộ mã hóa và giải mã có chung tập hợp khung hình tham chiếu D trong quá trình khôi phục ảnh. Công đoạn này bao gồm các quá trình theo thứ tự sau:

- quá trình giải lượng tử và biến đổi ngược 18 tiếp nhận dữ liệu sai khác R sau lượng tử và xây dựng một phiên bản sai khác gần đúng của dữ liệu sai khác R là R' (gọi là khung hình sai khác sau giải lượng tử và biến đổi ngược);

- quá trình khôi phục 18 xây dựng dữ liệu tương đương với ảnh gốc từ tập hợp dữ liệu khung hình tham chiếu sau giải mã D , dữ liệu sai khác sau giải lượng tử và biến đổi ngược R' và vector chuyển động;
- lọc bởi các bộ lọc khác (optional filters) có vai trò giảm thiểu những ảnh hưởng tiêu cực của việc thực hiện mã hóa khung ảnh theo các khối ảnh nhỏ và sai số lượng tử.

Thực tế chỉ ra rằng, khung hình sau giải mã D chỉ là một mô hình xấp xỉ của khung hình gốc I . Sai khác này bắt nguồn từ sai số của cặp quá trình lượng tử và giải lượng tử. Do đó, quá trình dự đoán liên ảnh truyền thống không có khả năng tìm kiếm khối ảnh trùng lặp của khối ảnh cần mã hóa, nó chỉ có khả năng tìm kiếm ra khối ảnh giống nhất. Chính vì vậy, mặc dù tín hiệu video đầu vào có những khung hình liên tiếp giống nhau, tuy nhiên giá trị sai khác R luôn luôn khác giá trị 0. Hệ quả của sai số lượng tử đối với những video loại này là kích thước của chuỗi bit sau mã hóa lớn hơn so với kích thước thực tế có thể đạt được và chất lượng hình ảnh giảm xuống. Bên cạnh đó, thời gian mã hóa và giải mã Entropy cũng tăng do xuất hiện nhiều dữ liệu ngẫu nhiên và khác giá trị 0.

Để phân tích rõ hơn ảnh hưởng của sai số lượng tử, một tình huống mô phỏng được thực hiện như sau:

- video mẫu tham gia phân tích bao gồm hai khung hình I_0 và I_1 , trong đó $I_0 \equiv I_1$;
- sử dụng mã hóa ảnh JPEG phân tích ảnh hưởng sai số lượng tử;
- khung hình I_0 được mã hóa bằng mã hóa JPEG và sinh ra chuỗi bit JPEG E_0 ;
- khung hình sau giải mã D_0 là khung hình được giải mã từ chuỗi bit E_0 ;
- khung hình I_1 được mã hóa tương tự như mã hóa liên khung hình:

- do $I_1(x) \equiv I_0(x)$ nên tại mỗi điểm ảnh x trong khung hình I_1 có thể sử dụng trực tiếp dữ liệu điểm ảnh x tại khung hình sau giải mã D_0 làm dữ liệu dự đoán;
- dữ liệu sai khác tại điểm ảnh x được tính như sau $R_1(x) = I_1(x) - D_0(x)$;
- thực hiện mã hóa JPEG với dữ liệu sai khác R_1 , sinh ra chuỗi bit JPEG sau mã hóa E_1 .
- xây dựng chuỗi bit JPEG mong muốn E_{mm} từ dữ liệu sai khác mong muốn $R_{mm} \equiv 0$;
- thực hiện so sánh kích thước hai chuỗi JPEG E_1 với chuỗi bit E_{mm} .

Hình 2 trình bày kết quả mô phỏng ảnh hưởng của sai số lượng tử lên mã hóa video JPEG, bao gồm kích thước chuỗi bit JPEG E_{mm} (có đuôi ký hiệu zeros) của khung hình sai khác mong muốn và kích thước của chuỗi bit JPEG E_1 được sinh ra từ dữ liệu sai khác $R_1(x) = (I_1(x) - D_0(x))$. Rõ ràng, kích thước chuỗi bit E_{mm} hoàn toàn không phụ thuộc vào hệ số của ma trận lượng tử và luôn luôn nhỏ hơn kích thước chuỗi bit mã hóa E_1 . Sự chênh lệch về kích thước chuỗi bit sau mã hóa tăng dần theo hệ số của ma trận lượng tử. Với hệ số của ma trận lượng tử phổ biến là 75 thì kích thước của chuỗi bit sau mã hóa E_1 lớn gấp từ 4 đến 5 lần so với giá trị thực tế có thể E_{mm} . Tại độ phân giải 352×288 , sự chênh lệch này tương đương khoảng 10 ki-lô byte, nhưng khi độ phân giải tăng đến 1920×1080 hay 2K kích thước chuỗi bit sau mã hóa E_1 tăng thêm tương đương với vài trăm ki-lô byte cho từng khung hình. Xét về mặt chất lượng, khung hình sau giải mã D_1 sẽ cho chất lượng giống hệt với chất lượng hình ảnh sau giải mã D_0 khi giá trị sai khác $R \equiv R_{mm} \equiv 0$. Trong khi đó, với giá trị R_1 , một lần nữa khung hình sau giải mã D_1 chịu ảnh hưởng của sai số lượng tử.

Một giải pháp giúp loại bỏ sai số của cặp quá trình lượng tử và giải lượng tử đã được trình bày trong báo cáo “An Efficient Video Coding Algorithm

Targeting Low Bitrate Stationary Cameras” của nhóm tác giả Nguyễn Ngọc Sinh, Bùi Duy Hiếu và Trần Xuân Tú tại Hội nghị quốc tế về Mạch tích hợp, Thiết kế và Kiểm chứng (ICDV 2013) vào tháng 11 năm 2013 và trong báo cáo “Reducing Temporal Redundancy in MJPEG using Zipfian Estimation Techniques” của cùng nhóm tác giả tại Hội nghị khoa học Châu Á – Thái Bình Dương lần thứ 12 của IEEE về Mạch và Hệ thống (IEEE APCCAS 2014) vào tháng 11 năm 2014. Trong các báo cáo này, kích thước chuỗi bit sau mã hóa chỉ đạt được kích thước mong muốn và triệt tiêu được ảnh hưởng của sai số lượng tử trên các khối ảnh tĩnh. Trong đó, khối ảnh tĩnh là khối ảnh không tồn tại chuyển động, được xác định bằng việc sử dụng các thuật toán nhận biết chuyển động như Sigma-Delta, Zipfian. Tuy nhiên, phương pháp này bộc lộ một số hạn chế sau:

- xây dựng khung hình tham chiếu để xác định khối ảnh tĩnh từ tập hợp các khung hình trước đó:
 - yêu cầu lượng phép tính lớn để xác định khung hình tham chiếu;
 - khung hình tham chiếu không có mối liên hệ với các khung hình trong tương lai.
- khối ảnh tĩnh được xác định chỉ dựa trên việc so sánh điểm ảnh của khung hình cần mã hóa với điểm ảnh có cùng vị trí trên khung hình tham chiếu. Do đó, không có khả năng đánh giá được những khối ảnh giống nhau nhưng khác vị trí trong các khung ảnh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất một quy trình mã hóa liên khung hình video để hỗ trợ xác định các khối ảnh lặp lại trong các khung hình, giảm kích thước chuỗi bit sau mã hóa và loại bỏ hiệu ứng do sai số lượng tử cho các khối

ảnh lặp lại. Để đạt được mục đích trên, sáng chế đề xuất quy trình mã hóa video bao gồm các công đoạn như sau:

- công đoạn xác định các khối ảnh lặp lại thực hiện công việc tìm kiếm khối ảnh trùng lặp trong phạm vi khu vực tìm kiếm (search region) nằm trong khung hình tham chiếu I . Kết quả của công đoạn này chỉ ra vectơ lặp lại của khối ảnh lặp lại hoặc đưa ra kết quả không tồn tại khối ảnh trùng lặp trong khu vực tìm kiếm của các khung hình tham chiếu I ;
- công đoạn mã hóa bao gồm hai thành phần, mỗi khối ảnh chỉ tham gia duy nhất một phần:
 - công đoạn mã hóa và khôi phục khối ảnh lặp lại được áp dụng cho các khối ảnh lặp lại;
 - quá trình mã hóa thực hiện mã hóa Entropy các dữ liệu của khối ảnh lặp lại bao gồm ma trận không (dữ liệu sai khác mong muốn) cùng với dữ liệu vectơ lặp lại và các dữ liệu điều khiển khác;
 - quá trình khôi phục dữ liệu của khối ảnh lặp lại xây dựng dữ liệu của khung hình sau giải mã D từ dữ liệu vectơ lặp lại và dữ liệu trong tập hợp khung hình tham chiếu đã giải mã D trước đó.
 - công đoạn mã hóa các khối ảnh còn lại theo quy trình mã hóa liên khung hình theo sơ đồ mã hóa video lai (Hybrid Coding Scheme).

