



(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
1-0045101
(51)^{2020.01} H04N 19/124; H04N 19/18; H04N 19/136 (13) B

(21) 1-2021-02167 (22) 24/09/2019
(86) PCT/EP2019/075732 24/09/2019 (87) WO2020/064745 02/04/2020
(30) 18196399.2 24/09/2018 EP
(45) 25/04/2025 445 (43) 25/06/2021 399A
(71) Fraunhofer-Gesellschaft zur Foerderung der angewandten Forschung e.V. (DE)
Hansastrasse 27c, 80686 Muenchen, Germany
(72) SCHWARZ, Heiko (DE); WIEGAND, Thomas (DE); NGUYEN, Phan Hoang Tung
(DE); MARPE, Detlev (DE).
(74) Công ty TNHH Quốc tế D & N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)

(54) THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI MÃ HÌNH ẢNH TỪ DÒNG DỮ LIỆU, THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ VÀ PHƯƠNG PHÁP MÃ HÓA HÌNH ẢNH, PHƯƠNG TIỆN BẮT BIẾN ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(21) 1-2021-02167

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị điện tử và phương pháp giải mã hình ảnh từ dòng dữ liệu, thiết bị điện tử và phương pháp mã hóa hình ảnh, và phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính. Các khái niệm được trình bày nhằm đạt được việc lập mã hiệu quả hơn cho các hệ số của khối biến đổi bằng cách sử dụng lượng tử hóa phụ thuộc và lập mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh hoặc đạt được việc lập mã các hệ số của khối biến đổi theo cách cho phép lập mã hiệu quả hơn ngay cả khi việc sử dụng lượng tử hóa phụ thuộc được kết hợp với việc sử dụng lập mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh.

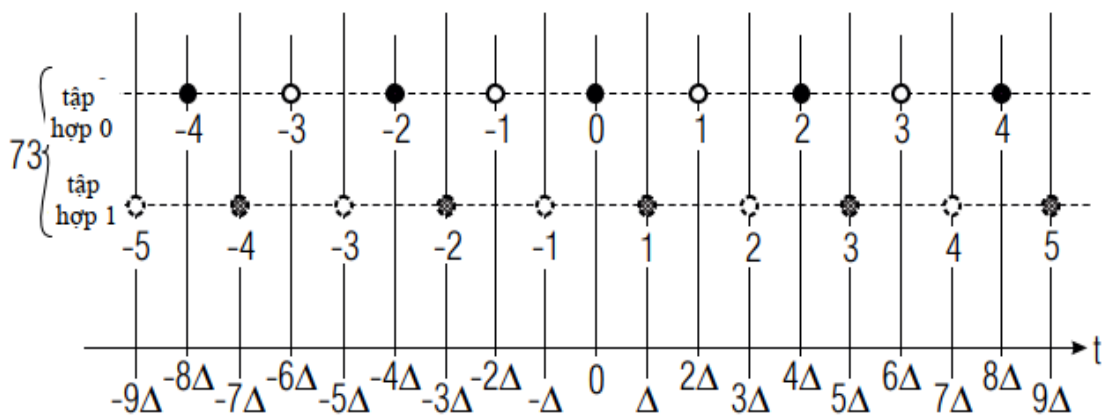


Fig. 7

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến kỹ thuật lập mã các mức hệ số biến đổi, chẳng hạn như lập mã hình ảnh hoặc video.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Khi thiết lập tham số lượng tử hóa, bộ mã hóa phải thực hiện một sự dàn xếp. Kết xuất thô lượng tử hóa làm giảm tốc độ bit, nhưng làm tăng biến dạng lượng tử hóa, và kết xuất lượng tử hóa chi tiết hơn làm giảm biến dạng, nhưng tăng tốc độ bit. Sẽ rất có lợi nếu có sẵn khái niệm làm tăng hiệu quả lập mã cho miền nhất định của các mức lượng tử hóa có sẵn. Một trong những khả năng đó là việc sử dụng quá trình lượng tử hóa phụ thuộc trong đó lượng tử hóa được điều chỉnh ổn định phụ thuộc vào dữ liệu được lượng tử hóa và lập mã trước đó. Tuy nhiên, sự phụ thuộc trong quá trình lượng tử hóa cũng làm nảy sinh các vấn đề, chẳng hạn như độ phức tạp lập mã tăng lên, nguồn chứa thông tin bị thu nhỏ để thực hiện việc mô hình hóa ngữ cảnh vì sự phụ thuộc ảnh hưởng đến mối quan hệ qua lại giữa các mục dữ liệu cần được lượng tử hóa và lập mã và do đó ảnh hưởng đến tính khả dụng của thông tin để suy ra ngữ cảnh để lập mã các phần tử cú pháp riêng lẻ.

Sẽ có lợi nếu có một khái niệm để đạt được việc lập mã hiệu quả hơn các hệ số của khối biến đổi bằng cách sử dụng quá trình lượng tử hóa phụ thuộc và lập mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh hoặc đạt được lập mã các hệ số của khối biến đổi theo cách cho phép lập mã hiệu quả hơn ngay cả nếu việc sử dụng lượng tử hóa phụ thuộc được kết hợp với việc sử dụng quá trình lập mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất khái niệm lập mã khối hệ số biến đổi.

Mục đích này đạt được bởi đối tượng của các yêu cầu bảo hộ độc lập của sáng chế.

Các khía cạnh có lợi của sáng chế là đối tượng của các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc.

Trong các phương án được mô tả dưới đây, quá trình lập mã biến đổi được sử dụng

để biến đổi tập hợp các mẫu. Lượng tử hóa phụ thuộc được sử dụng để lượng tử hóa các hệ số biến đổi thu được và diễn ra quá trình lập mã entropy của các chỉ số lượng tử hóa thu được, cụ thể là lập mã số học thích ứng theo ngữ cảnh. Ở phía bộ giải mã, tập hợp các mẫu được tái tạo thu được bằng cách giải mã tương ứng của các chỉ số lượng tử hóa và sự tái tạo phụ thuộc của các hệ số biến đổi, để biến đổi nghịch đảo tạo ra các mẫu. Các mẫu có thể là một phần của hình ảnh hoặc video và có thể mô tả khối hình ảnh nhất định. Đương nhiên, các khả năng khác cũng tồn tại. Phần mô tả của các phương án bên dưới chủ yếu nhắm đến việc lập mã mất mát của các khối mẫu sai số dự đoán trong bộ lập mã giải mã hình ảnh và video, nhưng các phương án này cũng có thể được áp dụng cho các lĩnh vực lập mã mất mát khác. Đặc biệt, không có giới hạn nào tồn tại đối với các tập hợp mẫu tạo thành khối chữ nhật và cũng không có giới hạn nào đối với các tập hợp mẫu biểu diễn các mẫu sai số dự đoán (tức là sự khác biệt giữa tín hiệu gốc và tín hiệu dự đoán).

Tất cả các bộ mã hóa giải mã video của giải pháp kỹ thuật đã biết, chẳng hạn như các tiêu chuẩn lập mã video quốc tế H.264 | MPEG-4 AVC và H.265 | MPEG-H HEVC, tuân theo cách tiếp cận cơ bản của kỹ thuật lập mã video lai. Các hình ảnh video được phân chia thành các khối, các mẫu của khối được dự đoán bằng cách sử dụng dự đoán nội ảnh hoặc dự đoán liên ảnh và các mẫu của tín hiệu sai số dự đoán thu được (sự khác biệt giữa các mẫu ban đầu và các mẫu của tín hiệu dự đoán) được lập mã bằng cách sử dụng quá trình lập mã biến đổi.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các phương án ưu tiên của sáng chế được mô tả dưới đây dựa vào các hình vẽ, trong đó:

Fig.1 thể hiện sơ đồ khối của bộ mã hóa video làm ví dụ làm ví dụ cho bộ mã hóa hình ảnh có thể được bao gồm để hoạt động theo bất kỳ phương án nào được mô tả bên dưới hoặc để kết hợp chức năng theo các phương án được nêu ở đây.

Fig.2 thể hiện sơ đồ khối của (a) bộ mã hóa biến đổi; và (b) bộ giải mã biến đổi để minh họa cách tiếp cận cơ bản của việc lập mã biến đổi dựa trên khối;

Fig.3 thể hiện biểu đồ phân bố minh họa bộ lượng tử hóa tái tạo đồng nhất.

Fig.4 thể hiện sơ đồ của (a) khối biến đổi được chia nhỏ thành các khối con và (b) khối con để minh họa ví dụ cho việc quét các mức hệ số biến đổi, ở đây, một ví dụ được

sử dụng trong H.265 | MPEG-H HEVC; cụ thể, (a) thể hiện sự phân chia của khối biến đổi 16×16 thành các khối con 4×4 và thứ tự lập mã của các khối con; (b) thể hiện thứ tự lập mã của các mức hệ số biến đổi bên trong khối con 4×4 . Việc phân chia khối con có thể được sử dụng một cách ví dụ theo các phương án của sáng chế, cho các bước chạy của các hệ số trong việc giải mã các cờ hiệu và phần còn lại của chúng và cho việc chuyển tiếp trạng thái trong việc khử lượng tử hóa giống nhau.

Fig.5 thể hiện sơ đồ của không gian đầu ra đa chiều được bao trùm bởi một trục trên mỗi hệ số biến đổi và vị trí của các vectơ tái tạo có thể chấp nhận cho trường hợp đơn giản của hai hệ số biến đổi: (a) lượng tử hóa vô hướng độc lập; (b) ví dụ cho lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc.

Fig.6 thể hiện sơ đồ khối của bộ giải mã biến đổi sử dụng lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc, nhờ đó tạo thành phương án của bộ giải mã phương tiện theo sáng chế. Các biến đổi liên quan đến việc lập mã biến đổi thông thường (với các bộ lượng tử hóa vô hướng độc lập) có thể suy ra được bằng cách so sánh với Fig.2b. Theo cách tương ứng, các phương án để mã hóa khối biến đổi sử dụng lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc, có thể nhận được bằng cách sửa đổi bộ mã hóa của Fig.2a, tương tự.

Fig.7 là giản đồ minh họa phương án của sự lượng tử hóa phụ thuộc hai tập hợp các mức tái tạo được xác định hoàn toàn bởi kích thước một bước lượng tử hóa duy nhất Δ . Hai tập hợp mức tái tạo có sẵn được đánh dấu ký hiệu là tập hợp 0 (dòng trên) và tập hợp 1 (dòng dưới). Ví dụ cho các chỉ số lượng tử hóa chỉ ra mức tái tạo bên trong tập hợp được đưa ra bởi các số bên dưới các vòng tròn. Các vòng tròn rỗng và được làm đầy chỉ ra hai tập hợp con khác nhau bên trong các tập hợp các mức tái tạo; các tập hợp con có thể được sử dụng để xác định tập hợp các mức tái tạo cho hệ số biến đổi tiếp theo theo thứ tự tái tạo. Cả hai tập hợp đều bao gồm mức tái tạo bằng 0, nhưng không rời rạc; cả hai tập hợp đều đối xứng xung quanh số không.

Fig.8 thể hiện mã giả minh họa ví dụ cho quá trình tái tạo cho các hệ số biến đổi. k biểu diễn một chỉ số xác định thứ tự tái tạo của hệ số biến đổi hiện tại, chỉ số lượng tử hóa cho hệ số biến đổi hiện tại được biểu thị bằng $\text{level}[k]$, kích thước bước lượng tử hóa Δ_k mà áp dụng cho hệ số biến đổi hiện tại được biểu thị bằng $\text{quant_step_size}[k]$ và $\text{trc}[k]$ biểu diễn giá trị của hệ số biến đổi được tái tạo t'_k . Biến $\text{setId}[k]$ chỉ định tập hợp các mức tái tạo áp dụng cho hệ số biến đổi hiện tại. Nó được xác định dựa trên các hệ số biến đổi

trước theo thứ tự tái tạo; các giá trị có thể có của $setId[k]$ là 0 và 1. Biến n xác định hệ số nguyên của kích thước bước lượng tử hóa; nó được đưa ra bởi tập hợp các mức tái tạo được chọn (tức là giá trị của $setId[k]$) và mức chỉ số lượng tử hóa được truyền $level[k]$.

Fig.9 thể hiện mã giả minh họa cách triển khai thay thế của mã giả trên Fig.8. Thay đổi chính là phép nhân với bước lượng tử hóa được biểu diễn bằng cách sử dụng cách triển khai số nguyên sử dụng thang đo và tham số dịch chuyển. Thông thường, tham số dịch chuyển (được biểu diễn bằng sự dịch chuyển) là không đổi đối với khối biến đổi và chỉ tham số tỷ lệ (được cho bởi $scale[k]$) có thể phụ thuộc vào vị trí của hệ số biến đổi. Biến add biểu diễn phần bù làm tròn, nó thường được đặt bằng $add = (1 \ll (shift-1))$. Với Δ_k là bước lượng tử hóa danh nghĩa cho hệ số biến đổi, các tham số dịch chuyển và $scale[k]$ được chọn theo cách mà chúng ta có $\Delta_k \approx scale[k] \cdot 2^{-shift}$.

Fig.10 thể hiện mã giả minh họa một ví dụ cho quá trình tái tạo các hệ số biến đổi cho khối biến đổi. Mức mảng biểu diễn các mức hệ số biến đổi được truyền (chỉ số lượng tử hóa) cho khối biến đổi và mảng $trec$ biểu diễn các hệ số biến đổi được tái tạo tương ứng. Bảng $2d\ state_trans_table$ chỉ định bảng chuyển tiếp trạng thái và bảng $setId$ chỉ định tập hợp lượng tử hóa được liên kết với các trạng thái.

Fig.11 thể hiện sơ đồ minh họa sự chuyển tiếp trạng thái trong lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc như cấu trúc lưới mắt cáo. Các trục ngang biểu diễn các hệ số biến đổi khác nhau theo thứ tự tái tạo. Trục dọc thể hiện các trạng thái có thể có khác nhau trong quá trình lượng tử hóa và tái tạo phụ thuộc. Các kết nối được hiển thị chỉ định các path có sẵn giữa các trạng thái cho các hệ số biến đổi khác nhau.

Fig.12a thể hiện sơ đồ của khối biến đổi để minh họa cho báo hiệu vị trí của chỉ số lượng tử hóa khác 0 thứ nhất theo thứ tự lập mã mà vị trí của nó được minh họa bằng cách điền ngược. Ngoài vị trí của các hệ số biến đổi khác 0 thứ nhất, chỉ các bin cho các hệ số được tô bóng được truyền, các hệ số được đánh dấu trắng được suy ra là bằng 0.

Fig.12b thể hiện sơ đồ của khối biến đổi và minh họa khung mẫu được sử dụng để lựa chọn các mô hình xác suất. Hình vuông màu đen chỉ định vị trí quét hiện tại và các hình vuông được tô bóng biểu diễn vùng lân cận cục bộ được sử dụng để suy ra các mô hình ngữ cảnh.

