



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0046021
(51)^{2020.01} H04N 19/50; H04N 19/42; H04N 19/156; H04N 19/186 (13) B
-

- (21) 1-2020-05371 (22) 21/02/2019
(86) PCT/EP2019/054376 21/02/2019 (87) WO2019/162413 29/08/2019
(30) 1802972.8 23/02/2018 GB; 1820023.8 07/12/2018 GB
(45) 26/05/2025 446 (43) 25/11/2020 392A
(73) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)
30-2 SHIMOMARUKO 3-CHOME OHTA-KU, Tokyo 146-8501, Japan
(72) LAROCHE, Guillaume (FR); TAQUET, Jonathan (FR); ONNO, Patrice (FR);
GISQUET, Christophe (FR).
(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)
-

- (54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ DẪN XUẤT CÁC THAM SỐ, PHƯƠNG PHÁP
VÀ THIẾT BỊ GIẢI MÃ ẢNH VÀ VẬT GHI MÁY TÍNH ĐƯỢC ĐỌC ĐƯỢC

(21) 1-2020-05371

(57) Sáng chế đề cập đến dự báo giữa các thành phần và các phương pháp suy ra mô hình tuyến tính để thu được mẫu thành phần thứ nhất cho khối thành phần thứ nhất từ mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết của khối thành phần thứ hai trong cùng khung, phương pháp bao gồm bước xác định các tham số của phương trình tuyến tính biểu diễn đường thẳng đi qua hai điểm, mỗi điểm được định nghĩa bằng hai biến, biến thứ nhất tương ứng với giá trị mẫu thành phần thứ hai, biến thứ hai tương ứng với giá trị mẫu thành phần thứ nhất, dựa trên các mẫu được tái tạo của cả thành phần thứ nhất lẫn thành phần thứ hai; và suy ra mô hình tuyến tính được định nghĩa bởi các tham số đường thẳng.



Fig. 10

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến việc mã hóa hoặc giải mã các khối của thành phần video cụ thể, cụ thể là dự báo trong các khối thành phần này hoặc thu được các mẫu của các khối này. Sáng chế tìm ra các ứng dụng trong việc thu được các khối của thành phần, thường là các khối của thành phần sắc độ, của dữ liệu video từ các mẫu của thành phần khác, thường là các mẫu độ sáng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mã hóa dự báo dữ liệu video dựa trên việc phân chia các khung thành các khối pixel (điểm ảnh). Đối với mỗi khối pixel, khối dự báo được tìm kiếm trong dữ liệu có sẵn. Khối dự báo có thể là khối trong khung tham chiếu khác với khối hiện tại ở các chế độ mã hóa ngoài (INTER), hoặc được tạo từ các pixel lân cận trong khung hiện tại ở các chế độ mã hóa trong (INTRA). Các chế độ mã hóa khác nhau được định nghĩa theo các cách khác nhau xác định khối dự báo. Kết quả của việc mã hóa này là báo hiệu của khối dự báo và khối phần dư bao gồm trong hiệu số giữa khối cần được mã hóa và khối dự báo.

Liên quan đến các chế độ mã hóa trong, các chế độ khác nhau thường được đề xuất, chẳng hạn chế độ dòng một chiều (Direct Current, DC), chế độ phẳng và các chế độ góc. Mỗi một chế độ tìm kiếm dự báo các mẫu của khối sử dụng các mẫu biên được giải mã trước đó từ các khối lân cận trong không gian.

Việc mã hóa có thể được thực hiện cho mỗi thành phần tạo thành các pixel của dữ liệu video. Mặc dù biểu diễn đỏ - xanh lá - xanh dương (RGB, Red-Green-Blue) đã được biết, song biểu diễn YUV tốt hơn nên được sử dụng để mã hóa để giảm dư thừa giữa các kênh. Theo các chế độ mã hóa này, khối pixel có thể được xem là bao gồm vài, thường là ba, khối thành phần. Khối pixel RGB bao gồm khối thành phần R chứa các giá trị của thành phần R của các pixel của khối, khối thành phần G chứa các giá trị của thành phần G của các pixel này, khối thành phần B chứa các giá trị của thành phần B của các

pixel này. Một cách tương tự, khối pixel YUV bao gồm khối thành phần Y (độ sáng), khối thành phần U (sắc độ) và khối thành phần V (cũng là sắc độ). Ví dụ khác là YCbCr, trong đó Cb và Cr cũng được biết đến là các thành phần sắc độ. Tuy nhiên, tương quan giữa các thành phần (cũng được gọi là chéo thành phần) vẫn được quan sát cục bộ.

Để cải thiện hiệu quả nén, việc sử dụng dự báo giữa các thành phần (Cross-Component Prediction, CCP) đã được nghiên cứu trong lĩnh vực ứng dụng chính của CCP liên quan đến độ sáng- sắc độ. Nghĩa là các mẫu độ sáng đã được mã hóa và được tái tạo lại từ dữ liệu được mã hóa (như là bộ giải mã) và sắc độ được dự báo từ độ sáng. Tuy nhiên, các biến thể sử dụng CCP để dự báo sắc độ - sắc độ hoặc tổng quát hơn đối với dự báo thành phần thứ nhất đến thành phần thứ hai (bao gồm RGB).

CCP có thể áp dụng ngay cho khối pixel sắc độ hoặc có thể áp dụng cho khối sắc độ phần dư (nghĩa là hiệu số giữa khối sắc độ và bộ dự báo khối sắc độ).

Chế độ mô hình tuyến tính (LM) sử dụng mô hình tuyến tính để dự báo sắc độ từ độ sáng làm chế độ dự báo trong sắc độ, dựa vào một hoặc hai tham số, độ dốc (α) và độ lệch (β), cần được xác định. Do vậy, bộ dự báo trong sắc độ được suy ra từ các mẫu độ sáng được tái tạo của khối độ sáng hiện tại sử dụng mô hình tuyến tính có các tham số.

Độ tuyến tính, tức là, các tham số α và β , được suy ra từ các mẫu kết quả được tái tạo, cụ thể là từ tập hợp mẫu sắc độ lân cận bao gồm các mẫu sắc độ được tái tạo liền kề khối sắc độ hiện tại để dự báo và từ tập hợp mẫu độ sáng lân cận bao gồm các mẫu độ sáng lân cận khối độ sáng hiện tại.

Cụ thể là, đối với khối sắc độ $N \times N$, N lân cận của hàng trên và N lân cận của cột trái được sử dụng để tạo thành tập hợp mẫu sắc độ lân cận để dẫn xuất.

Tập hợp mẫu độ sáng lân cận cũng được tạo từ N mẫu lân cận ngay phía trên khối độ sáng tương ứng và N mẫu lân cận ở bên trái của khối độ sáng.

Đã biết đến giảm kích thước của dữ liệu video để mã hóa mà không làm giảm đáng kể việc hiển thị hình ảnh, bằng cách lấy mẫu phụ các thành phần sắc độ. Các chế độ lấy mẫu phụ đã biết được dán nhãn 4:1:1, 4:2:2, 4:2:0.

Trong tình huống này trong đó dữ liệu sắc độ video được lấy mẫu phụ, khối độ sáng tương ứng với $N \times N$ khối sắc độ lớn hơn $N \times N$. Trong trường hợp đó, tập hợp mẫu độ sáng lân cận bị giảm số lượng lấy mẫu để khớp với độ phân giải sắc độ. Bộ dự báo trong sắc độ để dự báo các mẫu sắc độ trong khối sắc độ $N \times N$ hiện tại phải được tạo sử dụng mô hình tuyến tính có một hoặc nhiều tham số α và β được dẫn xuất và các mẫu độ sáng được tái tạo của khối độ sáng hiện tại mà bị giảm số lượng lấy mẫu trước đó để so khớp với độ phân giải sắc độ. Việc giảm số lượng lấy mẫu các mẫu độ sáng được tái tạo thành độ phân giải sắc độ làm cho có thể truy xuất số lượng mẫu tương tự như các mẫu sắc độ để tạo thành cả tập hợp mẫu độ sáng và bộ dự báo trong sắc độ.

Do vậy, khối sắc độ hiện tại trừ đi bộ dự báo trong sắc độ để thu được khối sắc độ phần dư được mã hóa ở bộ mã hóa. Ngược lại, ở bộ giải mã, bộ dự báo trong sắc độ được thêm vào khối sắc độ phần dư được nhận để truy xuất khối sắc độ, cũng được biết đến như là tái tạo khối được giải mã. Điều này cũng có thể bao gồm bước xén cho các kết quả của phép cộng ra ngoài khoảng mẫu.

Đôi lúc, khối sắc độ phần dư là rất nhỏ và do vậy không được xem xét trong khi mã hóa. Trong trường hợp đó, bộ dự báo trong sắc độ nêu trên được sử dụng làm chính khối sắc độ. Kết quả là, chế độ LM có thể thu được mẫu cho khối hiện tại của thành phần cụ thể từ mẫu được tái tạo liên kết (tức là, cùng vị trí hoặc tương ứng) của khối của thành phần khác trong cùng khung sử dụng mô hình tuyến tính với một hoặc nhiều tham số. Mẫu này thu được sử dụng mô hình tuyến tính có một hoặc nhiều tham số được dẫn xuất và các mẫu được tái tạo được liên kết trong khối của thành phần còn lại. Nếu cần, khối của thành phần còn lại được tạo thành từ các mẫu bị giảm số lượng lấy mẫu để khớp với độ phân giải khối của thành phần hiện tại. Trong khi khối của thành phần hiện tại thường là khối sắc độ và khối của thành phần còn lại là khối độ sáng, điều này có thể không đúng. Để cho đơn giản và rõ ràng, các ví dụ được nêu ở đây

tập trung vào việc dự đoán khối sắc độ từ khối độ sáng, nên rõ ràng là cơ cấu được mô tả có thể áp dụng cho dự báo thành phần bất kỳ từ thành phần khác.

Mô hình đồng khai thác (Joint Exploration Model, JEM) của nhóm đồng khai thác video (Joint Video Exploration Team, JVET) bổ sung mô sáu chế độ mô hình tuyến tính giữa các thành phần (độ sáng đến sắc độ) vào các chế độ dự báo bên trong đã biết. Tất cả các chế độ này cạnh tranh với nhau để dự báo hoặc tạo các khối sắc độ, việc lựa chọn thường được thực hiện dựa trên tiêu chí méo dạng tốc độ ở đầu bộ mã hóa.

Sáu chế độ mô hình tuyến tính giữa các thành phần (độ sáng sang sắc độ) khác nhau bằng các phương tiện giảm số lượng lấy mẫu khác nhau được sử dụng để giảm số lượng lấy mẫu các mẫu độ sáng được tái tạo và/hoặc bởi các tập hợp mẫu khác nhau của các mẫu mà từ đó các tham số α và β được suy ra.

Chẳng hạn, các tập hợp mẫu có thể được tạo thành từ hai đường thẳng (từ là, các hàng và các cột) của các mẫu lân cận với khối sắc độ hoặc độ sáng hiện tại, các đường thẳng này song song và liền kề ngay với mỗi một biên trong các biên trên cùng và/hoặc bên trái của khối sắc độ hoặc độ sáng hiện tại ở độ phân giải sắc độ. Tập hợp mẫu lấy làm ví dụ này được mô tả trong công bố US 9,736,487.

Các tập hợp mẫu lấy làm ví dụ khác cũng được bộc lộ trong các công bố US 9,288,500 và US 9,462,273.

Các phương tiện giảm số lượng lấy mẫu được sử dụng trong JEM bao gồm bộ lọc 6 lỗ xác định mẫu độ sáng được tái tạo được giảm số lượng lấy mẫu từ sáu mẫu độ sáng được tái tạo mà còn ba bộ lọc 2 lỗ mà lựa chọn các mẫu trên cùng bên phải và dưới cùng bên phải từ trong số sáu mẫu độ sáng được tái tạo, hoặc các mẫu dưới cùng và dưới cùng bên phải, hoặc các mẫu trên cùng và trên cùng bên phải, và bộ lọc 4 lỗ mà lựa chọn các mẫu trên cùng, trên cùng bên phải, dưới cùng và dưới cùng bên phải của sáu mẫu độ sáng được tái tạo.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

JEM khá phức tạp liên quan đến xử lý. Chẳng hạn, đòi hỏi dẫn xuất phức tạp các tham số mô hình tuyến tính để tính toán các mẫu khối dự báo sắc độ.

Sáng chế được đề xuất để giải quyết một hoặc nhiều vấn đề nêu trên. Sáng chế đề cập đến phương pháp được cải thiện để thu được mẫu sắc độ cho khối sắc độ hiện tại, có thể qua dự báo trong sắc độ.

Khía cạnh thứ nhất của sáng chế đề xuất phương pháp theo điểm 1.

Khía cạnh khác của sáng chế đề xuất thiết bị dẫn xuất mô hình tuyến tính theo điểm 26.

Khía cạnh khác của sáng chế đề xuất thiết bị để thu được mẫu thành phần thứ nhất cho khối thành phần thứ nhất từ mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết của khối thành phần thứ hai trong cùng khung theo điểm 44.

Khía cạnh khác của sáng chế đề xuất sản phẩm chương trình máy tính, vật ghi máy tính đọc được hoặc chương trình máy tính theo các điểm từ 49 đến 51.

Các khía cạnh khác của sáng chế được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc.

Theo khía cạnh khác đề xuất phương pháp dẫn xuất mô hình tuyến tính để thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất từ giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết, phương pháp bao gồm các bước: lấy hai tập từ hai hoặc nhiều tập, mỗi tập hợp bao gồm giá trị mẫu thành phần thứ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ hai từ các giá trị mẫu được tái tạo của thành phần thứ nhất và thành phần thứ hai; và dẫn xuất mô hình tuyến tính dựa trên tỷ lệ của các thay đổi trong các giá trị mẫu thành phần thứ nhất và các giá trị mẫu thành phần thứ hai giữa hai tập sao cho các giá trị mẫu thành phần thứ nhất của hai tập có thể thu được từ các giá trị mẫu thành phần thứ hai của các tập tương ứng sử dụng mô hình tuyến tính được suy ra.

Nên hiểu rằng giá trị mẫu thành phần thứ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết được liên kết với nhau qua mối quan hệ định trước.

Một cách thích hợp, mối quan hệ định trước là việc chúng cùng vị trí, hoặc tương ứng với, nhau. Mối quan hệ cùng vị trí, hoặc tương ứng có thể được định nghĩa cho mỗi giá trị mẫu một cách riêng rẽ, hoặc giữa khối/nhóm của các

giá trị mẫu thành phần thứ nhất và khối/nhóm của các giá trị mẫu thành phần thứ hai.

Một cách thích hợp, mỗi quan hệ định trước là việc chúng được liên kết với ít nhất một pixel của khối pixel hiện tại cần được xử lý, chẳng hạn chúng là các giá trị mẫu cùng vị trí, hoặc tương ứng, của ít nhất một pixel cần được xử lý. Mỗi quan hệ cùng vị trí, hoặc tương ứng có thể được định nghĩa cho mỗi giá trị mẫu một cách riêng rẽ, hoặc giữa khối/nhóm của các giá trị mẫu đến khối/nhóm các pixel.

Cũng hiểu rằng quá trình giảm số lượng lấy mẫu hoặc tăng số lượng lấy mẫu có thể được áp dụng cho khối của các giá trị mẫu thành phần thứ nhất hoặc các giá trị mẫu thành phần thứ hai sao cho mỗi quan hệ định trước giữa các khối, hoặc với ít nhất một pixel của khối các pixel hiện tại, có thể được thiết lập sau khi giảm số lượng lấy mẫu/tăng số lượng lấy mẫu.

Một cách thích hợp, giá trị mẫu thành phần thứ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ hai được liên kết được liên kết với các khối của các pixel của cùng ảnh, hoặc khung, cần được xử lý. Nên hiểu rằng ở đây tập hợp bao gồm giá trị mẫu thành phần thứ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ hai là tập hợp giá trị mẫu thành phần của giá trị mẫu thành phần thứ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ hai. Do vậy tập hợp này là bộ n có giá trị mẫu thành phần thứ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ hai làm các phần tử của nó. Một cách thích hợp, tập hợp này là bộ 2. Theo cách khác, tập hợp này là bộ n mà có nhiều hơn hai phần tử (n phần tử).

Một cách thích hợp, các giá trị mẫu được tái tạo của thành phần thứ nhất và thành phần thứ hai được liên kết với một hoặc nhiều khối lân cận với khối hiện tại cần được xử lý. Một cách thích hợp, một hoặc nhiều khối lân cận với khối hiện tại nằm phía trên hoặc sang bên trái của khối hiện tại.

Một cách thích hợp, hai tập được xem xét là các tập bao gồm giá trị mẫu thành phần thứ hai nhỏ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ hai lớn nhất trong số các giá trị mẫu thành phần thứ hai trong hai hoặc nhiều tập. Một cách thích hợp, hai tập được xem xét là các tập bao gồm giá trị mẫu thành phần thứ nhất

nhỏ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ nhất lớn nhất trong số các giá trị mẫu thành phần thứ nhất trong hai hoặc nhiều tập.

Một cách thích hợp, việc lấy hai tập bao gồm các bước: xác định nhóm tập hợp thứ nhất bao gồm giá trị mẫu thành phần thứ hai nhỏ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ hai lớn nhất trong số các giá trị mẫu thành phần thứ hai trong hai hoặc nhiều tập; xác định nhóm tập hợp thứ hai bao gồm giá trị mẫu thành phần thứ nhất nhỏ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ nhất lớn nhất trong số các giá trị mẫu thành phần thứ nhất trong hai hoặc nhiều tập; và lựa chọn hai tập từ các tập hợp của nhóm thứ nhất và nhóm thứ hai.

Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập từ các tập hợp của nhóm thứ nhất và nhóm thứ hai bao gồm các bước: lựa chọn nhóm thứ nhất nếu hiệu số giữa giá trị mẫu thành phần thứ hai nhỏ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ hai lớn nhất lớn hơn hiệu số giữa giá trị mẫu thành phần thứ nhất nhỏ nhất và giá trị mẫu thành phần thứ nhất lớn nhất; và lựa chọn nhóm thứ hai nếu không phải.

Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập từ các tập hợp của nhóm thứ nhất và nhóm thứ hai bao gồm các bước: xác định các vị trí của các giá trị mẫu của các tập hợp của nhóm thứ nhất và nhóm thứ hai; và lựa chọn hai tập hợp dựa trên các vị trí được xác định của các giá trị mẫu. Một cách thích hợp, các vị trí của các giá trị mẫu được xác định cho các giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo liên quan đến khối của các giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo mà được liên kết với khối của các giá trị mẫu thành phần thứ nhất cần được xử lý. Một cách thích hợp, các vị trí của các giá trị mẫu được xác định cho các giá trị mẫu thành phần thứ nhất được tái tạo liên quan đến khối của các giá trị mẫu thành phần thứ nhất được tái tạo cần được xử lý. Một cách thích hợp, các vị trí của các giá trị mẫu được xác định dựa trên các vị trí liên kết/cùng vị trí/tương ứng được định nghĩa liên quan đến khối của các pixel cần được xử lý.

Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập hợp dựa trên các vị trí được xác định của các giá trị mẫu bao gồm bước lựa chọn tập hợp bao gồm giá trị mẫu ở vị trí định trước lân cận với khối cần được xử lý. Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập hợp dựa trên các vị trí được xác định của các giá trị mẫu

bao gồm các bước: xác định nếu một trong các tập của nhóm thứ nhất và nhóm thứ hai bao gồm giá trị mẫu ở vị trí định trước; và lựa chọn tập hợp bao gồm giá trị mẫu ở vị trí định trước như là một trong hai tập. Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập hợp dựa trên các vị trí được xác định của các giá trị mẫu bao gồm: nếu tập hợp bao gồm giá trị mẫu ở vị trí định trước không có sẵn, xác định nếu một trong các tập của nhóm thứ nhất và nhóm thứ hai bao gồm giá trị mẫu ở vị trí định trước khác; và lựa chọn tập hợp bao gồm giá trị mẫu ở vị trí định trước khác như là một trong hai tập. Một cách thích hợp, vị trí định trước hoặc vị trí định trước khác là vị trí dưới cùng bên trái hoặc trên cùng bên phải giữa các vị trí lân cận với khối hiện tại cần được xử lý.

Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập từ nhóm thứ nhất và nhóm tập hợp thứ hai bao gồm bước so sánh các khoảng cách giữa hai tập hợp từ nhóm thứ nhất và nhóm tập hợp thứ hai, trong đó các khoảng cách được định nghĩa trong không gian của các giá trị mẫu thành phần thứ nhất và thứ hai, mà được định nghĩa bởi các phần tử của các tập hợp sao cho mỗi tập hợp của hai hoặc nhiều tập hợp tương ứng với vị trí trong không gian nêu trên.

Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập so sánh: xác định nếu khoảng cách giữa các tập hợp trong nhóm thứ nhất lớn hơn khoảng cách giữa các tập hợp trong nhóm thứ hai; và lựa chọn nhóm thứ nhất nếu khoảng cách giữa các tập hợp trong nhóm thứ nhất lớn hơn khoảng cách giữa các tập hợp trong nhóm thứ hai, và lựa chọn nhóm thứ hai nếu không phải. Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập bao gồm bước lựa chọn hai tập hợp có khoảng cách lớn nhất giữa chúng từ nhóm thứ nhất và nhóm tập hợp thứ hai.

Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập bao gồm: xác định nếu các phần tử tương ứng của các tập hợp trong nhóm thứ nhất có các giá trị giống nhau hoặc khác nhau; và lựa chọn nhóm thứ nhất nếu các phần tử tương ứng không có các giá trị giống nhau hoặc có các giá trị khác nhau, và lựa chọn nhóm thứ hai nếu các phần tử tương ứng có các giá trị giống nhau hoặc không có các giá trị khác nhau. Một cách thích hợp, các phần tử tương ứng của các tập hợp là một, hoặc cả hai các giá trị mẫu thành phần thứ nhất và các giá trị mẫu thành phần thứ hai.

Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập bao gồm: xác định nếu các phần tử tương ứng của các tập hợp trong nhóm thứ hai có các giá trị giống nhau hoặc khác nhau; và lựa chọn nhóm thứ hai nếu các phần tử tương ứng không có các giá trị giống nhau hoặc có các giá trị khác nhau, và lựa chọn nhóm thứ nhất nếu các phần tử tương ứng có các giá trị giống nhau hoặc không có các giá trị khác nhau.

Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập bao gồm các bước: thu được tỷ lệ thay đổi trong các giá trị mẫu thành phần thứ nhất và các giá trị mẫu thành phần thứ hai giữa các tập hợp của nhóm thứ nhất; xác định nếu tỷ lệ thu được lớn hơn, bằng, hoặc nhỏ hơn giá trị định trước; và lựa chọn nhóm thứ nhất nếu tỷ lệ thu được lớn hơn, bằng, hoặc nhỏ hơn giá trị định trước, và lựa chọn nhóm thứ hai nếu không phải. Một cách thích hợp, việc lựa chọn hai tập bao gồm: thu được tỷ lệ thay đổi trong các giá trị mẫu thành phần thứ nhất và các giá trị mẫu thành phần thứ hai giữa các tập hợp của nhóm thứ hai; xác định nếu tỷ lệ thu được lớn hơn, bằng, hoặc nhỏ hơn giá trị định trước; và lựa chọn nhóm thứ hai nếu tỷ lệ thu được lớn hơn, bằng, hoặc nhỏ hơn giá trị định trước, và lựa chọn nhóm thứ nhất nếu không.

Một cách thích hợp, hai tập hợp được chọn là các tập hợp bao gồm các giá trị mẫu thành phần thứ hai từ một hoặc nhiều khối lân cận với khối của các giá trị mẫu thành phần thứ hai được liên kết với khối hiện tại cần được xử lý, và việc lấy hai tập hợp bao gồm lựa chọn hai tập hợp dựa trên các giá trị mẫu thành phần thứ hai của nó. Một cách thích hợp, hai tập hợp được chọn là các tập hợp bao gồm hai giá trị mẫu thành phần thứ hai thường xuyên xuất hiện trong số các giá trị mẫu được tái tạo của khối của các giá trị mẫu thành phần thứ hai tương ứng.