Ngoài ra, sáng chế cũng đề xuất một số giải pháp để tăng tốc thực hiện giai đoạn xác định các khối ảnh lặp lại.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để hiểu rõ hơn về sáng chế, các hình vẽ và sơ đồ được mô tả và giải thích vắn tắt như sau:

Hình 1 minh họa quy trình mã hóa liên khung hình truyền thống trong sơ đồ sơ đồ mã hóa video lai;

Hình 2 minh họa kết quả mô phỏng của tính huống so sánh kích thước chuỗi bit liên khung hình mong muốn và chuỗi bit liên khung hình thực tế khi chịu ảnh hưởng từ sai số lượng của video gồm hai khung hình giống nhau;

Hình 3 minh họa các khối chức năng của quy trình mã hóa liên khung hình đề xuất cho phép tìm kiếm các khối ảnh lặp lại, và giúp các khối ảnh lặp lại đạt được kích thước mong muốn và triệt tiêu ảnh hưởng tiêu cực của sai số lượng tử;

Hình 4 minh họa các khối chức năng của giai đoạn xác định khối ảnh lặp lại;

Hình 5 minh họa lưu đồ thuật toán trong quá trình kiểm tra hai khối ảnh trùng lặp;

Hình 6 minh họa các khối chức năng trong giai đoạn mã hóa và khôi phục các khối ảnh lặp lại;

Hình 7 minh họa lưu đồ dữ liệu trong quá trình xác định khối ảnh lặp lại dựa trên thành phần xám;

Hình 8 minh họa toàn bộ sắc thái của ảnh xám được biểu diễn bằng ảnh 8-bit (trái) và 5-bit (phải);

Hình 9 minh họa một ví dụ về thứ tự thực hiện tính toán trên các điểm ảnh trong phương pháp xác định nhanh các khối ảnh không trùng lặp; và

Hình 10 minh họa sơ đồ chi tiết của quy trình mã hóa liên khung hình cho phép tìm kiếm các khối ảnh lặp lại và giúp các khối ảnh lặp lại đạt được kích thước tối thiểu đồng thời triệt tiêu ảnh hưởng tiêu cực của sai số lượng tử.

Mô tả chi tiết sáng chế

Để có thể giảm kích thước chuỗi bit sau mã hóa và khắc phục những ảnh hưởng tiêu cực do sai số lượng tử trong mã hóa liên khung hình của sơ đồ sơ đồ mã hóa video lai, nhóm tác giả đề xuất một quy trình mã hóa liên khung hình. Nguyên lý hoạt động của quy trình đề xuất trong sáng chế dựa trên việc phân tích sự lặp lại của các khối ảnh và được mô tả khái quát qua hệ phương trình 1:

$$I_t \equiv I_{t'} \Rightarrow \begin{cases} R_t \equiv R'_t \equiv 0 \\ D_t \equiv D_{t'} + R'_t \equiv D'_t \end{cases} \quad (1)$$

Nếu khối ảnh I_t đã xuất hiện trong tập hợp các khung hình gốc đã được mã hóa trước đó $I_{t'}$ thì giá trị khối ảnh khôi phục D_t bằng với giá trị khối ảnh $D_{t'}$ trước đó và dữ liệu sai khác R được gán bằng giá trị 0. Giá trị 0 này có ý nghĩa đặc biệt trong việc giảm kích thước khối ảnh sau mã hóa và loại bỏ sai số lượng tử $R - R'$.

Hình 3 trình bày sơ đồ khối tổng thể của quy trình mã hóa liên khung hình theo sáng chế. Trên Hình 3, để mã hóa liên khung một khung hình video I 41, bộ mã hóa thực hiện tuần tự các công đoạn sau:

- Chia nhỏ khung hình video I thành các khối ảnh 42;
- Ghép cặp khối ảnh để xác định khối ảnh lặp lại 43;
- Xác định khối ảnh lặp lại 44;
- mã hóa và khôi phục khối ảnh lặp 46 lại hoặc thực hiện mã hóa khối không lặp lại theo quy trình mã hóa liên khung hình trong sơ đồ mã hóa lai 45.

Công đoạn xác định khối ảnh lặp lại 44 đánh giá khối ảnh cần mã hóa đã xuất hiện hay chưa thông qua tìm kiếm khối ảnh trùng lặp trong vùng tìm kiếm. Tuy nhiên khác với vùng tìm kiếm trong mã hóa video truyền thống chỉ đến tập hợp các khung hình sau giải mã D , vùng tìm kiếm sử dụng trong giai đoạn xác định khối ảnh lặp lại chỉ đến tập hợp các khung hình gốc I (vùng tìm kiếm khối lặp lại). Kết quả của giai đoạn này là chỉ ra vectơ lặp lại hoặc trả về tín hiệu thể hiện không tồn tại khối ảnh trùng lặp.

Quá trình mã hóa và khôi phục khối ảnh lặp lại là quá trình mã hóa được thiết kế dành riêng cho các khối ảnh lặp lại. Tất cả các khối ảnh lặp lại sẽ được mã hóa bằng quá trình này. So với quy trình mã hóa liên khung hình các khối trong thông thường, quy trình này được lược giản một số quá trình không cần thiết dựa trên tính chất sai khác $R \equiv 0$.

Đối với các khối ảnh không phải khối ảnh lặp lại sẽ được mã hóa bằng quy trình mã hóa liên khung hình trong sơ đồ mã hóa lai.

Hình 4 trình bày sơ đồ khối của công đoạn xác định khối ảnh lặp lại. Để kiểm tra khối ảnh đầu vào I 51 đã xuất hiện hay chưa, công đoạn này lần lượt thực hiện các quá trình sau cho đến khi tìm ra khối ảnh trùng lặp hoặc kết thúc khu vực tìm kiếm lặp lại:

- chọn khối ảnh tham chiếu 53 trong tập hợp các khung hình tham chiếu I (là khung hình gốc nhưng đã được mã hóa trước đó);
- ghép cặp khối ảnh để kiểm tra trùng lặp 54;
- kiểm tra trùng lặp 55;
- nếu kết quả khối đầu vào là khối trùng lặp thì trả về kết quả là khối lặp lại và vectơ lặp lại IV;
- nếu kết quả khối đầu vào là không trùng lặp thì kiểm tra điều kiện kết thúc vùng kiểm tra 57;
- nếu chưa kết thúc vùng kiểm tra thì lựa chọn khối tham chiếu 53 để kiểm tra tiếp;
- nếu kết thúc vùng kiểm tra thì trả về kết quả không phải khối lặp lại.

Trong Hình 4, tập hợp các khung hình gốc I sử dụng cho quá trình xác định khối ảnh lặp lại được đưa vào tập hợp khung tham chiếu I được lưu trữ và cập nhật tuân theo các nguyên tắc sau:

- nếu khung hình sau giải mã của khung hình thứ t (D_t) được sử dụng trong công đoạn dự đoán liên ảnh (inter prediction) của sơ đồ mã hóa

lai, khung hình gốc I tại thời điểm t (I_t) có thể được lưu trữ và sử dụng cho giai đoạn xác định khối ảnh lặp lại;

- nếu khung hình sau giải mã của khung hình t (D_t) không được sử dụng trong công đoạn dự đoán liên ảnh của sơ đồ mã hóa lai, thì dữ liệu khung hình gốc I tại thời điểm t (I_t) cũng không tồn tại trong tập hợp khung hình sử dụng cho giai đoạn xác định khối ảnh lặp lại.

Trong Hình 4, khu vực tìm kiếm (search region) hay khu vực lựa chọn khối ảnh tham chiếu sẽ tuân theo nguyên tắc khu vực tìm kiếm của công đoạn dự đoán liên ảnh trong sơ đồ sơ đồ mã hóa video lai. Nhưng thay vì tìm kiếm trong tập hợp khung hình tham chiếu sau giải mã D thì thực hiện tìm kiếm trong tập hợp khung hình gốc I .

Trong Hình 4, vector lặp lại (IV) có nguyên tắc định dạng giống với vector chuyển động của công đoạn dự đoán liên ảnh của sơ đồ mã hóa video lai. Tuy nhiên vector lặp lại sẽ chỉ đến vị trí khối ảnh nằm trong tập hợp khung hình gốc I .