Fig.13 thể hiện mã giả theo phương án thứ nhất của việc lập mã khối hệ số biến đổi;

Fig.14 thể hiện sơ đồ minh họa sự biểu diễn của các chỉ số lượng tử hóa của các hệ số biến đổi theo phương án của Fig.13 bằng cách chia đôi đệ quy miền giá trị cho các chỉ số lượng tử hóa;

Fig.15 thể hiện sơ đồ minh họa các bước chạy khác nhau trong ví dụ giải mã của Fig.13, về cách các bước chạy đi qua các hệ số biến đổi và cờ hiệu hoặc lời nhắc nào được lập mã trong bước chạy đó theo ví dụ của Fig.13;

Fig.16 thể hiện mã giả minh họa phương án thứ hai của việc lập mã khối hệ số biến đổi;

Fig.17 thể hiện sơ đồ minh họa sự biểu diễn của các chỉ số lượng tử hóa của hệ số theo các phương án của Fig.16;

Fig.18 thể hiện mã giả minh họa phương án thứ ba của việc lập mã khối hệ số biến đổi; và

Fig.19 thể hiện mã giả minh họa phương án thứ tư của việc lập mã khối hệ số biến đổi; và

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1 thể hiện sơ đồ khối giản lược của bộ mã hóa video hiện đại điển hình. Các hình ảnh video của chuỗi video được lập mã theo một thứ tự nhất định, được gọi là thứ tự lập mã. Thứ tự lập mã của hình ảnh có thể khác với thứ tự chụp và hiển thị. Đối với lập mã thực tế, mỗi hình ảnh video được phân chia thành các khối. Một khối bao gồm các mẫu có diện tích hình chữ nhật của thành phần màu cụ thể. Thực thể của các khối của tất cả các thành phần màu tương ứng với cùng một diện tích hình chữ nhật thường được gọi là đơn vị. Phụ thuộc vào mục đích của việc phân chia khối, trong H.265 | MPEG-H HEVC, nó được phân biệt giữa các khối cây lập mã (coding tree block - CTB), các khối lập mã (coding block - CB), các khối dự đoán (prediction block - PB) và các khối biến đổi (transform block - TB). Các đơn vị liên quan được gọi là các đơn vị cây lập mã (coding tree unit - CTU), các đơn vị lập mã (coding unit - CU), các đơn vị dự đoán (prediction – unit - PU) và các đơn vị biến đổi (transform unit - TU).

Thông thường, hình ảnh video ban đầu được phân chia thành các đơn vị có kích thước cố định (tức là, các khối có kích thước cố định được đồng chỉnh cho tất cả các thành phần màu). Trong H.265 | MPEG-H HEVC, các đơn vị có kích thước cố định này được gọi

là các đơn vị cây lập mã (CTU). Mỗi CTU có thể còn được phân tách thành nhiều đơn vị lập mã (CU). Đơn vị lập mã là thực thể mà chế độ lập mã (ví dụ, lập mã trong hình ảnh hoặc liên ảnh) được chọn. Trong H.265 | MPEG-H HEVC, việc phân tách CTU thành một hoặc nhiều CU được xác định bằng cú pháp cây tứ phân (quadtree - QT) và được truyền như một phần của dòng bit. Các CU của CTU được xử lý theo thứ tự gọi là thứ tự quét z. Điều đó có nghĩa là, bốn khối là kết quả của sự phân tách được xử lý theo thứ tự quét kiểu mảnh; và nếu bất kỳ khối nào trong số các khối được phân chia thêm, bốn khối tương ứng (bao gồm cả các khối nhỏ hơn được bao gồm) sẽ được xử lý trước khi khối tiếp theo của mức phân tách cao hơn được xử lý.

Nếu CU được lập mã trong chế độ lập mã nội ảnh, chế độ dự đoán nội ảnh cho tín hiệu độ chói và, nếu tín hiệu video bao gồm các thành phần sắc độ, chế độ dự đoán nội ảnh khác cho các tín hiệu sắc độ sẽ được truyền. Trong ITU T H.265 | MPEG H HEVC, nếu kích thước CU bằng kích thước CU tối thiểu (như được báo hiệu trong tập hợp tham số chuỗi), khối độ chói cũng có thể được chia thành bốn khối có kích thước bằng nhau, trong trường hợp đó, đối với mỗi khối này, chế độ dự đoán nội ảnh độ chói riêng biệt được truyền. Dự đoán và lập mã nội ảnh thực tế được thực hiện trên cơ sở các khối biến đổi. Đối với mỗi khối biến đổi của CU được lập mã nội ảnh, tín hiệu dự đoán được suy ra từ các mẫu đã được tái tạo có cùng thành phần màu. Thuật toán được sử dụng để tạo ra tín hiệu dự đoán cho khối biến đổi được xác định bởi chế độ dự đoán nội ảnh được truyền.

Các CU được lập mã trong chế độ lập mã liên ảnh có thể còn được phân tách thành nhiều đơn vị dự đoán (prediction unit - PU). Đơn vị dự đoán là thực thể của độ chói và đối với video màu, hai khối sắc độ liên kết (bao phủ cùng vùng hình ảnh), trong đó một tập hợp các tham số dự đoán được sử dụng. CU có thể được lập mã như một đơn vị dự đoán duy nhất hoặc có thể được phân tách thành hai đơn vị dự đoán không vuông (hỗ trợ chia đôi xứng và không đối xứng) hoặc bốn đơn vị dự đoán vuông. Đối với mỗi PU, tập hợp tham số chuyển động riêng lẻ được truyền. Mỗi tập hợp tham số chuyển động bao gồm số lượng giả thuyết chuyển động (một hoặc hai trong H.265 | MPEG H HEVC) và đối với mỗi giả thuyết chuyển động, hình ảnh tham chiếu (được biểu thị thông qua chỉ số hình ảnh tham chiếu trong danh sách các hình ảnh tham chiếu) và vector chuyển động liên kết. Ngoài ra, H.265 | MPEG-H HEVC cung cấp chế độ được gọi là chế độ hợp nhất, trong đó các tham số chuyển động không được truyền một cách rõ ràng mà được suy ra dựa trên các tham số chuyển động của các khối lân cận theo không gian hoặc thời gian. Nếu CU hoặc

PU được lập mã ở chế độ hợp nhất, chỉ một chỉ số trong danh sách các ứng viên tham số chuyển động (danh sách này được suy ra bằng cách sử dụng dữ liệu chuyển động của các khối lân cận theo không gian và thời gian) được truyền. Chỉ số hoàn toàn xác định tập hợp các tham số chuyển động được sử dụng. Tín hiệu dự đoán cho các PU được lập mã liên ảnh được hình thành bằng sự dự đoán bù chuyển động. Đối với mỗi giả thuyết chuyển động (được xác định bởi hình ảnh tham chiếu và vector chuyển động), tín hiệu dự đoán được hình thành bởi khối được dịch chuyển trong hình ảnh tham chiếu được chỉ định, trong đó độ dịch chuyển so với PU hiện tại được xác định bởi vector chuyển động. Sự dịch chuyển thường được chỉ định với độ chính xác của mẫu con (trong H.265 | MPEG H HEVC, các vector chuyển động có độ chính xác bằng một phần tư mẫu độ chói). Đối với các vector chuyển động không nguyên, tín hiệu dự đoán được tạo ra bằng cách nội suy hình ảnh tham chiếu được tái tạo (thông thường, sử dụng các bộ lọc FIR có thể phân tách). Tín hiệu dự đoán cuối cùng của các PU với dự đoán đa giả thuyết được hình thành bởi tổng trọng số của các tín hiệu dự đoán cho giả thuyết chuyển động riêng lẻ. Thông thường, cùng một tập hợp tham số chuyển động được sử dụng cho các khối độ chói và sắc độ của PU. Mặc dù các tiêu chuẩn lập mã video theo giải pháp kỹ thuật đã biết sử dụng các vector dịch chuyển tịnh tiến để chỉ định chuyển động của một khu vực hiện tại (khối mẫu) so với hình ảnh tham chiếu, cũng có thể sử dụng các mô hình chuyển động bậc cao hơn (ví dụ, mô hình chuyển động afin). Trong trường hợp đó, các tham số chuyển động bổ sung phải được truyền cho một giả thuyết chuyển động.

Đối với cả các CU được lập mã nội ảnh và liên ảnh, tín hiệu sai số dự đoán (còn gọi là tín hiệu dư) thường được truyền qua lập mã biến đổi. Trong H.265 | MPEG-H HEVC, khối mẫu dư độ chói của CU cũng như các khối mẫu dư sắc độ (nếu có) được phân chia thành các khối biến đổi (TB). Việc phân chia của CU thành khối biến đổi được biểu thị bằng cú pháp cây tứ phân, còn được gọi là cây tứ phân dư (residual quatree - RQT). Các khối biến đổi thu được được lập mã bằng cách sử dụng kỹ thuật lập mã biến đổi: Biến đổi 2d được áp dụng cho khối các mẫu dư, các hệ số biến đổi thu được được lượng tử hóa bằng cách sử dụng lượng tử hóa vô hướng độc lập và các mức hệ số biến đổi thu được (chỉ số lượng tử hóa) được lập mã entropy. Trong các lát cắt P và B, ở đầu cú pháp CU, skip_flag được truyền. Nếu cờ hiệu này bằng 1, nó chỉ ra rằng CU tương ứng bao gồm đơn vị dự đoán duy nhất được lập mã ở chế độ hợp nhất (nghĩa là, merge_flag được suy ra là bằng 1) và tất cả các hệ số biến đổi đều bằng 0 (tức là, tín hiệu tái tạo bằng tín hiệu dự đoán). Trong

trường hợp đó, chỉ có `merge_idx` được truyền cùng với `skip_flag`. Nếu `skip_flag` bằng 0, chế độ dự đoán (nội ảnh hoặc liên ảnh) được báo hiệu, sau đó là các đặc điểm cú pháp được mô tả ở trên.

Vì hình ảnh đã được lập mã có thể được sử dụng để dự đoán bù chuyển động của các khối trong các hình ảnh sau đây, các hình ảnh phải được tái tạo đầy đủ trong bộ mã hóa. Tín hiệu sai số dự đoán được tái tạo cho khối (thu được bằng cách tái tạo các hệ số biến đổi cho các chỉ số lượng tử hóa và biến đổi nghịch đảo) được thêm vào tín hiệu dự đoán tương ứng và kết quả được ghi vào bộ đệm cho hình ảnh hiện tại. Sau khi tất cả các khối của hình ảnh được tái tạo, một hoặc nhiều bộ lọc vòng lặp có thể được áp dụng (ví dụ, bộ lọc giải khối và bộ lọc bù thích ứng mẫu). Các hình ảnh được tái tạo cuối cùng sau đó được lưu trữ trong bộ đệm hình ảnh được giải mã.

Các phương án được mô tả dưới đây trình bày một khái niệm để lập mã khối hệ số biến đổi, chẳng hạn như một khái niệm liên quan đến sai số dự đoán. Khái niệm này có thể áp dụng cho cả khối được lập mã nội ảnh và liên ảnh. Nó cũng có thể áp dụng để lập mã biến đổi các vùng mẫu không phải hình chữ nhật. Ngược lại với lập mã biến đổi thông thường, các hệ số biến đổi không được lượng tử hóa một cách độc lập. Đúng hơn, chúng được lượng tử hóa bằng cách sử dụng lượng tử hóa phụ thuộc. Theo kỹ thuật lượng tử hóa phụ thuộc, tập hợp các mức tái tạo có sẵn cho hệ số biến đổi cụ thể phụ thuộc vào các chỉ số lượng tử hóa được chọn cho các hệ số biến đổi khác.

Tất cả các tiêu chuẩn lập mã video chính (bao gồm cả tiêu chuẩn theo giải pháp kỹ thuật đã biết H.265 | MPEG-H HEVC) sử dụng khái niệm lập mã biến đổi cho các khối được lập mã của các mẫu sai số dự đoán. Các mẫu sai số dự đoán của khối biểu diễn sự khác biệt giữa các mẫu của tín hiệu ban đầu và các mẫu của tín hiệu dự đoán cho khối. Tín hiệu dự đoán thu được bằng dự đoán nội ảnh (trong trường hợp này, các mẫu của tín hiệu dự đoán cho khối hiện tại được suy ra dựa trên các mẫu đã được tái tạo của các khối lân cận bên trong cùng một hình ảnh) hoặc bằng dự đoán liên ảnh (trong trường hợp đó các mẫu của tín hiệu dự đoán được suy ra dựa trên các mẫu của các bức ảnh đã được tái tạo). Các mẫu của tín hiệu sai số dự đoán ban đầu thu được bằng cách trừ các giá trị mẫu của tín hiệu dự đoán khỏi các giá trị mẫu của tín hiệu ban đầu cho khối hiện tại.

Việc lập mã biến đổi của các khối mẫu bao gồm biến đổi tuyến tính, lượng tử hóa vô hướng và lập mã entropy của các chỉ số lượng tử hóa. Ở phía bộ mã hóa (xem Fig.2a),

khối $N \times M$ của các mẫu ban đầu được biến đổi bằng cách sử dụng biến đổi phân tích tuyến tính A . Kết quả là khối $N \times M$ các hệ số biến đổi. Các hệ số biến đổi t_k biểu diễn các mẫu sai số dự đoán ban đầu trong không gian tín hiệu khác nhau (hoặc hệ tọa độ khác nhau). Hệ số biến đổi $N \times M$ được lượng tử hóa bằng cách sử dụng các bộ lượng tử vô hướng độc lập $N \times M$. Mỗi hệ số biến đổi t_k được ánh xạ thành chỉ số lượng tử hóa q_k , còn được gọi là mức hệ số biến đổi. Các chỉ số lượng tử hóa q_k thu được được lập mã entropy và được ghi vào dòng bit.

Ở phía bộ giải mã, được mô tả trên Fig.2b, các mức hệ số biến đổi q_k được giải mã từ dòng bit nhận được. Mỗi mức hệ số biến đổi q_k được ánh xạ thành hệ số biến đổi được tái tạo t'_k . Khối $N \times M$ của các mẫu được tái tạo thu được bằng cách biến đổi khối các hệ số biến đổi được tái tạo bằng cách sử dụng biến đổi tổng hợp tuyến tính B .