Một cách thích hợp, các giá trị mẫu được tái tạo của thành phần thứ hai được phân chia thành ít nhất hai nhóm, và, đối với mỗi nhóm, hai tập hợp được lấy và mô hình tuyến tính được suy ra dựa trên hai tập hợp được lấy. Một cách thích hợp, nếu hai tập được lấy cho nhóm có tỷ lệ thay đổi trong các giá trị mẫu thành phần thứ nhất và các giá trị mẫu thành phần thứ hai giữa các tập hợp nhỏ hơn hoặc bằng giá trị định trước, mô hình tuyến tính cho nhóm đó được suy ra

dựa trên hai tập hợp được lấy cho nhóm khác. Một cách thích hợp, nếu hai tập được lấy cho nhóm có tỷ lệ thay đổi trong các giá trị mẫu thành phần thứ nhất và các giá trị mẫu thành phần thứ hai giữa các tập hợp nhỏ hơn hoặc bằng giá trị định trước, mô hình tuyến tính cho nhóm đó được suy ra dựa trên hai tập hợp mà sẽ được lấy nếu tất cả các giá trị mẫu được tái tạo của thành phần thứ hai nằm trong một nhóm.

Khía cạnh khác nữa đề cập phương pháp mã hóa hoặc giải mã một hoặc nhiều ảnh thành dòng bit hoặc từ dòng bit, phương pháp bao gồm bước dẫn xuất mô hình tuyến tính để thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất từ giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết theo phương pháp của khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Một cách thích hợp, phương pháp còn bao gồm bước lựa chọn một trong các chế độ dẫn xuất mô hình tuyến tính để thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất cho khối hiện tại của ảnh cần được xử lý, trong đó các chế độ dẫn xuất mô hình tuyến tính bao gồm chế độ thứ nhất sử dụng một mô hình tuyến tính và chế độ thứ hai sử dụng nhiều hơn một mô hình tuyến tính, và mô hình tuyến tính được dẫn xuất là có thể sử dụng trong chế độ dẫn xuất mô hình tuyến tính được chọn. Một cách thích hợp, chỉ chế độ thứ nhất sử dụng mô hình tuyến tính được dẫn xuất. Theo cách khác, chỉ chế độ thứ hai sử dụng mô hình tuyến tính được dẫn xuất.

Khía cạnh khác nữa đề xuất thiết bị để dẫn xuất mô hình tuyến tính để thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất từ giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết, thiết bị được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Khía cạnh khác nữa đề xuất thiết bị để mã hóa hoặc giải mã một hoặc nhiều ảnh thành dòng bit hoặc từ dòng bit, thiết bị được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp của khía cạnh thứ hai của sáng chế.

Khía cạnh khác nữa đề xuất phương pháp thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất từ giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết, phương pháp bao gồm các bước: lựa chọn một chế độ mô hình tuyến tính từ các chế độ mô hình tuyến tính để thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất; và

thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất sử dụng chế độ mô hình tuyến tính được chọn, trong đó ít nhất một trong các chế độ mô hình tuyến tính sử dụng mô hình tuyến tính được dẫn xuất bằng cách sử dụng phương pháp dẫn xuất theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế. Một cách thích hợp, các chế độ mô hình tuyến tính bao gồm chế độ thứ nhất sử dụng một mô hình tuyến tính và chế độ thứ hai sử dụng nhiều hơn một mô hình tuyến tính. Một cách thích hợp, chỉ chế độ thứ nhất sử dụng phương pháp dẫn xuất theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế. Theo cách khác, chỉ chế độ thứ hai sử dụng phương pháp dẫn xuất theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Khía cạnh khác nữa đề xuất thiết bị để thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất từ giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết, thiết bị được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ năm của sáng chế.

Khía cạnh khác nữa đề cập phương pháp mã hóa một hoặc nhiều ảnh thành dòng bit, trong đó phương pháp bao gồm bước thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất từ giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết theo khía cạnh thứ năm của sáng chế. Một cách thích hợp, phương pháp còn bao gồm bước cấp, trong dòng bit, thông tin chỉ báo lựa chọn cho chế độ mô hình tuyến tính sử dụng được để thu được mẫu thành phần thứ nhất.

Khía cạnh khác nữa của sáng chế đề cập đến phương pháp giải mã một hoặc nhiều ảnh từ dòng bit, trong đó phương pháp bao gồm bước thu được giá trị mẫu thành phần thứ nhất từ giá trị mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết theo khía cạnh thứ năm của sáng chế. Một cách thích hợp, phương pháp còn bao gồm thu được, từ dòng bit, thông tin chỉ báo lựa chọn cho chế độ mô hình tuyến tính sử dụng được để thu được mẫu thành phần thứ nhất, và việc lựa chọn một chế độ mô hình tuyến tính từ các chế độ mô hình tuyến tính được thực hiện dựa trên thông tin thu được.

Khía cạnh khác nữa đề xuất thiết bị để mã hóa một hoặc nhiều ảnh thành dòng bit, thiết bị được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp được nêu ở đây.

Khía cạnh khác nữa đề cập đến chương trình máy tính mà khi thực thi khiến phương pháp được nêu ở đây cần được thực hiện và vật ghi máy tính đọc được lưu trữ (bất biến) các lệnh để thực hiện phương pháp được nêu ở đây.

Sáng chế đề cập đến thiết bị, phương pháp, chương trình máy tính (sản phẩm), và vật ghi máy tính đọc được như được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ đi kèm. Các dấu hiệu khác của các phương án thực hiện sáng chế được định nghĩa trong các điểm yêu cầu bảo hộ đi kèm, và phần mô tả sau đây. Một số dấu hiệu này được giải thích dưới đây dựa vào phương pháp, trong khi chúng có thể được chuyển đổi thành các tính năng của hệ thống dành riêng cho thiết bị.

Ít nhất các phần của các phương pháp theo sáng chế có thể được triển khai bằng máy tính. Do đó, sáng chế có thể có dạng của phương án thực hiện riêng phần cứng, phương án thực hiện riêng phần mềm (bao gồm firmware, phần mềm thường trú, vi mã, v.v.) hoặc phương án thực hiện kết hợp các khía cạnh của phần mềm và phần cứng có thể đều được gọi chung là “bộ xử lý và bộ nhớ”, “mạch”, “môđun” hoặc “hệ thống”. Ngoài ra, sáng chế có thể có dạng sản phẩm chương trình máy tính được thực hiện ở vật hữu hình có mã chương trình máy tính sử dụng được được triển khai trong vật ghi.

Do sáng chế có thể được triển khai trong phần mềm, nên sáng chế có thể được triển khai dưới dạng mã máy tính đọc được để cấp cho thiết bị lập trình được trên vật mang thích hợp bất kỳ. Vật mang hữu hình có thể bao gồm vật lưu trữ chẳng hạn ổ đĩa cứng, thiết bị băng từ hoặc bộ nhớ trạng thái rắn và tương tự. Vật mang khả biến có thể bao gồm tín hiệu chẳng hạn tín hiệu điện, tín hiệu điện tử, tín hiệu quang học, tín hiệu âm thanh, tín hiệu từ hoặc tín hiệu điện từ, chẳng hạn, tín hiệu vi sóng hoặc RF.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được mô tả, chỉ thông qua ví dụ, và có dựa vào các hình vẽ dưới đây trong đó:

Fig.1 là hình vẽ minh họa kiến trúc logic bộ mã hóa video;

Fig.2 là hình vẽ minh họa kiến trúc logic bộ giải mã video tương ứng với kiến trúc logic bộ mã hóa video được minh họa trên Fig.1;

Fig.3 là hình vẽ minh họa dưới dạng sơ đồ các ví dụ của phương tiện lấy mẫu YUV để lấy mẫu 4:2:0;

Fig.4 là hình vẽ minh họa, bằng cách sử dụng lưu đồ, các bước tổng quát để tạo bộ dự báo khối bằng cách sử dụng chế độ LM, được thực hiện bằng bộ mã hóa hoặc bộ giải mã;

Fig.5 là hình vẽ minh họa dưới dạng sơ đồ khối sắc độ và khối độ sáng được liên kết hoặc cùng vị trí, với việc giảm số lượng lấy mẫu các mẫu độ sáng, và các mẫu sắc độ và độ sáng lân cận, như được biết theo giải pháp kỹ thuật đã biết;

Fig.6 là hình vẽ minh họa dưới dạng sơ đồ các tập hợp mẫu lấy làm ví dụ để dẫn xuất tham số LM như được biết theo giải pháp kỹ thuật đã biết;

Fig.7 là hình vẽ minh họa một số bộ lọc giảm số lượng lấy mẫu được biết theo giải pháp kỹ thuật đã biết;

Fig.8 là hình vẽ minh họa việc mã hóa lấy làm ví dụ các cờ báo hiệu để báo hiệu các chế độ LM;

Fig.9 là hình vẽ minh họa các điểm của các mẫu lân cận sắc độ và độ sáng và đường thẳng biểu diễn các tham số mô hình tuyến tính thu được theo phương án thực hiện sáng chế;

Fig.10 là hình vẽ minh họa các bước chính của quá trình dẫn xuất LM được rút gọn theo một phương án thực hiện sáng chế;

Fig.11 là hình vẽ minh họa vài điểm của các mẫu lân cận sắc độ và độ sáng và các phân đoạn được sử dụng để xác định hai điểm tốt nhất theo một số phương án thực hiện sáng chế;

Fig.12 là hình vẽ minh họa các bước chính của quá trình dẫn xuất MMLM theo một phương án thực hiện sáng chế; và

Fig.13 là sơ đồ khối của thiết bị tính toán để thực hiện một hoặc nhiều phương án thực hiện sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1 minh họa kiến trúc bộ mã hóa video. Trong bộ mã hóa video, chuỗi ban đầu 101 được phân chia thành các khối pixel 102 được gọi là các khối mã hóa hoặc các đơn vị mã hóa cho HEVC. Sau đó chế độ mã hóa bị ảnh hưởng đến mỗi khối. Có hai họ chế độ mã hóa thường được sử dụng khi mã hóa video: các chế độ mã hóa dựa trên dự báo không gian hoặc “chế độ INTRA” 103 và các chế độ mã hóa dựa trên dự báo thời gian hoặc “chế độ INTER” dựa trên ước tính chuyển động 104 và bù chuyển động 105.

Khối mã hóa INTRA thường được dự báo từ các pixel được mã hóa ở biên thu được của nó bởi quá trình được gọi là dự báo INTRA. Do vậy, bộ dự báo cho mỗi pixel của khối mã hóa INTRA tạo thành khối dự báo. Tùy thuộc vào các pixel nào được sử dụng để dự báo khối mã hóa INTRA, các chế độ INTRA khác nhau được đề xuất: chẳng hạn, chế độ DC, chế độ phẳng và các chế độ góc.

Trong khi Fig.1 được nhằm để mô tả chung kiến trúc bộ mã hóa video, nên lưu ý rằng ở đây pixel tương ứng với phần tử của ảnh, thường bao gồm vài thành phần, chẳng hạn thành phần đỏ, thành phần xanh lá, và thành phần xanh đậm. Mẫu ảnh là phần tử của ảnh, mà bao gồm chỉ một phần tử.

Dự báo thời gian trước hết bao gồm trong việc tìm ra khung tương lai hoặc trước đó, được gọi là khung tham chiếu 116, khu vực tham chiếu mà gần nhất với khối mã hóa ở bước ước tính chuyển động 104. Khu vực tham chiếu này tạo thành khối dự báo. Tiếp theo, khối mã hóa được dự báo bằng cách sử dụng khối dự báo để tính toán phần dư hoặc khối phần dư ở bước ước tính chuyển động 105.

Trong cả hai trường hợp, dự báo không gian và thời gian, phần dư hoặc khối dư được tính toán bằng cách lấy khối mã hóa trừ đi khối dự báo thu được.

Ở dự báo INTRA, chế độ dự báo được mã hóa

Trong dự báo thời gian, chỉ số chỉ báo khung tham chiếu được sử dụng và vector chuyển động chỉ báo khu vực tham chiếu trong khung tham chiếu được mã hóa. Tuy nhiên, để giảm tiếp chi phí tốc độ bit liên quan đến mã hóa vector chuyển động, vector chuyển động không được mã hóa trực tiếp. Thực tế,

giả sử rằng chuyển động là đồng nhất, đặc biệt có lợi khi mã hóa vector chuyển động làm hiệu số giữa vector chuyển động này, và vector chuyển động (hoặc bộ dự báo vector chuyển động) ở môi trường xung quanh. ở chế độ mã hóa H.264/AVC chẳng hạn, các vector chuyển động được mã hóa dựa vào vector trung vị được tính toán từ các vector chuyển động được liên kết với ba khối được đặt phía trên và bên trái của khối hiện tại. Chỉ hiệu số, cũng được gọi là vector chuyển động dư, được tính toán giữa vector trung vị và vector chuyển động khối hiện tại được mã hóa trong dòng bit. Điều này được xử lý trong môđun “Mã hóa và dự báo Mv” 117. Giá trị của mỗi vector được mã hóa được lưu trữ trong trường vector chuyển động 118. Các vector chuyển động lân cận, được sử dụng để dự báo, được trích xuất từ trường vector chuyển động 118.

Chuẩn HEVC sử dụng ba chế độ INTER khác nhau: chế độ Inter, chế độ Merge và chế độ Merge Skip, chủ yếu khác nhau bởi báo hiệu thông tin chuyển động (tức là, vector chuyển động và khung tham chiếu liên kết qua chỉ số khung tham chiếu của nó) trong dòng bit 110. Để đơn giản, vector chuyển động và thông tin chuyển động được đúc kết thành một dưới đây. Liên quan đến dự báo vector chuyển động, HEVC cung cấp vài ứng viên của bộ dự báo vector chuyển động được đánh giá trong cuộc tương tranh méo dạng tốc độ để tìm ra bộ dự báo vector chuyển động tốt nhất hoặc thông tin chuyển động tốt nhất cho lần lượt chế độ Inter hoặc chế độ Merge. Chỉ số tương ứng với các bộ dự báo tốt nhất hoặc các ứng viên tốt nhất của thông tin chuyển động được đưa vào dòng bit 110. Nhờ báo hiệu này, bộ giải mã có thể suy ra tập hợp các bộ dự báo giống nhau hoặc các ứng viên và sử dụng giá trị tốt nhất theo chỉ số được giải mã.

Việc thiết kế dẫn xuất các bộ dự báo vector chuyển động và các ứng viên đóng góp vào việc đạt được hiệu suất mã hóa tốt nhất mà không tác động hoặc độ phức tạp lớn. Hai dẫn xuất vector chuyển động được nêu trong HEVC: một cho chế độ Inter (được biết đến như là Dự báo vector chuyển động cải tiến (Advanced Motion Vector Prediction, AMVP)) và một cho các chế độ Merge (được biết đến như là quá trình dẫn xuất Merge).

Tiếp theo, chế độ mã hóa tối ưu hóa tiêu chí méo dạng tốc độ cho khối mã hóa đang được xem xét được lựa chọn trong môđun 106. Để giảm tiếp các phần dư thừa trong dữ liệu dư thu được, biến đổi, thường là DCT, được áp dụng cho khối dư trong môđun 107, và lượng tử hóa được áp dụng cho các hệ số thu được trong môđun 108. Sau đó, khối hệ số được lượng tử hóa được mã hóa entropy trong môđun 109 và kết quả được đưa vào dòng bit 110.

Sau đó bộ mã hóa thực hiện giải mã mỗi khối trong các khối được mã hóa của khung để ước tính chuyển động trong tương lai trong các môđun từ 111 đến 116. Các bước này cho phép bộ mã hóa và bộ giải mã có cùng khung tham chiếu 116. Để tái tạo khung được mã hóa, mỗi một khối trong các khối dư thừa được biến đổi và lượng tử hóa được lượng tử hóa đảo trong môđun 111 và được biến đổi ngược trong môđun 112 để tạo khối dư thừa “được tái tạo” tương ứng trong miền pixel. Do tổn hao lượng tử hóa, khối dư thừa “được tái tạo” khác với khối dư thừa ban đầu thu được ở bước 106.

Tiếp theo, theo chế độ mã hóa được lựa chọn ở bước 106 (INTER hoặc INTRA), khối dư thừa “được tái tạo” được thêm vào khối dự báo INTER 114 hoặc vào khối dự báo INTRA 113, để thu được khối “được tiền tái tạo” (khối mã hóa).

Tiếp theo, các khối “được tiền tái tạo” được lọc trong môđun 115 bởi một hoặc vài loại bộ lọc để thu được các khối “được tái tạo” (các khối mã hóa). Các bộ lọc tương tự được tích hợp ở bộ mã hóa (trong vòng lặp giải mã) và ở bộ giải mã được sử dụng theo cách tương tự để thu được chính xác các khung tham chiếu ở các đầu của bộ mã hóa và bộ giải mã. Mục đích bộ lọc là loại bỏ các tác nhân.

Fig.2 minh họa kiến trúc của bộ giải mã video tương ứng với kiến trúc bộ mã hóa video được minh họa trên Fig.1.

Dòng video 201 trước hết được giải mã entropy trong môđun 202. Mỗi khối phần dư thu được (khối mã hóa) sau đó được lượng tử hóa trong môđun 203 và được biến đổi ngược trong môđun 204 để thu được khối phần dư “được tái tạo”. Điều này tương tự với việc bắt đầu của vòng lặp giải mã ở đầu của bộ mã hóa.

Tiếp theo, theo chế độ giải mã được chỉ báo trong dòng bit 201 (giải mã loại INTRA hoặc giải mã loại INTER), khối dự báo được xây dựng.

Trong trường hợp chế độ INTRA, khối dự báo INTRA được xác định ở bước 205 dựa trên chế độ dự báo INTRA được nêu trong dòng bit 201.

Trong trường hợp của chế độ INTER, thông tin chuyển động được trích xuất từ dòng bit trong khi giải mã entropy 202. Thông tin chuyển động bao gồm, chẳng hạn trong HEVC và JVET, chỉ số khung tham chiếu và phần dư vector chuyển động.

Bộ dự báo vector chuyển động thu được theo cách tương tự như được thực hiện bởi bộ mã hóa (từ các khối lân cận) bằng cách sử dụng các vector chuyển động đã được tính toán được lưu trữ trong dữ liệu vector chuyển động 211. Do vậy ở bước 210 được thêm vào khối dư vector chuyển động được trích xuất để thu được vector chuyển động. Vector chuyển động này được thêm vào dữ liệu trường vector chuyển động 211 để được sử dụng để dự báo các vector chuyển động được giải mã tiếp theo.

Vector chuyển động cũng được sử dụng để định vị khu vực tham chiếu trong khung tham chiếu 206 vốn là khối dự báo INTER.

Tiếp theo, khối phần dư “được tái tạo” thu được ở bước 204 được thêm vào khối dự báo INTER 206 hoặc vào khối dự báo INTRA 205, để thu được khối “được tiền tái tạo” (khối mã hóa) theo cách tương tự như vòng lặp giải mã của bộ mã hóa.

Tiếp theo, khối “được tiền tái tạo” này được hậu lọc trong môđun 207 như được thực hiện ở đầu của bộ mã hóa (báo hiệu hậu lọc để sử dụng có thể được truy xuất từ dòng bit 201).

Khối “được tái tạo” (khối mã hóa) do vậy thu được mà tạo thành video được giải nén ở bước 209 làm đầu ra của bộ giải mã hóa.

Quá trình mã hóa/giải mã nêu trên có thể được áp dụng cho các khung đơn sắc. Tuy nhiên, các khung phổ biến nhất là các khung màu thường được tạo thành từ ba mảng mẫu màu, mỗi mảng tương ứng với “thành phần màu”, chẳng hạn R (đỏ), G (lục) và B (lam). Pixel của ảnh bao gồm ba mẫu cùng vị trí/tương ứng, một cho mỗi thành phần.

Các thành phần R, G, B thường có tương quan cao giữa chúng. Do vậy, rất phổ biến trong nén ảnh và video để bỏ tương quan các thành phần màu trước khi xử lý các khung, bằng cách biến đổi chúng trong không gian màu khác. Định dạng phổ biến nhất là YUV (YCbCr) trong đó Y là thành phần độ sáng (hoặc độ chói), và U (Cb) và V (Cr) là các thành phần sắc độ (hoặc màu sắc).

Để giảm lượng dữ liệu xử lý, một số thành phần màu của các mẫu màu sắc có thể được lấy mẫu phụ, dẫn đến việc có các tỷ lệ lấy mẫu khác nhau cho ba thành phần màu. Phương tiện lấy mẫu thường được biểu diễn dưới dạng tỷ lệ ba phần J:a:b mà mô tả số lượng mẫu độ chói và sắc độ trong vùng cao 2 pixel theo khái niệm. 'J' định nghĩa tham chiếu lấy mẫu theo phương ngang của vùng khái niệm (tức là, chiều rộng theo các pixel), thường bằng 4. 'a' định nghĩa số lượng mẫu sắc độ (Cr, Cb) trong hàng thứ nhất của J pixel, trong khi 'b' định nghĩa số lượng mẫu sắc độ (bổ sung) (Cr, Cb) trong hàng thứ hai của J pixel.

Với các phương tiện lấy mẫu phụ, số lượng mẫu sắc độ được giảm so với số lượng mẫu độ sáng.

Định dạng 4:4:4 YUV hoặc RGB không cấp lấy mẫu phụ và tương ứng với khung không được lấy mẫu phụ trong đó các khung sắc độ và độ chói có cùng kích thước W x H.

Định dạng 4:0:0 YUV hoặc RGB chỉ có một thành phần màu và do vậy tương ứng với khung đơn sắc.

Các định dạng lấy mẫu ví dụ như sau.

Định dạng 4:2:0 YUV có một nửa số lượng mẫu sắc độ so với mẫu độ sáng trong hàng thứ nhất, và không có mẫu sắc độ trong hàng thứ hai. Do vậy hai khung sắc độ rộng W/2 pixel và cao H/2 pixel, trong đó khung độ sáng bằng W x H.

Định dạng 4:2:2 YUV có một nửa số lượng mẫu sắc độ trong hàng thứ nhất và bằng một nửa số lượng mẫu sắc độ trong hàng thứ hai, so với số lượng mẫu độ sáng. Do vậy hai khung sắc độ rộng bằng W/2 pixel và cao H pixel, trong đó khung độ sáng bằng W x H.

Định dạng 4:1:1 có ít hơn 75% mẫu sắc độ trong hàng thứ nhất và ít hơn 75% mẫu sắc độ trong hàng thứ hai, so với mẫu độ sáng. Do vậy hai khung sắc độ rộng $W/4$ pixel và cao H pixel, trong đó khung độ sáng bằng $W \times H$.

Khi được lấy mẫu phụ, các vị trí của các mẫu sắc độ trong các khung được dịch chuyển so với các vị trí mẫu độ sáng.

Fig.3 minh họa định vị lấy làm ví dụ các mẫu sắc độ (các tam giác) với các mẫu độ sáng (đường tròn) cho khung 4:2:0 YUV.

Quá trình mã hóa trên Fig.1 có thể được áp dụng cho mỗi khung thành phần màu của khung đầu vào.

Do các mối tương quan giữa các thành phần màu (giữa RGB hoặc mối tương quan còn lại giữa YUV mặc dù biến đổi RGB thành YUV), các phương pháp CCP đã được phát triển để triển khai các tương quan (còn lại) để cải thiện hiệu suất mã hóa.

Các phương pháp CCP có thể được áp dụng cho các giai đoạn khác nhau của quá trình mã hóa hoặc giải mã, cụ thể là ở giai đoạn dự báo thứ nhất (để dự báo thành phần màu hiện tại) hoặc ở giai đoạn dự báo thứ hai (để dự báo khối phần dư hiện tại của thành phần).

Một phương pháp CCP đã biết là chế độ LM, cũng được gọi là CCLM (dự báo mô hình tuyến tính giữa các thành phần). Được sử dụng để dự báo các thành phần sắc độ C_b và C_r (hoặc U và V) từ độ sáng Y , cụ thể hơn là từ độ sáng được tái tạo (ở đầu bộ mã hóa hoặc ở đầu bộ giải mã). Một bộ dự báo được tạo cho mỗi thành phần. Phương pháp hoạt động ở mức độ khối (sắc độ và độ sáng), chẳng hạn ở mức độ CTU (khối cây mã hóa), mức độ CU (khối mã hóa), mức độ PU (khối dự báo), mức độ PU phụ hoặc TU (khối biến đổi).

Fig.4 minh họa dưới dạng ví dụ, bằng lưu đồ, các bước chung để tạo bộ dự báo khối nhờ sử dụng chế độ LM, được thực hiện bằng bộ mã hóa (được sử dụng tham khảo dưới đây) hoặc bộ mã hóa.