Trong Hình 4, việc kiểm tra trùng lặp đánh giá sự tương đồng giữa khối ảnh cần mã hóa và khối ảnh được lựa chọn trong vùng tìm kiếm của tập hợp khung hình gốc I . Quá trình kiểm tra trùng lặp có thể được xây dựng từ các thuật toán kiểm tra sự tương đồng giữa các khối ảnh (template matching). Trường hợp dễ hình dung nhất là tính tổng số điểm ảnh sai khác giữa hai khối ảnh cần so sánh, sau đó đánh giá dựa trên tỷ lệ sai khác.

Trong Hình 4, bất cứ khi nào quá trình kiểm tra trùng lặp trả về giá trị là hai khối ảnh giống nhau thì công đoạn xác định khối ảnh lặp lại cho khối ảnh hiện tại sẽ kết thúc đồng thời trả về vector lặp lại. Sau đó, chuyển tiếp qua giai đoạn mã hóa và khôi phục khối ảnh lặp lại. Nếu hai khối ảnh được kiểm tra không phải là trùng lặp của nhau, quay lại lựa chọn một khối ảnh khác trong vùng tìm kiếm để kiểm tra cho đến khi hoàn tất tìm kiếm trong toàn bộ vùng tìm kiếm. Trong trường hợp không tồn tại khối ảnh trùng lặp, sơ đồ mã hóa lai sẽ được áp dụng.

Hình 5 trình bày lưu đồ thuật toán của quá trình kiểm tra trùng lặp và được mô tả lại như sau:

Bước 61: lựa chọn ghép cặp khối đầu vào I và khối tham chiếu M để so sánh;

Bước 62 : với mỗi cặp khối ảnh đầu vào I và M , quá trình kiểm tra trùng lặp sẽ khởi tạo các giá trị vị trí điểm ảnh $x = 0$ và số điểm ảnh sai khác tối đa $sum = bthresh$;

Bước 63 tính và so sánh trị tuyệt đối sai khác của $I(x)$ và $M(x)$ với hằng số $pthresh$;

- nếu trị tuyệt đối sai khác lớn hơn $pthresh$ chuyển qua (64);
- ngược lại, chuyển qua (67).

Bước 64 so sánh sum với 0;

- nếu $sum \equiv 0$ trả về kết quả hai khối ảnh là không trùng lặp (bước 65);
- nếu $sum \neq 0$ thực hiện giảm sum xuống 1 đơn vị (bước 66);

Bước 67 tăng vị trí điểm ảnh x ;

Bước 68 kiểm tra vị trí x ;

- nếu x nằm ngoài khối ảnh, trả về giá trị hai khối ảnh là trùng lặp (bước 69);
- nếu x vẫn thuộc khối ảnh quay lại (63).

Trong quá trình kiểm tra trùng lặp có hai hằng số quan trọng $bthresh$ và $pthresh$:

- $pthresh$ là ngưỡng sai khác điểm ảnh. Đối với mỗi thành phần màu, $pthresh$ bị giới hạn bởi khả năng phân biệt các sắc thái khác nhau trong thành phần màu đó của hệ thống thị giác con người;;
- hằng số $bthresh$ là số điểm ảnh sai khác tối đa trong một khối ảnh. Giá trị $bthresh$ đại diện cho ngưỡng tỷ lệ sai khác giữa hai khối ảnh được so sánh và được tính như công thức sau:

$$bthresh = p \times s \quad (2)$$

- trong đó, s số điểm ảnh trong từng khối ảnh. p là ngưỡng tỷ lệ số điểm sai khác trong khối ảnh ($p < 10\%$).

Trên Hình 6 trình bày dữ liệu và các quá trình trong công đoạn mã hóa và khôi phục khối ảnh lặp lại. Nếu bước kiểm tra khối lặp lại 71 trả về kết quả là khối lặp lại thì tạo dữ liệu của khối ảnh lặp lại bao gồm:

- dữ liệu vector lặp lại;
- dữ liệu ma trận không là ma trận có kích thước bằng với khối ảnh cần mã hóa và toàn bộ dữ liệu trong ma trận có giá trị 0. Ma trận không chính là dữ liệu sai khác mong muốn của khối ảnh lặp lại;
- các dữ liệu điều khiển khác là các dữ liệu điều khiển cần thiết sử dụng để mã hóa Entropy 71 cho các khung hình trong sơ đồ mã hóa liên khung hình video lại;
- dữ liệu các khung hình sau giải mã D ;
- bộ mã hóa Entropy 73 chính là bộ mã hóa Entropy của sơ đồ mã hóa lại ở Hình 1. Bộ mã hóa này sẽ tiếp nhận và mã hóa bộ dữ liệu của khối ảnh lặp lại bao gồm dữ liệu ma trận 0, dữ liệu điều khiển và vector khối ảnh lặp lại;
- quá trình khôi phục dữ liệu khối ảnh lặp lại 74 thực hiện sao chép dữ liệu tại vị trí vector lặp lại. Tuy nhiên trong quá trình khôi phục, vector lặp lại chỉ đến dữ liệu nằm trong tập hợp khung hình sau giải mã D 75 thay vì dữ liệu trong tập hợp khung hình gốc như trong công đoạn xác định khối ảnh lặp lại. Từ đây, vai trò và giá trị sử dụng của vector lặp lại là hoàn toàn trùng lặp với vector chuyển động.

Toàn bộ quy trình mã hóa liên khung hình đề xuất hỗ trợ xác định khối ảnh lặp lại, giảm kích thước chuỗi bit sau mã hóa và triệt ảnh hưởng của sai số lượng tử cho khối ảnh lặp lại đã được trình bày hoàn toàn thỏa mãn hệ phương trình 1.

Hình 7 trình bày sơ đồ khối của phương pháp xác định khối ảnh lặp lại rút gọn dựa trên thành phần xám của các khung hình. Phương pháp này chỉ sử dụng

thành phần xám thay vì tất cả các thành phần khung hình (thành phần xám và thành phần màu). Các bước thực hiện được mô tả như sau:

Bước 82 tách lấy thành phần chói Y của khối ảnh đầu vào I 81;

Bước 84 lựa chọn khối ảnh tham chiếu M từ tập hợp thành phần chói của khung hình tham chiếu I 83;

Bước 85 ghép cặp khối ảnh để kiểm tra sự tương đồng giữa của hai khối ảnh xám M và Y ;

Bước 86 :

- nếu hai khối ảnh là trùng lặp, trả về giá trị vector lặp lại và kết thúc (bước 87);
- ngược lại, chuyển sang bước 88;

Bước 88 kiểm tra vị trí khối ảnh hiện tại với vị trí khối ảnh cuối cùng của vùng kiểm tra:

- nếu khối ảnh hiện tại là khối ảnh cuối cùng, trả về giá trị không trùng lặp và kết thúc quá trình xác định khối ảnh lặp lại (bước 89);
- ngược lại, quay lại Bước 84.

Sử dụng thành phần xám cho đánh giá trùng lặp của hai khối ảnh xuất phát từ thực tế trong một vùng không gian tìm kiếm nhỏ thì:

trùng lặp $\cong$ *không chuyển động* $\equiv$ *sai khác bằng 0 hoặc đủ nhỏ*.

Nhiệm vụ xác định chuyển động hoàn toàn có thể thực hiện dựa trên phân tích thành phần xám. Trong thực tế, phần lớn các thuật toán xác định chuyển động cũng chỉ dựa trên việc phân tích thành phần xám;

Hằng số *pthresh* được xây dựng từ đặc tính giới hạn khả năng phân biệt các sắc thái của từng thành phần màu của hệ thống thị giác con người. Đối với thành phần xám (chói), hệ thống thị giác con người có khả năng phân biệt khoảng 32 sắc thái của màu xám. Do đó, giới hạn của *pthresh* được tính như trong công thức sau:

$$pthresh \leq \frac{2^x}{32} = 2^{x-5} \quad (3)$$

- trong đó x là độ dài bit để biểu diễn một sắc thái màu xám của ảnh gốc.