Mặc dù các tiêu chuẩn lập mã video chỉ chỉ định biến đổi tổng hợp B , nhưng thực tế phổ biến là nghịch đảo của biến đổi tổng hợp B được sử dụng làm biến đổi phân tích A trong bộ mã hóa, tức là $A = B^{-1}$. Hơn nữa, các biến đổi được sử dụng trong các hệ thống lập mã video thực tế biểu diễn các biến đổi trực giao ($B^{-1} = B^T$) hoặc các biến đổi gần như trực giao. Đối với các biến đổi trực giao, độ biến dạng sai số bình phương trung bình (mean squared error-MSE) trong không gian tín hiệu bằng độ biến dạng MSE trong miền biến đổi. Tính trực giao có ưu điểm quan trọng là độ biến dạng MSE giữa khối mẫu ban đầu và khối mẫu được tái tạo có thể được giảm thiểu bằng cách sử dụng các bộ lượng tử vô hướng độc lập. Ngay cả khi quá trình lượng tử hóa thực tế được sử dụng trong bộ mã hóa có tính đến sự phụ thuộc giữa các mức hệ số biến đổi (được giới thiệu bởi phần mô tả về kỹ thuật lập mã entropy ở trên), thì việc sử dụng các biến đổi trực giao sẽ đơn giản hóa đáng kể thuật toán lượng tử hóa.

Đối với các tín hiệu sai số dự đoán điển hình, biến đổi có tác dụng là năng lượng tín hiệu được tập trung trong một vài hệ số biến đổi. So với các mẫu sai số dự đoán ban đầu, sự phụ thuộc thống kê giữa các hệ số biến đổi thu được được giảm bớt.

Trong các tiêu chuẩn lập mã video theo giải pháp kỹ thuật đã biết, biến đổi cosin rời rạc có thể phân tách được (loại II) hoặc phép tính gần đúng số nguyên của nó được sử dụng. Tuy nhiên, biến đổi có thể được thay thế dễ dàng mà không cần sửa đổi các khía cạnh khác của hệ thống lập mã biến đổi. Ví dụ về các cải tiến đã được đề xuất trong tài liệu hoặc trong các tài liệu tiêu chuẩn hóa bao gồm:

- Sử dụng biến đổi sin rời rạc (discrete sine transform-DST) cho các khối dự đoán nội ảnh (có thể phụ thuộc vào chế độ dự đoán nội ảnh và/hoặc kích thước khối). Lưu ý rằng H.265 | MPEG-H HEVC đã bao gồm DST cho các khối biến đổi 4×4 được dự đoán nội ảnh.

- Các biến đổi được chuyển đổi: Bộ mã hóa lựa chọn biến đổi thực sự được sử dụng giữa tập hợp các biến đổi được xác định trước. Tập hợp các biến đổi có sẵn được cả bộ mã hóa và bộ giải mã biết, do đó, nó có thể được báo hiệu một cách hiệu quả bằng cách sử dụng chỉ số trong danh sách các biến đổi có sẵn. Tập hợp các biến đổi có sẵn và thứ tự của chúng trong danh sách có thể phụ thuộc vào các tham số lập mã khác cho khối, chẳng hạn như chế độ dự đoán nội ảnh được chọn. Trong trường hợp đặc biệt, biến đổi được sử dụng được xác định hoàn toàn bằng các tham số lập mã như chế độ dự đoán nội ảnh, do đó không cần truyền phần tử cú pháp để chỉ định biến đổi.

- Các biến đổi không thể phân tách: Các biến đổi được sử dụng trong bộ mã hóa và bộ giải mã biểu diễn các biến đổi không thể phân tách. Lưu ý rằng khái niệm về các biến đổi được chuyển đổi có thể bao gồm một hoặc nhiều biến đổi không thể phân tách. Vì lý do về độ phức tạp, việc sử dụng các biến đổi không thể phân tách có thể bị giới hạn ở một số kích thước khối nhất định.

- Biến đổi đa cấp: Quá trình biến đổi thực tế bao gồm hai hoặc nhiều giai đoạn biến đổi. Giai đoạn biến đổi thứ nhất có thể bao gồm biến đổi có thể phân tách phức tạp về mặt tính toán thấp. Và trong giai đoạn thứ hai, tập hợp con của các hệ số biến đổi thu được được biến đổi thêm bằng cách sử dụng biến đổi không thể phân tách. So sánh với biến đổi không thể phân tách cho toàn bộ khối biến đổi, cách tiếp cận hai giai đoạn có ưu điểm là biến đổi không thể phân tách phức tạp hơn được áp dụng cho số lượng mẫu nhỏ hơn. Khái niệm về biến đổi nhiều mức có thể được kết hợp một cách hiệu quả với khái niệm về biến đổi được chuyển đổi.

Các hệ số biến đổi được lượng tử hóa bằng cách sử dụng bộ lượng tử vô hướng. Kết quả của việc lượng tử hóa là tập hợp các giá trị có thể chấp nhận được cho các hệ số biến đổi được giảm xuống. Nói cách khác, các hệ số biến đổi được ánh xạ thành tập hợp có thể đếm được (trong thực tế, một tập hợp hữu hạn) của mức tái tạo. Tập hợp các mức tái tạo biểu diễn tập hợp con thích hợp của tập hợp các giá trị hệ số biến đổi có thể có. Để đơn

giản hóa việc lập mã entropy sau đây, các mức tái tạo có thể chấp nhận được được biểu diễn bằng các chỉ số lượng tử hóa (còn được gọi là các mức hệ số biến đổi), được truyền như một phần của dòng bit. Ở phía bộ giải mã, các chỉ số lượng tử hóa (các mức hệ số biến đổi) được ánh xạ thành các hệ số biến đổi được tái tạo. Các giá trị có thể có cho các hệ số biến đổi được tái tạo tương ứng với tập hợp các mức tái tạo. Ở phía bộ mã hóa, kết quả của lượng tử hóa vô hướng là khối các mức hệ số biến đổi (chỉ số lượng tử hóa).

Trong các tiêu chuẩn lập mã video theo giải pháp kỹ thuật đã biết, các bộ lượng tử hóa tái tạo đồng nhất (uniform reconstruction quantizer - URQ) được sử dụng. Thiết kế cơ bản của chúng được minh họa trên Fig.3. Các URQ có đặc tính là các mức tái tạo được đặt cách đều nhau. Khoảng cách Δ giữa hai mức tái tạo lân cận được gọi là kích thước bước lượng tử hóa. Một trong các mức tái tạo bằng 0. Do đó, tập hợp đầy đủ các mức tái tạo có sẵn được chỉ định duy nhất bởi kích thước bước lượng tử hóa Δ . Về nguyên tắc, ánh xạ bộ giải mã của các chỉ số lượng tử hóa q với các hệ số biến đổi được tái tạo là t' , được đưa ra bởi công thức đơn giản

$$t' = q \cdot \Delta.$$

In trong ngữ cảnh này, thuật ngữ "lượng tử hóa vô hướng độc lập" đề cập đến thuộc tính, với chỉ số lượng tử hóa đã cho q cho hệ số biến đổi bất kỳ, hệ số biến đổi được tái tạo liên kết t' có thể được xác định độc lập với tất cả các chỉ số lượng tử hóa cho các hệ số biến đổi khác.

Vì bộ giải mã video thường sử dụng số học số nguyên với độ chính xác tiêu chuẩn (ví dụ, 32 bit), công thức thực tế được sử dụng trong tiêu chuẩn có thể hơi khác so với phép nhân đơn giản. Khi bỏ qua việc cắt bớt dải động được hỗ trợ cho các hệ số biến đổi, các hệ số biến đổi được tái tạo trong H.265 | MPEG-H HEVC thu được bằng

$$t' = (\text{scale} \cdot q + (1 \ll (\text{shift} - 1))) \gg \text{shift},$$

trong đó các toán tử "<<" và ">>" biểu diễn các dịch chuyển bit sang trái và phải tương ứng. Khi chúng ta bỏ qua số học số nguyên, kích thước bước lượng tử hóa Δ tương ứng với thuật ngữ

$$\Delta = \text{scale} \cdot 2^{-\text{shift}}.$$

Các tiêu chuẩn lập mã video cũ hơn, chẳng hạn như H.262 | MPEG-2 Video, cũng chỉ định các URQ được sửa đổi trong đó khoảng cách giữa mức tái tạo bằng 0 và mức tái

tạo khác không thứ nhất tăng lên so với kích thước bước lượng tử hóa danh định (ví dụ, lên ba nửa của kích thước bước lượng tử hóa danh định Δ).

Kích thước bước lượng tử hóa (hoặc các tham số định tỷ lệ và dịch chuyển) cho hệ số biến đổi được xác định bởi hai yếu tố:

- Tham số lượng tử hóa QP: Kích thước bước lượng tử hóa thường có thể được sửa đổi trên cơ sở khối. Với mục đích đó, các tiêu chuẩn lập mã video cung cấp tập hợp các kích thước bước lượng tử hóa được xác định trước. Kích thước bước lượng tử hóa đã sử dụng (hoặc, tương đương với các tham số “thang đo” và “dịch chuyển” được giới thiệu ở trên) được chỉ ra bằng cách sử dụng chỉ số trong danh sách các kích thước bước lượng tử hóa được xác định trước. Chỉ số được gọi là tham số lượng tử hóa (quantization parameter - QP). Trong H.265 | MPEG-H HEVC, mối quan hệ giữa QP và kích thước bước lượng tử hóa được cho xấp xỉ bởi

$$\Delta \approx \text{const} \cdot 2^{\frac{\text{QP}}{6}}.$$

Lát QP thường được truyền trong tiêu đề lát. Nói chung, có thể sửa đổi tham số lượng tử hóa QP trên cơ sở các khối. Với mục đích đó, DQP (tham số lượng tử hóa delta - delta quantization parameter) có thể được truyền. Tham số lượng tử hóa đã sử dụng được xác định bởi DQP được truyền và giá trị QP được dự đoán, được suy ra bằng cách sử dụng các QP của các khối đã được lập mã (thường là lân cận).

- Ma trận trọng số lượng tử hóa: Các tiêu chuẩn lập mã video thường cung cấp khả năng sử dụng các kích thước bước lượng tử hóa khác nhau cho các hệ số biến đổi riêng lẻ. Điều này đạt được bằng cách chỉ định ma trận trọng số lượng tử hóa w , có thể được bộ mã hóa lựa chọn, thường là ở mức trình tự hoặc mức hình ảnh, và được truyền như một phần của dòng bit. Ma trận trọng số lượng tử hóa w có cùng kích thước với khối hệ số biến đổi tương ứng. Kích thước bước lượng tử hóa Δ_{ik} cho hệ số biến đổi t_{ik} được cho bởi

$$\Delta_{ik} = w_{ik} \cdot \Delta_{\text{block}},$$

trong đó Δ_{block} biểu thị kích thước bước lượng tử hóa (được chỉ ra bởi tham số lượng tử hóa khối QP) cho khối được xem xét, i và k biểu diễn các tọa độ chỉ định hệ số biến đổi hiện tại bên trong khối biến đổi, và w_{ik} biểu diễn mục nhập tương ứng trong ma trận trọng số lượng tử hóa w .

Mục đích chính của các ma trận trọng số lượng tử hóa là cung cấp khả năng đưa nhiều lượng tử hóa theo cách có ý nghĩa về mặt tri giác. Bằng cách sử dụng ma trận trọng số thích hợp, độ nhạy tương phản không gian của thị giác con người có thể được khai thác để đạt được sự cân bằng tốt hơn giữa tốc độ bit và chất lượng tái tạo chủ quan. Tuy nhiên, nhiều bộ mã hóa sử dụng ma trận lượng tử hóa phẳng (có thể được truyền hiệu quả bằng cách sử dụng các phần tử cú pháp cấp cao). Trong trường hợp này, cùng kích thước bước lượng tử hóa Δ được sử dụng cho tất cả các hệ số biến đổi trong khối. Kích thước bước lượng tử hóa sau đó hoàn toàn được chỉ định bởi tham số lượng tử hóa QP.

Khỏi các mức hệ số biến đổi (các chỉ số lượng tử hóa cho các hệ số biến đổi) được lập mã entropy (tức là nó được truyền theo cách không mất mát như một phần của dòng bit). Vì biến đổi tuyến tính chỉ có thể làm giảm các phần phụ thuộc tuyến tính, việc lập mã entropy cho các mức hệ số biến đổi thường được thiết kế theo cách mà các phần phụ thuộc phi tuyến tính còn lại giữa các mức hệ số biến đổi trong một khối có thể được khai thác để lập mã hiệu quả. Các ví dụ được biết rộng rãi là kỹ thuật lập mã mức chạy trong MPEG-2 Video, kỹ thuật lập mã mức chạy cuối cùng trong H.263 và MPEG-4 Visual, kỹ thuật lập mã độ dài thay đổi thích ứng theo ngữ cảnh (CAVLC) trong H.264 | MPEG-4 AVC và kỹ thuật lập mã số học nhị phân thích ứng dựa trên ngữ cảnh (context-based adaptive binary arithmetic coding - CABAC) trong H.264 | MPEG-4 AVC và H.265 | MPEG-H HEVC.

CABAC được chỉ định trong tiêu chuẩn lập mã video theo giải pháp kỹ thuật đã biết H.265 | MPEG-H HEVC tuân theo một khái niệm chung có thể được áp dụng cho nhiều kích thước khối biến đổi. Các khối biến đổi lớn hơn 4x4 mẫu được phân chia thành các khối con 4x4. Việc phân chia được minh họa trên Fig.4a và Fig.4b cho ví dụ về khối biến đổi 16x16. Thứ tự lập mã của các khối con 4x4, được thể hiện trên Fig.4a, cũng như thứ tự lập mã của các mức hệ số biến đổi bên trong khối con, được thể hiện trên Fig.4b, nói chung, được chỉ định bằng cách quét đường chéo ngược được thể hiện trên các hình vẽ. Đối với các khối dự đoán nội ảnh nhất định, kiểu quét ngang hoặc quét dọc được sử dụng (phụ thuộc vào chế độ dự đoán nội ảnh trong thực tế). Thứ tự lập mã luôn bắt đầu với các vị trí có tần số cao.

Trong H.265 | MPEG-H HEVC, các mức hệ số biến đổi được truyền trên cơ sở các khối con 4x4. Việc lập mã không mất mát của các mức hệ số biến đổi bao gồm các bước sau:

1. Phần tử cú pháp `coded_block_flag` được truyền, phần tử này báo hiệu liệu có bất kỳ mức hệ số biến đổi khác không nào trong khối biến đổi hay không. Nếu `coded_block_flag` bằng 0, không có thêm dữ liệu nào được lập mã cho khối biến đổi.

2. Các tọa độ x và y của mức hệ số biến đổi khác 0 thứ nhất theo thứ tự lập mã (ví dụ, thứ tự quét đường chéo ngược theo khối được minh họa trên Fig.4) được truyền. Việc truyền các tọa độ được phân tách thành một phần tiền tố và hậu tố. Tiêu chuẩn này sử dụng các phần tử cú pháp `last_sig_coeff_x_prefix`, `last_sig_coeff_y_prefix`, `last_sig_coeff_x_suffix`, và `last_sig_coeff_y_suffix`.