Trong phần mô tả dưới đây, thành phần thứ nhất lấy làm ví dụ là sắc độ trong khi thành phần thứ hai lấy làm ví dụ là độ sáng.

Xem xét khối sắc độ hiện tại 502 (Fig.5A) để mã hóa hoặc giải mã và khối độ sáng liên kết hoặc tương ứng (tức là, "cùng vị trí") 505 (tức là, cùng

CU chẳng hạn) trong cùng khung, bộ mã hóa (hoặc bộ giải mã) nhận, ở bước 401, tập hợp mẫu độ sáng lân cận RecL bao gồm các mẫu độ sáng 503 khối độ sáng hiện tại lân cận, và nhận tập hợp mẫu sắc độ lân cận RecC bao gồm các mẫu sắc độ 501 liên kề khối sắc độ hiện tại, được ký hiệu là 402. Nên lưu ý rằng đối với một số định dạng lấy mẫu sắc độ và pha sắc độ, các mẫu độ sáng 504 và 503 không liên kề ngay với khối độ sáng 505 như được mô tả trên Fig.5A. Như ví dụ trên Fig.5A, để thu được hàng bên trái RecL' (503), chỉ hàng bên trái thứ hai cần và không phải hàng ngay bên trái. Theo cách tương tự, đối với hàng trên 504, hàng trên thứ hai cũng được xem xét để giảm số lượng lấy mẫu mẫu độ sáng như được mô tả trên Fig.5A.

Khi định dạng lấy mẫu sắc độ được sử dụng (chẳng hạn, 4:2:0, 4:2:2, v.v.), tập hợp mẫu độ sáng lân cận được giảm số lượng lấy mẫu ở bước 403 thành RecL' 404 để so khớp độ phân giải sắc độ (tức là, độ phân giải mẫu của khung/khối sắc độ tương ứng). Do vậy, RecL' bao gồm các mẫu độ sáng được tái tạo 504 khối độ sáng hiện tại lân cận được giảm số lượng lấy mẫu. Nhờ giảm số lượng lấy mẫu, RecL' và RecC bao gồm số lượng tương tự $2N$ mẫu (khối sắc độ 502 là $N \times N$). Tuy nhiên, các thao tác giảm số lượng lấy mẫu cụ thể của biên độ sáng tồn tại theo giải pháp kỹ thuật đã biết trong đó ít mẫu hơn cần thu được RecL'. Ngoài ra, thậm chí nếu RecL và RecC có chung độ phân giải, RecL' có thể được xem là phiên bản khử nhiễu của RecL, thông qua việc sử dụng bộ lọc cuộn xoắn thông thấp.

Trong ví dụ trên Fig.5A, các tập hợp mẫu độ sáng và sắc độ lân cận được tạo thành từ các mẫu độ sáng lân cận bên trái và trên cùng bị giảm số lượng lấy mẫu và từ các mẫu sắc độ lân cận trên cùng và bên trái, một cách lần lượt. Chính xác hơn, mỗi một tập trong hai tập hợp mẫu được tạo thành từ đường thẳng thứ nhất ngay cạnh biên trái và đường thẳng thứ nhất ngay cạnh biên trên cùng của khối độ sáng hoặc khối sắc độ của chúng. Do giảm số lượng lấy mẫu (4:2:0 trên Fig.5A), một đường thẳng của các mẫu độ sáng lân cận RecL' thu được từ hai đường của các mẫu độ sáng được tái tạo không giảm số lượng lấy mẫu RecL (trái hoặc lên).

Bằng Mỹ số US 9,565,428 đề cập sử dụng lấy mẫu phụ mà chọn một mẫu, chỉ đối với hàng trên (tức là, liền kề với biên trên cùng của khối độ sáng) và không dành cho chính khối độ sáng (như được mô tả dưới đây dựa vào bước 408). Cách lấy mẫu phụ được đề xuất được minh họa trên Fig.6A. Động cơ cho cách tiếp cận này là giảm bộ đệm đường thẳng của đường thẳng lên.

Mô hình tuyến tính được định nghĩa bởi một hoặc hai tham số (độ dốc α và độ lệch β) được suy ra từ $RecL'$ (nếu có, thì $RecL$) và $RecC$. Đây là bước 405 để thu được các tham số 406.

Các tham số LM α và β thu được sử dụng phương pháp dựa trên quân phương nhỏ nhất sử dụng các phương trình sau:

$$\alpha = \frac{M \cdot \sum_{i=1}^M RecC_i \cdot RecL'_i - \sum_{i=1}^M RecC_i \cdot \sum_{i=1}^M RecL'_i}{M \cdot \sum_{i=1}^M RecL_i^2 - (\sum_{i=1}^M RecL'_i)^2} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^M RecC_i - \alpha \cdot \sum_{i=1}^M RecL'_i}{M}$$

trong đó M là giá trị tùy thuộc vào kích thước của khối được xem xét. Trong các trường hợp chung của các khối hình vuông như được thể hiện trên Fig.5A và Fig.5B, $M=2N$. Tuy nhiên, CCP dựa trên LM có thể áp dụng cho hình dạng khối bất kỳ trong đó M chẳng hạn là tổng của chiều cao khối H cộng với chiều rộng khối W (đối với hình dạng khối chữ nhật).

Nên lưu ý rằng giá trị của M được sử dụng làm trọng số trong phương trình này có thể được điều chỉnh để tránh tràn tính toán ở bộ mã hóa và bộ giải mã. Một cách chính xác, khi sử dụng số học có các kiến trúc được ký 32 bit hoặc 64 bit, một số tính toán có thể đôi lúc tràn và do vậy gây ra hành vi không được nêu (mà bị cấm chặt chẽ theo chuẩn giữa các nền bất kỳ). Để đối mặt với tình huống này, các đầu vào cụ thể khả thi lớn nhất của các giá trị $RecL'$ và $RecC$ có thể được đánh giá, và M (và cả các tổng trên đây) có thể được tính tỷ lệ do đó để đảm bảo không tràn.

Việc suy ra các tham số thường được thực hiện từ các tập hợp mẫu $RecL'$ và $RecC$ được thể hiện trên Fig.5A.

Các biến thể của các tập hợp mẫu đã được đề xuất.

Chẳng hạn, Bảng Mỹ số US 9,288,500 đề xuất ba tập hợp mẫu cạnh tranh, bao gồm tập hợp mẫu thứ nhất được tạo từ đường ngoài gần với biên trên cùng và đường ngoài cạnh biên trái, tập hợp mẫu thứ hai được tạo từ chỉ đường ngoài gần với biên trên cùng và tập hợp mẫu thứ ba được tạo từ chỉ đường ngoài cạnh biên trái. Ba tập hợp mẫu này được thể hiện trên Fig.6B cho riêng khối sắc độ (và do vậy có thể được chuyển vị sang khối độ sáng).

Bảng Mỹ số US 9,462,273 mở rộng các tập hợp mẫu thứ hai và thứ ba sang các mẫu bổ sung mở rộng các đường ngoài (thường gấp đôi chiều dài). Các tập hợp mẫu mở rộng được thể hiện trên Fig.6C cho riêng khối sắc độ. Tài liệu này cũng giảm số lượng chế độ LM có sẵn để giảm các chi phí báo hiệu để báo hiệu chế độ LM được sử dụng trong dòng bit. Việc giảm này có thể là theo ngưỡng cảnh, chẳng hạn dựa trên chế độ Intra được lựa chọn cho khối độ sáng được liên kết.

Bảng Mỹ số US 9,736,487 đề xuất ba tập hợp mẫu cạnh tranh giống như các tập hợp của Bảng Mỹ số US 9,288,500 nhưng được tạo thành, mỗi lần, từ hai đường của các mẫu lân cận ngoài song song và ngay cạnh các biên được xem xét. Các tập hợp mẫu này được thể hiện trên Fig.6D cho riêng khối sắc độ.

Bảng Mỹ số US 9,153,040 và các tài liệu của cùng họ sáng chế cũng đề xuất các tập hợp mẫu bổ sung được tạo từ một đường thẳng trên biên, có ít mẫu trên đường thẳng hơn so với các tập trước đó.

Quay lại quá trình trên Fig.4, sử dụng mô hình tuyến tính có một hoặc nhiều tham số dẫn xuất 406, bộ dự báo trong sắc độ 413 cho khối sắc độ 502 do vậy có thể thu được từ các mẫu độ sáng được tái tạo 407 của khối độ sáng hiện tại được biểu diễn ở 505. Nếu định dạng lấy mẫu sắc độ lại được sử dụng (chẳng hạn, 4:2:0, 4:2:2, v.v.), các mẫu độ sáng được tái tạo được giảm số lượng lấy mẫu ở bước 408 thành L' 409 để so khớp độ phân giải sắc độ (tức là, độ phân giải mẫu của khung/khối sắc độ tương ứng).

Việc giảm số lượng lấy mẫu tương tự như đối với bước 403 có thể được sử dụng, hoặc bước khác vì nguyên nhân bộ đệm đường thẳng. Chẳng hạn, bộ lọc 6 lõi có thể được sử dụng để cấp giá trị bị giảm số lượng lấy mẫu làm tổng có trọng số của các mẫu trên cùng bên trái, trên cùng, trên cùng bên phải, dưới

cùng bên trái, dưới cùng và dưới cùng bên phải bao quanh vị trí giảm số lượng lấy mẫu. Khi một số mẫu xung quanh thất lạc, chỉ bộ lọc 2 lỗ được sử dụng thay cho bộ lọc 6 lỗ.

Được áp dụng cho các mẫu độ sáng được tái tạo L , đầu ra L' của bộ lọc 6 lỗ lấy làm ví dụ thu được như sau:

$$L'[i, j] = (2 \times L[2i, 2j] + 2 \times L[2i, 2j + 1] + L[2i - 1, 2j] + L[2i + 1, 2j] + L[2i - 1, 2j + 1] + L[2i + 1, 2j + 1] + 4) \gg 3$$

với (i, j) là các tọa độ của mẫu trong khối được giảm số lượng lấy mẫu và $\gg$ là toán tử dịch sang phải bit.

Phương pháp giảm số lượng lấy mẫu độ sáng thích ứng cũng có thể được sử dụng như được mô tả trong công bố đơn số US 2017/0244975. Chỉ nội dung của khối độ sáng được sử dụng để xác định bộ lọc giảm số lượng mẫu nào được sử dụng cho mỗi mẫu độ sáng được tái tạo của khối độ sáng. Có sẵn bộ lọc 1 lỗ. Động cơ cho cách tiếp cận này là tránh lan truyền biên trong khối độ sáng bị giảm số lượng lấy mẫu.

Nhờ bước giảm số lượng lấy mẫu 408, các khối L' và C (tập hợp các mẫu sắc độ trong khối sắc độ 502) bao gồm số lượng tương tự N^2 mẫu (khối sắc độ 502 là $N \times N$).

Tiếp theo, mỗi mẫu của bộ dự báo trong sắc độ PredC 413 được tính toán bằng cách sử dụng vòng lặp 410-411-412 tuân theo công thức

$$PredC[i, j] = \alpha \cdot L'[i, j] + \beta$$

với (i, j) là các tọa độ của tất cả các mẫu trong các khối sắc độ và độ sáng.

Để tránh các phép nhân và chia, các phép tính có thể được thực hiện sử dụng các phương pháp ít phức tạp hơn dựa trên các bảng tra cứu và các toán tử dịch. Chẳng hạn, dẫn xuất bộ dự báo trong sắc độ thực 411 có thể được thực hiện như sau:

$$PredC[i, j] = (A \cdot L'[i, j]) \gg S + \beta$$

trong đó S là số nguyên và A được suy ra từ $A1$ và $A2$ (được đưa vào trên đây khi tính toán α và β) sử dụng bảng tra cứu nêu trên. Thực sự tương ứng với giá

trị được tính lại tỷ lệ của α . Toán tử ($x \gg S$) tương ứng với toán tử dịch bit sang phải, tương đương với phép chia số nguyên của x (với việc cắt cụt) cho 2^S .

Khi tất cả các mẫu của khối độ sáng được lấy mẫu xuống đã được phân tách (412), bộ dự báo trong sắc độ 413 có sẵn cho phép trừ khối khối sắc độ 502 (để thu được khối phần dư sắc độ) ở đầu bộ mã hóa hoặc cho phép cộng vào khối phần dư sắc độ (để thu được khối sắc độ được tái tạo) ở đầu bộ giải mã.

Lưu ý rằng khối phần dư sắc độ có thể là không đáng kể và do vậy bị loại bỏ, trong trường hợp này bộ dự báo trong sắc độ thu được 413 trực tiếp tương ứng với các mẫu sắc độ được dự báo (tạo thành khối sắc độ 502).

Cả hai nhóm chuẩn hóa ITU-T VCEG (Q6/16) và ISO/IEC MPEG (JTC 1/SC 29/WG 11) đã định nghĩa chuẩn HEVC đang nghiên cứu các công nghệ mã hóa video tương lai cho chuẩn kế thừa của HEVC trong nỗ lực cộng tác chung được biết đến như là nhóm khai thác video chung (JVET). Mô hình khai thác đồng thời (JEM) chứa các công cụ HEVC và các công cụ mới bổ sung được chọn bởi nhóm JVET này. Cụ thể là, phần mềm tham chiếu này chứa một số công cụ CCP, như được mô tả trong tài liệu JVET-G1001.

Trong JEM, tổng cộng 11 chế độ trong được phép để mã hóa sắc độ. Các chế độ đó bao gồm năm chế độ bên trong truyền thống và sáu chế độ LM giữa các thành phần để dự báo Cb từ Y (được báo hiệu trong dòng bit 110, 201) và một chế độ LM giữa các thành phần để dự báo Cr từ Cb.

Một trong sáu chế độ Y đến Cb CC LM là CCLM nêu trên, trong đó các tập hợp mẫu độ sáng và sắc độ lân cận RecL' và RecC mà mỗi tập hợp bao gồm đường thứ nhất ngay cạnh biên trái và đường thẳng thứ nhất ngay cạnh biên trên cùng của khối độ sáng hoặc khối sắc độ của chúng như được thể hiện trên Fig.5A.

Năm chế độ Y đến Cb CC LM khác dựa trên dẫn xuất cụ thể được biết đến như là đa mô hình (MM). Các chế độ này được dán nhãn MMLM.

So với CCLM, các chế độ MMLM sử dụng hai mô hình tuyến tính. Các mẫu độ sáng lân cận được tái tạo từ tập hợp RecL' và các mẫu sắc độ lân cận từ tập hợp RecC được phân loại thành hai nhóm, mỗi nhóm được sử dụng để dẫn

xuất các tham số α và β của một mô hình tuyến tính, do vậy dẫn đến hai tập hợp của các tham số LM (α_1, β_1) và (α_2, β_2).

Chẳng hạn, ngưỡng có thể được tính toán làm giá trị trung bình của các mẫu độ sáng lân cận được tái tạo thành RecL'. Tiếp theo, mẫu độ sáng lân cận có $\text{RecL}'[i,j] \leq \text{ngưỡng}$ được phân loại thành nhóm 1; trong khi mẫu độ sáng lân cận có $\text{RecL}'[i,j] > \text{ngưỡng}$ được phân loại thành nhóm 2.

Tiếp theo, bộ dự báo trong sắc độ (hoặc các mẫu sắc độ được dự báo cho khối sắc độ hiện tại 602) thu được theo các công thức sau:

$$\text{PredC}[i,j] = \alpha_1 \cdot L'[i,j] + \beta_1, \quad \text{if } L'[i,j] \leq \text{threshold}$$

$$\text{PredC}[i,j] = \alpha_2 \cdot L'[i,j] + \beta_2, \quad \text{if } L'[i,j] > \text{threshold}$$

Ngoài ra, so với CCLM, các chế độ MMLM sử dụng các tập hợp mẫu độ sáng và sắc độ lân cận RecL' và RecC, mỗi tập hợp gồm hai đường thẳng của các mẫu lân cận ngoài song song và ngay gần các biên bên trái và trên cùng của khối được xem xét. Ví dụ được thể hiện trên Fig.5B minh họa định dạng lấy mẫu 4:2:0 mà hai đường thẳng của các mẫu độ sáng lân cận cho nó thu được (sử dụng giảm số lượng lấy mẫu) từ bốn đường thẳng của các mẫu độ sáng được tái tạo không bị giảm số lượng lấy mẫu.

Năm chế độ MMLM khác nhau bởi năm bộ lọc giảm số lượng lấy mẫu khác nhau để giảm số lượng lấy mẫu các mẫu độ sáng được tái tạo để so khớp độ phân giải sắc độ (để thu được RecL' và/hoặc L').

Chế độ MMLM thứ nhất dựa vào cùng bộ lọc 6 lỗ tương tự như được sử dụng trong CCLM (xem 6 điểm đen trong số chỉ dẫn 701 trên Fig.7). Các chế độ MMLM từ thứ hai đến thứ tư dựa vào bộ lọc 2 lỗ mà một cách lần lượt cấp giá trị bị giảm số lượng lấy mẫu làm tổng trọng số của:

- các mẫu trên cùng bên phải và dưới cùng bên phải của sáu mẫu (được sử dụng bởi bộ lọc 6 lỗ) bao quanh vị trí giảm số lượng lấy mẫu (xem bộ lọc 1, 702 trên Fig.7):

$$L'[i,j] = (L[2i+1,2j] + L[2i+1,2j+1] + 1) \gg 1 \text{ (điều tương tự đúng với RecL),}$$

- các mẫu dưới cùng và dưới cùng bên phải của sáu mẫu (được sử dụng bởi bộ lọc 6 lõi) bao quanh vị trí giảm số lượng lấy mẫu (xem bộ lọc 2, 703 trên Fig.7):

$$L'[i, j] = (L[2i, 2j + 1] + L[2i + 1, 2j + 1] + 1) \gg 1, \text{ và}$$

- các mẫu trên cùng và trên cùng bên phải của sáu mẫu (được sử dụng bởi bộ lọc 6 lõi) bao quanh vị trí giảm số lượng lấy mẫu (xem bộ lọc 4, 705 trên Fig.7):

$$L'[i, j] = (L[2i, 2j] + L[2i + 1, 2j] + 1) \gg 1.$$

Chế độ MMLM thứ năm dựa trên bộ lọc 4 lõi cấp giá trị bị giảm số lượng lấy mẫu làm tổng có trọng số của các mẫu trên cùng, trên cùng bên phải, dưới cùng và dưới cùng bên phải của sáu mẫu (được sử dụng bởi bộ lọc 6 lõi) bao quanh vị trí giảm số lượng lấy mẫu (xem bộ lọc 3, 704 trên Fig.7):

$$L'[i, j] = (L[2i, 2j] + L[2i, 2j + 1] + L[2i + 1, 2j] + L[2i + 1, 2j + 1] + 2) \gg 2.$$

Như được chỉ báo nêu trên, chế độ CCLM hoặc MMLM phải được báo hiệu trong dòng bit 110 hoặc 201. Fig.8 minh họa báo hiệu chế độ LM lấy làm ví dụ của JEM. Cờ nhị phân thứ nhất chỉ báo liệu khối hiện tại được dự báo bằng cách sử dụng chế độ LM hoặc các chế độ trong khác, bao gồm các chế độ DM. Trong trường hợp của chế độ LM, sáu chế độ LM khả thi cần được báo hiệu. Chế độ MMLM thứ nhất (sử dụng bộ lọc 6 lõi) được báo hiệu bằng một cờ nhị phân thứ hai được gán bằng 1. Cờ nhị phân thứ hai này được gán bằng 0 cho các chế độ còn lại, trong trường hợp mà cờ nhị phân thứ ba được gán bằng 1 để báo hiệu chế độ CCLM và được gán bằng 0 cho các chế độ MMLM còn lại. Sau đó hai cờ nhị phân bổ sung được sử dụng để báo hiệu một trong bốn chế độ MMLM còn lại.

Một chế độ được báo hiệu cho mỗi thành phần sắc độ.

Chế độ CCLM Cb đến Cr nêu trên được sử dụng trong các chế độ DM, và áp dụng ở mức độ dư thừa. Ngoài ra, chế độ DM sử dụng cho sắc độ chế độ trong mà được sử dụng bởi độ sáng ở vị trí định trước. Về mặt truyền thống, chế độ mã hóa tương tự HEVC sử dụng một chế độ DM, cùng vị trí với góc trên cùng bên trái của CU. Không đi vào quá nhiều chi tiết, và để cho đơn giản, JVET nêu vài vị trí như vậy. Sau đó chế độ này được sử dụng để xác định

phương pháp dự báo, do vậy tạo dự báo bên trong thông thường cho thành phần sắc độ mà, khi dữ liệu tham chiếu/gốc trừ đi, tạo ra dữ liệu dư thừa nêu trên. Dự báo cho phần dư Cr thu được từ phần dư Cb (ResidualCb dưới đây) nhờ công thức sau:

$$PredCr[i, j] = \alpha \cdot ResidualCb[i, j]$$

trong đó α được suy ra theo cách tương tự như dự báo độ sáng sang sắc độ CCLM. Hiệu số duy nhất là phép cộng chi phí hồi quy tương đối với giá trị α mặc định trong hàm lỗi sao cho hệ số tỷ lệ được dẫn xuất bị lệch về phía giá trị mặc định -0,5 như sau:

$$\alpha = \frac{M \cdot \sum_{i=1}^M RecCb_i \cdot RecCr_i - \sum_{i=1}^M RecCb_i \cdot \sum_{i=1}^M RecL'_i + \lambda (-0,5)}{M \cdot \sum_{i=1}^M RecCb_i^2 - (\sum_{i=1}^M RecCb_i)^2 + \lambda}$$

trong đó $RecCb_i$ là các giá trị của các mẫu Cb được tái tạo lân cận, $RecCr_i$ là các mẫu Cr được tái tạo lân cận, và

$$\lambda = \sum_{i=1}^M RecCb_i^2 \gg 9.$$

Các chế độ LM đã biết biểu diễn độ phức tạp tính toán lớn, cụ thể khi suy ra tham số mô hình tuyến tính sử dụng các phương pháp dựa trên bình phương nhỏ nhất.

Sáng chế nhằm cải thiện tình trạng liên quan đến hiệu suất mã hóa và/hoặc độ phức tạp tính toán.

Sáng chế dựa trên việc thay thế việc suy ra LM được sử dụng để tính toán các mẫu sắc độ khối dự báo từ các mẫu khối độ sáng bằng cách xác định các tham số của mô hình tuyến tính dựa trên phương trình của đường thẳng. Đường thẳng được định nghĩa bởi hai cặp mẫu được xác định dựa trên các cặp mẫu được tái tạo ở lân cận của khối. Trước hết, hai cặp mẫu cần được sử dụng được xác định. Sau đó các tham số của mô hình tuyến tính được xác định từ hai cặp mẫu này. Bằng cách giới hạn ở hai, số lượng cặp mẫu được sử dụng khi xác định mô hình tuyến tính, việc sử dụng phương pháp quân phương nhỏ nhất có thể được tránh. Do vậy, phương pháp được đề xuất ít tính toán chuyên sâu hơn phương pháp đã biết sử dụng phương pháp quân phương nhỏ nhất.

Fig.9 minh họa nguyên lý của phương pháp này bằng cách xem xét ở đây giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của các giá trị mẫu độ sáng trong tập hợp

cặp mẫu ở xung quanh khối hiện tại. Tất cả các cặp mẫu được vẽ trên hình vẽ theo giá trị sắc độ và giá trị độ sáng. Hai điểm khác nhau, tức là điểm A và điểm B được nhận diện trên hình vẽ, mỗi điểm tương ứng với cặp mẫu. Điểm A tương ứng với cặp mẫu có giá trị độ sáng thấp nhất x_A từ RecL' và y_A giá trị sắc độ cùng vị trí của nó từ RecC. Điểm B tương ứng với cặp mẫu có giá trị độ sáng cao nhất x_B và y_B giá trị sắc độ cùng vị trí của nó.

Fig.10 nêu lưu đồ của phương pháp được đề xuất để suy ra các tham số mô hình tuyến tính. Lưu đồ này là phiên bản rút gọn của Fig.4. Phương pháp dựa trên các mẫu độ sáng lân cận RecL' thu được ở bước 1001 và các mẫu sắc độ RecC thu được ở bước 1002.

Ở bước 1003, hai điểm A và B (1004) tương ứng với hai cặp mẫu được xác định. Theo phương án thực hiện thứ nhất, hai điểm này A và B tương ứng với các cặp mẫu có một cách lần lượt các giá trị mẫu độ sáng thấp nhất và cao nhất x_A và x_B với các giá trị mẫu sắc độ tương ứng y_A và y_B .