Trong các bức ảnh/khung hình số, những điểm ảnh liên tiếp có một mối liên hệ hay sự tương quan về mặt giá trị. Những điểm ảnh liên tiếp thuộc cùng một vật thể có giá trị tương đối gần nhau. Dựa vào đặc tính này, một thứ tự thực hiện so sánh các điểm ảnh trong quá trình trùng lặp cho phép xác định nhanh các khối ảnh không trùng lặp được đề xuất như sau:

- trong các cặp khối ảnh so sánh thì các điểm ảnh trong khối ảnh được phân cấp thành các điểm ưu tiên (điểm cấp độ 1) và vùng ưu tiên;
 - Điểm ưu tiên hay điểm cấp độ 1 là điểm thỏa mãn tính chất sau:
 - số điểm cấp độ 1 là nhỏ nhất;
 - các điểm cấp độ 1 và các điểm ảnh lân cận trong bán kính có giá trị bằng 1 điểm ảnh bao trùm toàn bộ khối ảnh;
 - các điểm cấp độ 1 không nằm liền kề nhau hay không là lân cận của nhau.
 - Vùng ưu tiên là vùng tồn tại điểm ưu tiên có trị tuyệt đối sai khác lớn hơn hằng số $pthresh$. Vùng ưu tiên lấy điểm ưu tiên là trọng tâm và có bán kính bằng một điểm ảnh.
 - Việc so sánh các điểm ảnh sẽ được thực hiện theo thứ tự ưu tiên như sau: vùng ưu tiên > điểm ưu tiên > vùng không ưu tiên. Nguyên lý hoạt động được mô tả như sau:
 - lần lượt thực hiện tính toán cho các điểm cấp độ 1 x_m ;
 - nếu x_m có trị tuyệt đối sai khác nhỏ hơn hoặc bằng $pthresh$. Vùng xung quanh x_m là vùng không ưu tiên và chuyển qua tính toán cho điểm cấp 1 tiếp theo;

- ngược lại, điểm xung quanh x_m là vùng ưu tiên và thực hiện tính toán cho vùng ưu tiên này ngay lập tức. Khi kết thúc vùng ưu tiên sẽ chuyển sang điểm cấp 1 kế tiếp;
- khi kết thúc toàn bộ điểm cấp 1 chuyển qua tính toán cho các vùng không ưu tiên;
- Lưu ý: quá trình này kết thúc bất cứ khi nào $sum \equiv 0$ như trong Hình 5.

Hình 9 trình bày một ví dụ về thứ tự thực hiện tính toán trên các điểm ảnh. Các điểm x_1, x_2, x_3, x_4, x_n là các điểm thuộc cùng một cấp độ 1. Thực hiện tính toán sẽ diễn ra tuần tự từ điểm x_1 cho đến điểm cấp độ 1 có trị tuyệt đối sai khác lớn hơn $pthresh$, trong Hình 9 là điểm x_3 . Điều này đồng nghĩa với việc vùng xung quanh điểm x_3 là vùng ưu tiên và sẽ được ưu tiên thực hiện tính toán trên vùng ưu tiên này ngay lập tức. Sau khi hoàn tất tính toán trong vùng ưu tiên sẽ quay trở lại tính toán cho các điểm cấp 1 tiếp theo. Khi hoàn tất kiểm tra toàn bộ điểm cấp 1 và các vùng ưu tiên thì chuyển qua kiểm tra các điểm thuộc vùng không ưu tiên còn lại.

Hình 10 thể hiện sơ đồ chi tiết của quy trình mã hóa liên khung hình hỗ trợ xác định khối ảnh lặp lại, giảm kích thước chuỗi bit sau mã hóa và loại bỏ ảnh hưởng của sai số lượng tử cho các khối ảnh lặp lại. Với mỗi khối ảnh của video đầu vào I 121, quy trình mã hóa được thực hiện như sau:

Bước 123 lựa chọn khung tham chiếu trong khu vực tìm kiếm của tập hợp các khung hình tham chiếu I 122;

Bước 124 ghép cặp khối ảnh bao gồm khối ảnh tham chiếu và khối ảnh cần mã hóa sẽ được kiểm tra tính trùng lặp.;

Bước 125 kiểm tra xem hai khối ảnh là trùng lặp hay không, kết quả của bước này trả về tính chất của hai khối ảnh đã được so sánh là trùng lặp hoặc không, trong đó:

- nếu hai khối ảnh đầu vào là trùng lặp, kết thúc giai đoạn xác định khối ảnh trùng lặp và:

- thực hiện mã hóa Entropy 130 với bộ dữ liệu khối ảnh lặp lại: dữ liệu điều khiển, vector lặp lại IV, dữ liệu ma trận không để tạo ra chuỗi bit sau mã hóa E 131;
- khôi phục dữ liệu khối ảnh lặp lại 127 bằng việc sao chép dữ liệu của khung hình sau giải mã D 134 tại vị trí vector lặp lại.
- ngược lại, kiểm tra kết thúc vùng tìm kiếm 126;
 - nếu kết thúc vùng tìm kiếm thì thực hiện mã hóa như trong quy trình mã hóa liên khung hình trong sơ đồ mã hóa lai ở Hình 1, bao gồm:
 - thực hiện dự đoán liên ảnh 128,
 - biến đổi và lượng tử hóa 129,
 - mã hóa Entropy 130,
 - khôi phục dữ liệu ảnh sau giải mã là khung hình tham chiếu D 134:
 - giải lượng tử và biến đổi ngược 131,
 - khôi phục ảnh 132,
 - lọc bởi các bộ lọc 133;
 - ngược lại, quay lại bước lựa chọn khung tham chiếu (123).

Yêu cầu bảo hộ

1. Quy trình mã hóa liên khung hình hỗ trợ xác định khối ảnh lặp lại, giảm kích thước chuỗi bit sau mã hóa và loại bỏ ảnh hưởng của sai số lượng tử cho các khối ảnh lặp lại, quy trình này bao gồm các công đoạn:

(i) công đoạn xác định khối ảnh trùng lặp:

với mỗi khối ảnh đầu vào I mà cần được mã hóa của dòng video đầu vào I (121), thực hiện như sau:

lựa chọn khung tham chiếu I trong khu vực tìm kiếm của tập hợp các khung hình tham chiếu I (I nghĩa là hình ảnh gốc chưa mã hóa) (122);

lựa chọn khối ảnh tham chiếu M trong khung hình tham chiếu I nêu trên (123);

ghép cặp khối ảnh để kiểm tra tính trùng lặp, mỗi cặp khối ảnh bao gồm khối ảnh đầu vào I cần mã hóa và khối ảnh tham chiếu M (124);

kiểm tra xem hai khối ảnh là trùng lặp hay không (125) kết quả của quá trình này trả về tính chất của hai khối ảnh đã được so sánh là trùng lặp hoặc không, trong đó:

(a) nếu hai khối ảnh đầu vào là trùng lặp, kết thúc công đoạn xác định khối ảnh trùng lặp và chuyển đến

(ii) công đoạn mã hóa và khôi phục khối lặp lại:

thực hiện mã hóa entropy (130) với bộ dữ liệu khối ảnh lặp lại, bộ dữ liệu này bao gồm: dữ liệu điều khiển, dữ liệu vector lặp lại (IV), dữ liệu ma trận không 0, ma trận này có kích thước bằng với khối ảnh mã hóa, để tạo ra chuỗi bit sau mã hóa E (131),

khôi phục dữ liệu khối ảnh lặp lại bằng việc sao chép dữ liệu của khung hình sau giải mã D tại vị trí vector lặp lại, trong quá trình này, vector lặp lại có giá trị sử dụng tương đương với vector chuyển động và đều chỉ đến vị trí khối ảnh dự đoán trong tập hợp khung hình sau giải mã D ;

(b) ngược lại, nếu hai khối ảnh đầu vào là không trùng lặp thì kiểm tra điều kiện kết thúc vùng tìm kiếm, trong đó:

nếu chưa kết thúc vùng tìm kiếm thì quay lại bước lựa chọn khối ảnh tham chiếu (123) trong (i) công đoạn xác định khối trùng lặp;

ngược lại, nếu kết thúc vùng tìm kiếm thì chuyển sang (iii) công đoạn mã hóa liên khung hình lai theo sơ đồ mã hóa lai bao gồm:

thực hiện dự đoán liên ảnh (128),

biến đổi và lượng tử hóa (129),

mã hóa Entropy (130),

khôi phục dữ liệu khung hình sau giải mã D (134) gồm: giải lượng tử và biến đổi ngược (131), khôi phục ảnh (132), lọc bởi các bộ lọc (133);

trong đó, trong (ii) công đoạn xác định khối ảnh lặp lại thì:

(ii.1) vùng tìm kiếm khối lặp lại nằm trên khung hình gốc I và dữ liệu khung hình gốc I được đưa vào tập hợp khung tham chiếu I (để so sánh sau này) được cập nhật và lưu trữ theo nguyên tắc sau:

nếu khung hình sau giải mã của khung hình thứ t (D_t) được sử dụng trong công đoạn mã hóa liên khung hình lai (hybrid inter-frame prediction) theo sơ đồ mã hóa lai, thì khung hình gốc I tại thời điểm t (I_t) có thể được lưu trữ và sử dụng cho công đoạn xác định khối ảnh trùng lặp;

nếu khung hình sau giải mã của khung hình t (D_t) không được sử dụng trong công đoạn mã hóa liên khung hình lai theo sơ đồ mã hóa lai, thì dữ liệu khung hình gốc I tại thời điểm t (I_t) cũng không được lưu trữ và sử dụng cho công đoạn xác định khối ảnh trùng lặp; và

(ii.2) quá trình kiểm tra tính trùng lặp thực hiện kiểm tra tính trùng lặp của hai khối ảnh đầu vào I và M thông qua các bước sau:

bước 1: khởi tạo các giá trị vị trí điểm ảnh $x = 0$ và số điểm ảnh sai khác tối đa $sum = bthresh$;

bước 2: tính và so sánh trị tuyệt đối sai khác của $I(x)$ và $M(x)$ với hằng số $pthresh$:

- nếu trị tuyệt đối sai khác lớn hơn $pthresh$ chuyển qua bước 3,
- ngược lại, chuyển qua bước 4;

bước 3: so sánh sum với 0:

- nếu $sum \equiv 0$ kết thúc kiểm tra và trả về hai khối ảnh là không trùng lặp,
- nếu $sum \not\equiv 0$ giảm sum xuống 1 đơn vị;

bước 4: tăng vị trí điểm ảnh x ;

bước 5: kiểm tra vị trí x :

- nếu x nằm ngoài khối ảnh, kết thúc và trả về hai khối ảnh trùng lặp,
- nếu x vẫn thuộc khối ảnh quay lại bước 2; và

(ii.3) quá trình kiểm tra tính trùng lặp giữa khối ảnh cần mã hóa và khối ảnh tham chiếu được thực hiện một cách rút gọn bằng việc chỉ phân tích trên thành phần xám và hằng số $pthresh$ có giá trị tối đa được tính như sau:

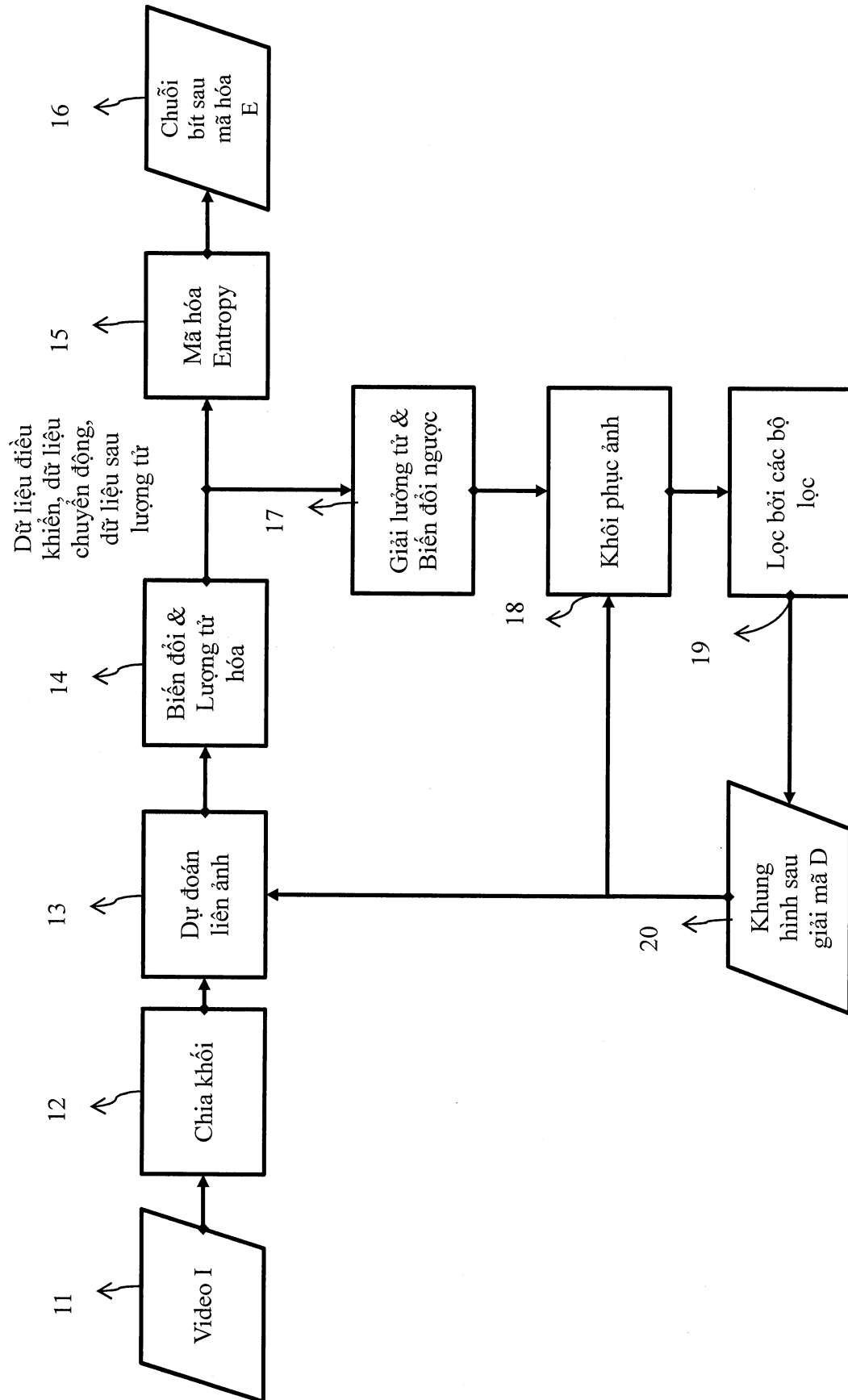
$$pthresh \leq \frac{2^x}{32} = 2^{x-5},$$

trong đó x là độ dài bit để biểu diễn một sắc thái màu xám của ảnh gốc.

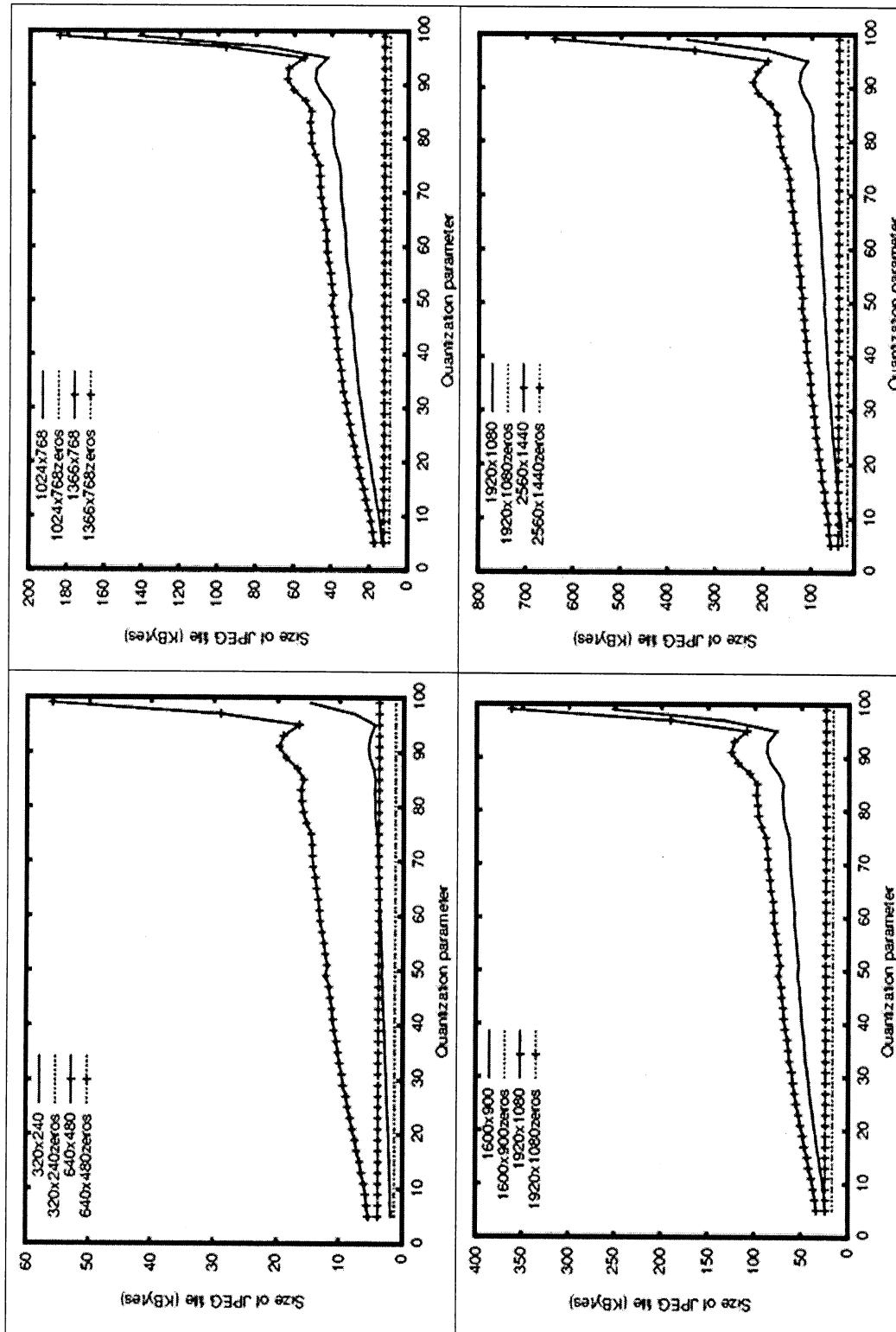
2. Quy trình theo điểm 1, trong đó với công đoạn xác định khối ảnh trùng lặp thì quá trình kiểm tra tính trùng lặp giữa khối ảnh cần mã hóa và khối ảnh tham chiếu được tăng tốc bằng việc xác định nhanh hai khối ảnh không trùng lặp thông qua thực hiện so sánh theo thứ tự ưu tiên như sau: vùng ưu tiên > điểm ưu tiên (điểm cấp độ 1) > vùng không ưu tiên, trong đó:

- vùng ưu tiên này có các đặc tính sau:
 - tồn tại điểm ưu tiên có trị tuyệt đối sai khác lớn hơn hằng số $pthresh$;

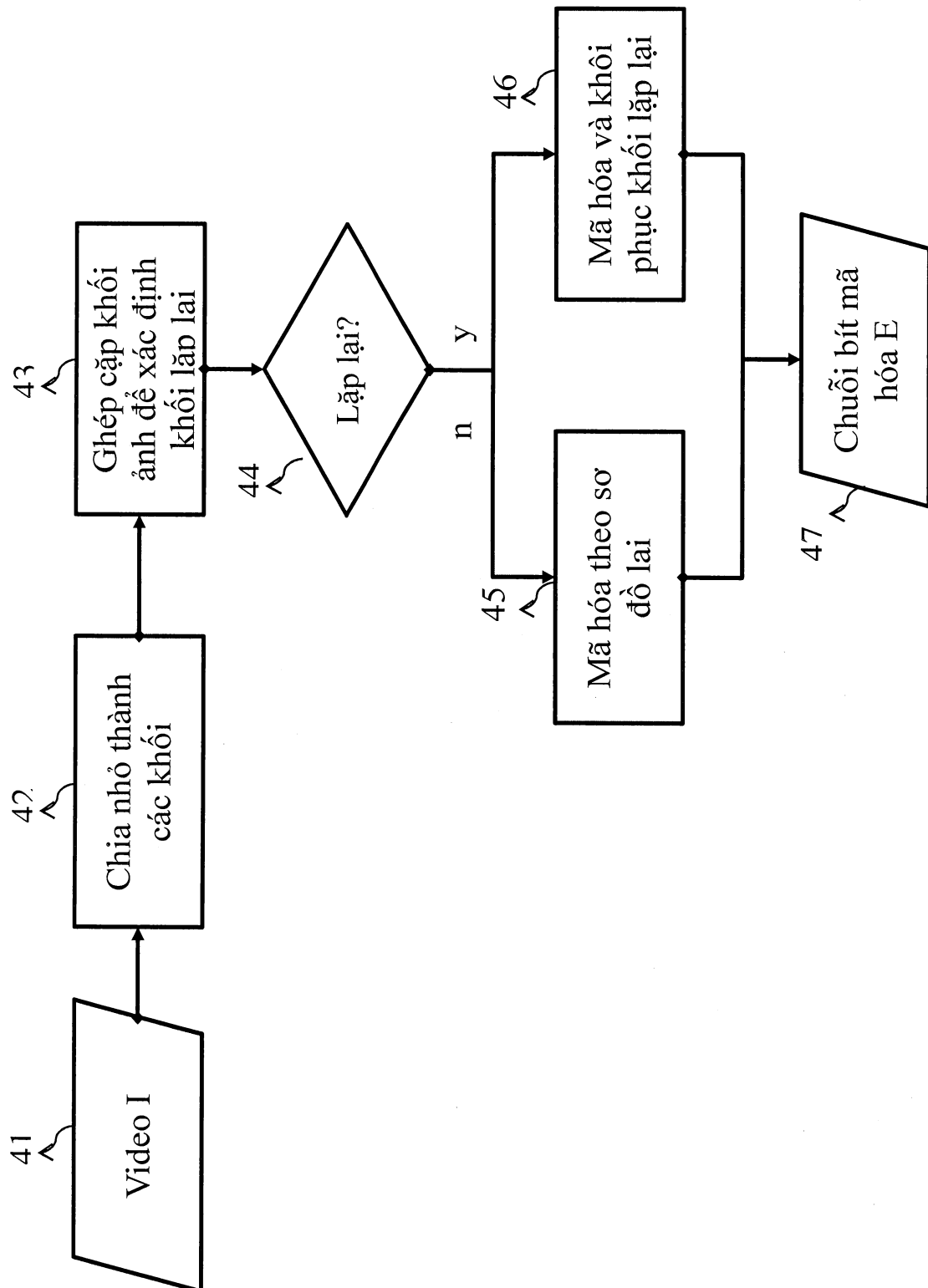
- có bán kính bằng 1 và lấy trọng tâm là điểm ưu tiên.
- điểm ưu tiên được xác định theo nguyên tắc sau:
 - tổng số điểm ưu tiên phải nhỏ nhất nhưng phải đảm bảo toàn bộ các điểm ưu tiên và những điểm lân cận có bán kính bằng 1 bao trùm toàn bộ các điểm ảnh trong khối ảnh;
 - các điểm ưu tiên không nằm liền kề nhau.