3. Bắt đầu với khối con 4x4 có chứa mức hệ số biến đổi khác 0 thứ nhất theo thứ tự lập mã, các khối con 4x4 được xử lý theo thứ tự lập mã, trong đó việc lập mã khối con bao gồm các bước chính sau:

a. Phần tử cú pháp `coded_block_flag` được truyền, phần tử này chỉ ra liệu có khối con có chứa bất kỳ mức hệ số biến đổi nào hay không. Đối với khối con 4x4 thứ nhất và cuối cùng (tức là, các khối con chứa mức hệ số biến đổi khác 0 thứ nhất hoặc mức DC), cờ hiệu này không được truyền mà được suy ra là bằng một.

b. Đối với tất cả các mức hệ số biến đổi bên trong khối con có `coded_sub_block_flag` bằng một, phần tử cú pháp `significant_coeff_flag` chỉ ra liệu mức hệ số biến đổi tương ứng là không bằng 0 hay không. Cờ hiệu này chỉ được truyền nếu không thể suy ra giá trị của nó dựa trên dữ liệu đã được truyền. Cụ thể, cờ hiệu không được truyền cho vị trí quét quan trọng thứ nhất (được chỉ định bởi tọa độ x và y được truyền) và nó không được truyền cho hệ số DC nếu hệ số DC nằm trong khối con khác với hệ số khác 0 thứ nhất (theo thứ tự lập mã) và tất cả các `significant_coeff_flags` khác cho khối con cuối cùng đều bằng không.

c. Đối với tám mức hệ số biến đổi thứ nhất có `significant_coeff_flag` bằng một (nếu có), cờ hiệu `coeff_abs_level_greater1_flag` sẽ được truyền. Nó chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn một hay không.

d. Đối với mức hệ số biến đổi thứ nhất có `coeff_abs_level_greater1_flag` bằng một (nếu có), cờ hiệu `coeff_abs_level_greater2_flag` được truyền. Nó chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn hai hay không.

e. Đối với tất cả các mức có `significant_coeff_flag` bằng một (ngoại lệ được mô tả bên dưới), phần tử cú pháp `coeff_sign_flag` được truyền, chỉ định dấu của mức hệ số biến đổi.

f. Đối với tất cả các mức hệ số biến đổi mà giá trị tuyệt đối chưa được chỉ định hoàn toàn bởi các giá trị của các giá trị của `significant_coeff_flag`, `coeff_abs_level_greater1_flag` và `coeff_abs_level_greater2_flag` (giá trị tuyệt đối được chỉ định hoàn toàn nếu bất kỳ cờ hiệu nào được truyền bằng 0), phần còn lại của giá trị tuyệt đối được truyền bằng cách sử dụng phần tử cú pháp nhiều mức `coeff_abs_level_remaining`.

Trong H.265 | MPEG-H HEVC, tất cả các phần tử cú pháp được lập mã bằng cách sử dụng kỹ thuật lập mã số học nhị phân thích ứng dựa trên ngữ cảnh (CABAC). Tất cả các phần tử cú pháp không phải nhị phân lần thứ nhất được ánh xạ thành chuỗi các quyết định nhị phân, chúng còn được gọi là các bin. Chuỗi bin thu được được lập mã bằng cách sử dụng kỹ thuật lập mã số học nhị phân. Với mục đích đó, mỗi bin được liên kết với mô hình xác suất (hàm khối lượng xác suất nhị phân), còn được gọi là ngữ cảnh. Đối với hầu hết các bin, ngữ cảnh biểu diễn mô hình xác suất thích ứng, có nghĩa là hàm khối lượng xác suất nhị phân liên quan được cập nhật dựa trên các giá trị bin được lập mã thực. Xác suất có điều kiện có thể được khai thác bằng cách chuyển tiếp ngữ cảnh cho các bin nhất định dựa trên dữ liệu đã được truyền. CABAC cũng bao gồm chế độ bỏ qua, trong đó hàm khối lượng xác suất cố định (0,5, 0,5) được sử dụng.

Ngữ cảnh được chọn để lập mã `coded_sub_block_flag` phụ thuộc vào các giá trị của `coded_sub_block_flag` cho các khối con lân cận đã được lập mã. Ngữ cảnh cho `significant_coeff_flag` được lựa chọn dựa trên vị trí quét (tọa độ x và y) bên trong khối con, kích thước của khối biến đổi và các giá trị của `coded_sub_block_flag` trong các khối con lân cận. Đối với các cờ hiệu `coeff_abs_level_greater1_flag` và `coeff_abs_level_greater2_flag`, việc lựa chọn ngữ cảnh phụ thuộc vào việc liệu khối con

hiện tại có bao gồm hệ số DC hay không và liệu có bất kỳ `coeff_abs_level_greater1_flag` nào bằng một đã được truyền cho các khối con lân cận hay không. Đối với `coeff_abs_level_greater1_flag`, nó còn phụ thuộc vào số lượng và giá trị của `coeff_abs_level_greater1_flag`'s đã được lập mã cho khối con.

Các dấu `coeff_sign_flag` và phần còn lại của các giá trị tuyệt đối `coeff_abs_level_remaining` được lập mã ở chế độ bỏ qua của bộ lập mã số học nhị phân. Để ánh xạ `coeff_abs_level_remaining` thành chuỗi các bin (các quyết định nhị phân), sơ đồ nhị phân hóa thích ứng được sử dụng. Quá trình nhị phân hóa được kiểm soát bởi một tham số duy nhất, được điều chỉnh dựa trên các giá trị được lập mã cho khối con.

H.265 | MPEG-H HEVC cũng bao gồm chế độ ẩn dữ liệu dấu, trong đó (trong các điều kiện nhất định) việc truyền dấu cho mức khác 0 cuối cùng bên trong khối con bị bỏ qua. Thay vào đó, dấu cho mức này được nhúng trong tính chẵn lẻ của tổng các giá trị tuyệt đối cho các mức của khối con tương ứng. Lưu ý rằng bộ mã hóa phải xem xét khía cạnh này trong việc xác định các mức hệ số biến đổi thích hợp.

Các tiêu chuẩn lập mã video chỉ xác định cú pháp dòng bit và quá trình tái tạo. Nếu chúng ta xem xét việc lập mã biến đổi cho khối nhất định của các mẫu sai số dự đoán ban đầu và kích thước bước lượng tử hóa đã cho, bộ mã hóa có rất nhiều quyền tự do. Với các chỉ số lượng tử hóa q_k cho khối biến đổi, lập mã entropy phải tuân theo một thuật toán được xác định duy nhất để ghi dữ liệu vào dòng bit (tức là tạo từ mã số học). Nhưng thuật toán bộ mã hóa để thu được các chỉ số lượng tử hóa q_k với khối mẫu sai số dự đoán ban đầu nằm ngoài phạm vi của các tiêu chuẩn lập mã video. Hơn nữa, bộ mã hóa có quyền tự quyết để lựa chọn tham số lượng tử hóa QP trên cơ sở khối. Đối với phần mô tả sau đây, sáng chế giả định rằng tham số lượng tử hóa QP và ma trận trọng số lượng tử hóa được đưa ra. Do đó, kích thước bước lượng tử hóa cho mỗi hệ số biến đổi đã được biết. Sáng chế giả định thêm rằng bộ mã hóa thực hiện biến đổi phân tích là nghịch đảo (hoặc xấp xỉ gần đúng của nghịch đảo) của biến đổi tổng hợp được chỉ định để thu được các hệ số biến đổi ban đầu t_k . Ngay cả trong các điều kiện này, bộ mã hóa có quyền tự quyết để chọn chỉ số lượng tử hóa q_k cho mỗi hệ số biến đổi ban đầu t_k . Vì việc lựa chọn các mức hệ số biến đổi xác định cả độ biến dạng (hoặc chất lượng tái tạo/tính gần đúng) và tốc độ bit, thuật toán lượng tử hóa được sử dụng có tác động đáng kể đến hiệu suất biến dạng tốc độ của dòng bit được tạo ra.

Phương pháp lượng tử hóa đơn giản nhất làm tròn các hệ số biến đổi ban đầu t_k đến các mức tái tạo gần nhất. Đối với các URQ thường được sử dụng, chỉ số lượng tử hóa tương ứng q_k có thể được xác định theo

$$q_k = \text{sgn}(t_k) \cdot \left\lfloor \frac{|t_k|}{\Delta_k} + \frac{1}{2} \right\rfloor,$$

trong đó $\text{sgn}()$ là hàm dấu và toán tử $\lfloor \cdot \rfloor$ trả lại số nguyên lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng đối số của nó. Các phương pháp lượng tử hóa này đảm bảo rằng độ biến dạng MSE

$$D = \sum_k D_k = \sum_k (t_k - q_k \cdot \Delta_k)^2$$

được giảm thiểu, nhưng nó hoàn toàn bỏ qua tốc độ bit cần thiết để truyền các mức hệ số biến đổi thu được q_k . Thông thường, kết quả tốt hơn sẽ thu được nếu việc làm tròn nghiêng về 0:

$$q_k = \text{sgn}(t_k) \cdot \left\lfloor \frac{|t_k|}{\Delta_k} + a \right\rfloor \quad \text{với} \quad 0 \leq a < \frac{1}{2}.$$

Kết quả tốt nhất về cảm nhận biến dạng tốc độ thu được nếu quá trình lượng tử hóa giảm thiểu hàm Lagrangian $D + \lambda \cdot R$, trong đó D biểu diễn độ biến dạng (ví dụ, biến dạng MSE) của khối biến đổi, R chỉ định số lượng bit cần thiết để truyền mức hệ số biến đổi của khối và λ là nhân tử Lagrange.

Đối với bộ mã hóa giải mã sử dụng mối quan hệ $\Delta \approx \text{const} \cdot 2^{\frac{QP}{6}}$ giữa QP và kích thước bước lượng tử hóa (chẳng hạn như H.264 | MPEG-4 AVC hoặc H.265 | MPEG-H HEVC), mối quan hệ sau đây giữa nhân tử Lagrange λ và tham số lượng tử hóa khối QP thường là đã sử dụng

$$\lambda = c_1 \cdot \Delta^2 = c_2 \cdot 2^{\frac{QP}{3}},$$

trong đó c_1 và c_2 biểu diễn các hằng số cho lát hoặc hình ảnh.

Các thuật toán lượng tử hóa nhằm mục đích giảm thiểu chi phí Lagrange $D + \lambda \cdot R$ của biến dạng và tốc độ cũng được gọi là lượng tử hóa tối ưu hóa tốc độ biến dạng (rate-distortion optimized quantization - RDOQ). Nếu chúng ta đo độ biến dạng bằng MSE hoặc MSE có trọng số, thì các chỉ số lượng tử hóa q_k cho khối biến đổi phải được xác định theo cách để giảm thiểu số đo hàm sau:

$$D + \lambda \cdot R = \sum_k \alpha_k \cdot (t_k - \Delta_k \cdot q_k)^2 + \lambda \cdot R(q_k | q_{k-1}, q_{k-2}, \dots).$$

Tại đây, chỉ số hệ số biến đổi k chỉ định thứ tự lập mã (hoặc thứ tự quét) của các mức hệ số biến đổi. Thuật ngữ $R(q_k | q_{k-1}, q_{k-2}, \dots)$ biểu diễn số lượng bit (hoặc ước lượng của chúng) cần thiết để truyền chỉ số lượng tử hóa q_k . Điều kiện minh họa rằng (do việc sử dụng xác suất kết hợp hoặc có điều kiện) số lượng bit cho mức hệ số biến đổi cụ thể q_k thường phụ thuộc vào các giá trị được chọn cho các mức hệ số biến đổi trước $q_{k-1}, q_{k-2}, \dots$ v.v. theo thứ tự lập mã. Các hệ số α_k trong phương trình trên có thể được sử dụng để gán trọng số sự đóng góp của các hệ số biến đổi riêng lẻ, ví dụ, để mô hình hóa độ nhạy tương phản của thị giác con người. Trong phần sau, sáng chế về tổng thể giả định rằng tất cả hệ số trọng số α_k đều bằng 1 (nhưng thuật toán có thể được sửa đổi dễ dàng theo cách có thể tính đến các hệ số trọng số khác nhau).

Để lập mã hệ số biến đổi trong H.265 | MPEG-H HEVC, việc tính toán chính xác các điều kiện tốc độ là rất phức tạp, vì hầu hết các quyết định nhị phân được lập mã bằng cách sử dụng các mô hình xác suất thích ứng. Nhưng nếu chúng ta bỏ qua một số khía cạnh của việc lựa chọn mô hình xác suất và bỏ qua rằng các mô hình xác suất được điều chỉnh bên trong khối biến đổi, thì có thể thiết kế thuật toán RDOQ với độ phức tạp hợp lý. Thuật toán RDOQ được triển khai trong phần mềm tham chiếu cho H.265 | MPEG-H HEVC bao gồm các bước xử lý cơ bản sau:

1. Đối với mỗi vị trí quét k , mức hệ số biến đổi q_k được lựa chọn bằng cách giảm thiểu chi phí Lagrange $D_k(q_k) + \lambda \cdot R_k(q_k)$ với giả định rằng mức này không được suy ra là bằng 0. $D_k(q_k)$ biểu thị sai số bình phương (có trọng số) $D_k(q_k) = \alpha_k \cdot (t_k - \Delta_k \cdot q_k)^2$ và $R_k(q_k)$ biểu diễn ước lượng số lượng bit cần thiết để truyền q_k .
2. Các cờ hiệu `coded_sub_block_flag` cho các khối con 4×4 được xác định bằng cách so sánh các chi phí Lagrange cho hai trường hợp sau: (a) Các mức hệ số biến đổi được chọn ở bước 1 được sử dụng; (b) phân tử cú pháp `coded_sub_block_flag` được đặt bằng 0 và do đó, tất cả các mức hệ số biến đổi của khối con 4×4 được đặt bằng 0.
3. Vị trí của các mức hệ số biến đổi khác 0 thứ nhất được xác định bằng cách so sánh chi phí Lagrange thu được bằng cách chọn một trong các mức hệ số

biến đổi khác 0 (sau bước 1) làm mức hệ số biến đổi khác 0 thứ nhất theo thứ tự lập mã (các mức hệ số biến đổi trước được đặt bằng 0).

4. `coded_block_flag` được xác định bằng cách so sánh chi phí Lagrange cho chuỗi các mức hệ số biến đổi thu được sau bước 1 và trường hợp tất cả các mức hệ số biến đổi bên trong khối biến đổi được đặt bằng 0.