Sau đó phương trình đường thẳng đi qua các điểm A và B được tính toán ở bước 1005 theo phương trình sau:

$$\alpha = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$\beta = y_A - \alpha x_A$$

Việc thu được α, β là các tham số mô hình tuyến tính 1006 được sử dụng để tạo bộ dự báo sắc độ.

Việc suy ra mô hình tuyến tính dựa trên thuật toán LMS được sử dụng theo giải pháp kỹ thuật đã biết có độ phức tạp cụ thể. Ở phương pháp đã biết này, phép tính toán tham số α của mô hình thu được bằng phương trình sau:

$$\alpha = \frac{M \sum_{i=1}^M \text{Rec} C_i \text{Rec} L'_i - \sum_{i=1}^M \text{Rec} C_i \sum_{i=1}^M \text{Rec} L'_i}{M \sum_{i=1}^M \text{Rec} L_i^2 - \left(\sum_{i=1}^M \text{Rec} L_i \right)^2} = \frac{B_1 - B_2}{B_3 - B_4} = \frac{A_1}{A_2}$$

Phân tích phương trình này liên quan đến độ phức tạp tính toán cho các kết quả sau. Phép tính toán B_1 yêu cầu M+1 phép nhân và M phép cộng, M là số lượng cặp mẫu. Phép tính toán B_2 yêu cầu 1 phép nhân và 2M phép cộng. Phép

tính toán B_3 yêu cầu $M+1$ phép nhân và M phép cộng và phép tính toán B_4 yêu cầu một phép nhân và $2M$ phép cộng. Phép tính toán α tương ứng với $\frac{B_1 - B_2}{B_3 - B_4}$ yêu cầu hai phép cộng bổ sung và một phép chia.

Để tính toán β , một phép nhân và $2M+1$ phép cộng và một phép chia. Như được mô tả trước đó M là số lượng cặp mẫu $RecC_i$ và $RecL'_i$.

Do vậy, độ phức tạp của dẫn xuất LMS của α và β là $(2M + 2 + 2)$ phép nhân, $(7M + 3)$ phép cộng và hai phép chia.

Khi so sánh, việc phân tích phương pháp nêu trên dựa vào phép tính toán phương trình của đường thẳng sử dụng chỉ hai điểm cho các kết quả sau. Như được báo cáo, bước dẫn xuất 1005 yêu cầu chỉ một phép nhân, ba phép cộng và một phép chia. Việc giảm độ phức tạp lớn này khi tạo các tham số mô hình tuyến tính là ưu điểm chính của sáng chế được đề xuất.

Lưu ý rằng phép tìm kiếm các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất có độ phức tạp của riêng nó, thường liên quan đến thuật toán sắp xếp. Toán tử không hoàn toàn nối tiếp: N điểm có thể so với N điểm khác, tạo N nhỏ nhất/lớn nhất. Sau đó $N/2$ điểm nhỏ nhất và $N/2$ điểm lớn nhất có thể so với $N/2$ điểm còn lại, sau đó $N/4$ và v.v. cho đến khi chỉ số lượng điểm nhỏ nhất và lớn nhất mong muốn còn lại. Thông thường, phép tìm kiếm điểm lớn nhất và nhỏ nhất dẫn đến xấp xỉ $2 \cdot N - 2$ phép so sánh ($N-1$ cho mỗi phép).

Như đã mô tả, bộ dự báo sắc độ có thể được tính toán với phép nhân số nguyên và phép dịch thay vì phép nhân dấu phẩy động, và phép chia khi tính toán độ dốc. Việc rút gọn bao gồm thay thế:

$$pred_c(i, j) = \alpha \cdot rec_L^{(i, j)} + \beta$$

Bằng:

$$pred_c(i, j) = (L \cdot rec_L^{(i, j)}) \gg S + \beta$$

Để sử dụng chỉ phép nhân số nguyên và phép dịch, theo một phương án thực hiện, phương trình đường thẳng thu được như sau:

$$S = 10$$

$$L = \frac{(y_B - y_A) \ll S}{x_B - x_A}$$

$$\beta = y_A - L(x_A \gg S)$$

Lưu ý rằng β đề cập đến phương trình này dưới đây nếu α được thay thế bằng L và S ngược lại nó đề cập đến phương trình đã biết $\beta = y_A - \alpha x_A$.

Ưu điểm của phép dẫn xuất này là việc giá trị dịch S luôn có cùng giá trị. Điều này đặc biệt thú vị đối với triển khai phần cứng mà có thể trở nên đơn giản hơn khi tận dụng thuộc tính này.

Theo phương án thực hiện khác nữa, giá trị của S bị buộc phải thấp, do L có thể lớn, và yêu cầu các toán tử số nhân lớn. Thực tế, nhân giá các giá trị 8 bit với giá trị 8 bit dễ thực hiện hơn nhiều so với chẳng hạn, số nhân 8×16 . Các giá trị thực tế cho L thường tương đương với số nhân nhỏ hơn 8 bit.

Tuy nhiên, phương án thực hiện được ưu tiên là triển khai được biết đến như là dấu phẩy cố định: đối với mỗi giá trị của $D = (x_B - x_A)$, có thể được lượng tử hóa (chẳng hạn, các kết quả cho $2D+0$ và $2D+1$ được lưu dưới dạng một giá trị), giá trị của $(1 \ll S)/D$ được lưu trữ trong bảng. Tốt hơn là, đây chỉ dành cho các giá trị dương, do dấu này có thể được truy xuất dễ dàng. Sử dụng mảng TAB, phép tính toán L do vậy trở thành:

$$L = \begin{cases} (y_B - y_A) * TAB[abs(x_B - x_A)/Q] & \text{if } x_B - x_A \geq 0 \\ -1 * (y_B - y_A) * TAB[abs(x_B - x_A)/Q] & \text{Ngược lại} \end{cases}$$

Q điều khiển lượng tử hóa và do vậy số lượng phần tử trong bảng. Sử dụng $Q=1$ do vậy không phải là lượng tử hóa. Cũng lưu ý rằng chỉ số được tra cứu có thể thay vì $(abs(x_B - x_A) + R)/Q$, thường là với $R=Q/2$, hoặc biến thể của nó của làm tròn phép chia. Kết quả là, Q lý tưởng là lũy thừa của 2 sao cho phép chia cho $Q=2^P$ tương đương với dịch phải bởi P.

Cuối cùng, một số giá trị trong bảng đó có thể không bằng 0: các giá trị thấp của $abs(x_B - x_A)$ hoặc $abs(y_B - y_A)$ thường dẫn đến các ước tính rất xấu của L. Các giá trị được định trước, hoặc tường minh (chẳng hạn trong tiêu đề lát hoặc tập hợp tham số chẳng hạn PPS hoặc SPS) có thể được sử dụng sau đó.

Chẳng hạn, đối với tất cả các giá trị của D dưới đây 4, mảng TAB có thể chứa giá trị mặc định, chẳng hạn, $-(1 \ll S)/8$.

Đối với nội dung 10 bit và $Q=1$, có đến 2048 mục trong mảng cần thiết. Bằng cách khai thác đối xứng có dấu như được thể hiện trên đây, điều này có thể được giảm về 1024. Việc tăng thêm Q sẽ giảm kích thước của TAB một cách tương tự.

Nếu một số mẫu (RecL hoặc RecC, hoặc cả hai) là các mẫu dư (tức là thu được từ hiệu số giữa hai khối, có thể được lượng tử hóa), như là trường hợp trong JVET với dự báo từ C_b đến C_r , sau đó kích thước bảng (và nội dung) có thể được làm thích ứng tương ứng.

Theo phương án thực hiện được ưu tiên khác, việc xác định hai tham số đường thẳng α và β trong công thức sau $pred_c(i, j) = \alpha \cdot rec_L^{(i, j)} + \beta$ được tính toán sao cho giải tích nguyên có thể được sử dụng để được triển khai dễ dàng trong phần cứng.

Chính xác hơn, việc xác định các tham số α và β có thể được thực hiện chỉ qua phép nhân số nguyên và các toán tử dịch bit trên các số nguyên. Các phép toán này tận dụng ít tài nguyên phần cứng hơn (tức là, bộ nhớ và thời gian) các loại khác của các phép tính chẳng hạn số học dấu phẩy động.

Để thực hiện giải tích nguyên này, các bước sau được thực hiện.

Giá trị trung gian thứ nhất “pshift” được xác định bằng cách xem xét bitdepth của các mẫu độ sáng và sắc độ cần được xử lý. Giá trị dịch bit này đảm bảo giá trị lớn nhất được đề cập của mẫu số (được gọi là ‘diff’) của α . Theo phương án thực hiện, giá trị lớn nhất của ‘diff’ bằng 512, và thực tế có thể được biểu diễn ở bảng có 512 mục. Bằng cách buộc giá trị lớn nhất cụ thể của ‘diff’, bảng chung (hoặc nhóm các bảng) có thể được sử dụng cho các bitdepth khác nhau giảm toàn bộ yêu cầu bộ nhớ.

Do vậy, giá trị của pshift tùy thuộc vào các bitdepth của các mẫu – như (chẳng hạn nếu các mẫu được mã hóa bằng cách sử dụng 10 bit, hiệu số lớn nhất giữa giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất bằng 1024. Để biểu diễn điều này trong bảng có 512 mục, nó phải được chia cho 2 hoặc được dịch bit đi 1 bit, do

vậy $pshift = 1$. Mối quan hệ giữa $pshift$ và $bitdepth$ có thể, chẳng hạn, được trích xuất cho Bảng 1a sau, hoặc được cấp bởi biểu thức sau:

$$pShift = (BitDepth > 9) ? BitDepth - 9 : 0$$

Điều này có thể được biểu diễn theo cách khác bằng biểu thức sau:

$$pShift = \begin{cases} BitDepth - 9, & \text{if } BitDepth > 9 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Giá trị làm tròn tùy chọn “add” cũng có thể được tính toán để biến ‘diff’ thành số nguyên sau khi dịch bit. Giá trị ‘add’ liên quan đến $pshift$ theo biểu thức sau:

$$add = pshift ? 1 << (pshift - 1) : 0 .$$

Điều này có thể được biểu diễn theo cách khác bằng biểu thức sau:

$$add = \begin{cases} 2^{(pshift-1)}, & \text{if } pshift > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Theo cách khác, mối quan hệ trực tiếp giữa ‘BitDepth’ và ‘add’ có thể được cấp bởi các biểu thức sau:

$$add = (BitDepth > 9) ? 1 << (BitDepth - 10) : 0$$

hoặc:

$$add = \begin{cases} 2^{(Bitdepth-10)} & \text{if } Bitdepth > 9 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Bảng 1 dưới đây nêu ra các giá trị ví dụ của “pshift” và “add” tương ứng với Bit-depth của các mẫu độ sáng và sắc độ cần được xử lý thay đổi từ 8 bit đến 16 bit.

Bit-depth	Giá trị của “pShift”	Giá trị của “add”
8 hoặc 9 bit	0	0
10 bit	1	1
11 bit	2	2
12 bit	3	4
13 bit	4	8
14 bit	5	16

15 bit	6	32
16 bit	7	64

Bảng 1: Ví dụ của giá trị “pshift” và “add”

Bảng này có thể được lưu trữ trong bộ nhớ để tránh nhu cầu tính toán lại ‘pshift’ và ‘add’ có thể giảm số lượng hoạt động xử lý. Tuy nhiên, các triển khai cụ thể có thể ưu tiên giảm sử dụng bộ nhớ trên số lượng hoạt động xử lý và thực sự ‘pshift’ và ‘add’ có thể được tính toán mỗi lần.

Sau đó giá trị “diff” là giá trị khoảng giữa các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của các mẫu độ sáng theo cách thức thích hợp để xử lý sử dụng giải tích nguyên. Giá trị của ‘diff’ là số nguyên bị giới hạn trong khoảng cụ thể nhờ sử dụng ‘pshift’. Giá trị này “diff” được tính toán từ công thức sau:

$$\text{diff} = (x_B - x_A + \text{add}) \gg \text{pshift}$$

Sau đó các tham số α và β được tính toán – nên nhớ rằng α và β định nghĩa độ dốc và giao của mô hình tuyến tính giao với các điểm A và B:

$$\alpha = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$\beta = y_A - \alpha x_A$$

Nếu giá trị “diff” biểu diễn bằng 0, thì tham số α và β được gán như sau:

$$\alpha = 0$$

$$\beta = y_A \text{ (hoặc } \beta = y_B \text{)}$$

Lựa chọn sử dụng điểm A hoặc B có thể được xác định bởi điểm nào đang được lưu trữ trong bộ nhớ để giảm số lượng hoạt động xử lý.

Ngược lại, nếu giá trị “diff” là dương chặt, giá trị của α được xác định nhờ công thức sau

$$\alpha = (((y_B - y_A) * \text{Floor}(2^k / \text{diff}) + \text{div} + \text{add}) \gg \text{pshift}) \quad (1)$$

trong đó hàm Floor(x) cấp giá trị số nguyên lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng x và trong đó tham số trung gian “div” được tính toán như sau:

$$\text{div} = ((y_B - y_A) * (\text{Floor}((2^k * 2^k) / \text{diff}) - \text{Floor}(2^k / \text{diff}) * 2^k) + 2^{(k-1)}) \gg k \quad (2)$$

Độ chính xác của phép chia này được biểu diễn bằng biến “k”. Giá trị của k=16 được tìm thấy cho hiệu suất mã hóa tốt nhất, và cho phép biểu diễn

chính xác α và β sử dụng giải tích nguyên. Sau đó, sẽ có thể dự báo chính xác mẫu sắc độ khi sử dụng mẫu độ sáng tương ứng.

Như được mô tả chi tiết hơn dưới đây, giá trị của k cũng định nghĩa bao nhiêu bộ nhớ mà mỗi mục yêu cầu. Giá trị của $k=16$ cho phép thanh ghi bộ nhớ 16 bit có thể được biểu diễn ở 2 byte cần được sử dụng khi đánh địa chỉ mỗi mục trong bảng.

Tham số β được xác định bằng cách áp dụng phương trình đường thẳng trên một điểm của đường thẳng mà có thể là điểm A

$$\beta = y_A - ((\alpha * x_A) \gg k),$$

hoặc điểm B

$$\beta = y_B - ((\alpha * x_B) \gg k).$$

Lựa chọn sử dụng điểm A hoặc B có thể được xác định bởi điểm nào đang được lưu trữ trong bộ nhớ để giảm số lượng hoạt động xử lý. Theo cách khác, có thể là lựa chọn cố định – chẳng hạn được định nghĩa theo chuẩn.

Từ quan điểm triển khai trong phần cứng, một số thuật ngữ trong công thức (1) và (2) có thể được thay thế bằng bảng trong đó các giá trị được tiền tính toán được lưu trữ. Ưu điểm chính của các bảng này là để tránh tính toán hàm “Floor” trung gian mỗi lần việc suy ra các tham số α và β được thực hiện. Theo cách này, nhiều hoạt động xử lý có thể được thay thế bằng hoạt động tra cứu.

Chẳng hạn, phương trình (1) có thể được rút gọn như sau để cấp phương trình (3) bằng cách sử dụng bảng TAB1[diff]:

$$\alpha = (((y_B - y_A) * TAB1[diff] + div + add) \gg pshift) \quad (3)$$

trong đó $TAB1[diff] = \text{Floor}(2^k / \text{diff})$.

Một cách tương tự phương trình (2) có thể được rút gọn bằng cách sử dụng các bảng được định trước TAB1[diff] và TAB2[diff] để tránh lặp lại các hoạt động tương tự.

$$div = ((y_B - y_A) * (TAB2[diff] - TAB1[diff] * 2^k) + 2^{(k-1)}) \gg k \quad (4)$$

trong đó $TAB2[diff] = \text{Floor}((2^k * 2^k) / \text{diff})$.

Phương trình (4) này có thể còn được rút gọn bằng phương trình sau:

$$div = ((y_B - y_A) * (TAB3[diff]) + 2^{(k-1)}) \gg k \quad (5)$$

trong đó

$$\text{TAB3}[\text{diff}] = \text{TAB2}[\text{diff}] - \text{TAB1}[\text{diff}] * 2^k = \text{Floor}((2^k * 2^k) / \text{diff}) - 2^k * \text{Floor}(2^k / \text{diff}).$$

TAB1 và TAB3 (và cả TAB2) là các bảng mà mỗi bảng có N mục $N=2^{(\text{BitDepth} - \text{pshift})}$, và mỗi mục được biểu diễn bằng k bit.

Theo định nghĩa của biến nguyên “diff” nêu trên, và lấy, chẳng hạn, độ sáng hoặc giá trị mẫu sắc độ được biểu diễn trên 10 bit, giá trị “diff” lớn nhất bằng 512 (sử dụng Bảng 1a trên đây). Điều này nghĩa là bảng TAB1 và TAB3 (và cả TAB2) có thể, đối với mỗi bảng, được biểu diễn bằng mảng có 512 mục và mỗi mục được mã hóa trên “k=16” bit. Biến “pshift” được cấp trong Bảng 1 có thể thu được số lượng mục tương tự (ở đây 512) theo bitdepth của các mẫu cần được xử lý.

Như được nêu trước đó, các mảng này (TAB1 đến TAB3) có thể được lưu trữ trong bộ nhớ để giảm số lượng hoạt động cần thực hiện để suy ra tham số α và β trong phương trình (1) và (2).

Trong phạm vi của công việc chuẩn hóa VVC, phương pháp này có thể được sử dụng để thực hiện phân chia để truy xuất các tham số α và β của mô hình tuyến tính để dự báo mẫu sắc độ từ mẫu độ sáng Tuy nhiên, ngạc nhiên khi thấy rằng kích thước của bảng và biểu diễn mỗi mục có thể được giảm mà không tác động xấu đến hiệu suất mã hóa.

Như đã nêu trên, toàn bộ bộ nhớ được yêu cầu để lưu trữ mỗi bảng độc lập với giá trị của giá trị “pshift” và số lượng bit để biểu diễn mỗi mục có thể được mã hóa bằng cách sử dụng giá trị “k”. Theo phương án thực hiện nêu trên, hai bảng (TAB1 và TAB3) được sử dụng, và mỗi bảng có 512 mục và k=16. Bộ nhớ cần để biểu diễn hai bảng này TAB1 và TAB3 là: $2 * 512 * 16 = 16384$ bit mà có thể được lưu trữ trên 2048 byte.

Việc chỉnh sửa các tham số mà xác định các yêu cầu bộ nhớ (cả độc lập lẫn chung) sẽ được đề cập.

Số lượng mục trong mỗi bảng (mảng)

Mặc dù nén tốt đạt được bằng cách sử dụng bảng có kích thước 512 mục, các bảng này có thể được xem là lớn và mong muốn kích thước được giảm.

Các bảng 3 và 4 thể hiện tác động hiệu suất mã hóa theo các hệ đo Bjøntegard (xem, chẳng hạn Bjøntegard. Calculation of average PSNR differences between rd-curves. Doc. VCEG-M33 ITU-T Q6/16, April 2001. 79 Z. Xiong, A. Liveris, và S. Cheng for an explanation of how these metrics are determined) bằng cách giảm số lượng mục từ 512 xuống 256 và 128 mục một cách lần lượt. Việc giảm kích thước bảng được thực hiện bằng cách tăng giá trị của ‘pshift’ lên 1 ($N=2^{(\text{BitDepth} - \text{pshift})}$). Giá trị của ‘add’ có thể được điều chỉnh theo đó. Việc đổi N xuống 256 hoặc 128 được thể hiện trên Bảng 2 dưới đây:

Bit-depth	256 mục		128 mục	
	Giá trị của “pShift”	Giá trị của “add”	Giá trị của “pShift”	Giá trị của “add”
7 hoặc dưới đây	0	0	0	0
8 bit	0	0	1	1
9 bit	1	1	2	2
10 bit	2	2	3	4
11 bit	3	4	4	8
12 bit	4	8	5	16
13 bit	5	16	6	32
14 bit	6	32	7	64
15 bit	7	64	8	128
16 bit	8	128	9	256

Bảng 2: Ví dụ về giá trị “pshift” và “add” cho bảng 256 hoặc 128 mục

Bảng này có thể được biểu diễn bằng các biểu thức sau:

265 mục

$$\text{pShift} = (\text{BitDepth} > 8) ? \text{BitDepth} - 8 : 0$$

Điều này có thể được biểu diễn theo cách khác bằng biểu thức sau:

$$pShift = \begin{cases} BitDepth - 8, & \text{if } BitDepth > 8 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Giá trị làm tròn tùy chọn “add” cũng có thể được tính toán để biến ‘diff’ thành số nguyên sau khi dịch bit. Giá trị ‘add’ liên quan đến pshift theo biểu thức sau:

$$add = pshift ? 1 << (pshift - 1) : 0 .$$

Điều này có thể được biểu diễn theo cách khác bằng biểu thức sau:

$$add = \begin{cases} 2^{(pshift-1)}, & \text{Nếu } pshift > 0 \\ 0, & \text{Ngược lại} \end{cases}$$

Theo cách khác, mối quan hệ trực tiếp giữa ‘BitDepth’ and ‘add’ có thể được cấp bởi các biểu thức sau:

$$add = (BitDepth > 8) ? 1 << (BitDepth - 9) : 0$$

hoặc:

$$add = \begin{cases} 2^{(Bitdepth-9)} & \text{Nếu } Bitdepth > 8 \\ 0 & \text{Ngược lại} \end{cases}$$

128 mục

$$pShift = (BitDepth > 7) ? BitDepth - 7 : 0$$

Điều này có thể được biểu diễn theo cách khác bằng biểu thức sau:

$$pShift = \begin{cases} BitDepth - 7, & \text{Nếu } BitDepth > 7 \\ 0, & \text{Ngược lại} \end{cases}$$

Giá trị làm tròn tùy chọn “add” cũng có thể được tính toán để biến ‘diff’ thành số nguyên sau khi dịch bit. Giá trị ‘add’ liên quan đến pshift theo biểu thức sau:

$$add = pshift ? 1 << (pshift - 1) : 0 .$$

Điều này có thể được biểu diễn theo cách khác bằng biểu thức sau:

$$add = \begin{cases} 2^{(pshift-1)}, & \text{if } pshift > 0 \\ 0, & \text{Ngược lại} \end{cases}$$

Theo cách khác, mối quan hệ trực tiếp giữa ‘BitDepth’ và ‘add’ có thể được cấp bởi các biểu thức sau:

$$add = (BitDepth > 7) ? 1 << (BitDepth - 8) : 0$$

Hoặc:

$$add = \begin{cases} 2^{(Bitdepth-8)} & \text{Nếu } Bitdepth > 7 \\ 0 & \text{Ngược lại} \end{cases}$$

Việc giảm kích thước của bảng dẫn đến biểu diễn thô hơn của hiệu số giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của các giá trị mẫu.

Kiểm thử đánh giá hiệu suất mã hóa đã được thực hiện trên tập hợp các chuỗi video được sử dụng bởi ủy ban chuẩn hóa JVET được định nghĩa trong tài liệu JVET-L1010. Trong bảng dưới đây, các giá trị âm thể hiện hiệu suất mã hóa tốt hơn trong khi các giá trị dương tương ứng với giảm hiệu suất mã hóa.

	All Intra Main10		
	Y	U	V
Lớp A1	-0,03%	0,11%	0,10%
Lớp A2	0,00%	-0,02%	-0,02%
Lớp B	0,02%	0,01%	0,01%
Lớp C	0,03%	0,00%	0,00%
Lớp D	0,08%	-0,46%	-0,46%
Lớp E	0,01%	0,16%	0,16%
Tổng cộng	0,01%	0,04%	0,13%

Bảng 3: Hiệu suất nén khi sử dụng các bảng kích thước 256

Như được thể hiện trên Bảng 3, hiệu suất mã hóa không bị ảnh hưởng đáng kể, mặc dù số lượng mục trong bảng TAB1 và TAB3 đã bị giảm bởi hệ số 2. Có thể thấy rằng các tổn hao, bởi chỉnh sửa ảnh hưởng chế độ CCLM, rất bị giới hạn và chúng nhỏ hơn 0,2% trong các kênh sắc độ (U) và (V) không đáng kể (và có thể là nhiễu).

Thí nghiệm tương tự cho kích thước bảng 128 – được tạo bằng cách làm tăng giá trị của pshift lên thêm 1 (như được thể hiện trên Bảng 2 nêu trên) được tiến hành.