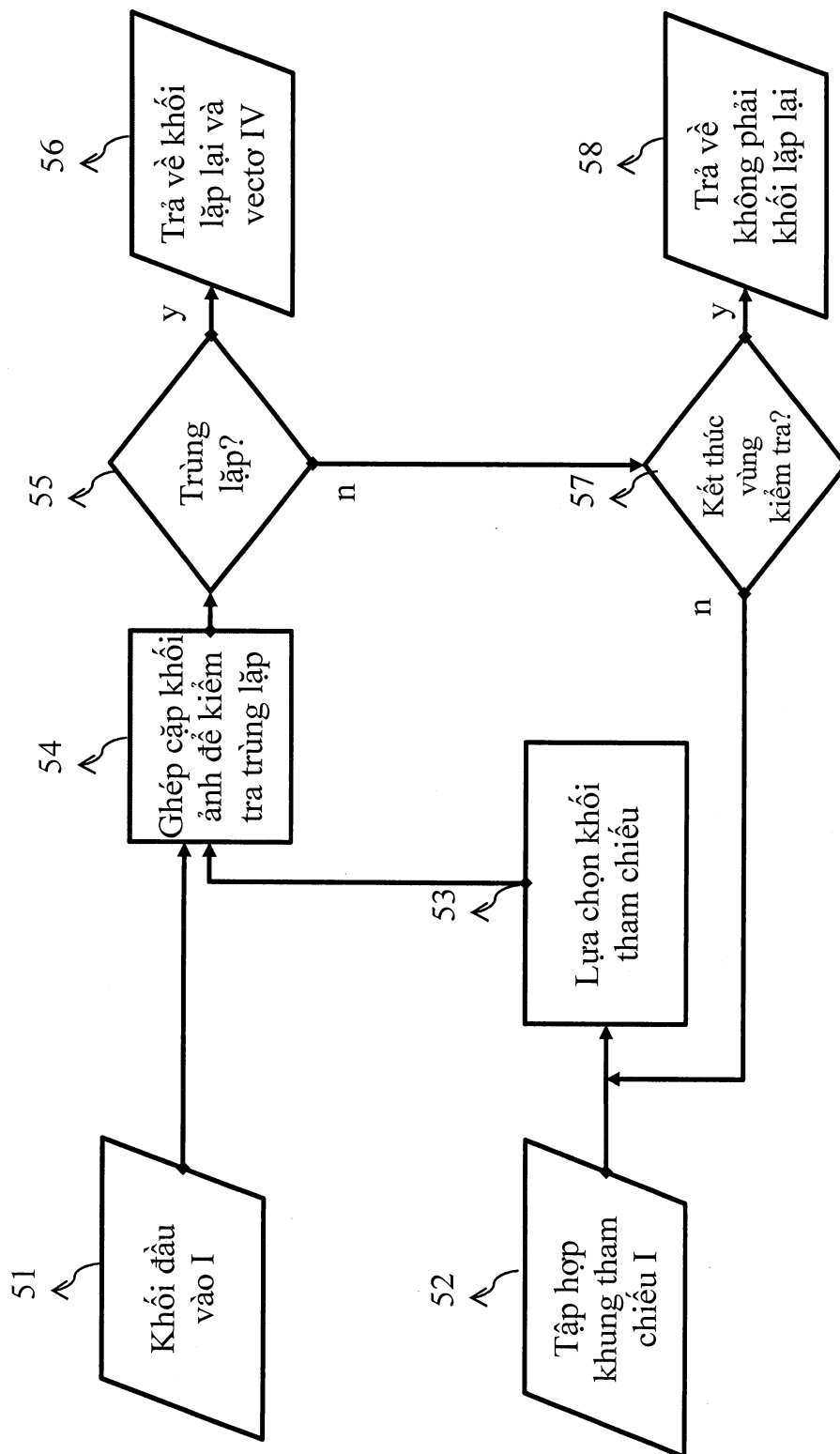
Hình 1



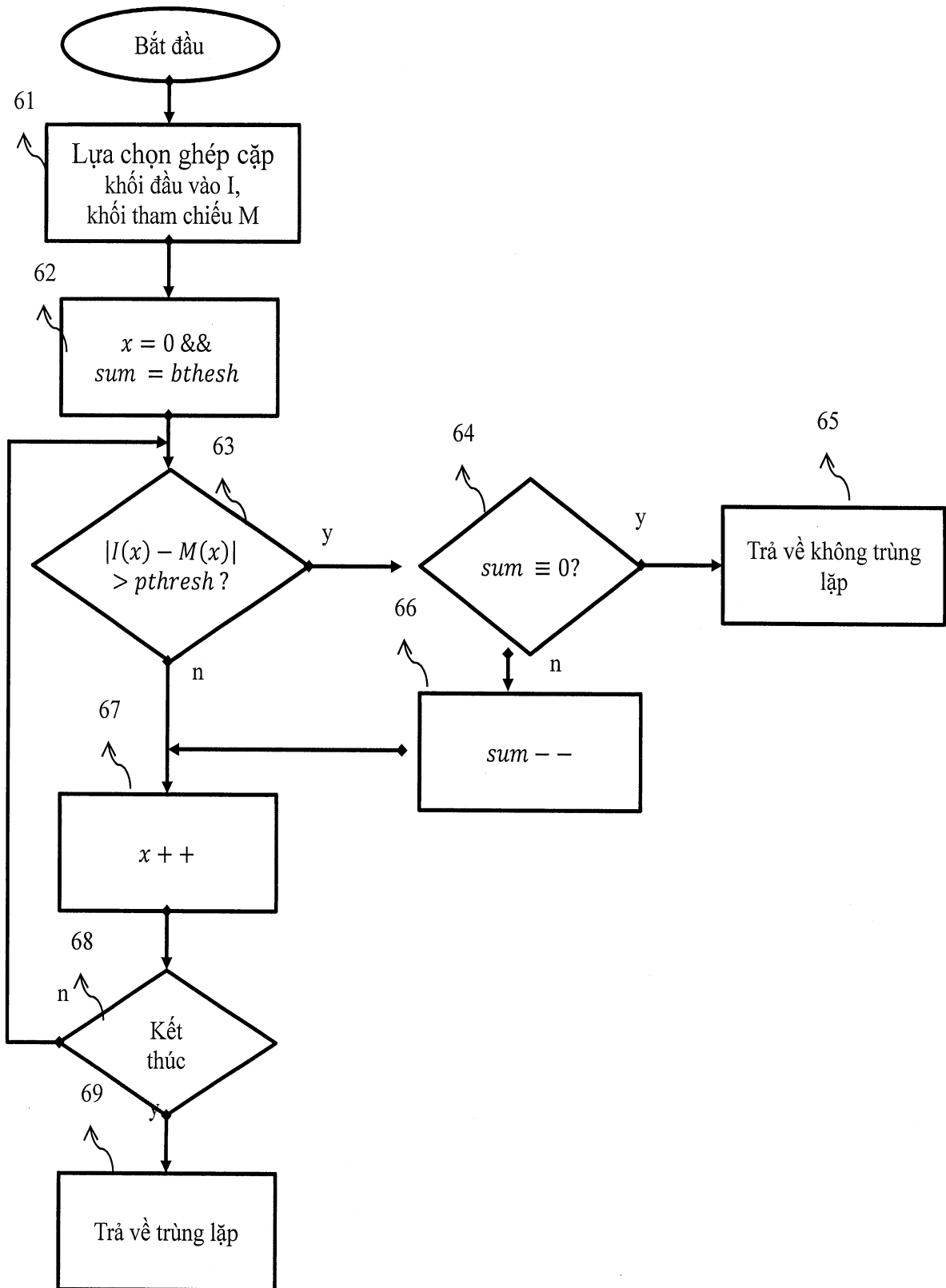
Hình 2



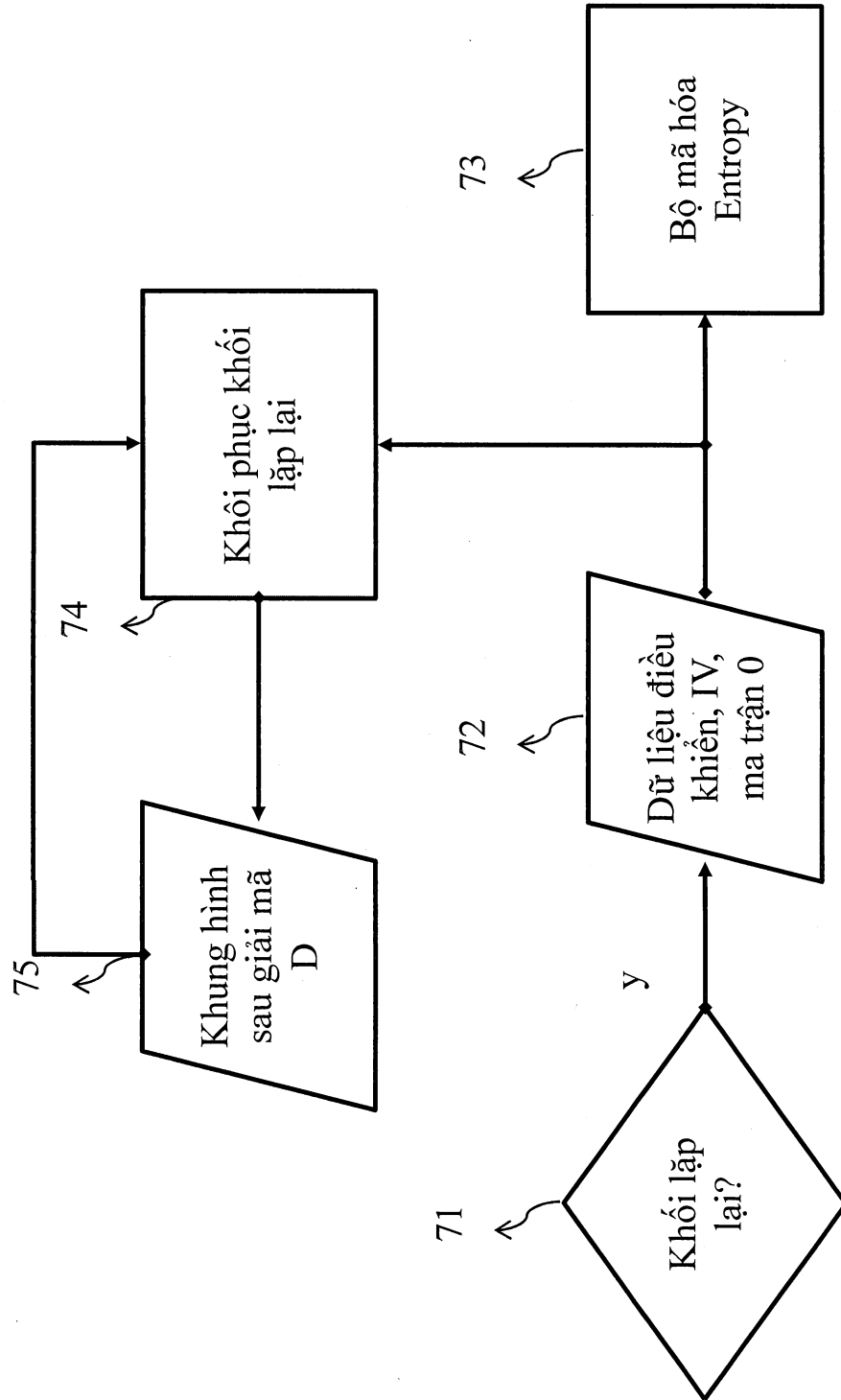
Hình 3