Một khái niệm được sửa đổi là các hệ số biến đổi không được lượng tử hóa và tái tạo một cách độc lập. Thay vào đó, các mức tái tạo có thể chấp nhận cho hệ số biến đổi phụ thuộc vào các chỉ số lượng tử hóa được lựa chọn cho các hệ số biến đổi trước theo thứ tự tái tạo. Khái niệm lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc được kết hợp với việc lập mã entropy đã sửa đổi, trong đó việc lựa chọn mô hình xác suất (hoặc, cách khác, lựa chọn bảng từ mã) cho hệ số biến đổi phụ thuộc vào tập hợp các mức tái tạo có thể chấp nhận.

Ưu điểm của việc lượng tử hóa phụ thuộc các hệ số biến đổi là các vectơ tái tạo có thể chấp nhận được tập hợp dày đặc hơn trong không gian tín hiệu N chiều (trong đó N biểu thị số lượng mẫu hoặc hệ số biến đổi trong một khối biến đổi). Các vectơ tái tạo cho khối biến đổi tham chiếu đến các hệ số biến đổi được tái tạo có thứ tự (hoặc, cách khác, các mẫu được tái tạo có thứ tự) của khối biến đổi. Hiệu ứng này được minh họa trên Fig.5a và Fig.5b cho trường hợp đơn giản nhất của hai hệ số biến đổi. Fig.5a thể hiện các vectơ tái tạo có thể chấp nhận được (biểu diễn các điểm trong mặt phẳng 2d) để lượng tử hóa vô hướng độc lập. Như có thể thấy, tập hợp các giá trị có thể chấp nhận cho hệ số biến đổi thứ hai t'_1 không phụ thuộc vào giá trị được chọn cho hệ số biến đổi được tái tạo thứ nhất t'_0 . Fig.5b thể hiện ví dụ về lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc. Lưu ý rằng, trái ngược với lượng tử hóa vô hướng độc lập, các giá trị tái tạo có thể lựa chọn cho hệ số biến đổi thứ hai t'_1 phụ thuộc vào mức tái tạo được chọn cho hệ số biến đổi thứ nhất t'_0 . Trong ví dụ của Fig.5b, có hai tập hợp các mức tái tạo có sẵn khác nhau cho hệ số biến đổi thứ hai t'_1 (được minh họa bằng các màu khác nhau). Nếu chỉ số lượng tử hóa cho hệ số biến đổi thứ nhất t'_0 là chẵn ($\dots, -2, 0, 2, \dots$), bất kỳ mức tái tạo nào của tập hợp thứ nhất (điểm màu xanh lam) đều có thể được lựa chọn cho hệ số biến đổi thứ hai t'_1 . Và nếu chỉ số lượng tử hóa cho hệ số biến đổi thứ nhất t'_0 là lẻ ($\dots, -3, -1, 1, 3, \dots$), thì bất kỳ mức tái tạo nào của tập thứ hai (điểm đỏ) đều có thể được chọn cho hệ số biến đổi thứ hai t'_1 . Trong ví dụ, các mức tái tạo cho tập hợp thứ nhất và thứ hai được dịch chuyển bằng một nửa kích thước bước lượng tử hóa (bất kỳ mức tái tạo nào của tập hợp thứ hai đều nằm giữa hai mức tái tạo của tập hợp thứ

nhất).

Việc lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc của các hệ số biến đổi có hiệu ứng, đối với số lượng vector tái tạo trung bình nhất định trên mỗi khối đơn vị N chiều, giá trị dự tính của khoảng cách giữa vector đầu vào nhất định của các hệ số biến đổi và vector tái tạo có sẵn gần nhất được giảm bớt. Do đó, độ biến dạng trung bình giữa vector đầu vào của các hệ số biến đổi và các hệ số biến đổi được tái tạo vector có thể được giảm bớt đối với một số lượng bit trung bình nhất định. Trong lượng tử hóa vector, hiệu ứng này được gọi là độ khuếch đại lấp đầy không gian. Bằng cách sử dụng lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc cho các khối biến đổi, một phần chính của độ khuếch đại lấp đầy không gian tiềm năng cho lượng tử hóa vector chiều cao có thể được khai thác. Và, trái ngược với lượng tử hóa vector, độ phức tạp thực hiện của quá trình tái tạo (hoặc quá trình giải mã) có thể so sánh với độ phức tạp của quá trình lập mã biến đổi thông thường với các bộ lượng tử vô hướng độc lập.

Sơ đồ khối của bộ giải mã biến đổi với lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc được minh họa trên Fig.6. Thay đổi chính liên quan đến lượng tử hóa phụ thuộc dẫn đến các mũi tên chỉ từ trên xuống dưới. Như được chỉ ra bởi các mũi tên dọc này, hệ số biến đổi được tái tạo t'_k , với chỉ số thứ tự tái tạo $k > 0$, không chỉ phụ thuộc vào chỉ số lượng tử hóa liên quan q_k , mà còn phụ thuộc vào các chỉ số lượng tử hóa $q_0, q_1, \dots, q_{k-1}$ cho các hệ số biến đổi trước theo thứ tự tái tạo. Lưu ý rằng trong lượng tử hóa phụ thuộc, thứ tự tái tạo của các hệ số biến đổi phải được xác định duy nhất. Hiệu suất của bộ mã hóa giải mã biến đổi tổng thể có thể được cải thiện nếu sự nhận biết về tập hợp các mức tái tạo liên quan đến chỉ số lượng tử hóa q_k cũng được khai thác trong việc lập mã entropy. Điều đó có nghĩa là sẽ thuận lợi khi chuyển tiếp ngữ cảnh (mô hình xác suất) hoặc bảng từ mã dựa trên tập hợp các mức tái tạo áp dụng cho hệ số biến đổi

Giống như trong lập mã biến đổi thông thường, mã hóa biến đổi theo các phương án được nêu ở đây bao gồm, bên cạnh biến đổi phân tích, thuật toán lượng tử hóa và lập mã entropy. Vì biến đổi phân tích thường nghịch đảo của biến đổi tổng hợp (hoặc phép tính gần đúng của phép nghịch đảo) được sử dụng, và lập mã entropy thường được chỉ định duy nhất dựa trên quá trình giải mã entropy. Tuy nhiên, tương tự như trong lập mã biến đổi thông thường, có rất nhiều quyền tự quyết trong việc lựa chọn các chỉ số lượng tử hóa với hệ số biến đổi ban đầu.

Lượng tử hóa phụ thuộc của các hệ số biến đổi đề cập đến khái niệm trong đó tập

hợp các mức tái tạo có sẵn cho hệ số biến đổi phụ thuộc vào các chỉ số lượng tử hóa được chọn cho các hệ số biến đổi trước theo thứ tự tái tạo (bên trong cùng một khối biến đổi).

Nhiều tập hợp mức tái tạo được xác định trước và dựa trên các chỉ số lượng tử hóa cho các hệ số biến đổi trước theo thứ tự lập mã, một trong số các tập hợp xác định trước được lựa chọn để tái tạo hệ số biến đổi hiện tại.

Tập hợp các mức tái tạo có thể chấp nhận cho hệ số biến đổi hiện tại được chọn (dựa trên các chỉ số lượng tử hóa cho các hệ số biến đổi trước đó theo thứ tự lập mã) trong bộ (hai hoặc nhiều tập hợp) tập hợp các mức tái tạo được xác định trước. Các giá trị của các mức tái tạo của tập hợp các mức tái tạo được tham số hóa bằng tham số lượng tử hóa dựa trên khối. Tham số lượng tử hóa dựa trên khối (QP) xác định kích thước bước lượng tử hóa Δ và tất cả các mức tái tạo (trong tất cả các tập hợp mức tái tạo) biểu diễn bội số nguyên của kích thước bước lượng tử Δ . Kích thước bước lượng tử hóa Δ_k cho hệ số biến đổi cụ thể t_k (với k biểu thị thứ tự tái tạo) có thể không chỉ được xác định bởi tham số lượng tử hóa khối QP, nhưng cũng có thể kích thước bước lượng tử hóa Δ_k cho hệ số biến đổi cụ thể t_k được xác định bởi ma trận trọng số lượng tử hóa và tham số lượng tử hóa khối. Thông thường, kích thước bước lượng tử hóa Δ_k cho hệ số biến đổi t_k được cho bởi tích của hệ số trọng số w_k cho hệ số biến đổi t_k (được chỉ định bởi ma trận trọng số lượng tử hóa) và kích thước bước lượng tử hóa khối Δ_{block} (được chỉ định bởi tham số lượng tử hóa khối),

$$\Delta_k = w_k \cdot \Delta_{\text{block}}.$$

Theo phương án, lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc cho các hệ số biến đổi sử dụng chính xác hai tập hợp mức tái tạo khác nhau. Và tất cả các mức tái tạo của hai tập hợp cho hệ số biến đổi t_k biểu diễn bội số nguyên của kích thước bước lượng tử hóa Δ_k cho hệ số biến đổi này (ít nhất là một phần, được xác định bởi một tham số lượng tử hóa dựa trên khối). Lưu ý rằng kích thước bước lượng tử hóa Δ_k chỉ biểu diễn hệ số định tỷ lệ cho các giá trị tái tạo có thể chấp nhận trong cả hai tập hợp. Ngoại trừ kích thước bước lượng tử hóa riêng lẻ Δ_k cho các hệ số biến đổi t_k khác nhau bên trong khối biến đổi (và do đó, một hệ số định tỷ lệ riêng lẻ), hai tập hợp mức tái tạo giống nhau được sử dụng cho tất cả các hệ số biến đổi.

Cấu hình ưu tiên cho hai tập hợp mức tái tạo được thể hiện trên Fig.7. Các mức tái tạo được chứa trong tập hợp lượng tử hóa thứ nhất (được gắn nhãn là tập hợp 0 trong hình

vẽ) biểu diễn bội số nguyên chẵn của kích thước bước lượng tử hóa. Tập hợp lượng tử hóa thứ hai (được gắn nhãn là tập hợp 1 trong hình vẽ) chứa tất cả các bội số nguyên lẻ của kích thước bước lượng tử hóa và thêm vào đó là mức tái tạo bằng không. Lưu ý rằng cả hai tập hợp tái tạo đều đối xứng quanh không. Mức tái tạo bằng 0 được chứa trong cả hai tập hợp tái tạo, nếu không thì các tập tái tạo là rời rạc. Sự kết hợp của cả hai tập hợp tái tạo chứa tất cả các bội số nguyên của kích thước bước lượng tử hóa.

Các mức tái tạo mà bộ mã hóa chọn trong số các mức tái tạo có thể chấp nhận được phải được chỉ định hoặc được truyền bên trong dòng bit. Như trong lượng tử hóa vô hướng độc lập thông thường, điều này có thể đạt được bằng cách sử dụng chỉ số lượng tử hóa, còn được gọi là mức hệ số biến đổi. Chỉ số lượng tử hóa (hoặc mức hệ số biến đổi) là các số nguyên xác định duy nhất các mức tái tạo có sẵn bên trong tập hợp lượng tử hóa (tức là bên trong tập hợp các mức tái tạo). Các chỉ số lượng tử hóa được gửi đến bộ giải mã như một phần của dòng bit (sử dụng bất kỳ kỹ thuật lập mã entropy nào). Ở phía bộ giải mã, các hệ số biến đổi được tái tạo có thể được tính toán duy nhất dựa trên tập hợp các mức tái tạo hiện tại (được xác định bởi các chỉ số lượng tử hóa trước theo thứ tự lập mã/tái tạo) và chỉ số lượng tử hóa được truyền cho hệ số biến đổi hiện tại.

Các mức tái tạo trên Fig.7 được gắn nhãn với chỉ số lượng tử hóa liên kết (các chỉ số lượng tử hóa được đưa ra bởi các số bên dưới các vòng tròn biểu diễn các mức tái tạo). Chỉ số lượng tử hóa bằng 0 được gán cho mức tái tạo bằng 0. Chỉ số lượng tử hóa bằng 1 được gán cho mức tái tạo nhỏ nhất lớn hơn 0, chỉ số lượng tử hóa bằng 2 được gán cho mức tái tạo tiếp theo lớn hơn 0 (tức là mức tái tạo nhỏ nhất thứ hai lớn hơn 0), v.v. Hoặc, nói cách khác, các mức tái tạo lớn hơn 0 được gắn nhãn bằng các số nguyên lớn hơn 0 (tức là với 1, 2, 3, v.v.) theo thứ tự tăng dần các giá trị của chúng. Tương tự, chỉ số lượng tử hóa -1 được gán cho mức tái tạo lớn nhất nhỏ hơn 0, chỉ số lượng tử hóa -2 được gán cho mức tái tạo tiếp theo (tức là lớn thứ hai) nhỏ hơn 0, v.v. Hoặc, nói cách khác, các mức tái tạo nhỏ hơn 0 được gắn nhãn với các số nguyên nhỏ hơn 0 (tức là -1 , -2 , -3 , v.v.) theo thứ tự giảm dần các giá trị của chúng.

Việc sử dụng các mức tái tạo biểu diễn bội số nguyên của kích thước bước lượng tử hóa cho phép các thuật toán phức tạp về mặt tính toán thấp để tái tạo các hệ số biến đổi ở phía bộ giải mã. Điều này được minh họa dựa trên ví dụ ưu tiên của **Error! Reference source not found.**7 sau đây. Tập hợp lượng tử hóa thứ nhất bao gồm tất cả các bội số nguyên chẵn của kích thước bước lượng tử hóa và tập hợp lượng tử hóa thứ hai bao gồm

tất cả các bội số nguyên lẻ của kích thước bước lượng tử hóa cộng với mức tái tạo bằng 0 (được chứa trong cả hai tập hợp lượng tử hóa). Quá trình tái tạo hệ số biến đổi có thể được thực hiện tương tự như thuật toán được chỉ định trong mã giả của Fig.8.

Trong mã giả của Fig.8, $level[k]$ biểu thị chỉ số lượng tử hóa được truyền cho hệ số biến đổi t_k và $setId[k]$ (bằng 0 hoặc 1) chỉ định mã định danh của tập hợp các mức tái tạo hiện tại (được xác định dựa trên các chỉ số lượng tử hóa trước theo thứ tự tái tạo như sẽ được mô tả chi tiết hơn bên dưới). Biến n biểu diễn bội số nguyên của kích thước bước lượng tử hóa được cho bởi chỉ số lượng tử hóa $level[k]$ và mã định danh tập hợp $setId[k]$. Nếu hệ số biến đổi được lập mã bằng cách sử dụng tập hợp mức tái tạo thứ nhất ($setId[k] == 0$), chứa bội số nguyên chẵn của kích thước bước lượng tử hóa Δ_k , thì biến n gấp hai lần chỉ số lượng tử hóa được truyền. Nếu hệ số biến đổi được lập mã bằng cách sử dụng tập hợp mức tái tạo thứ hai ($setId[k] == 1$), chúng ta có ba trường hợp sau: (a) nếu $level[k]$ bằng 0, n cũng bằng 0; (b) nếu $level[k]$ lớn hơn 0, n bằng hai lần chỉ số lượng tử hóa $level[k]$ trừ đi 1; và (c) nếu $level[k]$ nhỏ hơn 0, n bằng hai lần chỉ số lượng tử hóa $level[k]$ cộng với 1. Điều này có thể được chỉ định bằng cách sử dụng hàm dấu

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & : x > 0 \\ 0 & : x = 0 \\ -1 & : x < 0 \end{cases}$$

Sau đó, nếu tập hợp lượng tử hóa thứ hai được sử dụng, thì biến n bằng hai lần chỉ số lượng tử hóa $level[k]$ trừ đi dấu hàm dấu ($\text{signlevel}[k]$) của chỉ số lượng tử hóa.