	All Intra Main10		
	K16S128		
	Y	U	V
Lớp A1	0,03%	0,15%	0,08%
Lớp A2	0,02%	0,04%	0,04%
Lớp B	0,02%	-0,13%	-0,13%
Lớp C	0,03%	0,06%	0,06%
Lớp D	-0,01%	-0,19%	-0,19%
Lớp E	-0,01%	-0,06%	-0,06%
Overall	0,02%	0,00%	0,03%

Bảng 4: Hiệu năng nén khi sử dụng các bảng có kích thước 128

Như được thể hiện trên Bảng 4, thậm chí đáng ngạc nhiên hơn, hiệu suất mã hóa vẫn không bị ảnh hưởng, mặc dù số lượng mục trong bảng TAB1 và TAB3 đã bị giảm bởi hệ số 4. Có thể thấy rằng các tổn hao, bởi chỉnh sửa ảnh hưởng chế độ CCLM, rất bị giới hạn và chúng nhỏ hơn 0,05% trong các kênh sắc độ (U) và (V) không đáng kể (và có thể là nhiễu).

Tuy nhiên, việc giảm thêm kích thước của bảng xuống 64 mục (bằng cách tăng pshift lên thêm 1) dẫn đến tổn hao hiệu năng nén lớn hơn như được nêu trong bảng 5 dưới đây:

	All Intra Main10		
	K16S64		
	Y	U	V
Lớp A1	0,14%	0,39%	0,36%
Lớp B	0,00%	0,10%	0,10%
Lớp C	-0,02%	0,07%	0,07%
Lớp D	0,04%	-0,16%	-0,16%
Lớp E	0,04%	0,07%	0,07%

Các kết quả này là một phần do chúng không bao gồm Lớp A2, và thực tế không có hình ảnh ‘toàn phần’.

Các kết quả nêu trên thể hiện rằng kích thước của các bảng có thể được giảm đi bởi hệ số 2 hoặc thậm chí 4, mà không ảnh hưởng xấu đến hiệu suất của chế độ CCLM trong đó các tham số α và β được suy ra nhờ sử dụng hai điểm A và B.

Theo phương án thực hiện khác, số lượng mục trong bảng (tức là, giá trị của pshift) có thể thay đổi theo độ sâu của bit (chẳng hạn, 128 (hoặc 256) lên đến 10 bit và 256 (hoặc 512) đối với trên 10 bit). Điều này có thể do thực tế rằng bộ mã hóa mạnh hơn cần để mã hóa các mẫu được biểu diễn bởi (chẳng hạn) 16 bit – và do vậy độ phức tạp tính toán sử dụng bảng lớn hơn sẽ không gây vấn đề lớn này. Trong trường hợp này, việc tăng biên trong thực hiện mã hóa bằng cách sử dụng số lượng mục lớn hơn (chẳng hạn, 512 hoặc lớn hơn) có thể được ưu tiên.

Số lượng bit biểu diễn mỗi mục trong các bảng (các mảng)

Để giảm tiếp kích thước của bảng, mỗi mục trong bảng cũng có thể được biểu diễn trên nhỏ hơn $k=16$ bit ban đầu mà sử dụng 2 byte trên mục. Việc giảm giá trị của k biểu diễn việc giảm độ chính xác của phép chia do về cơ bản nó tương ứng với việc giảm độ lớn để biểu diễn α bằng các số nguyên. Các bảng 6 dưới đây thể hiện tác động của of hiệu suất mã hóa khi giảm số bit để biểu diễn mỗi mục (so với $k=16$).

	All Intra Main10					
	k=14			k=12		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	-0,02%	0,15%	0,08%	-0,02%	0,15%	0,08%
Lớp A2	0,00%	0,02%	0,02%	0,00%	0,02%	0,02%
Lớp B	0,01%	-0,18%	-0,18%	0,01%	-0,18%	-0,18%
Lớp C	-0,02%	0,01%	0,01%	-0,02%	0,01%	0,01%
Lớp D	0,02%	-0,24%	-0,24%	0,02%	-0,24%	-0,24%
Lớp E	0,04%	-0,14%	-0,14%	0,04%	-0,14%	-0,14%
Toàn bộ	0,00%	-0,04%	0,05%	0,00%	-0,04%	0,05%
	k=10			k=8		

	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	-0,02%	0,11%	0,08%	0,02%	0,25%	0,05%
Lớp A2	0,01%	-0,10%	-0,10%	0,02%	-0,02%	-0,02%
Lớp B	0,00%	-0,03%	-0,03%	0,03%	0,04%	0,04%
Lớp C	-0,03%	0,15%	0,15%	0,00%	-0,16%	-0,16%
Lớp D	0,04%	-0,54%	-0,54%	0,07%	0,08%	0,08%
Lớp E	0,02%	0,06%	0,06%	0,01%	-0,20%	-0,20%
Toàn bộ	0,00%	0,04%	0,16%	0,01%	-0,02%	0,07%
	k=7			k=6		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,02%	0,33%	0,05%	0,05%	0,80%	0,31%
Lớp A2	0,02%	0,07%	0,07%	0,03%	0,21%	0,21%
Lớp B	0,03%	-0,09%	-0,09%	0,05%	0,03%	0,03%
Lớp C	-0,03%	0,09%	0,09%	0,00%	0,22%	0,22%
Lớp D	0,01%	0,05%	0,05%	-0,01%	-0,04%	-0,04%
Lớp E	0,01%	0,09%	0,09%	0,02%	0,31%	0,31%
Toàn bộ	0,01%	0,08%	0,07%	0,03%	0,28%	0,28%
	k=5			k=4		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,30%	2,13%	1,04%	0,89%	6,18%	3,31%
Lớp A2	0,09%	0,83%	0,83%	0,30%	2,73%	2,73%
Lớp B	0,11%	0,31%	0,31%	0,33%	1,60%	1,60%
Lớp C	0,08%	0,75%	0,75%	0,40%	2,78%	2,78%
Lớp D	0,07%	-0,10%	-0,10%	0,26%	1,49%	1,49%
Lớp E	0,07%	0,50%	0,50%	0,15%	1,83%	1,83%
Toàn bộ	0,13%	0,83%	0,70%	0,40%	2,85%	2,47%
	k=3					
	Y	U	V			
Lớp A1	2,46%	17,76%	10,99%			
Lớp A2	1,06%	8,33%	8,33%			

Lớp B	0,78%	6,86%	6,86%
Lớp C	1,27%	9,95%	9,95%
Lớp D	0,72%	5,90%	5,90%
Lớp E	0,33%	3,66%	3,66%
Overall	1,14%	9,07%	8,35%

Bảng 6: Hiệu năng mã hóa khi giảm giá trị k.

Các bảng 6 nêu trên thể hiện kết quả ngạc nhiên rằng khi các mục được nêu trên 8 bit hoặc ít hơn, hiệu suất mã hóa về cơ bản tương tự như so với $k=16$ bit.

Các bảng nêu trên thể hiện các kết quả hiệu suất mã hóa chấp nhận được thu được cho k mà được bao gồm trong khoảng từ 6 đến 8. Kết quả tương tự đạt được cho k nằm trong khoảng từ 9 đến 15, mà biểu diễn này vẫn yêu cầu 2 byte do vậy không tạo ưu điểm lớn khi giảm bộ nhớ cần để lưu trữ bảng.

Các bảng 6 thể hiện rằng k bằng 5 bit hoặc nhỏ hơn, nhận thấy suy giảm lớn hơn do phép chia khi tính toán alpha trở nên không chính xác.

Do vậy đáng ngạc nhiên khi thấy rằng thỏa hiệp tốt nhất giữa hiệu năng và lưu trữ trong đó $k=8$ bit.

So với $k=16$ bit, trong đó mỗi mục được biểu diễn trên 2 byte, phương án thực hiện có thể chỉ sử dụng một byte để biểu diễn một mục của bảng TAB1 hoặc TAB3. Điều này có thể giảm độ phức tạp của tất cả các phép tính bao gồm k , và thực tế giảm yêu cầu xử lý.

Giá trị của $k=6, 7$ hoặc 8 một cách ngạc nhiên cấp hiệu năng mã hóa tương tự cho $k=16$, có các giá trị k cao hơn tạo hiệu năng mã hóa tốt hơn về biên.

Rất đáng ngạc nhiên, có thể giảm k đi toàn bộ byte (8 bit) mà không thấy giảm đáng kể trong hiệu năng mã hóa.

Ngoài ra, đáng ngạc nhiên khi thấy rằng k có thể được giảm thấp xuống $k=6$, và ngoài ra đây là giảm đáng kể trong hiệu năng mã hóa được dò thấy.

Bằng cách giảm k từ 16 đến 8, toàn bộ bộ nhớ được sử dụng cho mỗi bảng được giảm đi hệ số 2.

Đáng ngạc nhiên là do độ chính xác của các toán tử bao gồm các phép dịch bit bị ảnh hưởng mạnh bởi các thay đổi nhỏ với giá trị của tham số dịch bit, và mong đợi suy giảm lớn trong hiệu năng mã hóa khi giảm giá trị của k thậm chí lượng nhỏ. Tuy nhiên, các kết quả nêu trên thể hiện, phản trực quan, rằng thay đổi lớn trong giá trị của k (chẳng hạn, từ 16 xuống 6) chỉ giảm hiệu năng mã hóa đi lượng không đáng kể ($<0,14\%$).

Lựa chọn k có thể thay đổi theo độ sâu của bit (chẳng hạn, 8 cho đến tận 10 bit và 16 cho hơn 10 bit). Điều này có thể do thực tế rằng bộ mã hóa mạnh hơn cần để mã hóa các mẫu được biểu diễn bởi (chẳng hạn) 16 bit – và do vậy độ phức tạp tính toán sử dụng bảng lớn hơn sẽ không gây vấn đề lớn này. Trong trường hợp này, việc tăng biên trong thực hiện mã hóa bằng cách sử dụng số lượng bit lớn hơn (chẳng hạn lớn hơn 8) có thể được ưu tiên.

Tổ hợp số lượng mục và số lượng bit biểu diễn mỗi mục

Bảng 7 dưới đây thể hiện các kết quả cho hiệu năng mã hóa để biến đổi k từ 8 thành 5 khi có 256 mục trong mỗi bảng (tức là, tổ hợp của hai tập của các kết quả được nêu trong các bảng 3 và 6 phía trên) – so với đường cơ sở của $k=16$ và 512 mục trong mỗi bảng.

	All Intra Main10					
	$k=16$			$k=14$		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	-0,03%	0,11%	0,10%	0,01%	0,23%	0,16%
Lớp A2	0,00%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	0,08%	0,08%
Lớp B	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,04%	0,04%
Lớp C	0,03%	0,00%	0,00%	-0,02%	0,18%	0,18%
Lớp D	0,08%	-0,46%	-0,46%	0,00%	-0,23%	-0,23%
Lớp E	0,01%	0,16%	0,16%	0,00%	0,04%	0,04%
Toàn bộ	0,01%	0,04%	0,13%	0,00%	0,11%	0,11%

	k=12			k=10		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	-0,01%	0,13%	-0,02%	-0,04%	-0,02%	0,08%
Lớp A2	0,01%	-0,13%	-0,13%	0,03%	-0,12%	-0,12%
Lớp B	-0,01%	0,08%	0,08%	-0,01%	0,01%	0,01%
Lớp C	-0,03%	0,15%	0,15%	-0,02%	-0,01%	-0,01%
Lớp D	0,04%	-0,13%	-0,13%	0,03%	0,01%	0,01%
Lớp E	-0,04%	0,11%	0,11%	0,00%	-0,24%	-0,24%
Toàn bộ	-0,01%	0,07%	0,13%	-0,01%	-0,06%	0,20%
	k=8			k=7		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,00%	0,02%	-0,06%	0,01%	0,11%	0,01%
Lớp A2	0,02%	-0,05%	-0,05%	0,02%	-0,01%	-0,01%
Lớp B	0,03%	-0,04%	-0,04%	0,01%	-0,03%	-0,03%
Lớp C	0,00%	0,13%	0,13%	0,01%	-0,12%	-0,12%
Lớp D	0,01%	-0,12%	-0,12%	0,02%	0,04%	0,04%
Lớp E	0,00%	0,06%	0,06%	-0,03%	0,37%	0,37%
Toàn bộ	0,01%	0,02%	0,10%	0,01%	0,04%	0,03%
	k=6			k=5		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,03%	0,23%	0,08%	0,12%	0,80%	0,43%
Lớp A2	0,02%	0,02%	0,02%	0,06%	0,24%	0,24%
Lớp B	0,03%	-0,06%	-0,06%	0,06%	0,00%	0,00%
Lớp C	0,01%	0,17%	0,17%	0,02%	0,10%	0,10%
Lớp D	0,06%	-0,23%	-0,23%	0,06%	0,06%	0,06%
Lớp E	-0,01%	0,17%	0,17%	0,01%	0,20%	0,20%
Toàn bộ	0,02%	0,09%	0,14%	0,05%	0,23%	0,26%
	k=4			k=3		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,46%	2,62%	1,67%	1,36%	8,47%	5,60%

Lớp A2	0,16%	1,33%	1,33%	0,52%	4,45%	4,45%
Lớp B	0,17%	0,74%	0,74%	0,54%	3,53%	3,53%
Lớp C	0,18%	1,05%	1,05%	0,76%	5,21%	5,21%
Lớp D	0,16%	0,96%	0,96%	0,49%	3,29%	3,29%
Lớp E	0,13%	1,13%	1,13%	0,24%	2,85%	2,85%
Toàn bộ	0,21%	1,29%	1,21%	0,67%	4,77%	4,60%

Bảng 7: Hiệu năng mã hóa khi giảm giá trị k và số lượng mục từ 512 đến 256

Các kết quả hiệu suất mã hóa nêu trên thể hiện kết quả ngạc nhiên rằng nhờ sử dụng hai bảng (TAB1 và TAB3) có 256 mục được mã hóa bằng cách sử dụng một byte cho mỗi mục (tức là $k \leq 8$) các kết quả tương tự có thể thu được so với trường hợp của hai bảng có 512 mục được biểu diễn trên 2 byte. Ưu điểm đặc biệt của phương án này là giảm đi hệ số của 4 của bộ nhớ cần lưu trữ các bảng TAB1 và TAB3 này mà không ảnh hưởng kết quả hiệu suất mã hóa. Theo phương án thực hiện cụ thể, bộ nhớ cần để biểu diễn hai bảng (TAB1 và TAB3) bằng: $2 * 256 * 8 = 4\,092$ bit, mà có thể được lưu trữ trên 512 byte.

Bảng 8 dưới đây thể hiện các kết quả cho hiệu năng mã hóa để biến đổi k từ 8 xuống 5 khi có 128 mục trong mỗi bảng (tức là, tổ hợp của hai tập của các kết quả được nêu trên trong các bảng 4 và 6) – so với đường cơ sở của $k=16$ và 512 mục trong mỗi bảng.

	All Intra Main10					
	k=16			k=14		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,03%	0,15%	0,08%	0,01%	0,25%	0,15%
Lớp A2	0,02%	0,04%	0,04%	0,02%	-0,04%	-0,04%
Lớp B	0,02%	-0,13%	-0,13%	0,01%	-0,12%	-0,12%
Lớp C	0,03%	0,06%	0,06%	-0,03%	0,22%	0,22%
Lớp D	-0,01%	-0,19%	-0,19%	0,05%	0,02%	0,02%
Lớp E	-0,01%	-0,06%	-0,06%	-0,01%	0,04%	0,04%
Toàn bộ	0,02%	0,00%	0,03%	0,00%	0,06%	0,16%
	k=12			k=10		

	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,05%	-0,04%	-0,06%	0,00%	0,05%	0,20%
Lớp A2	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	-0,17%	-0,17%
Lớp B	0,00%	0,15%	0,15%	0,02%	-0,06%	-0,06%
Lớp C	-0,02%	0,11%	0,11%	0,00%	0,02%	0,02%
Lớp D	0,10%	-0,58%	-0,58%	0,05%	-0,29%	-0,29%
Lớp E	-0,04%	0,07%	0,07%	0,01%	-0,05%	-0,05%
Toàn bộ	0,00%	0,07%	0,09%	0,01%	-0,04%	0,13%
	k=8			k=7		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,03%	0,02%	0,04%	0,02%	0,07%	0,01%
Lớp A2	0,01%	-0,13%	-0,13%	0,01%	-0,01%	-0,01%
Lớp B	0,01%	-0,09%	-0,09%	0,01%	0,02%	0,02%
Lớp C	0,01%	-0,17%	-0,17%	-0,01%	0,11%	0,11%
Lớp D	0,01%	-0,25%	-0,25%	0,01%	0,08%	0,08%
Lớp E	0,00%	-0,20%	-0,20%	0,00%	-0,09%	-0,09%
Toàn bộ	0,01%	-0,11%	0,09%	0,01%	0,03%	0,06%
	k=6			k=5		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,04%	0,27%	0,17%	0,10%	0,35%	0,34%
Lớp A2	0,04%	-0,07%	-0,07%	0,03%	0,12%	0,12%
Lớp B	0,02%	-0,02%	-0,02%	0,04%	-0,03%	-0,03%
Lớp C	0,01%	0,19%	0,19%	0,03%	0,20%	0,20%
Lớp D	0,07%	0,22%	0,22%	0,03%	-0,04%	-0,04%
Lớp E	0,03%	-0,04%	-0,04%	-0,01%	0,14%	0,14%
Toàn bộ	0,03%	0,06%	0,17%	0,04%	0,14%	0,21%
	k=4			k=3		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,27%	1,41%	0,98%	0,82%	4,99%	3,28%
Lớp A2	0,09%	0,84%	0,84%	0,30%	2,84%	2,84%

Lớp B	0,11%	0,18%	0,18%	0,31%	1,89%	1,89%
Lớp C	0,08%	0,60%	0,60%	0,38%	2,42%	2,42%
Lớp D	0,13%	0,33%	0,33%	0,26%	1,51%	1,51%
Lớp E	0,12%	0,47%	0,47%	0,20%	2,07%	2,07%
Overall	0,13%	0,64%	0,59%	0,39%	2,71%	2,78%

Bảng 8: Hiệu năng mã hóa khi giảm giá trị k và số lượng mục từ 512 xuống

128

Các kết quả hiệu suất mã hóa nêu trên thể hiện kết quả ngạc nhiên rằng nhờ sử dụng hai bảng (TAB1 và TAB3) có 128 mục được mã hóa sử dụng một byte cho mỗi mục (tức là, $k \leq 8$) các kết quả tương tự có thể thu được so với trường hợp của hai bảng có 512 mục được biểu diễn trên 2 byte. Đáng kinh ngạc rằng trong số các ví dụ, sử dụng 128 mục thực sự cải thiện hiệu năng mã hóa so với sử dụng 256 mục. Chẳng hạn, đối với $k=8$ (một byte trên mục), kết quả thể hiện rằng kích thước bảng 128 dẫn đến hiệu năng mã hóa được cải thiện so với bảng 256 mục.

Ưu điểm đặc biệt của phương án này là giảm đi hệ số của 8 của bộ nhớ cần lưu trữ các bảng TAB1 và TAB3 này mà không ảnh hưởng kết quả hiệu suất mã hóa. Theo phương án thực hiện cụ thể, bộ nhớ cần để biểu diễn hai bảng (TAB1 và TAB3) bằng: $2 * 128 * 8 = 2046$ bit, mà có thể được lưu trữ trên 256 byte.

Do vậy, chế độ CCLM có thể sử dụng phương pháp chia này để truy xuất các tham số α và β mà có thể được thực hiện qua giải tích nguyên để triển khai phần cứng hiệu quả.

Cụ thể là, đã thể hiện rằng việc kết hợp giảm số lượng mục trong bảng cũng như giảm kích thước của mỗi mục không dẫn đến đồng thời giảm hiệu năng (như mong đợi), thay vào đó, hiệu năng tương tự về cơ bản đạt được khi kết hợp giảm về số mục trong bảng và giảm về kích thước của mỗi mục so với thực hiện độc lập.

Để hoàn chỉnh, bảng 9 thể hiện các kết quả bán phần khi bảng $N=64$ mục được sử dụng so với đường cơ sở của $k=16$ và $N=512$. Lưu ý rằng tổn hao

hiệu năng là đáng kể cho lớp A1 (vốn là mục tiêu chính cho VVC) trong các thành phần U và V:

	All Intra Main10					
	k=16			k=14		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,14%	0,39%	0,36%	0,11%	0,52%	0,49%
Lớp B	0,00%	0,10%	0,10%	0,02%	0,11%	0,11%
Lớp C	-0,02%	0,07%	0,07%	0,03%	0,08%	0,08%
Lớp D	0,04%	-0,16%	-0,16%	0,05%	-0,57%	-0,57%
Lớp E	0,04%	0,07%	0,07%	0,04%	-0,19%	-0,19%
	k=12			k=10		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,13%	0,49%	0,56%	0,11%	0,39%	0,33%
Lớp B	0,04%	0,09%	0,09%	0,02%	-0,06%	-0,06%
Lớp C	0,00%	-0,04%	-0,04%	-0,04%	0,19%	0,19%
Lớp D	-0,01%	0,07%	0,07%	0,03%	-0,32%	-0,32%
Lớp E	0,01%	-0,14%	-0,14%	0,04%	-0,08%	-0,08%
	k=8			k=7		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,10%	0,43%	0,34%	0,14%	0,57%	0,42%
Lớp B	0,03%	0,04%	0,04%	0,00%	-0,02%	-0,02%
Lớp C	-0,05%	0,27%	0,27%	-0,04%	0,19%	0,19%
Lớp D	0,07%	-0,64%	-0,64%	-0,04%	0,10%	0,10%
Lớp E	0,06%	-0,37%	-0,37%	0,03%	0,22%	0,22%
	k=6			k=5		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,13%	0,39%	0,56%	0,14%	0,74%	0,35%
Lớp B	0,04%	0,10%	0,10%	0,03%	-0,04%	-0,04%
Lớp C	0,00%	0,05%	0,05%	0,00%	0,08%	0,08%
Lớp D	0,01%	-0,14%	-0,14%	0,03%	-0,01%	-0,01%

Lớp E	0,05%	-0,05%	-0,05%	0,07%	0,15%	0,15%
	k=4			k=3		
	Y	U	V	Y	U	V
Lớp A1	0,29%	1,20%	0,87%	0,63%	4,01%	2,39%
Lớp B	0,03%	0,22%	0,22%	0,23%	1,43%	1,43%
Lớp C	0,04%	0,19%	0,19%	0,25%	1,39%	1,39%
Lớp D	0,18%	-0,40%	-0,40%	0,18%	1,50%	1,50%
Lớp E	0,06%	0,70%	0,70%	0,16%	1,66%	1,66%

Bảng 9: Các kết quả hiệu năng mã hóa bán phần khi giảm giá trị k và số lượng mục từ 512 đến 64

Biểu diễn của α

Theo phương án thực hiện khác, giá trị của tham số α được cải biến sao cho có thể được biểu diễn trên bit “L”. Với quá trình dẫn xuất của α và β nêu trên, giá trị của α có thể đạt tới 17 bit khi k bằng 8 (và tới 25 bit nếu $k=16$). Nguyên nhân chính để chỉnh sửa giá trị của α là nhằm giới hạn độ rộng bit của phép nhân trong công thức dự báo dưới đây:

$$C_c = ((\alpha * L_c) \gg k) + \beta$$

trong đó C_c là giá trị sắc độ được dự báo tương ứng với giá trị độ sáng, và α và β là các tham số của độ dốc (có thể được dẫn xuất như nêu trên).

Nếu các mẫu độ sáng được mã hóa trên 10 bit, nghĩa là vòng lặp lỗi dự báo buộc phải có thể xử lý phép nhân lên đến 10 bit bằng 17 bit vốn là phức tạp về tính toán (và có thể tận dụng các số lượng bộ nhớ lớn). Theo phương án thực hiện, giá trị của α được cải biến sao cho phép nhân không vượt quá 16 bit. Phép tính này rất thích hợp với việc triển khai phần cứng – chẳng hạn, bộ xử lý 16 bit có thể tiến hành tính toán sử dụng một thanh ghi bộ nhớ.

Để đạt được điều này, α cần được biểu diễn bằng 6 bit hoặc ít hơn. Để thực hiện biểu diễn 6 bit này, khoảng của α có thể bị ‘xén’ sao cho các giá trị lớn hơn bị ép vào khoảng nêu trên.