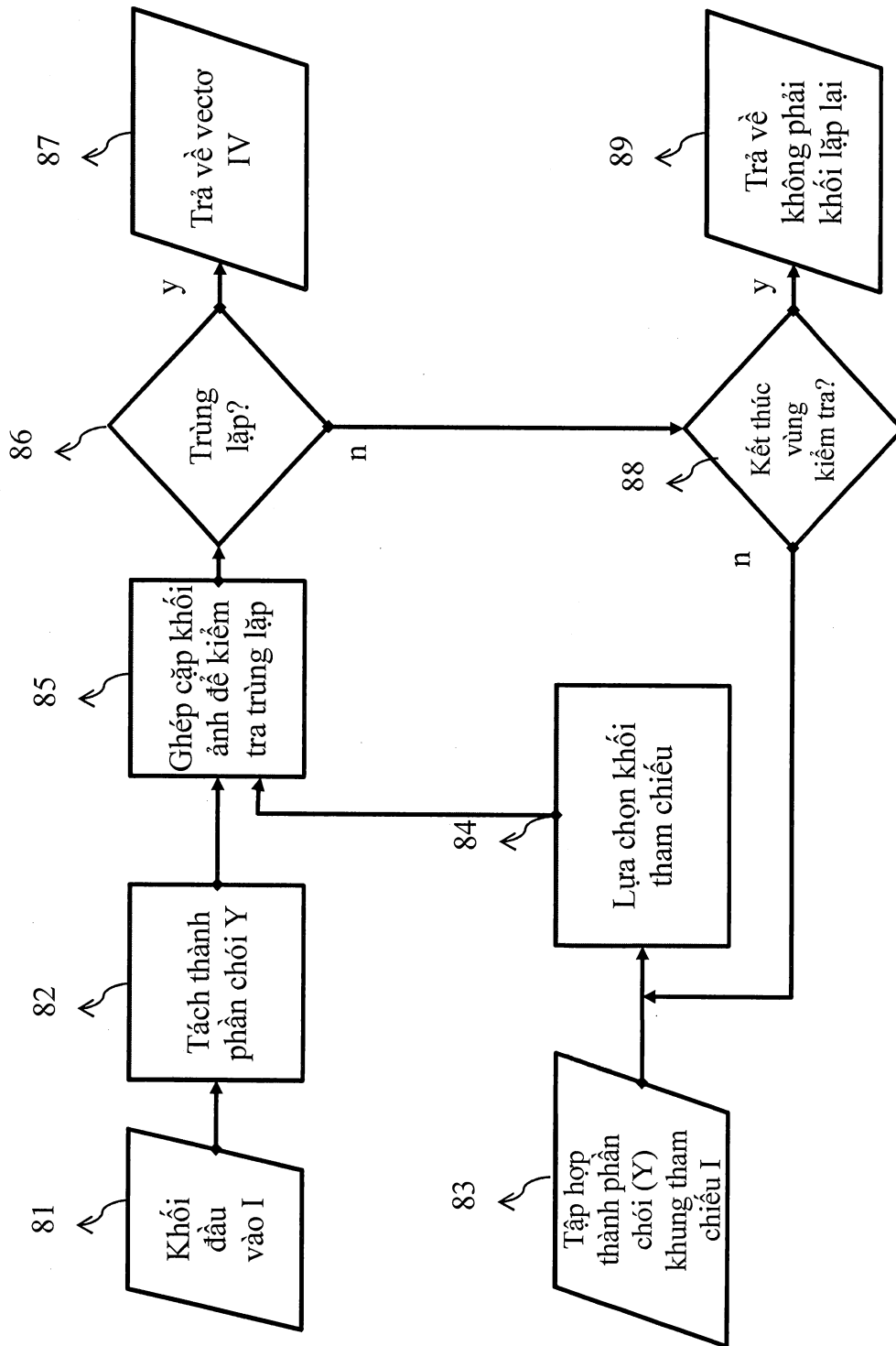
Hình 4



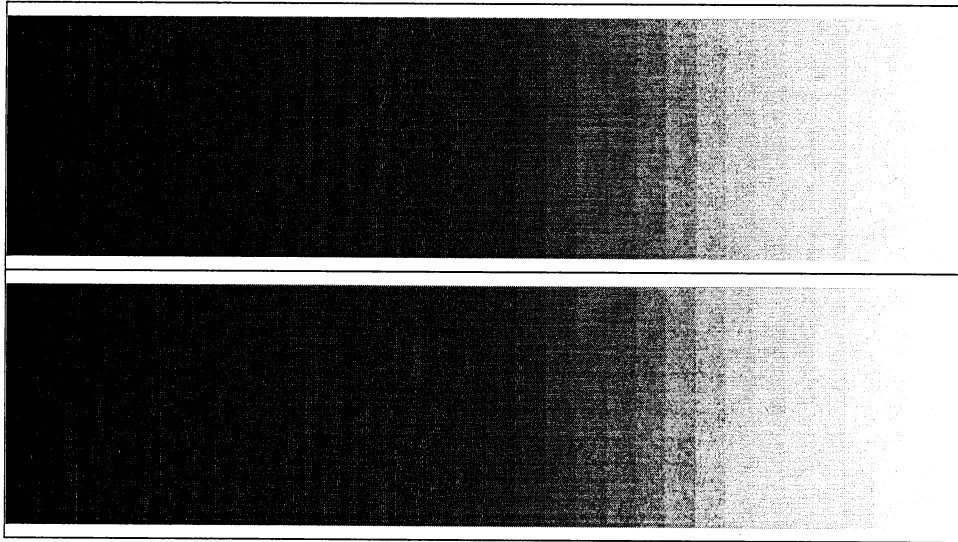
Hình 5



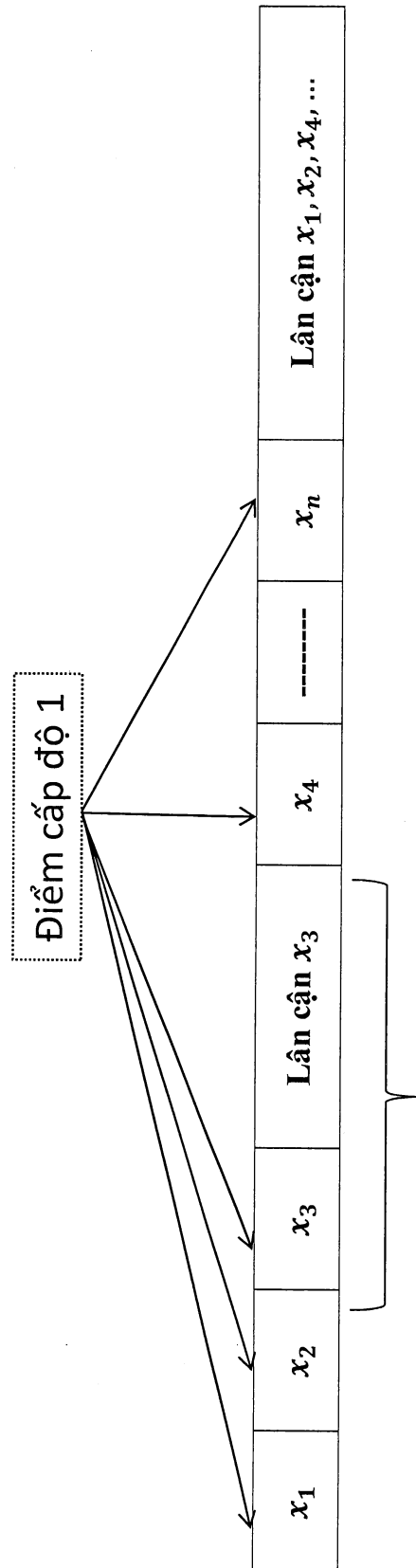
Hình 6



Hình 7



Hình 8



Hình 9