Khi biến n (chỉ định thừa số nguyên của kích thước bước lượng tử hóa) được xác định, hệ số biến đổi tái tạo t'_k thu được bằng cách nhân n với kích thước bước lượng tử hóa Δ_k .

Như đã đề cập ở trên, thay vì phép nhân chính xác với kích thước bước lượng tử hóa Δ_k , hệ số biến đổi tái tạo t'_k có thể thu được bằng phép tính gần đúng số nguyên. Điều này được minh họa trong mã giả trên Fig.8. Ở đây, sự dịch chuyển thay đổi biểu diễn sự dịch chuyển bit sang phải. Giá trị của nó thường chỉ phụ thuộc vào tham số lượng tử hóa cho khối (nhưng cũng có khả năng tham số dịch chuyển có thể được thay đổi cho các hệ số biến đổi khác nhau bên trong khối) Biến $scale[k]$ biểu diễn hệ số định tỷ lệ cho hệ số biến đổi t_k ; ngoài tham số lượng tử hóa khối, ví dụ, nó có thể phụ thuộc vào mục nhập tương ứng của ma trận trọng số lượng tử hóa. Biến add chỉ định phần bù làm tròn, nó thường được đặt bằng $add = (1 \ll (\text{shift}-1))$. Cần lưu ý rằng số học số nguyên được chỉ

định trong mã giả của Fig.8 (dòng cuối cùng), ngoại trừ phép làm tròn, tương đương với phép nhân với kích thước bước lượng tử hóa Δ_k , được cho bởi

$$\Delta_k = \text{scale}[k] \cdot 2^{-\text{shift}}.$$

Một thay đổi khác (chỉ về mặt hình thức) trên Fig.9 so với Fig.8 là việc chuyển tiếp giữa hai tập hợp các mức tái tạo được thực hiện bằng cách sử dụng toán tử if-then-else bậc ba (a? B: c), được biết đến từ ngôn ngữ lập trình chẳng hạn như ngôn ngữ lập trình C.

Bên cạnh việc lựa chọn tập hợp các mức tái tạo đã thảo luận ở trên, một nhiệm vụ khác trong lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc trong lập mã biến đổi là thuật toán được sử dụng để chuyển tiếp giữa các tập lượng tử hóa đã xác định (tập hợp các mức tái cấu trúc). Thuật toán được sử dụng xác định "mật độ tập hợp" có thể đạt được trong không gian N chiều của các hệ số biến đổi (và do đó, cả trong không gian N chiều của các mẫu được tái tạo). Mật độ tập hợp cao hơn cuối cùng dẫn đến hiệu quả lập mã tăng lên.

Theo phương án được ưu tiên, sự chuyển tiếp giữa các tập hợp lượng tử hóa (tập hợp 0 và tập hợp 1) được xác định bởi biến trạng thái. Đối với hệ số biến đổi thứ nhất theo thứ tự tái tạo, biến trạng thái được đặt bằng giá trị được xác định trước. Thông thường, giá trị được xác định trước bằng 0. Biến trạng thái cho các hệ số biến đổi sau theo thứ tự lập mã được xác định bởi quá trình cập nhật. Trạng thái của hệ số biến đổi cụ thể chỉ phụ thuộc vào trạng thái của hệ số biến đổi trước đó theo thứ tự tái tạo và giá trị của hệ số biến đổi trước đó.

Biến trạng thái có thể có bốn giá trị tiềm năng (0, 1, 2, 3). Một mặt, biến trạng thái chỉ định tập hợp lượng tử hóa được sử dụng cho hệ số biến đổi hiện tại. Tập hợp lượng tử hóa 0 được sử dụng khi và chỉ khi biến trạng thái bằng 0 hoặc 1, và tập hợp lượng tử hóa 1 được sử dụng khi và chỉ khi biến trạng thái bằng 2 hoặc 3. Mặt khác, biến trạng thái cũng chỉ định các chuyển tiếp có thể có giữa các tập hợp lượng tử hóa.

Ví dụ, trạng thái của hệ số biến đổi cụ thể có thể chỉ phụ thuộc vào trạng thái của hệ số biến đổi trước đó theo thứ tự tái tạo và hàm nhị phân của giá trị của mức hệ số biến đổi trước đó. Hàm nhị phân được gọi là path trong phần sau. Trong phương án được ưu tiên đặc biệt, bảng chuyển tiếp trạng thái sau được sử dụng, trong đó "path" đề cập đến hàm nhị phân của mức hệ số biến đổi trước đó theo thứ tự tái tạo.

Bảng 1: Ví dụ ưu tiên về bảng chuyển tiếp trạng thái cho cấu hình có 4 trạng thái.

trạng thái hiện tại	tập hợp lượng tử hóa cho hệ số hiện tại	trạng thái tiếp theo	
		path 0	path 1
0	0	0	2
1	0	2	0
2	1	1	3
3	1	3	1

Path có thể được đưa ra bởi tính chẵn lẻ của chỉ số lượng tử hóa. Với $\text{level}[k]$ là mức hệ số biến đổi, nó có thể được xác định theo

$$\text{path} = (\text{level}[k] \& 1),$$

trong đó toán tử $\&$ biểu diễn theo bit “và” trong số học số nguyên có hai phân bù.

Path cũng có thể biểu diễn các hàm nhị phân khác của $\text{level}[k]$. Ví dụ, nó có thể chỉ định xem mức hệ số biến đổi là bằng hay không bằng 0:

$$\text{path} = \begin{cases} 0 & : \text{level}[k] == 0 \\ 1 & : \text{level}[k] \neq 0 \end{cases}.$$

Khái niệm chuyển tiếp trạng thái cho lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc cho phép triển khai độ phức tạp thấp để tái tạo các hệ số biến đổi trong bộ giải mã. Một ví dụ ưu tiên cho quá trình tái tạo các hệ số biến đổi của một khối biến đổi đơn được thể hiện trên Fig.10 bằng cách sử dụng mã giả kiểu C.

Trong mã giả của Fig.10, chỉ số k xác định thứ tự tái tạo của các hệ số biến đổi. Cần lưu ý rằng, trong mã ví dụ, chỉ số k giảm theo thứ tự tái tạo. Hệ số biến đổi cuối cùng có chỉ số bằng $k = 0$. Chỉ số thứ nhất K_{start} chỉ định chỉ số tái tạo (hoặc chính xác hơn là chỉ số tái tạo ngược) của hệ số biến đổi được tái tạo thứ nhất. Biến k_{start} có thể được đặt bằng số hệ số biến đổi trong khối biến đổi trừ đi 1 hoặc nó có thể được đặt bằng chỉ số của chỉ số lượng tử hóa khác 0 thứ nhất (ví dụ, nếu vị trí của chỉ số lượng tử hóa khác 0 thứ nhất được truyền theo phương pháp lập mã entropy được áp dụng) theo thứ tự lập mã/tái tạo. Trong trường hợp sau, tất cả các hệ số biến đổi trước (với chỉ số $k > k_{\text{start}}$) được suy ra là bằng 0. Quá trình tái tạo cho từng hệ số biến đổi đơn giống như trong ví dụ của Fig. **Error!**
Reference source not found.9. Đối với ví dụ trên Fig.9, các chỉ số lượng tử hóa được biểu

diễn bằng $level[k]$ và biến đổi được tái tạo liên quan được biểu diễn bằng $trec[k]$. Biến trạng thái được biểu diễn bằng trạng thái. Bảng 1d $setId[]$ chỉ định các tập hợp lượng tử hóa được liên kết với các giá trị khác nhau của biến trạng thái và bảng 2d $state_trans_table[][]$ chỉ định chuyển tiếp trạng thái cho trạng thái hiện tại (đối số thứ nhất) và path (đối số thứ hai). Ví dụ, path có thể được cung cấp bởi tính chẵn lẻ của chỉ số lượng tử hóa (sử dụng theo bit và toán tử &), nhưng các khái niệm khác là có thể. Ví dụ thêm, path có thể chỉ định xem hệ số biến đổi bằng hay không bằng 0. Ví dụ, trong cú pháp kiểu C, cho các bảng như sau (các bảng này giống với bảng 1 được trình bày ở trên).

$$setId[4] = \{ 0, 0, 1, 1 \}$$

$$state_trans_table[4][2] = \{ \{0,2\}, \{2,0\}, \{1,3\}, \{3,1\} \}$$

Thay vì sử dụng bảng $state_trans_table[][]$ để xác định trạng thái tiếp theo, phép toán số học cho kết quả tương tự có thể được sử dụng. Tương tự, bảng $setId[]$ cũng có thể được triển khai bằng phép toán số học hoặc sự kết hợp giữa bảng tìm kiếm bằng cách sử dụng bảng 1d $setId[]$ và hàm dấu có thể được thực hiện bằng phép toán số học.

Khía cạnh chính của lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc là có các tập hợp các mức tái tạo có thể chấp nhận khác nhau (còn gọi là tập hợp lượng tử hóa) cho các hệ số biến đổi. Tập hợp lượng tử hóa cho hệ số biến đổi hiện tại được xác định dựa trên các giá trị của chỉ số lượng tử hóa cho các hệ số biến đổi trước đó. Nếu chúng ta xem xét ví dụ trên Fig.7 và so sánh hai tập hợp lượng tử hóa, rõ ràng là khoảng cách giữa mức tái tạo bằng 0 và các mức tái tạo lân cận trong tập hợp 0 lớn hơn trong tập hợp 1. Do đó, xác suất mà chỉ số lượng tử hóa bằng 0 sẽ lớn hơn nếu sử dụng tập hợp 0 và sẽ nhỏ hơn nếu tập hợp 1 được sử dụng. Hiệu ứng này có thể được khai thác trong lập mã entropy bằng cách chuyển tiếp các mô hình xác suất dựa trên các tập hợp lượng tử hóa hoặc nói chung là các trạng thái được sử dụng cho chỉ số lượng tử hóa hiện tại.

Lưu ý rằng để chuyển tiếp bảng từ mã hoặc các mô hình xác suất phù hợp, path (hàm nhị phân của chỉ số lượng tử hóa) của tất cả các chỉ số lượng tử hóa trước đó phải được biết khi giải mã entropy chỉ số lượng tử hóa hiện tại (hoặc quyết định nhị phân tương ứng của chỉ số lượng tử hóa hiện tại).

Các chỉ số lượng tử hóa có thể được lập mã bằng cách sử dụng kỹ thuật lập mã số học nhị phân tương tự như H.264 | MPEG-4 AVC hoặc H.265 | MPEG-H HEVC. Với mục đích đó, các chỉ số lượng tử hóa không phải nhị phân trước tiên được ánh xạ thành một loạt

các quyết định nhị phân (thường được gọi là các bin).

Trong phần sau, các ví dụ khác nhau được mô tả về cách, tức là theo thứ tự và sử dụng ngữ cảnh nào, để nhị phân hóa và mã hóa số học các chỉ số lượng tử hóa thu được từ lượng tử hóa phụ thuộc. Ở đây, các chỉ số lượng tử hóa được truyền dưới dạng giá trị tuyệt đối và đối với các giá trị tuyệt đối lớn hơn 0, là một dấu. Trong khi dấu được truyền dưới dạng một bin duy nhất, có nhiều khả năng ánh xạ các giá trị tuyệt đối vào chuỗi các quyết định nhị phân tự thể hiện trong các ví dụ được mô tả bên dưới. Phần mô tả sau đây tập trung vào thứ tự lập mã và sơ đồ nhị phân hóa thứ nhất và trình bày các ví dụ khác nhau sau đó. Sau đó, các ví dụ khác nhau cho mô hình ngữ cảnh được mô tả. Phương án sau có thể kết hợp với các phương án trước đây liên quan đến thứ tự lập mã và sơ đồ nhị phân hóa, nhưng các phương án trước đây không bị giới hạn đối với các ví dụ sau đây.

Ví dụ 1:

Các phần tử cú pháp nhị phân và không nhị phân sau được truyền:

- **sig_flag**: chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 0 hay không.
- nếu sig_flag bằng 1, **gt1_flag**: chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 1 hay không.
- nếu gt1_flag bằng 1, **gt2_flag**: chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 1 hay không.
- nếu gt2_flag bằng 1, **remainder**: Phần tử cú pháp không phải nhị phân xác định phần còn lại của mức tuyệt đối. Phần tử cú pháp này được truyền trong chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học, ví dụ, sử dụng mã Golomb-Rice.

Các phần tử cú pháp không có mặt được suy ra là bằng 0. Ở phía bộ giải mã, giá trị tuyệt đối của các mức hệ số biến đổi được tái tạo như sau:

$$\text{absLevel} = \text{sig_flag} + \text{gt1_flag} + \text{gt2_flag} + \text{remainder}$$

Có thể truyền gtX_flag bổ sung hoặc gt2_flag có thể bị bỏ qua hoặc cả gt1_flag và gt2_flag có thể bị bỏ qua. Sig_flag và gtx_flag's được lập mã bằng cách sử dụng các mô hình ngữ cảnh thích ứng.

Ví dụ 2:

Các phần tử cú pháp nhị phân và không nhị phân sau được truyền:

- **sig_flag**: chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 0 hay không.
- nếu sig_flag bằng 1, **gt1_flag**: chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 1 hay không.
- nếu gt1_flag bằng 1, thì:
 - **par_flag**: chỉ ra tính chẵn lẻ của phần còn lại (tức là giá trị tuyệt đối - 2) của giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi;
 - **remainder**: Phần tử cú pháp không phải nhị phân xác định phần còn lại (tức là (giá trị tuyệt đối - 2 - par_flag) / 2) của mức tuyệt đối. Phần tử cú pháp này được truyền trong chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học, ví dụ, sử dụng mã Golomb-Rice.