Theo phương án thực hiện khác, độ lớn của α được xác định sao cho nó được giảm, bằng cách chia nó cho khoảng thích hợp, và điều chỉnh tham số

dịch k do đó. Xác định tham số điều chỉnh sang giá trị dịch (k) bao gồm bước tìm thấy vị trí “bit có trọng số lớn nhất” P (phép toán cổ điển, được thực hiện bằng cách đếm chẳng hạn, các số 0 đứng đầu hoặc lấy logarit cơ số 2). Trong trường hợp này, nếu nó lớn hơn giới hạn L (5 hoặc 6 theo phương án thực hiện được ưu tiên), các hoạt động sau được thực hiện:

$$\alpha = \alpha \gg (P-L)$$

$$k = k + L - P$$

tức là, α được chia cho hệ số $2^{(P-L)}$ và giá trị của k được bù trừ bằng lượng đối nhau (L-P).

Giá trị của L có thể phụ thuộc vào bitdepth, nhưng có thể giống đối với vài bitdepth để đơn giản hóa các triển khai. Ngoài ra, L có thể xem xét bit dấu, tức là, L=5.

Cũng quan sát rằng trong hầu hết các trường hợp triển khai, giá trị dấu phẩy động của α nằm trong khoảng [-2.0; 2.0] trong chế độ CCLM. Việc sử dụng chỉ 6 bit có thể, chẳng hạn, biểu diễn 64 giá trị trong khoảng [-2.0; 2.0] với các giá trị được tính toán bất kỳ nằm ngoài khoảng được thay thế bằng điểm cuối của khoảng.

Trong trường hợp bất kỳ, việc xén α thành khoảng bất kỳ có thể được thực hiện trước khi giảm độ lớn của nó. Điều này đảm bảo rằng các giá trị cơ bản bị loại bỏ trước khi tiến hành xử lý giảm độ lớn.

Fig.11 minh họa các cách khác nhau lựa chọn hai điểm (A và B) theo các phương án thực hiện sáng chế.

Việc đơn giản hóa được nêu của phép dẫn xuất có tác động lên hiệu suất mã hóa. Để giảm tổn hao hiệu suất mã hóa này, việc lựa chọn cẩn thận hai điểm là bước rất quan trọng.

Theo phương án thực hiện thứ nhất như được mô tả trước đó, các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của các giá trị mẫu độ sáng lân cận được lựa chọn tương ứng với các điểm A và B trên Fig.11.

Theo phương án thực hiện khác, hai điểm được chọn là các điểm C và D trên Fig.11, tương ứng với cặp mẫu độ sáng và sắc độ tương ứng với các giá trị

nhỏ nhất và lớn nhất của các giá trị mẫu sắc độ lân cận. Phương án thực hiện khác đôi lúc thú vị xét theo hiệu suất mã.

Theo phương án thực hiện khác, đoạn dài nhất giữa các đoạn [AB] và [CD] được xác định và nếu đoạn [AB] dài hơn đoạn [CD], các điểm A và B được lựa chọn, ngược lại các điểm C và D được lựa chọn. Độ dài của mỗi đoạn có thể được tính toán có khoảng cách Öclit. Tuy nhiên, phép đo khoảng cách khác có thể được sử dụng. Phương án thực hiện cải thiện hiệu suất mã hóa so với hai phương án thứ nhất. Thực tế, khi hai điểm được chọn cách xa, nói chung mô hình tuyến tính được tạo là liên quan. Kết quả là, bộ dự báo khối sắc độ được tạo là liên quan để dự báo khối hiện tại.

Theo phương án thực hiện khác, đoạn dài nhất trong số tất cả các đoạn khả thi mà có thể được tạo giữa A, B, C, D tạo hai điểm được chọn. Điều này tương ứng với các đoạn [AB], [CD], [AC], [AD], [CB] và [DB] như được mô tả trên Fig.11. Phương án thực hiện cải thiện hiệu suất mã hóa so với các phương án thực hiện trước đó với độ phức tạp cao hơn.

Theo phương án thực hiện được ưu tiên, các điểm biểu diễn các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của các giá trị mẫu độ sáng RecL' được thiết lập để tạo các điểm A và B và nếu một thành phần của điểm A bằng thành phần tương ứng của nó từ B ($x_B = x_A$ hoặc $y_B = y_A$), các điểm biểu diễn các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của các giá trị mẫu sắc độ C và D được lựa chọn. Phương án thực hiện thu được hiệu suất mã hóa tốt nhất do nếu $x_B = x_A$ hoặc $y_B = y_A$ thì α (hoặc L) lần lượt vô cực hoặc bằng 0 và kết quả là khối dự báo sắc độ lần lượt không sử dụng được hoặc tương đương với dự báo DC. Điều này đúng ngay khi tử số hoặc mẫu số của phân số đại diện α (hoặc L) là quá thấp (chẳng hạn, có thể kiểm chứng điều kiện sau: $|\alpha| < 0,1$): lỗi bất kỳ trên đó (chẳng hạn do lượng tử hóa) thậm chí lượng nhỏ dẫn đến các giá trị rất khác nhau của α (hoặc L). Trong phần còn lại của tài liệu, các trường hợp này, về cơ bản hầu như là các độ dốc thẳng đứng hoặc nằm ngang, dẫn đến cái được gọi là độ dốc bất thường, liệu là α hoặc L .

Theo phương án thực hiện bổ sung, vài cặp điểm, như đều được mô tả trên Fig.11, được kiểm tra cho đến khi α không phải là “bất thường”. Phương án thực hiện cải thiện hiệu suất mã hóa của phương án trước mà nó tăng độ phức tạp tính toán.

Theo một phương án thực hiện khác, các khác biệt giữa thành phần lớn nhất và thành phần nhỏ nhất của hai thành phần (sắc độ và độ sáng) được tính toán. Ngoài ra, thành phần với hiệu số lớn nhất được lựa chọn để xác định hai điểm định nghĩa đường thẳng cho phép tính toán các tham số mô hình. Phương án thực hiện hiệu quả khi hai thành phần là hai thành phần sắc độ hoặc hai thành phần RGB.

Việc lựa chọn hai điểm A và B có thể được thực hiện trên các giá trị của các mẫu của khối hiện tại. Theo một phương án thực hiện, hai điểm để dẫn xuất LM được rút gọn được thiết lập dựa trên các giá trị mẫu của khối độ sáng bị giảm số lượng lấy mẫu hiện tại (505 trên Fig.5). Các giá trị mẫu độ sáng của các cặp mẫu ở lân cận khối so với các giá trị mẫu độ sáng của khối độ sáng. Giá trị với lần xuất hiện lớn nhất được lựa chọn để tạo x_A và giá trị thứ hai với lần xuất hiện lớn nhất được lựa chọn để tạo x_B . Các giá trị sắc độ tương ứng y_A và y_B là các giá trị trung bình của các mẫu sắc độ cùng vị trí trong các cặp mẫu ở lân cận khối. Khi α (hoặc L) là “bất thường” (bằng 0 hoặc gần với 0 ($|\alpha| < 0,1$)), x_B là một trong các giá trị độ sáng có ít lựa chọn hơn thay vì giá trị được chọn nhiều nhất thứ hai. Theo cách tương tự, y_B là các giá trị trung bình của các mẫu sắc độ cùng vị trí. Phương án thực hiện tăng hiệu suất mã hóa so với phương án thực hiện trước ở mức độ phức tạp cao nhất.

Việc lựa chọn hai điểm A và B có thể được thực hiện ở các vị trí không gian của các cặp mẫu.

Theo các phương án thực hiện khác, cần xác định các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất cho độ sáng (A, B) hoặc/và cho sắc độ (C, D) trong số M cặp mẫu độ sáng và sắc độ lân cận. Điều này có thể được xem là độ phức tạp bổ sung. Do vậy, đối với một số triển khai, tốt hơn là thu được hai điểm này có độ phức tạp nhỏ nhất.

Theo một phương án thực hiện, một mô hình tuyến tính được tạo với các mẫu sắc độ RecC (bước 501 trên Fig.5) và có các mẫu độ sáng bị giảm số lượng lấy mẫu của biên RecL' (503). Điểm thứ nhất được chọn là mẫu dưới cùng của hàng bên trái, có số chỉ dẫn 5004, của độ sáng và mẫu sắc độ cùng vị trí 5001. Điểm thứ hai được chọn là mẫu độ sáng trên cùng bên phải 5003 và mẫu sắc độ cùng vị trí 5002. Việc lựa chọn hai điểm là rất đơn giản mà cũng ít hiệu quả hơn so với các phương án thực hiện trước đó dựa trên các giá trị.

Ngoài ra, nếu một trong biên trên cùng hoặc bên trái không tồn tại, chẳng hạn đối với khối ở biên của ảnh hoặc lát không co sãn, chẳng hạn vì nguyên nhân độ phức tạp hoặc độ bền lỗi, thì hai mẫu (chẳng hạn, các mẫu có độ sáng là 504 hoặc 5003 ở biên có sãn) được lựa chọn thay vì mẫu lỗi. Do vậy có thể thấy rằng có vài điều kiện để chọn các mẫu.

Phương án thực hiện khác được mô tả trong đó, nếu không đủ điểm có thể được chọn để tính toán độ dốc, hoặc dẫn đến α (hoặc L) “bất thường”, thì điểm mặc định có thể được chọn thay thế. Phương án thực hiện cũng có thể được áp dụng cho chế độ MMLM có thích ứng. Để tạo các tham số mô hình tuyến tính cho nhóm thứ nhất, điểm thứ nhất là mẫu dưới cùng của hàng bên trái thứ hai (5009) của độ sáng và mẫu sắc độ cùng vị trí (5005). Ngoài ra, điểm thứ hai là mẫu độ sáng trên của hàng bên trái thứ nhất (5010) và mẫu sắc độ cùng vị trí (5006).

Để tạo các tham số mô hình tuyến tính cho nhóm thứ hai, điểm thứ nhất là mẫu bên trái của đường trên thứ nhất (5011) của độ sáng và mẫu sắc độ cùng vị trí (5007). Và điểm thứ hai là mẫu độ sáng bên phải của đường trên thứ hai (5012) và mẫu sắc độ cùng vị trí (5008).

Phương án thực hiện đơn giản hóa việc lựa chọn bốn điểm cho nhóm thứ nhất và thứ hai.

Theo phương án thực hiện khác nữa, ngưỡng của chế độ MMLM là độ sáng giá trị của các điểm 5010 hoặc 5011, tức là điểm trên cùng của lân cận bên trái và điểm dưới cùng bên trái của lân cận trên cùng trong ví dụ, hoặc trung bình giữa các điểm này. Phương án thực hiện bổ sung này đơn giản hóa phép tính toán ngưỡng.

Theo phương án thực hiện khác nữa với tất cả các phương án thực hiện này liên quan đến việc lựa chọn hai điểm, quá trình giảm số lượng lấy mẫu của độ sáng bị vô hiệu hóa và được thay thế bằng phép tính một phần mười, tức là, một trong hai mẫu độ sáng được sử dụng cho các mẫu RecL'. Trong trường hợp này, các bước 1001 trên Fig.10 và 1201 trên Fig.12, mà được mô tả chi tiết dưới đây, sẽ được bỏ qua. Phương án thực hiện giảm độ phức tạp có tác động nhỏ lên hiệu suất mã hóa.

Các điểm A, B, C và D được xác định dựa trên các phiên bản được giải mã của các mẫu, và do vậy có thể không sơ khớp các giá trị mẫu ban đầu. Điều này có thể gây ra các đoạn ngắn bất thường, hoặc chỉ ước tính nhiễu, như đã mô tả khi định nghĩa độ dốc "bất thường" là gì. A và C là hai điểm thấp nhất, và B và D hai điểm cao nhất, thay vì sử dụng hai điểm bất kỳ trong số chúng, điểm E được định nghĩa là trung bình giữa A và C, và điểm F được định nghĩa là trung bình giữa B và D có thể được sử dụng, với điều kiện ít hoạt động bổ sung đơn giản:

$$x_E = (x_A + x_C + 1) \gg 1 \text{ và } y_E = (y_A + y_C + 1) \gg 1$$

$$x_F = (x_B + x_D + 1) \gg 1 \text{ và } y_F = (y_B + y_D + 1) \gg 1$$

$$A = \frac{(y_E - y_F) \ll S}{x_E - x_F}$$

$$\beta = y_E - A \cdot (x_E \gg S)$$

Trước đó, nếu $y_E - y_F$ hoặc $x_E - x_F$ bằng 0 hoặc là quá thấp (tức là, độ dốc được dẫn xuất là "bất thường"), thì các điểm A, B, C và D được xem xét trên các tham số tốt hơn cần thu được thông thường.

Nên hiểu rằng hai điểm được sử dụng trong phép tính toán độ dốc trong mô hình này có thể không phải là hai điểm thực được tạo từ các giá trị mẫu của RecL' hoặc RecC. Điều này giải thích cho việc sử dụng từ "xác định" ở bước 1003 thay cho "lựa chọn".

Theo phương án thực hiện khác nữa, đối với chế độ MMLM, nếu tham số α (hoặc L) định nghĩa độ dốc của một nhóm là "bất thường", các tham số LM tương ứng được thiết lập bằng các tham số LM của nhóm còn lại hoặc nhóm khác nếu nhiều hơn hai nhóm tham số LM. Fig.12 minh họa phương án

thực hiện. Sau khi xác định (α_1, β_1) và (α_2, β_2) định nghĩa hai mô hình cho hai nhóm ở bước 1203, α_1 và α_2 được kiểm tra để xem nếu chúng bằng 0 ở các bước 1204 và 1205. Nếu đúng vậy, tham số độ dốc “bất thường” α (hoặc L) được thiết lập bằng tham số độ dốc còn lại α , một cách tương tự, giá trị tham số β tương ứng của nhóm còn lại cũng được sử dụng ở các bước 1206 và 1207. Do vậy trong trường hợp đó, chỉ một tập hợp tham số được sử dụng giá trị bất kỳ của các giá trị mẫu độ sáng bị giảm số lượng lấy mẫu của khối hiện tại, không so sánh với ngưỡng, độ phức tạp tương tự như chế độ CCLM thu được. Ưu điểm của phương án thực hiện là cải thiện hiệu suất mã hóa có độ phức tạp nhỏ do không tham số LM bổ sung nào cần được dẫn xuất.

Theo phương án thực hiện khác, khi một tham số độ dốc α (hoặc L) là “bất thường”, một tập hợp các tham số tuyến tính được dẫn xuất lại bằng cách xem xét tất cả các mẫu ban đầu của MMLM (nó tương ứng với dẫn xuất CCLM có hai đường trên và hai hàng lân cận, thay cho một đường trên và một hàng lân cận). Phương án thực hiện cho hiệu suất mã hóa tốt hơn phương án trước, nhưng phức tạp hơn do cần dẫn xuất lại tập hợp của các tham số LM.

Dẫn xuất LM được rút gọn có hai điểm như được mô tả trong tài liệu nói chung ít hiệu quả hơn so với dẫn xuất LMS cổ điển ngoại trừ nếu nó không thay thế tất cả các dẫn xuất LMS khi vài chế độ LM đang cạnh tranh.

Theo một phương án thực hiện, dẫn xuất LM có hai điểm được sử dụng chỉ cho chế độ CCLM để dẫn xuất bộ dự báo khối sắc độ. Phương án thực hiện giúp cải thiện hiệu suất mã hóa.

Theo một phương án thực hiện, việc dẫn xuất với hai điểm được sử dụng chỉ đối với chế độ MMLM, do nó là phương pháp dự báo phức tạp nhất.

Theo một phương án thực hiện, dẫn xuất LM có hai điểm được sử dụng cho chế độ CCLM và chế độ MMLM để dẫn xuất bộ dự báo khối sắc độ. Phương án thực hiện có hiệu suất mã hóa tương tự như JEM mà nó giảm độ phức tạp của trường hợp xấu nhất bằng cách sử dụng dẫn xuất LM được đơn giản hóa để tạo các bộ dự báo khối sắc độ. Thực tế, dự báo sắc độ dựa trên độ

sáng là chế độ biểu diễn độ phức tạp của trường hợp xấu nhất trong số các chế độ LM dự báo. Phức tạp hơn dự báo sắc độ dư thừa.

Theo một phương án thực hiện, dẫn xuất LM có hai điểm thay thế tất cả các dẫn xuất LMS (tạo bộ dự báo khối sắc độ và dự báo dư thừa). Phương án thực hiện giảm hiệu suất mã hóa so với JEM mà nó giảm đáng kể độ phức tạp. Lưu ý rằng hai phương án thực hiện này cải thiện hiệu suất mã hóa bất kể phương pháp dẫn xuất được sử dụng ở bước 1203 cho các tham số.

Theo phương án thực hiện khác nữa, nếu một hoặc hai tham số độ dốc α (hoặc L) là “bất thường”, thì giá trị mặc định (chẳng hạn $-(1 \ll S)/8$) được sử dụng thay thế ở các bước 1206 và/hoặc 1207, và giá trị tương ứng β được tính toán.

Theo phương án thực hiện khác nữa, vài chế độ LM đang cạnh tranh ở phía bộ mã hóa, và các phần tử cú pháp có thể báo hiệu chế độ LM được chọn trong dòng bit ở phía bộ giải mã. Báo hiệu này có thể ở mức lát (hoặc PPS, hoặc SPS) để chỉ báo các tập hợp nào cần được sử dụng, hoặc ít nhất tạo các ứng viên để chọn mức khối. Ít nhất một trong các khác biệt giữa các chế độ LM đang cạnh tranh này là tập hợp của hai điểm được sử dụng để dẫn xuất các tham số LM. Tập hợp hai điểm và phương pháp để tạo hai điểm này định nghĩa các chế độ LM khác nhau khi cạnh tranh. Chẳng hạn, đối với một chế độ LM, hai điểm được xác định dựa trên các giá trị độ sáng nhỏ nhất và lớn nhất và đối với một chế độ LM khác hai điểm được lựa chọn dựa trên các giá trị sắc độ lớn nhất và nhỏ nhất.

Phương án thực hiện khác bao gồm định nghĩa số lượng tập hợp từ các vị trí khả thi như được minh họa trên Fig.5. Trong khi bốn điểm khác nhau có thể dẫn đến tới 12 cặp khác nhau, các điểm này dẫn đến các giá trị lớn nhất cho tử số và mẫu số trong phương trình để tính toán tham số độ dốc α (hoặc L) có thể được ưu tiên. Bộ mã hóa xây dựng danh sách cặp, và sắp xếp chúng theo vài tiêu chí (chẳng hạn khoảng cách ở thành phần độ sáng, hoặc khoảng cách Cartesian sử dụng cả thành phần độ sáng và sắc độ), có thể loại bỏ một số chúng (tức là, nếu độ dốc của nó rất gần với độ dốc khác), và do vậy tạo thành danh sách các tham số có thể được lựa chọn và báo hiệu.

Ưu điểm của các phương án thực hiện này là cải tiến hiệu suất mã hóa.

Các phần mô tả của các phương án thực hiện này đề xuất độ sáng và thành phần sắc độ mà có thể dễ dàng được thích ứng với các thành phần khác chẳng hạn cả thành phần sắc độ, hoặc thành phần RGB. Theo phương án thực hiện, sáng chế được sử dụng khi dự báo giá trị mẫu thành phần sắc độ thứ nhất từ thành phần sắc độ thứ hai. Theo phương án thực hiện khác, sáng chế được sử dụng khi dự báo giá trị mẫu của một thành phần từ nhiều hơn một giá trị mẫu của nhiều hơn một thành phần. Nên hiểu rằng trong trường hợp này, mô hình tuyến tính được suy ra dựa trên hai điểm/tập hợp, mỗi điểm/tập hợp bao gồm giá trị mẫu của một thành phần, và nhiều hơn một giá trị mẫu của nhiều hơn một thành phần. Chẳng hạn, nếu các giá trị mẫu của hai thành phần được sử dụng để dự báo giá trị mẫu của một thành phần, mỗi điểm/tập hợp có thể được biểu diễn làm vị trí trong không gian 3D, và mô hình tuyến tính dựa trên đường thẳng đi qua hai vị trí trong không gian 3D mà tương ứng với hai điểm/tập hợp của các giá trị mẫu được tái tạo.

Fig.13 là sơ đồ khối của thiết bị tính toán 1300 để thực hiện một hoặc nhiều phương án thực hiện sáng chế. Thiết bị tính toán 1300 có thể là thiết bị chẳng hạn máy vi tính, trạm làm việc hoặc thiết bị mang đi được. Thiết bị tính toán 1300 bao gồm đường truyền thông được kết nối với:

- khối xử lý trung tâm 1301, chẳng hạn bộ vi xử lý, được ký hiệu là CPU;
- bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên 1302, được ký hiệu là RAM, để lưu trữ mã thực thi được của phương pháp theo các phương án thực hiện sáng chế cũng như các thanh ghi được làm thích ứng để ghi nhận các biến và các tham số cần để thực hiện phương pháp để mã hóa hoặc giải mã ít nhất một phần ảnh theo các phương án thực hiện sáng chế, dung lượng bộ nhớ của nó có thể được mở rộng bởi RAM tùy chọn được kết nối với cổng mở rộng chẳng hạn;
- bộ nhớ chỉ đọc 1303, được ký hiệu là ROM, để lưu trữ các chương trình máy tính để thực hiện các phương án thực hiện sáng chế;
- giao diện mạng 1304 thường được kết nối với mạng truyền thông mà dữ liệu số trên đó cần được xử lý hoặc truyền hoặc nhận. Giao diện mạng 1304

có thể là một giao diện mạng, hoặc bao gồm tập hợp giao diện mạng khác nhau (chẳng hạn các giao diện hữu tuyến và không dây, hoặc các loại giao diện hữu tuyến hoặc không dây khác nhau). Các gói dữ liệu được viết vào giao diện mạng để truyền hoặc được đọc từ giao diện mạng để nhận dưới sự điều khiển của ứng dụng phần mềm chạy trong CPU 1301;

- giao diện người dùng 1305 có thể được sử dụng để nhận đầu vào từ người dùng hoặc để hiển thị thông tin cho người dùng;
- đĩa cứng 1306 được ký hiệu là HD có thể được dùng làm bộ lưu trữ lớn;
- môđun I/O 1307 có thể được sử dụng để nhận/gửi dữ liệu từ/đến thiết bị bên ngoài chẳng hạn nguồn video hoặc phần hiển thị.

Mã thực thi được có thể được lưu trữ hoặc trong ROM 1303, trên đĩa cứng 1306 hoặc trên phương tiện số tháo được chẳng hạn đĩa. Theo biến thể, mã thực thi được của chương trình có thể được nhận nhờ mạng truyền thông, qua giao diện mạng 1304, để được lưu trữ trong một trong các phương tiện lưu trữ của thiết bị truyền thông 1300, chẳng hạn đĩa cứng 1306, trước khi được thực thi.

CPU 1301 được làm thích ứng để điều khiển và dẫn hướng thực thi các lệnh hoặc các phần của mã phần mềm của chương trình hoặc các chương trình theo các phương án thực hiện sáng chế, các lệnh được lưu trữ ở một trong các phương tiện lưu trữ nêu trên. Sau khi bật, CPU 1301 có thể thực thi lệnh từ RAM chính 1302 liên quan đến ứng dụng phần mềm sau khi các lệnh đó được nạp từ chương trình ROM 1303 hoặc đĩa cứng (HD) 1306 chẳng hạn. ứng dụng phần mềm, khi được thực thi bởi CPU 1301, khiến các bước của phương pháp theo sáng chế được thực hiện.

Bước bất kỳ của các phương pháp theo sáng chế có thể được thực hiện trong phần mềm bằng cách thực thi tập hợp lệnh hoặc chương trình bởi máy tính lập trình được, chẳng hạn PC (“máy tính cá nhân”), DSP (“bộ xử lý tín hiệu số”) hoặc bộ vi điều khiển; hoặc được triển khai trong phần cứng bằng máy hoặc thành phần dành riêng, chẳng hạn FPGA (“mảng cổng dạng trường

lập trình được”) đặc biệt cho lựa chọn Minima và Maxima, hoặc ASIC (“mạch tích hợp ứng dụng cụ thể”).

Lưu ý rằng trong khi một số ví dụ dựa trên HEVC để minh họa, sáng chế không bị giới hạn ở HEVC. Chẳng hạn, sáng chế cũng có thể được sử dụng trong quá trình ước tính/dự báo khác bất kỳ trong đó mối quan hệ giữa hai hoặc nhiều giá trị mẫu của thành phần có thể được ước tính/dự báo với mô hình, trong đó mô hình này là mô hình xấp xỉ được xác định dựa trên ít nhất hai tập hợp các giá trị mẫu thành phần liên quan/liên kết được lựa chọn từ tất cả các tập hợp có sẵn của các giá trị mẫu thành phần liên quan/liên kết.