Các phần tử cú pháp không có mặt được suy ra là bằng 0. Ở phía bộ giải mã, giá trị tuyệt đối của các mức hệ số biến đổi được tái tạo như sau:

$$\text{absLevel} = \text{sig_flag} + \text{gt1_flag} + \text{par_flag} + 2 * \text{remainder}$$

Có thể truyền gtX_flag's bổ sung hoặc có thể bỏ qua gt1_flag. Ví dụ, thay vì phần còn lại ở trên, gt2_flag (chỉ định giá trị tuyệt đối có lớn hơn 3 hay không) và (nếu gt2_flag bằng 1) phần còn lại đã sửa đổi (tức là (giá trị tuyệt đối - 3 - par_flag) / 2) có thể được truyền. Sau đó, giá trị tuyệt đối sẽ được tái tạo theo

$$\text{absLevel} = \text{sig_flag} + \text{gt1_flag} + \text{par_flag} + 2 * (\text{gt2_flag} + \text{remainder})$$

sig_flag, gtX_flag's và par_flag được lập mã bằng cách sử dụng các mô hình ngữ cảnh thích ứng.

Ví dụ 3:

Các phần tử cú pháp nhị phân và không nhị phân sau được truyền:

- **sig_flag**: chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 0 hay không.
- nếu sig_flag bằng 1, thì:
 - **par_flag**: chỉ ra tính chẵn lẻ của phần còn lại (tức là giá trị

tuyệt đối - 1) của giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi;

- **gt1_flag**: chỉ ra liệu phần còn lại (tức là (giá trị tuyệt đối - 1 - par_flag) / 2) của giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 0 hay không;
- nếu gt1_flag bằng 1, **gt2_flag**: chỉ ra liệu phần còn lại (tức là, (giá trị tuyệt đối - 1 - par_flag) / 2) của giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 1 hay không;
- nếu gt2_flag bằng 1, **remainder**: Phần tử cú pháp không phải nhị phân chỉ định phần còn lại (tức là (giá trị tuyệt đối - 1 - par_flag) / 2 - 2) của mức tuyệt đối. Phần tử cú pháp này được truyền trong chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học, ví dụ, sử dụng mã Golomb-Rice.

Các phần tử cú pháp không có mặt được suy ra là bằng 0. Ở phía bộ giải mã, giá trị tuyệt đối của các mức hệ số biến đổi được tái tạo như sau:

$$\text{absLevel} = \text{sig_flag} + \text{par_flag} + 2 * (\text{gt1_flag} + \text{gt2_flag} + \text{remainder})$$

Có thể truyền gtX_flag's bổ sung hoặc có thể bỏ qua gt2_flag. sig_flag, gtX_flag's và par_flag được lập mã bằng cách sử dụng các mô hình ngữ cảnh thích ứng.

Có thể phân biệt thêm.

Đối với mô hình ngữ cảnh, các ví dụ sau được cung cấp để minh họa các hàm ý lẫn nhau giữa nhị phân hóa, thứ tự bin/hệ số và dẫn xuất ngữ cảnh. Trong ví dụ cụ thể, cú pháp để truyền các chỉ số lượng tử hóa của khối biến đổi bao gồm bin xác định mà chỉ ra chỉ số lượng tử hóa bằng 0 hay không bằng 0 (sig_flag đã giới thiệu ở trên). Mô hình xác suất được sử dụng để lập mã bin này có thể được chọn trong số hai hoặc nhiều mô hình xác suất. Việc lựa chọn mô hình xác suất được sử dụng phụ thuộc vào biến trạng thái hiện tại (các biến trạng thái bao hàm bộ lượng tử hóa được sử dụng). Tại thời điểm này, các tập hợp mô hình xác suất khác nhau có thể được sử dụng cho tất cả các giá trị có thể có của biến trạng thái hoặc các giá trị có thể có của biến trạng thái có thể được nhóm lại thành hai hoặc nhiều cụm và các tập hợp mô hình xác suất khác nhau có thể được sử dụng cho mỗi cụm (ví dụ, tập hợp mô hình xác suất thứ nhất cho trạng thái 0 và 1, tập hợp mô hình xác suất thứ hai cho trạng thái 2 và tập hợp mô hình xác suất thứ ba cho trạng thái 3; hoặc cách khác, tập hợp mô hình xác suất thứ nhất cho trạng thái 0 và 1, và tập hợp mô hình xác suất

thứ hai cho trạng thái 2 và 3).

Cũng có thể là các mô hình xác suất được chọn cho các phần tử cú pháp nhị phân khác (ví dụ, `gtl_flag` hoặc `par_flag`) cũng phụ thuộc vào giá trị của biến trạng thái hiện tại.

Sẽ là thuận lợi nếu lượng tử hóa phụ thuộc của các hệ số biến đổi được kết hợp với lập mã entropy, trong đó việc lựa chọn mô hình xác suất cho một hoặc nhiều bin biểu diễn nhị phân của các chỉ số lượng tử hóa (còn được gọi là mức lượng tử hóa) phụ thuộc vào biến trạng thái cho chỉ số lượng tử hóa hiện tại. Biến trạng thái được cung cấp bởi các chỉ số lượng tử hóa (hoặc tập hợp con của các bin biểu diễn các chỉ số lượng tử hóa) cho các hệ số biến đổi trước theo thứ tự lập mã và tái tạo.

Đặc biệt, một cách thuận lợi, việc lựa chọn mô hình xác suất được mô tả được kết hợp với một hoặc nhiều khía cạnh lập mã entropy sau:

- Việc truyền cờ hiệu cho khối biến đổi, mà chỉ ra liệu có bất kỳ chỉ số lượng tử hóa nào cho khối biến đổi không bằng 0 hay không hoặc tất cả các chỉ số lượng tử hóa cho khối biến đổi có bằng không hay không.
- Việc phân chia các hệ số của khối biến đổi (ít nhất là đối với các khối biến đổi vượt quá kích thước được xác định trước theo các kích thước của khối hoặc số lượng mẫu được chứa) thành nhiều khối con. Điều này được thể hiện một cách ví dụ cho khối biến đổi 10 trên Fig.12a, trong đó các hệ số của khối 12 được chia nhỏ thành các khối con 14, ví dụ ở đây là các hệ số kích thước 4x4. Nếu khối biến đổi được phân chia thành nhiều khối con 14, thì đối với một hoặc nhiều khối con, cờ hiệu được truyền (trừ khi nó được suy ra dựa trên các phần tử cú pháp đã được truyền) chỉ ra liệu khối con có chứa bất kỳ chỉ số lượng tử hóa khác 0 hay không. Các khối con cũng có thể được sử dụng để chỉ định thứ tự lập mã của các bin. Ví dụ, việc lập mã của các bin có thể được chia thành các khối con 14, để tất cả các bin của khối con được lập mã trước khi bất kỳ bin nào của khối con 14 tiếp theo được truyền. Nhưng các bin cho khối con 14 cụ thể có thể được lập mã trong nhiều lần vượt qua các hệ số biến đổi bên trong khối con này. Ví dụ, tất cả các bin xác định giá trị tuyệt đối của các chỉ số lượng tử hóa cho khối con có thể được lập mã trước khi bất kỳ bin dấu nào được lập mã. Các bin cho các giá trị tuyệt đối cũng có thể được chia thành nhiều bước chạy, như đã thảo luận ở trên.
- Việc truyền vị trí của số khác không thứ nhất theo thứ tự lập mã. Vị

trí được minh họa trên Fig.12a bằng cách in đậm. Nó có thể được truyền dưới dạng tọa độ x và y xác định vị trí trong mảng 2d của hệ số biến đổi, nó có thể được truyền dưới dạng một chỉ số vào thứ tự quét hoặc nó có thể được truyền bằng bất kỳ phương tiện nào khác. Như được minh họa trên Fig.12a, vị trí truyền của chỉ số lượng tử hóa khác 0 thứ nhất (hoặc hệ số biến đổi) theo thứ tự lập mã chỉ ra rằng tất cả các hệ số biến đổi 12 đứng trước hệ số được xác định theo thứ tự lập mã (được đánh dấu màu trắng trong Fig.12a) được suy ra bằng không. Dữ liệu khác chỉ được truyền cho hệ số tại vị trí được chỉ định (được đánh dấu đen/đậm trong Fig.12a), tức là vị trí thứ nhất theo thứ tự lập mã và các hệ số theo hệ số này theo thứ tự lập mã (được đánh dấu gạch ngang trong Fig.12a). Ví dụ trên Fig.12a cho thấy khối biến đổi 16x16 10 với các khối con 4x4 14; thứ tự lập mã được sử dụng là quét đường chéo theo khối con được chỉ định trong H.265 | MPEG-H HEVC. Cần lưu ý rằng việc lập mã cho chỉ số lượng tử hóa tại vị trí xác định (hệ số khác 0 thứ nhất trong thứ tự lập mã) có thể được sửa đổi một chút. Ví dụ, nếu nhị phân hóa cho các giá trị tuyệt đối của các chỉ số lượng tử hóa bao gồm bin xác định liệu chỉ số lượng tử hóa không bằng 0 hay không, bin này sẽ không được gửi cho chỉ số lượng tử hóa tại vị trí được chỉ định (người ta đã biết rằng hệ số không bằng 0), thay vào đó bin này được suy ra bằng 1.

- Việc nhị phân hóa cho các giá trị tuyệt đối của các chỉ số lượng tử hóa bao gồm bin được lập mã thích ứng mà chỉ ra liệu chỉ số lượng tử hóa có bằng 0 hay không. Mô hình xác suất (được gọi là ngữ cảnh) được sử dụng để lập mã bin này được chọn trong số tập hợp các mô hình xác suất ứng viên. Mô hình xác suất ứng viên được chọn không chỉ có thể được xác định bởi biến trạng thái cho chỉ số lượng tử hóa hiện tại, mà còn có thể được xác định bởi các chỉ số lượng tử hóa đã được truyền cho khối biến đổi. Trong phương án được ưu tiên, biến trạng thái xác định tập hợp con (còn được gọi là tập hợp ngữ cảnh) của các mô hình xác suất có sẵn và giá trị của các chỉ số lượng tử hóa đã được lập mã xác định mô hình xác suất được sử dụng bên trong tập hợp con này (tập hợp ngữ cảnh).

Trong phương án được ưu tiên, mô hình xác suất được sử dụng bên trong tập hợp ngữ cảnh được xác định dựa trên các giá trị của các chỉ số lượng tử hóa đã được lập mã trong vùng lân cận cục bộ 52 của hệ số biến đổi hiện tại 50, tức là hệ số mà một trong các bin của nó hiện được mã hóa/giải mã sao cho ngữ cảnh của nó cần phải được xác định. Ví dụ cho vùng lân cận cục bộ 52 được thể hiện trên Fig.12b. Trong hình, hệ số biến đổi hiện

tại 50 được đánh dấu màu đen và vùng lân cận cục bộ 52 được tô bóng. Sau đây, một số phép đo ví dụ được liệt kê có thể được suy ra dựa trên các giá trị của các chỉ số lượng tử hóa của các hệ số lân cận 51 trong vùng lân cận cục bộ 52 và sau đó, có thể được sử dụng để chọn mô hình xác suất của tập ngữ cảnh xác định trước.

Hơn nữa, dữ liệu khác có sẵn cho bộ giải mã có thể được sử dụng (rõ ràng hoặc kết hợp với các biện pháp được liệt kê ở trên) để lấy ra mô hình xác suất bên trong tập ngữ cảnh xác định trước. Dữ liệu này bao gồm:

- Vị trí của hệ số biến đổi hiện tại (tọa độ x, tọa độ y, số đường chéo hoặc bất kỳ kết hợp nào của chúng).
- Kích thước của khối hiện tại (kích thước dọc, kích thước ngang, số lượng mẫu hoặc bất kỳ sự kết hợp nào của chúng).
- Tỷ lệ khung hình của khối biến đổi hiện tại.
- Việc nhị phân hóa cho các giá trị tuyệt đối của các chỉ số lượng tử hóa bao gồm bin được lập mã thích ứng mà chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa có bằng 1 hay không. Mô hình xác suất (được gọi là ngữ cảnh) được sử dụng để lập mã bin này được chọn trong số tập hợp các mô hình xác suất ứng viên. Mô hình xác suất được chọn được xác định bởi các chỉ số lượng tử hóa đã được truyền cho khối biến đổi. Để chọn mô hình xác suất, có thể sử dụng bất kỳ phương pháp nào được mô tả ở trên (đối với bin xác định liệu chỉ số lượng tử hóa có bằng 0 không).

Như đã lưu ý ở trên, thứ tự lập mã của các bin của phép nhị phân hóa của các chỉ số lượng tử hóa của hệ số 12 có ảnh hưởng đến hiệu quả lập mã của khối 10. Ví dụ, mô hình xác suất được chọn cho ít nhất một trong các quyết định nhị phân (các bin), điển hình là `sig_flag`, phụ thuộc vào giá trị của biến trạng thái hiện tại. Và vì biến trạng thái được xác định bởi hàm nhị phân `path()` của các mức hệ số biến đổi trước đó, thứ tự lập mã của các bin phải được sắp xếp theo cách mà khi việc lập mã `sig_flag` (hoặc nói chung là, phần tử cú pháp nhị phân cho mô hình xác suất mà phụ thuộc vào biến trạng thái) đối với hệ số biến đổi hiện tại, `path` đó cho tất cả các hệ số biến đổi trước đó đã biết.

Ví dụ, tất cả các bin chỉ định giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa có thể được lập mã liên tiếp. Điều đó có nghĩa là, tất cả các bin (đối với các giá trị tuyệt đối) của tất cả

các chỉ số lượng tử hóa trước đó theo thứ tự lập mã/tái tạo đều được lập mã trước bin thứ nhất của chỉ số lượng tử hóa hiện tại. Các bin đầu có thể được lập mã hoặc không trong bước chạy thứ hai riêng biệt qua các hệ số biến đổi (điều đó thực sự có thể phụ thuộc vào các tập hợp lượng tử hóa được sử dụng). Các bin đầu cho khối con có thể được lập mã sau các bin cho các giá trị tuyệt đối của khối con, nhưng trước bất kỳ bin nào cho khối con tiếp theo.

Trong một ví dụ khác, chỉ tập hợp con của các bin mà chỉ ra giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa được lập mã liên tục trong bước chạy thứ nhất qua các hệ số biến đổi. Nhưng các bin này chỉ định duy nhất biến trạng thái. Các bin còn lại được lập mã trong một hoặc bước chạy qua các hệ số biến đổi. Nếu chúng ta giả sử rằng path được chỉ định bởi tính chẵn lẻ của chỉ số lượng tử hóa, thì bin chẵn lẻ được bao gồm trong bước chạy thứ nhất qua các hệ số biến đổi. Các bin còn lại có thể được truyền trong một hoặc nhiều bước chạy bổ sung. Theo các phương án khác của sáng chế, các khái niệm tương tự được sử dụng. Ví dụ, số lượng bin đơn phân có thể được sửa đổi hoặc thậm chí điều chỉnh dựa trên ký hiệu đã được truyền. Các bước chạy khác nhau có thể được sử dụng trên cơ sở các khối con, trong trường hợp đó các bin cho khối con được lập mã thành nhiều bước chạy, nhưng tất cả các bin của khối con được truyền trước khi bất kỳ bin nào của khối con tiếp theo được truyền.