Nên hiểu rằng mỗi điểm tương ứng với cặp mẫu (tức là, tập hợp các giá trị mẫu liên kết cho các thành phần khác) có thể được lưu trữ và/hoặc được xử lý liên quan đến mảng. Chẳng hạn, các giá trị mẫu của mỗi thành phần có thể được lưu trữ trong mảng sao cho mỗi giá trị mẫu của thành phần đó có thể tham chiếu/truy nhập/nhận được bằng cách tham chiếu phần tử của mảng đó, sử dụng chỉ số cho giá trị mẫu đó chẳng hạn. Theo cách khác, mảng có thể được sử dụng để lưu trữ và xử lý mỗi cặp mẫu mà mẫu giá trị mẫu của các cặp mẫu truy nhập được/thu được làm phần tử của mảng.

Cũng hiểu rằng kết quả bất kỳ của việc so sánh, xác định, đánh giá, lựa chọn, hoặc xem xét nêu trên, chẳng hạn lựa chọn được thực hiện trong quá trình mã hóa, có thể được chỉ báo trong hoặc có thể xác định từ dữ liệu trong dòng bit, chẳng hạn cờ hoặc dữ liệu chỉ báo kết quả, sao cho kết quả được chỉ báo hoặc xác định có thể được sử dụng khi xử lý thay cho thực sự thực hiện so sánh, xác định, đánh giá, lựa chọn, hoặc xem xét, chẳng hạn trong suốt quá trình giải mã.

Mặc dù sáng chế đã được nêu trên đây dựa vào các phương án thực hiện cụ thể, sáng chế không bị giới hạn ở các phương án thực hiện cụ thể, và các cải biến sẽ là rõ ràng với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực, nằm trong phạm vi của sáng chế.

Nhiều cải biến và biến thể khác sẽ gợi ý cho người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực khi thực hiện viện dẫn đến các phương án thực hiện minh họa nêu trên, mà được nêu chỉ thông qua ví dụ và không nhằm giới hạn phạm

vi của sáng chế, mà được xác định chỉ bằng các điểm yêu cầu bảo hộ đi kèm. Cụ thể là các dấu hiệu khác nhau từ các phương án thực hiện khác có thể được trao đổi, cho phù hợp.

Mỗi phương án thực hiện sáng chế nêu trên có thể được triển khai độc lập hoặc dưới dạng tổ hợp của các phương án thực hiện. Các dấu hiệu từ các phương án thực hiện khác nhau cũng có thể được kết hợp nếu cần hoặc trong đó tổ hợp của các phần tử hoặc các dấu hiệu từ các phương án thực hiện riêng rẽ theo một phương án thực hiện là có lợi.

Mỗi dấu hiệu được bộc lộ trong bản mô tả (bao gồm các điểm yêu cầu bảo hộ đi kèm, tóm tắt và hình vẽ bất kỳ) có thể được thay thế bằng các dấu hiệu tùy chọn phục vụ mục đích tương tự, tương đương hoặc giống hệt, trừ khi có thông báo ngược lại. Do vậy, trừ khi có thông báo ngược lại, mỗi dấu hiệu được bộc lộ là một ví dụ chỉ của chuỗi tổng hợp các dấu hiệu tương đương hoặc giống hệt.

Trong các điểm yêu cầu bảo hộ, từ “bao gồm” không loại trừ các phần tử khác hoặc các bước, và mạo từ không xác định “một” không loại trừ số nhiều. Thực tế duy nhất mà các dấu hiệu khác nhau được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ khác nhau phụ thuộc lẫn nhau không chỉ báo rằng tổ hợp của các dấu hiệu này không thể được sử dụng một cách có lợi.

Các mệnh đề được đánh số sau cũng định nghĩa các phương án thực hiện cụ thể:

1. Phương pháp dẫn xuất mô hình tuyến tính để thu được mẫu thành phần thứ nhất cho khối thành phần thứ nhất từ mẫu thành phần thứ hai được tái tạo được liên kết của khối thành phần thứ hai trong cùng khung, phương pháp bao gồm các bước:

– xác định các tham số của phương trình tuyến tính biểu diễn đường thẳng đi qua hai điểm, mỗi điểm được định nghĩa bằng hai biến, biến thứ nhất tương ứng với giá trị mẫu thành phần thứ hai, biến thứ hai tương ứng với giá trị mẫu thành phần thứ nhất, dựa trên các mẫu được tái tạo của cả thành phần thứ nhất và thành phần thứ hai; và

– dẫn xuất mô hình tuyến tính được định nghĩa bởi các tham số đường thẳng;

trong đó việc xác định các tham số sử dụng giải tích nguyên.

2. Phương pháp theo mệnh đề 1 trong đó tham số tương ứng với độ dốc của phương trình tuyến tính (α) được ước tính bằng cách tính toán hiệu số (diff) giữa các thành phần thứ nhất của hai điểm, và kích thước của hiệu số này bị giới hạn bằng cách áp dụng dịch bit cho hiệu số này.

3. Phương pháp theo mệnh đề 2 trong đó giá trị của dịch bit phụ thuộc vào bitdepth của mẫu.

4. Phương pháp theo mệnh đề 2 hoặc 3 trong đó số lượng giá trị lớn nhất của hiệu số bằng 256.

5. Phương pháp theo mệnh đề 4 trong đó giá trị của dịch bit (pshift) liên quan đến bitdepth của mẫu (BitDepth) bởi

$$pShift = \begin{cases} BitDepth - 8, & \text{Nếu } BitDepth > 8 \\ 0, & \text{Ngược lại} \end{cases}$$

6. Phương pháp theo mệnh đề bất kỳ trong các mệnh đề từ 3 đến 5 trong đó các giá trị tương ứng với hiệu số được lưu trữ trong bảng, trong đó số lượng mục trong bảng bằng 256.

7. Phương pháp theo mệnh đề bất kỳ trong các mệnh đề từ 3 đến 5 trong đó các giá trị tương ứng với hiệu số được lưu trữ trong bảng, trong đó số lượng mục trong bảng bằng 256 khi mẫu có bitdepth dưới hoặc bằng ngưỡng, và 512 khi mẫu có bitdepth lớn hơn ngưỡng.

8. Phương pháp theo mệnh đề 2 hoặc 3 trong đó số lượng giá trị lớn nhất của hiệu số bằng 128.

9. Phương pháp theo mệnh đề 8 trong đó giá trị của dịch bit (pshift) liên quan đến bitdepth của mẫu (BitDepth) bởi

$$pShift = \begin{cases} BitDepth - 7, & \text{Nếu } BitDepth > 7 \\ 0, & \text{Ngược lại} \end{cases}$$

10. Phương pháp theo mệnh đề 8 hoặc 9 trong đó các giá trị tương ứng với hiệu số được lưu trữ trong bảng, trong đó số lượng mục trong bảng bằng 128.

11. Phương pháp theo mệnh đề 8 hoặc 9 trong đó các giá trị tương ứng với hiệu số được lưu trữ trong bảng, trong đó số lượng mục trong bảng hoặc 128 khi mẫu có bitdepth dưới hoặc bằng ngưỡng, và 256 khi mẫu có bitdepth lớn hơn ngưỡng.
12. Phương pháp theo mệnh đề 7 hoặc 11 trong đó ngưỡng bằng 10 bit.
13. Phương pháp theo mệnh đề bất kỳ trong các mệnh đề từ 6 đến 12 trong đó các giá trị được lưu trữ trong bảng nêu trên tương ứng với hiệu số thông qua hàm số bao gồm hàm số Floor.
14. Phương pháp theo mệnh đề bất kỳ trong các mệnh đề từ 2 đến 13 trong đó hiệu số này bị giới hạn là số nguyên.
15. Phương pháp theo mệnh đề 14 trong đó giá trị được thêm vào hiệu số, giá trị nêu trên phụ thuộc vào dịch bit được áp dụng cho hiệu số.
16. Phương pháp theo mệnh đề đứng trước bất kỳ trong đó xác định tham số tương ứng với độ dốc của phương trình tuyến tính bao gồm bước xác định phép chia, việc xác định nêu trên bao gồm bước giảm độ lớn của phép chia để áp dụng dịch bit cho phép chia này.
17. Phương pháp theo mệnh đề 16 còn bao gồm bước áp dụng dịch bit cho các giá trị tương ứng với hiệu số nêu trên được lưu trữ trong bảng để giới hạn kích thước của mỗi mục được lưu trữ trong bảng.
18. Phương pháp theo mệnh đề 16 hoặc 17 trong đó việc giảm độ lớn bao gồm bước giới hạn số lượng bit giá trị phép chia sẽ dùng về một byte.
19. Phương pháp theo mệnh đề 18 trong đó số lượng bit bằng 6, 7 hoặc 8.
20. Phương pháp theo mệnh đề 18 hoặc 19 trong đó số lượng bit tùy thuộc vào độ sâu bit của mẫu.
21. Phương pháp theo mệnh đề đứng trước bất kỳ còn bao gồm bước giới hạn kích thước và/hoặc số lượng giá trị khả thi của tham số tương ứng với độ dốc của phương trình tuyến tính nêu trên.
22. Phương pháp theo mệnh đề 21 bao gồm bước xén giá trị của độ dốc của phương trình tuyến tính nêu trên nằm trong khoảng định trước.
23. Phương pháp theo mệnh đề 22 trong đó khoảng định trước tương ứng với $[-2,0,2,0]$ ở chế độ CCLM.

24. Phương pháp theo mệnh đề bất kỳ trong các mệnh đề từ 17 đến 23 trong đó bước giới hạn kích thước và/hoặc số lượng giá trị khả thi của tham số tương ứng với độ dốc của phương trình tuyến tính nêu trên bao gồm bước giảm độ lớn của tham số bằng cách áp dụng dịch bit cho tham số nêu trên.
25. Phương pháp theo mệnh đề 24 mà phụ thuộc vào mệnh đề 22 trong đó việc giảm độ lớn được thực hiện sau khi xén.
26. Phương pháp theo mệnh đề 24 hoặc 25 trong đó việc giảm độ lớn bao gồm bước giới hạn số lượng bit giá trị của tham số sử dụng.
27. Phương pháp theo mệnh đề 26 trong đó số lượng bit phụ thuộc vào độ sâu bit của mẫu.
28. Phương pháp theo mệnh đề 26 trong đó số lượng bit bằng 5 hoặc 6.
29. Thiết bị để mã hóa ảnh, trong đó thiết bị bao gồm phương tiện để dẫn xuất mô hình tuyến tính theo mệnh đề bất kỳ từ 1 đến 28.
30. Thiết bị để giải mã ảnh, trong đó thiết bị bao gồm phương tiện để dẫn xuất mô hình tuyến tính theo mệnh đề bất kỳ từ 1 đến 28.
31. Sản phẩm chương trình máy tính cho thiết bị lập trình được, sản phẩm chương trình máy tính bao gồm chuỗi lệnh để thực hiện phương pháp theo mệnh đề bất kỳ trong số các mệnh đề từ 1 đến 28, khi được nạp vào và được thực thi bởi thiết bị lập trình được.
32. Vật ghi máy tính đọc được lưu trữ chương trình, khi được thực thi bởi bộ vi xử lý hoặc hệ thống máy tính trong thiết bị, khiến thiết bị thực hiện phương pháp theo mệnh đề bất kỳ trong các mệnh đề từ 1 đến 28.
33. Chương trình máy tính mà khi thực thi khiến phương pháp theo mệnh đề bất kỳ trong số các mệnh đề từ 1 đến 28 được thực hiện.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp dẫn xuất mô hình tuyến tính để thu được giá trị mẫu sắc độ của khối sắc độ của vùng đích từ giá trị mẫu độ sáng được liên kết của khối độ sáng trong cùng khung, trong đó phương pháp bao gồm các bước:

xác định hai cặp giá trị để xác định mô hình tuyến tính, mỗi cặp được xác định bởi hai biến, biến thứ nhất trong hai biến nêu trên tương ứng với giá trị mẫu độ sáng, biến thứ hai trong hai biến nêu trên tương ứng với giá trị mẫu sắc độ,

trong đó hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định dựa trên các giá trị mẫu ở lân cận của vùng đích,

trong đó mỗi giá trị trong hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính nêu trên được xác định bằng cách tính trung bình hai giá trị dựa trên các giá trị mẫu ở lân cận; và

xác định các tham số của mô hình tuyến tính bằng cách tính toán hiệu số giữa các giá trị mẫu độ sáng của hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính và hiệu số giữa các giá trị mẫu sắc độ của hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định dựa trên vị trí của giá trị mẫu độ sáng của các giá trị mẫu ở lân cận.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định là tương ứng với các giá trị mẫu ở vị trí định trước ở lân cận.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó phương pháp còn bao gồm bước xác định ít nhất một trong hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính là tương ứng với giá trị mẫu ở vị trí định trước thứ hai khi mẫu ở vị trí định trước không khả dụng.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định dựa trên các giá trị mẫu ở lân cận và các mẫu khối độ sáng.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó:

- các mẫu độ sáng được tổ chức thành ít nhất hai nhóm; và
- hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định để xác định mô hình tuyến tính cho mỗi nhóm mẫu độ sáng.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó nếu hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định cho nhóm tương ứng với tham số độ dốc nhỏ hơn ngưỡng định trước, thì chúng được thay thế bằng hai cặp được xác định cho nhóm khác.

8. Phương pháp theo điểm 6, trong đó nếu hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định cho nhóm tương ứng với tham số độ dốc nhỏ hơn ngưỡng định trước, thì hai cặp mới được xác định dựa trên các mẫu của tất cả các nhóm được xem là một nhóm.

9. Phương pháp giải mã một hoặc nhiều ảnh từ dòng bit bằng cách dẫn xuất mô hình tuyến tính để thu được giá trị mẫu sắc độ của khối sắc độ của vùng đích từ giá trị mẫu độ sáng được liên kết của khối độ sáng trong cùng khung, trong đó phương pháp bao gồm các bước:

xác định hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính, mỗi cặp trong hai cặp giá trị được xác định bởi hai biến, biến thứ nhất trong hai biến nêu trên tương ứng với giá trị mẫu độ sáng biến thứ hai trong hai biến nêu trên tương ứng với giá trị mẫu sắc độ,

trong đó hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định dựa trên các giá trị mẫu ở lân cận của vùng đích;

trong đó mỗi giá trị trong hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định bằng cách tính trung bình hai giá trị dựa trên các giá trị mẫu ở lân cận; và

xác định các tham số của mô hình tuyến tính bằng cách tính toán hiệu số giữa các giá trị mẫu độ sáng của hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính và hiệu số giữa các giá trị mẫu sắc độ của hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính.

10. Thiết bị dẫn xuất mô hình tuyến tính để thu được a giá trị mẫu sắc độ của khối sắc độ của vùng đích từ giá trị mẫu độ sáng được liên kết của khối độ sáng trong cùng khung, trong đó thiết bị bao gồm:

khối xác định thứ nhất được tạo cấu hình để xác định hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính, mỗi cặp trong hai cặp giá trị được xác định bởi hai biến, biến thứ nhất trong hai biến nêu trên tương ứng với giá trị mẫu độ sáng, biến thứ hai trong hai biến nêu trên tương ứng với giá trị mẫu sắc độ,

trong đó hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định dựa trên các giá trị mẫu ở lân cận của vùng đích;

trong đó mỗi giá trị trong hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định bằng cách tính trung bình hai giá trị dựa trên các giá trị mẫu ở lân cận; và

khối xác định thứ hai được tạo cấu hình để xác định các tham số của mô hình tuyến tính bằng cách tính toán hiệu số giữa các giá trị mẫu độ sáng của hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính và hiệu số giữa các giá trị mẫu sắc độ của hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính.

11. Thiết bị giải mã ảnh bằng cách dẫn xuất mô hình tuyến tính để thu được giá trị mẫu sắc độ của vùng đích từ giá trị mẫu độ sáng được liên kết của khối độ sáng trong cùng khung, trong đó thiết bị bao gồm:

khối xác định thứ nhất được tạo cấu hình để xác định hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính, mỗi cặp trong hai cặp giá trị được xác định bởi hai biến, biến thứ nhất trong hai biến nêu trên tương ứng với giá trị mẫu độ sáng, biến thứ hai trong hai biến nêu trên tương ứng với giá trị mẫu sắc độ,

trong đó hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định dựa trên các giá trị mẫu ở lân cận của vùng đích, và

trong đó mỗi giá trị trong hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính được xác định bằng cách tính trung bình hai giá trị dựa trên các giá trị mẫu lân cận; và

khối xác định thứ hai được tạo cấu hình để xác định các tham số của mô hình tuyến tính bằng cách tính toán hiệu số giữa các giá trị mẫu độ sáng của hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính và hiệu số giữa các giá trị mẫu sắc độ của hai cặp giá trị xác định mô hình tuyến tính.

12. Vật ghi máy tính đọc được lưu trữ chương trình mà khi thực thi khiến phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8 sẽ được thực hiện.

13. Vật ghi máy tính đọc được lưu trữ chương trình mà khi thực thi khiến phương pháp theo điểm 9 sẽ được thực hiện.

1/10

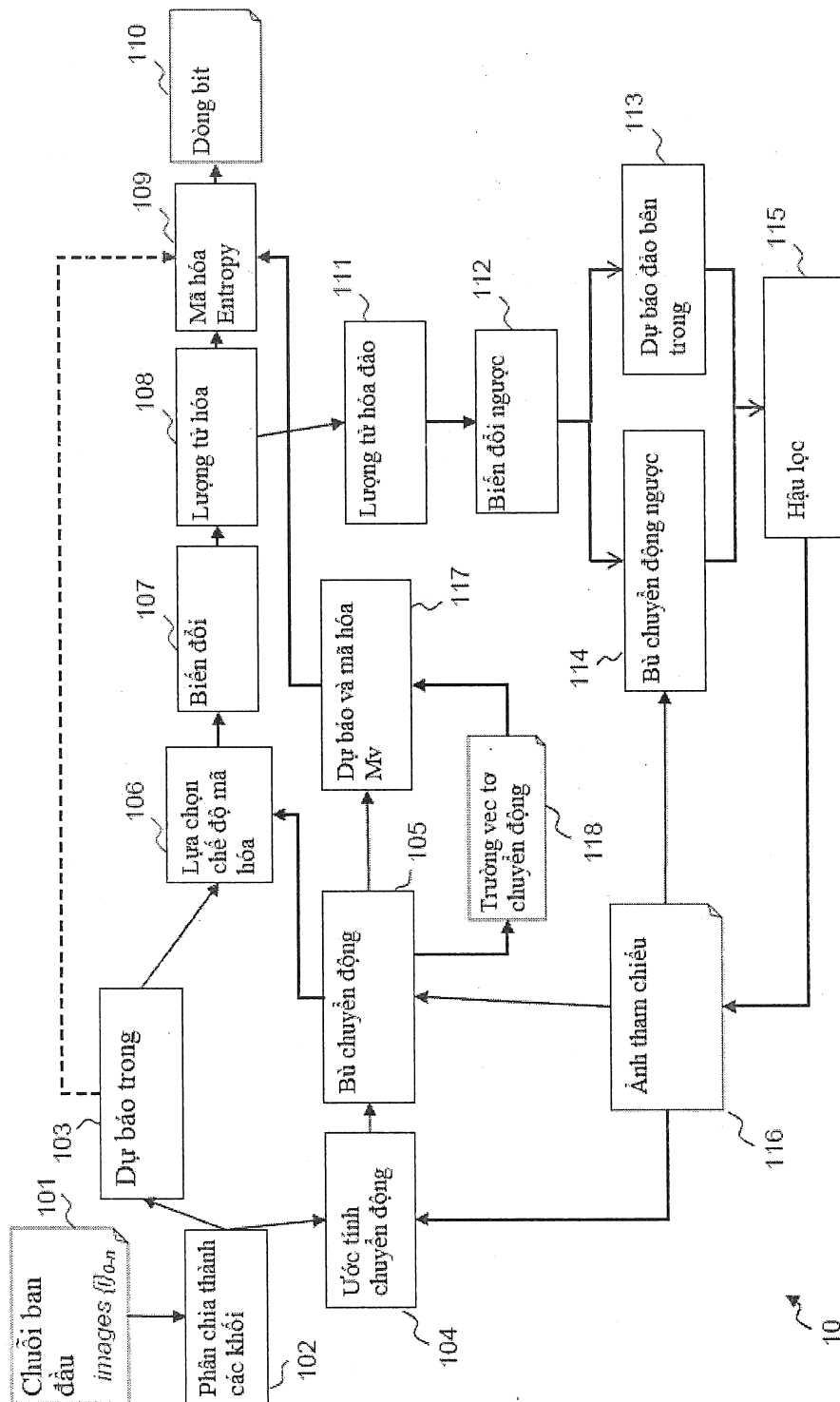
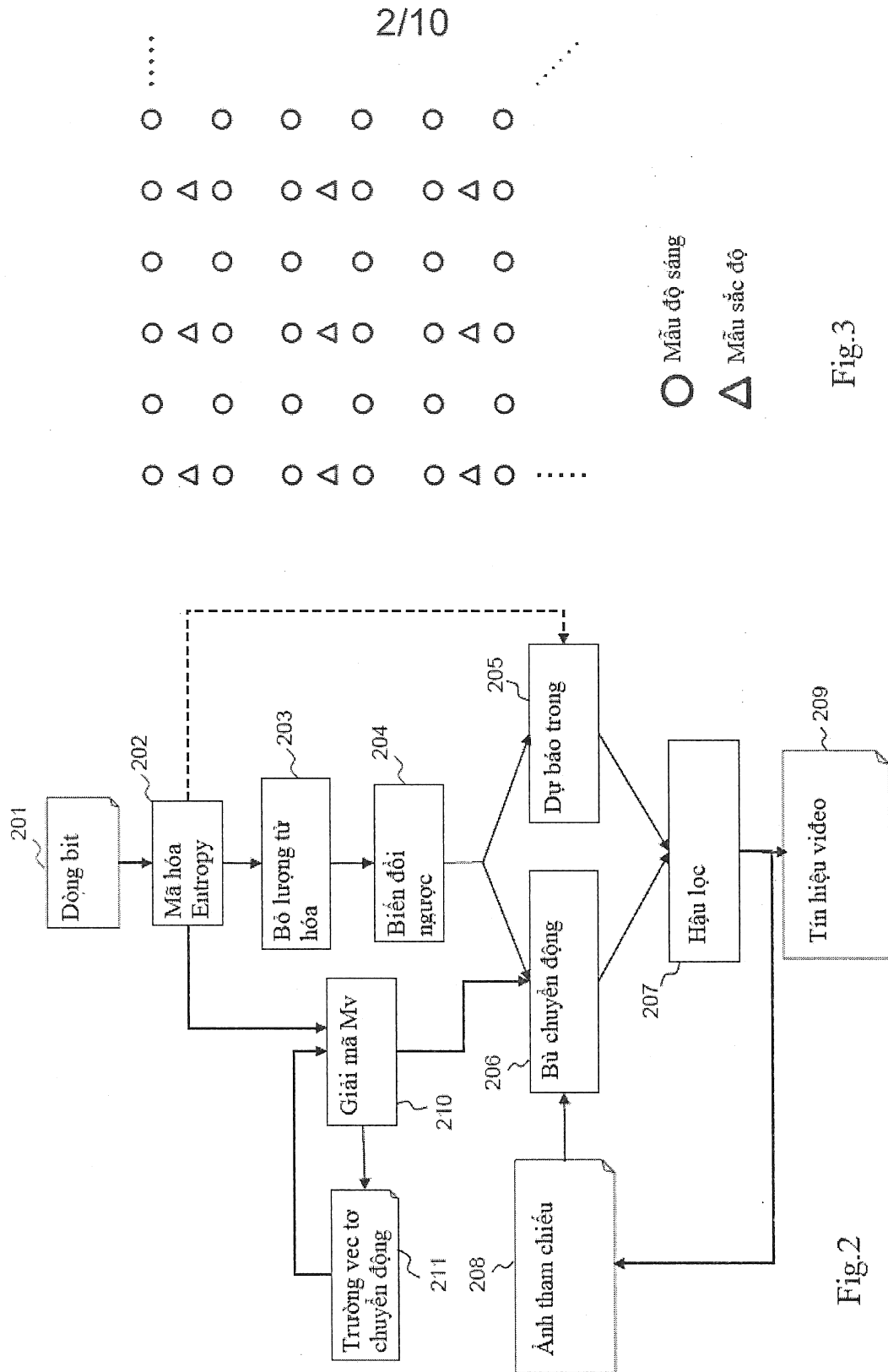


Fig.1



3/10

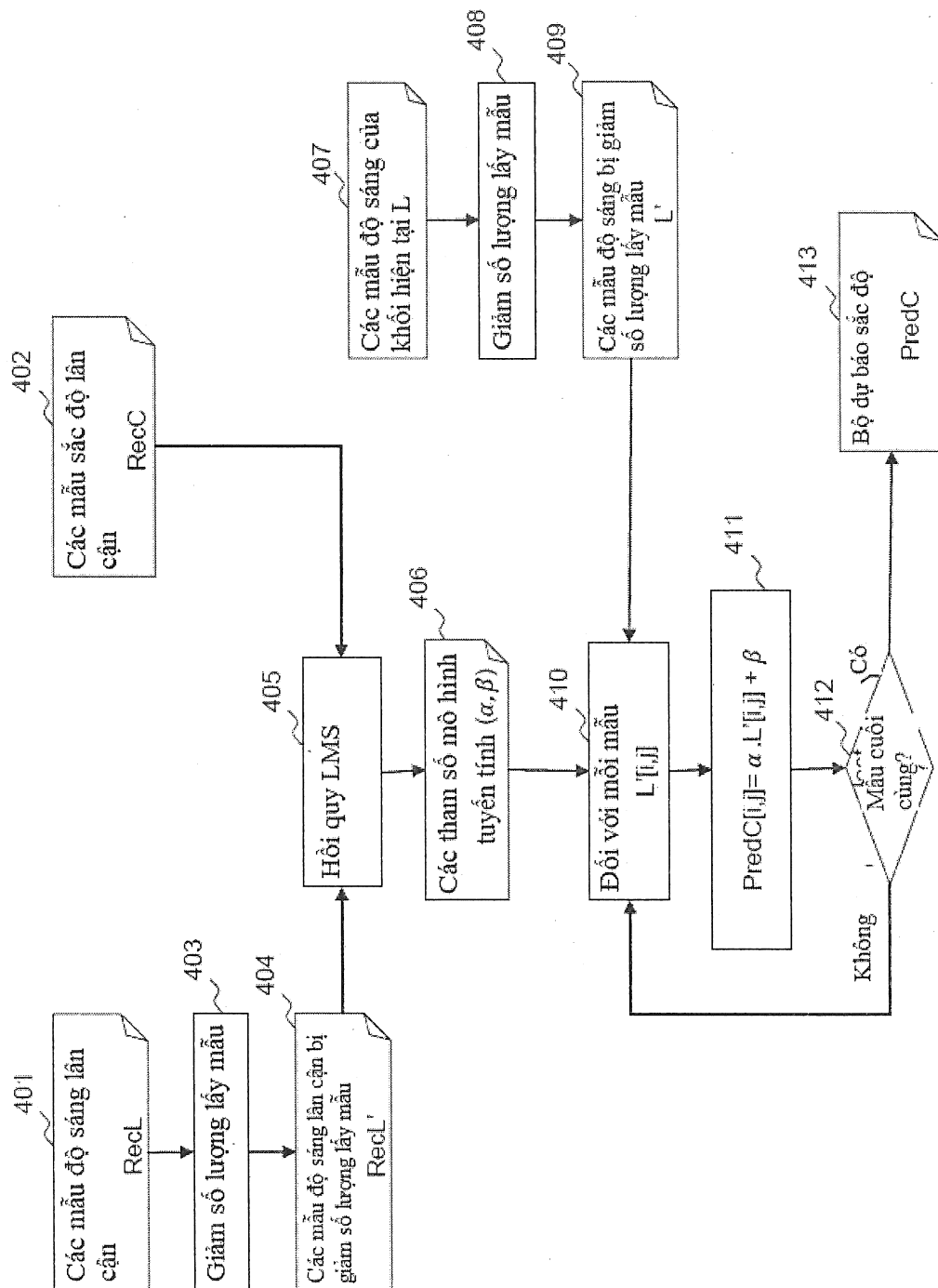
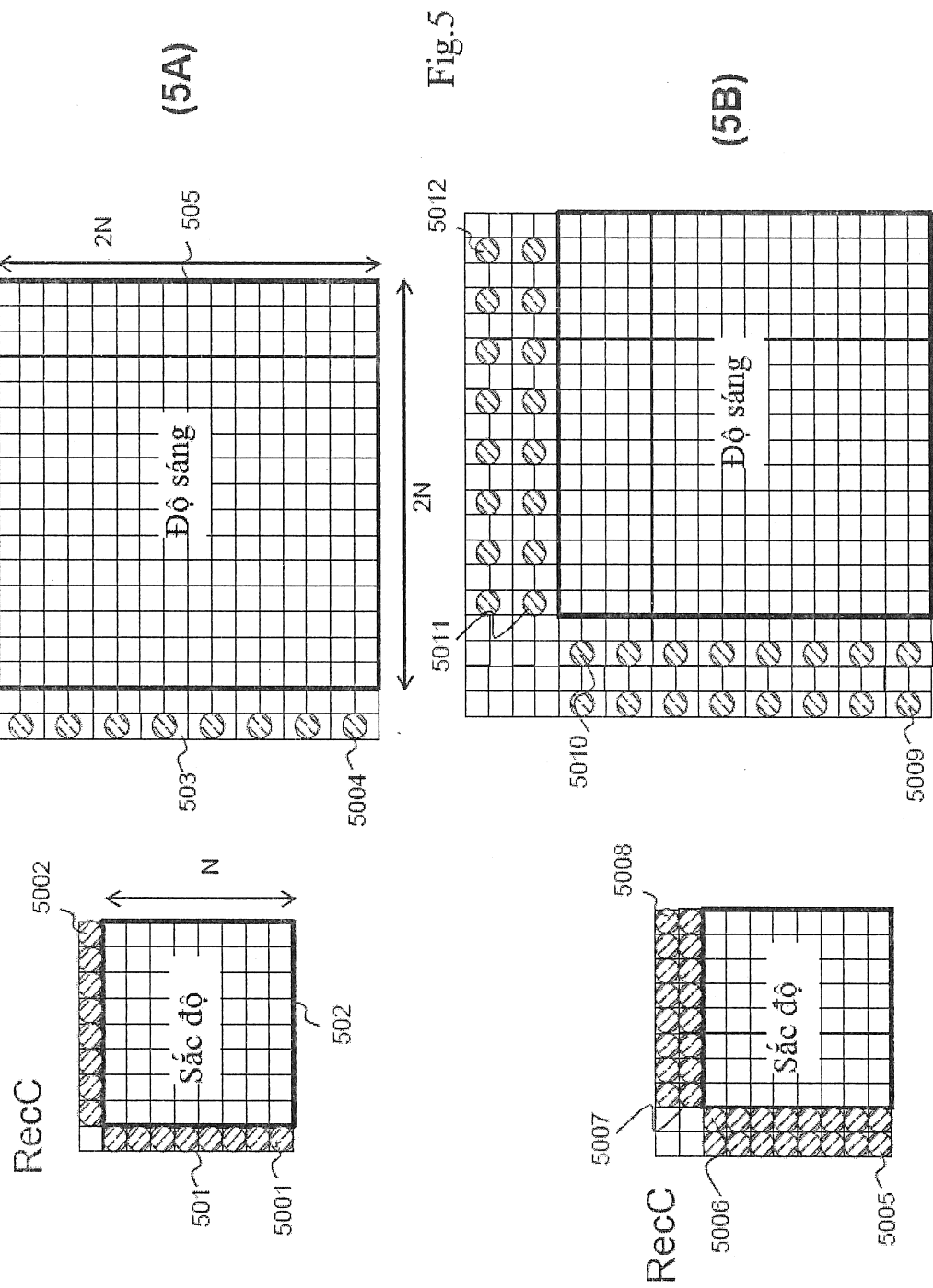


Fig. 4

RecL 
RecL' 

4/10



5/10

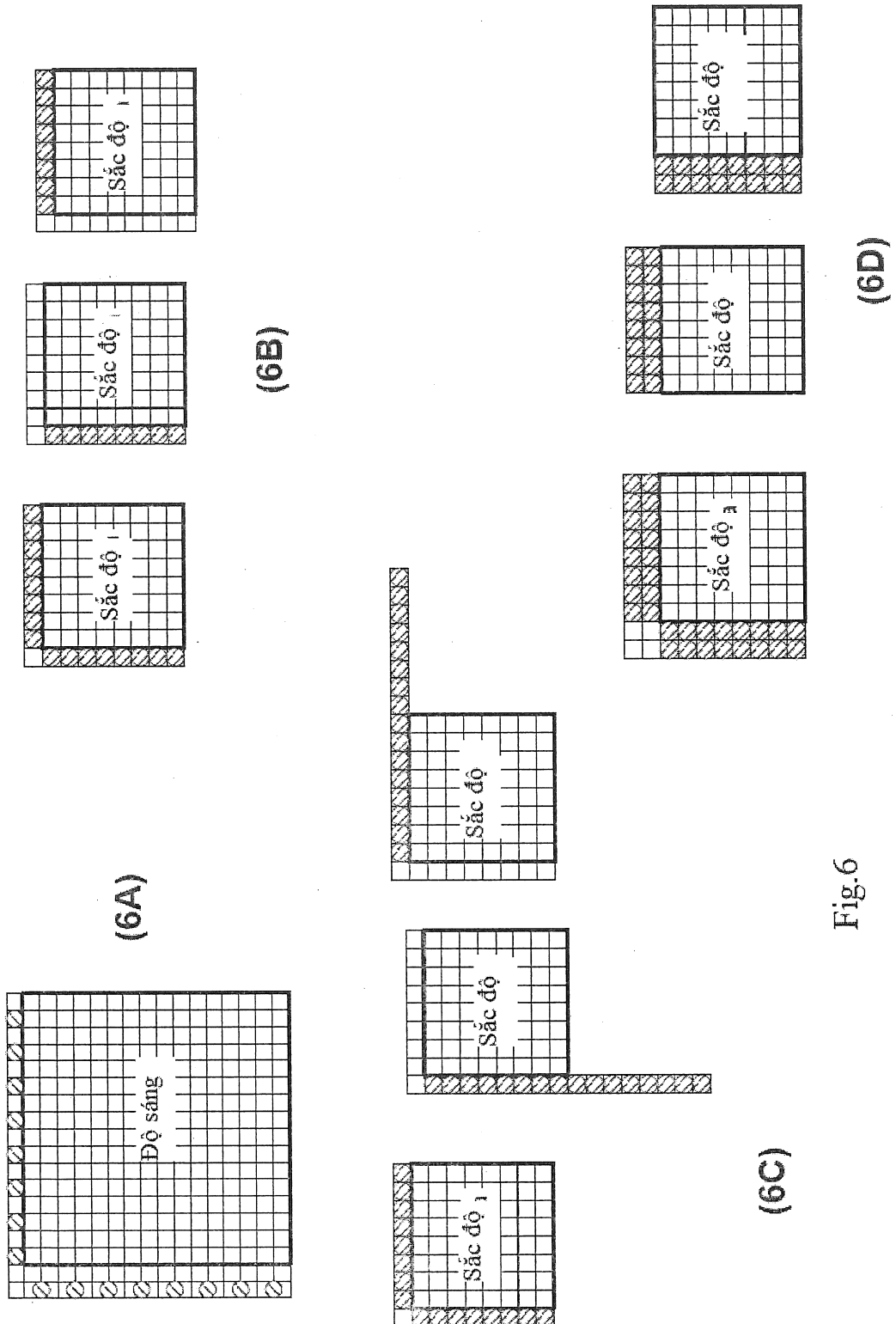


Fig.6

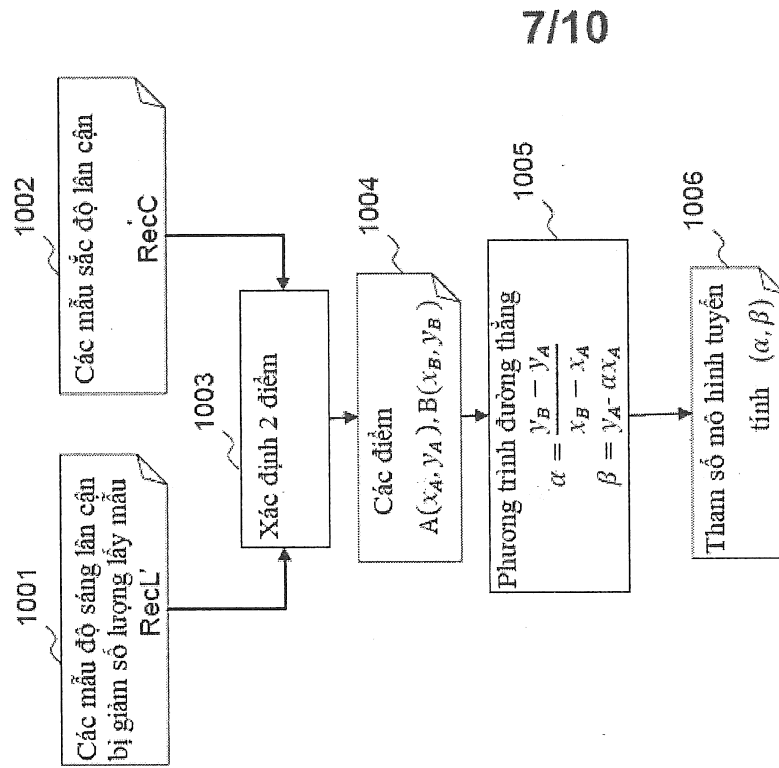


Fig. 10

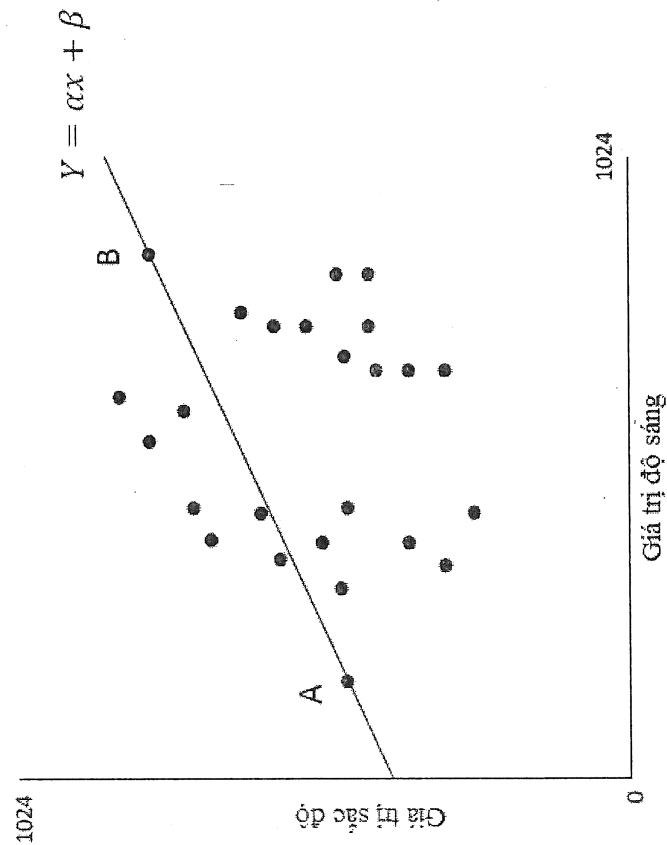


Fig. 9

8/10

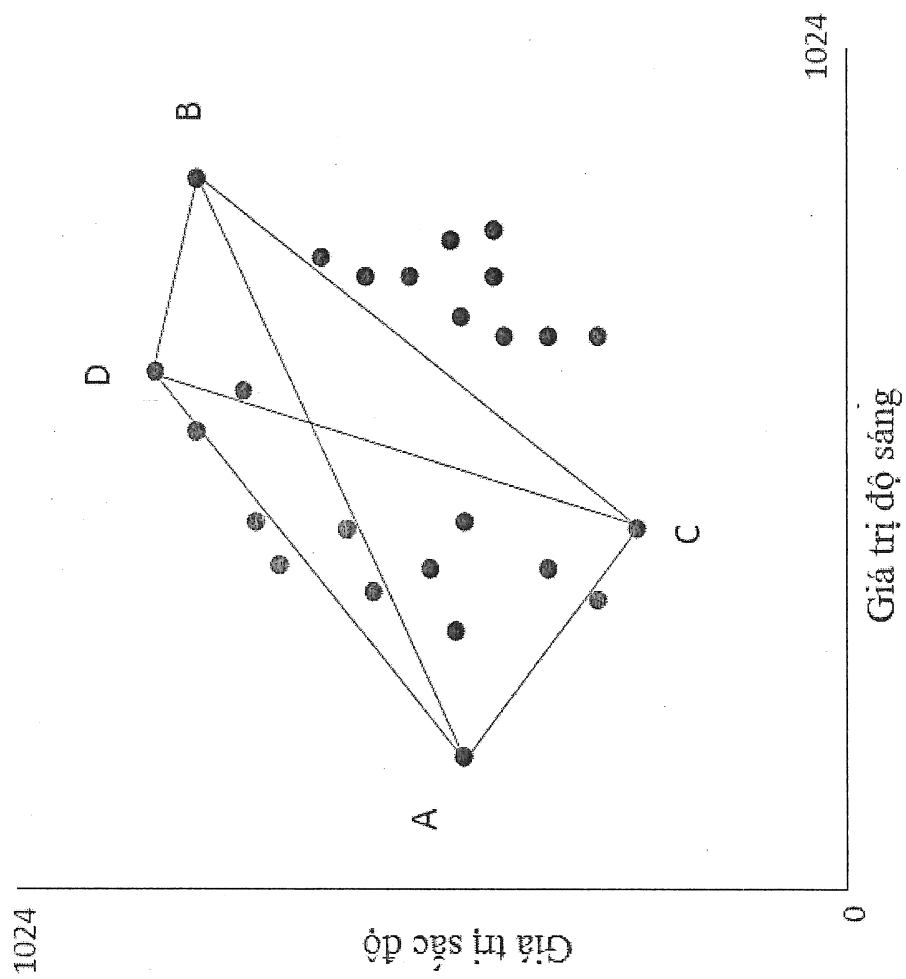


Fig. 11

9/10

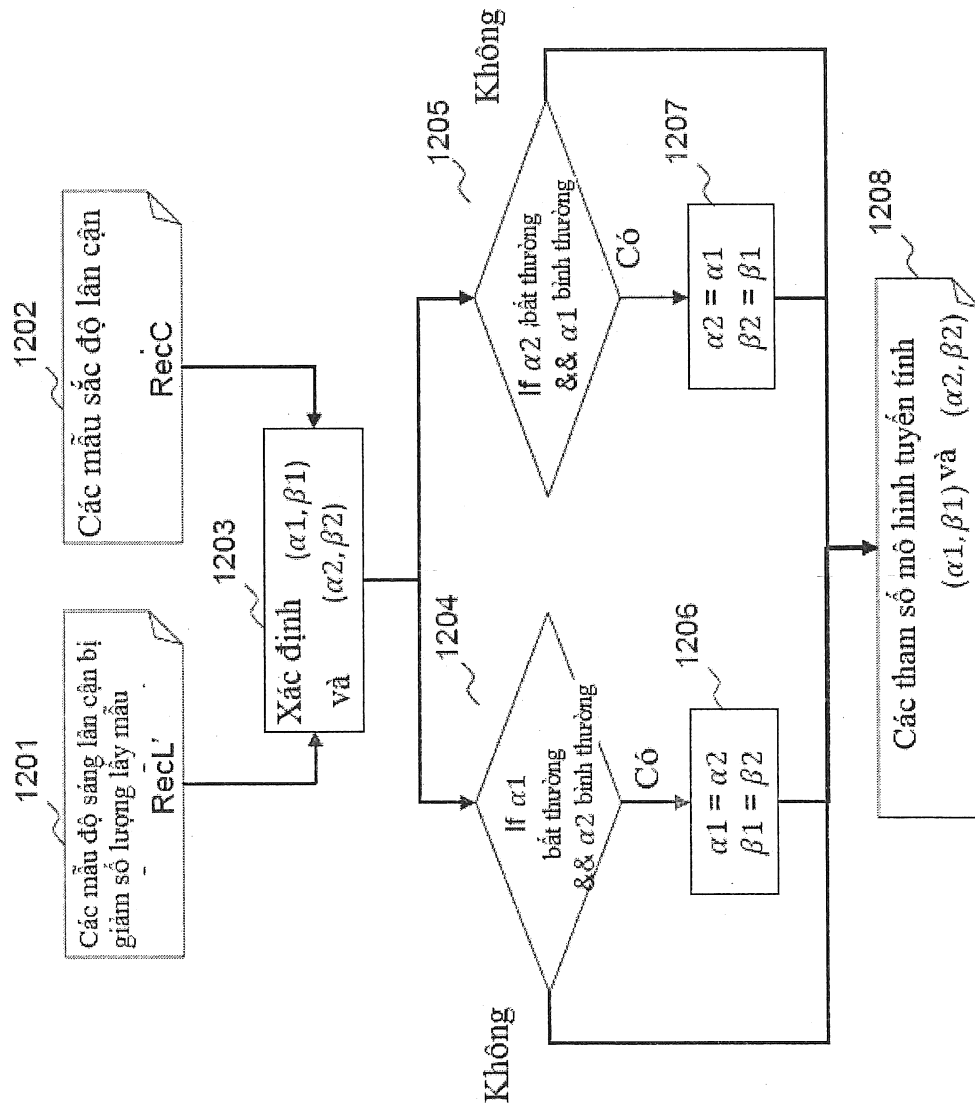


Fig.12

10/10

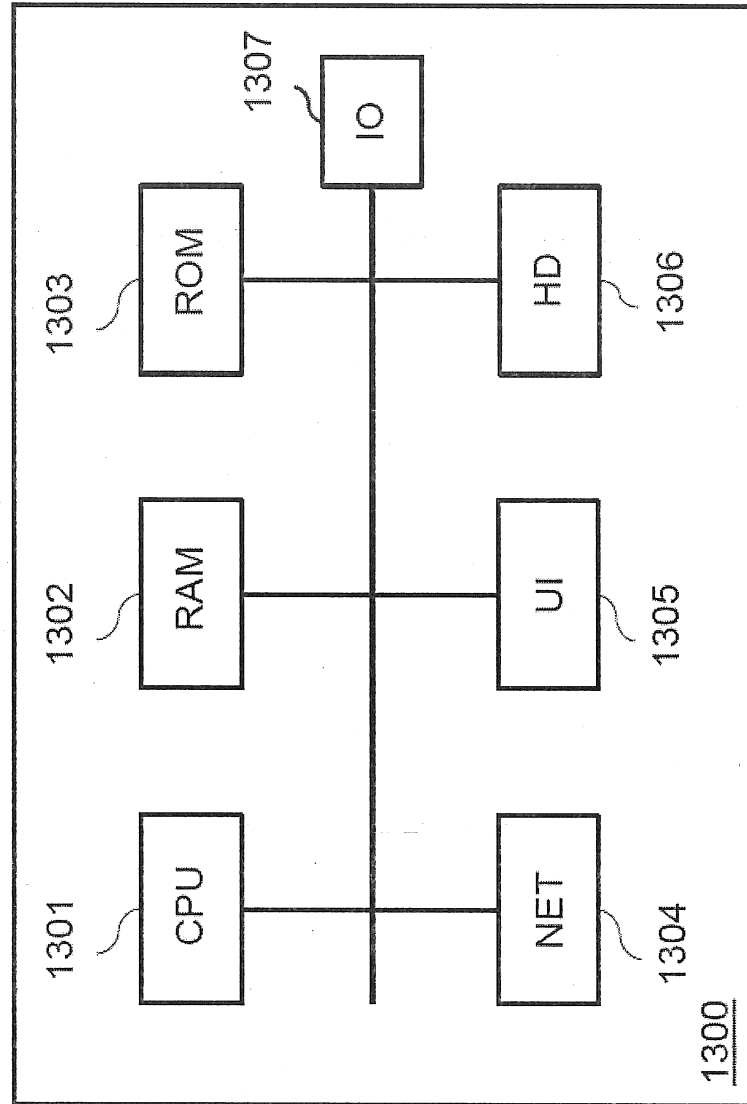


Fig.13