Sau đây, một số ví dụ được liệt kê để lập mã các quyết định nhị phân trong nhiều bước chạy:

Ví dụ A:

Ví dụ này sử dụng nhị phân hóa của Ví dụ 3 ở trên và path được cung cấp bởi tính chẵn lẻ.

- bước chạy 1: sig_flag, par_flag, gt1_flag
- bước chạy 2: gt2_flag
- bước chạy 3: phần còn lại
- bước chạy 4: các bit đầu

Ví dụ B

Ví dụ này sử dụng nhị phân hóa của Ví dụ 3 ở trên và path được cung cấp bởi tính chẵn lẻ.

- bước chạy 1: sig_flag, par_flag
- bước chạy 2: gt1_flag
- bước chạy 3: gt2_flag
- bước chạy 4: phần còn lại
- bước chạy 5: các bit dấu

Ví dụ C

Ví dụ này sử dụng nhị phân hóa của ví dụ 1 ở trên và path chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối có lớn hơn 0 hay không.

- bước chạy 1: sig_flag
- bước chạy 2: gt1_flag
- bước chạy 3: gt2_flag
- bước chạy 4: phần còn lại
- bước chạy 5: các bit dấu

Ví dụ D

Ví dụ này sử dụng nhị phân hóa của Ví dụ 2 ở trên và path được cung cấp bởi tính chẵn lẻ.

- bước chạy 1: sig_flag, gt1_flag, par_flag
- bước chạy 2: phần còn lại
- bước chạy 3: các bit dấu

Ví dụ E

Ví dụ này sử dụng nhị phân hóa của Ví dụ 2 ở trên với gt2_flag bổ sung và path được cung cấp bởi tính chẵn lẻ.

- bước chạy 1: sig_flag, gt1_flag, par_flag, gt2_flag

- bước chạy 2: phần còn lại
- bước chạy 3: các bit dấu

Như một sửa đổi nhỏ của ví dụ này, `gt2_flag` cũng có thể được truyền trong bước chạy riêng biệt.

Các thứ tự hoặc kết hợp lập mã khác là các nhị phân hóa và các thứ tự lập mã có thể thực hiện được.

Để cho phép triển khai bộ giải mã thông lượng cao, nên giữ số lượng các bin được lập mã ngữ cảnh (còn được gọi là các bin được lập mã thông thường) càng thấp càng tốt (trong khi không làm giảm hiệu suất). Điều này có thể đạt được (tương tự như HEVC) bằng cách giới hạn số lượng bin nhất định tối đa. Thông tin còn lại được lập mã bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học.

Các phương pháp giảm số lượng tối đa các bin lập mã ngữ cảnh được mô tả sau đây có thể được kết hợp với một hoặc nhiều khía cạnh sau đã được trình bày ở trên:

- Nhiều tập hợp mức tái tạo để lượng tử hóa các hệ số biến đổi. Đặc biệt, hai tập hợp: Tập hợp thứ nhất bao gồm tất cả các bội số nguyên chẵn của kích thước bước lượng tử hóa và tập hợp thứ hai bao gồm tất cả các bội số nguyên lẻ của kích thước bước lượng tử hóa cộng và số 0.

(ít nhất là đối với một phần của hệ số biến đổi bên trong khối biến đổi)

- Tập hợp các mức tái tạo được chọn phụ thuộc vào biến trạng thái. Biến trạng thái được đặt bằng 0 cho hệ số thứ nhất theo thứ tự tái tạo. Đối với tất cả các hệ số khác, áp dụng như sau. Giá trị của biến trạng thái đối với hệ số biến đổi hiện tại được xác định bởi giá trị của biến trạng thái đối với mức hệ số biến đổi trước đó và hàm nhị phân (path) của giá trị của mức hệ số biến đổi trước đó.

- Các mức hệ số biến đổi được nhị phân hóa và các bin được lập mã entropy bằng cách sử dụng kỹ thuật lập mã số học nhị phân. Nhị phân hóa bao gồm `sig_flag`, mà chỉ ra liệu mức hệ số biến đổi có bằng 0 hay không. Cờ hiệu này được lập mã bằng cách sử dụng mô hình xác suất thích ứng, trong đó mô hình xác suất được chọn phụ thuộc vào giá trị của biến trạng thái đối với hệ số biến đổi hiện tại (và, có thể là tham số khác).

Trong phần sau, nhiều phương án để giảm số lượng bin được lập mã ngữ cảnh để lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc được mô tả. Đối với các phương án này, độ phức tạp giải mã trường hợp xấu nhất bị giới hạn trên cơ sở các khối con. Thông thường, như trong HEVC, khối biến đổi lớn hơn được chia thành các khối con 4x4 và áp dụng như sau:

- Cú pháp cho khối biến đổi bao gồm phần tử cú pháp (ví dụ, `coded_block_flag`) mà chỉ ra liệu có bất kỳ mức hệ số biến đổi khác không nào trong khối biến đổi hay không. Nếu `coded_block_flag` bằng 0, tất cả các mức hệ số biến đổi đều bằng 0 và không có thêm dữ liệu nào được truyền cho khối biến đổi; nếu không (`coded_block_flag` bằng 1) thì áp dụng như sau;
 - tọa độ x và y của hệ số biến đổi quan trọng thứ nhất theo thứ tự quét được truyền (điều này đôi khi được gọi là hệ số quan trọng cuối cùng, vì thứ tự quét thực tế chỉ định quá trình quét từ các thành phần tần số cao đến tần số thấp);
 - việc quét các hệ số biến đổi tiến hành trên cơ sở các khối con (điển hình là khối con 4x4); tất cả các mức hệ số biến đổi của khối con được lập mã trước bất kỳ mức hệ số biến đổi nào của bất kỳ khối con nào khác được lập mã; các khối con được xử lý theo thứ tự quét được xác định trước, bắt đầu với khối con chứa hệ số quan trọng thứ nhất theo thứ tự quét và kết thúc bằng khối con chứa hệ số DC;
 - cú pháp bao gồm `coded_subblock_flag`, mà chỉ ra liệu khối con có chứa bất kỳ mức hệ số biến đổi khác 0 hay không; đối với khối con thứ nhất và cuối cùng theo thứ tự quét (tức là khối con chứa hệ số quan trọng thứ nhất theo thứ tự quét và khối con chứa hệ số DC), cờ hiệu này không được truyền, nhưng được suy ra là bằng 1; khi `coded_subblock_flag` được truyền, nó thường được truyền khi bắt đầu một khối con;
 - đối với mỗi khối con có `coded_subblock_flag` bằng 1, các mức hệ số biến đổi được truyền trong nhiều bước quét qua các vị trí quét của khối con;

Các phương án sau áp dụng cho việc lập mã các mức hệ số biến đổi cho các khối con có `coded_subblock_flag` bằng 1. Tuy nhiên, các phương án không bị giới hạn trong trường hợp này. Cũng có thể áp dụng các phương án để hoàn thành các khối biến đổi (không có cấu trúc khối con). Trong ngữ cảnh này, cũng có thể sử dụng cấu trúc khối con (như mô tả ở trên), nhưng áp dụng giới hạn về độ phức tạp trong trường hợp xấu nhất (như mô tả bên dưới) để hoàn thành các khối biến đổi (thay vì áp dụng việc giới hạn nó cho các

khỏi con riêng lẻ).

Phương án 1

Trong phương án thứ nhất, các mức hệ số biến đổi được lập mã trong nhiều bước quét. Phương án này có các đặc điểm sau:

- máy trạng thái để lượng tử hóa phụ thuộc được điều khiển bởi tính chẵn lẻ của các mức hệ số biến đổi, tức là, path hàm nhị phân (mức) trả lại tính chẵn lẻ của đối số của nó;
- các mô hình xác suất cho sig_flag's trong bước chạy thứ nhất được chọn dựa trên các giá trị tương ứng của biến trạng thái (và, tùy chọn, các tham số khác có sẵn cho bộ giải mã, xem ở trên);

Bước chạy thứ nhất: Trong bước chạy thứ nhất qua các vị trí quét, các bin được lập mã ngữ cảnh sau được truyền:

- **sig_flag** chỉ ra liệu hệ số biến đổi có khác 0 hay không; sig_flag không được truyền nếu nó có thể được suy ra là bằng 1 (ví dụ, trường hợp vị trí quét quan trọng thứ nhất trong khối biến đổi (vị trí được báo hiệu rõ ràng bằng tọa độ x và y).
- nếu sig_flag bằng 1 (giá trị được lập mã hoặc suy ra), thì thông tin sau sẽ được truyền bổ sung cho vị trí quét hiện tại:
 - **par_flag** xác định tính chẵn lẻ của mức tuyệt đối trừ đi 1;
 - **gt1_flag** chỉ ra liệu phần còn lại (được cho bởi (mức tuyệt đối - 1 - par_flag) / 2)) có lớn hơn 0 hay không.
- Bước chạy thứ nhất sẽ kết thúc nếu đạt đến số lượng tối đa được xác định trước của các bin được lập mã ngữ cảnh. Đặt MAX_REG_BINS là số bin tối đa có thể được truyền trong bước chạy thứ nhất và đặt regBins biểu diễn số bin được lập mã thông thường vẫn có sẵn. Sau đó, những điều sau được áp dụng:
 - regBins ban đầu được đặt bằng MAX_REG_BINS;
 - sau khi lập mã bất kỳ bin nào (sig_flag, gt1_flag, par_flag), regBins sẽ giảm đi một;
 - nếu sau khi truyền các bin (sig_flag và, nếu sig_flag bằng 1, gt1_flag, par_flag) cho một vị trí quét, số lượng regBins trong bin vẫn còn

trống ít hơn 3 (tức là không thể truyền sig_flag, par_flag và gt1_flag cho vị trí quét tiếp theo), sau đó kết thúc bước quét thứ nhất.

Bước chạy thứ hai: Trong bước chạy thứ hai qua các vị trí quét, các bin được lập mã ngữ cảnh sau được truyền:

- nếu gt1_flag cho vị trí quét bằng 1, **gt2_flag** sẽ được truyền, xác định xem phần còn lại (được cho bởi $(\text{mức tuyệt đối} - 3 - \text{par_flag}) / 2$) có lớn hơn 0 hay không.
- Bước chạy thứ hai kết thúc nếu số lượng tối đa được xác định trước của gt2_flag được lập mã ngữ cảnh đã được truyền. Bước chạy thứ hai cũng kết thúc nếu đạt đến vị trí quét mà không có dữ liệu nào được truyền trong bước chạy thứ nhất (tức là, đối với các vị trí quét như vậy, không có dữ liệu nào được truyền trong bước chạy thứ hai)

Bước chạy thứ ba Trong bước chạy thứ ba qua các vị trí quét, phần còn lại cho mức tuyệt đối (tức là dữ liệu chưa được chỉ định bởi sig_flag, par_flag, gt1_flag và gt2_flag đã truyền) được truyền cho tất cả các vị trí quét mà sig_flag đã được lập mã trong bước chạy. Phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được nhị phân hóa bằng mã có cấu trúc (chẳng hạn như mã Golomb-Rice) và các bin được lập mã ở chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học. Phần còn lại được truyền cho các vị trí quét sau:

- cho tất cả các vị trí quét mà gt2_flag bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ hai:

Đối với các vị trí quét này, phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được truyền chỉ định như sau:

$$(\text{giá trị tuyệt đối} - 5 - \text{par_flag}) / 2$$

- với tất cả các vị trí quét mà gt1_flag bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ nhất nhưng không có gt2_flag nào được truyền trong bước chạy thứ hai. Đối với các vị trí quét này, phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được truyền chỉ định như sau:

- $$(\text{giá trị tuyệt đối} - 3 - \text{par_flag}) / 2$$

Bước chạy thứ tư Trong bước chạy thứ tư, các mức tuyệt đối cho tất cả các vị trí

quét mà không có dữ liệu nào được truyền trong bước chạy thứ nhất được lập mã. Các mức tuyệt đối thứ nhất được nhị phân hóa bằng mã có cấu trúc, mã được sử dụng có thể phụ thuộc vào các phép đo hoạt động cục bộ cũng như giá trị của biến trạng thái hiện tại. Các bin được truyền bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học.

Bước chạy thứ năm: Cuối cùng, trong bước chạy thứ năm, các dấu cho tất cả các mức hệ số biến đổi không bằng 0 được truyền. Các dấu được truyền bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học.

Ưu điểm của phương án được mô tả là số lượng bin được lập mã ngữ cảnh được giảm một cách hiệu quả so với một phiên bản mà không có ràng buộc về số lượng bin trong bước chạy thứ nhất và thứ hai. Vì việc mã hóa và giải mã các bin được lập mã ngữ cảnh yêu cầu triển khai phức tạp hơn so với các bin được lập mã ở chế độ bỏ qua, nên độ phức tạp được giảm bớt.

Lấy ví dụ phần mô tả ở trên dựa trên mã giả được hiển thị trên Fig.13. Fig.13 thể hiện phương pháp để giải mã khối hệ số biến đổi theo phương án được trình bày ở trên, nhưng phương án lập mã tương ứng có thể dễ dàng suy ra được từ đó bằng cách thay thế tất cả “giải mã” bằng “mã hóa”.

Mã giả được hiển thị trên Fig.13 minh họa quá trình lập mã/giải mã cho các mức hệ số biến đổi bên trong khối con 14. Nó được minh họa từ góc độ bộ giải mã. Quá trình giải mã từ dòng dữ liệu diễn ra theo một chuỗi bước chạy 60₁ đến 60₅ mà quét các vị trí hệ số biến đổi 12 của khối 10 theo thứ tự quét. Nhị phân hóa được sử dụng, tức là các cờ hiệu/bin được sử dụng để xác định các chỉ số lượng tử hóa của hệ số, sự phân bố lập mã/giải mã của các cờ hiệu và phần còn lại trên các bước chạy lập mã/giải mã được thay đổi theo các phương án được mô tả sau đó và do đó, mô tả của Fig.13 tập trung vào quy định về mô tả tổng quan hoặc mô tả sơ bộ cũng áp dụng cho các phương án được mô tả sau đó.

Một khả năng cho thứ tự quét bên dưới các bước chạy, đã được mô tả ở trên đối với Fig.12a, b và được minh họa một cách ví dụ trên Fig.12b ở 62, nhưng xin lưu ý rằng các bước chạy 60₁ đến 60₅ không cần phải quét tất cả các vị trí của hệ số biến đổi 12 của khối biến đổi 10, nhưng chúng đều sử dụng thứ tự quét 62; hơn nữa, các cờ hiệu của một số loại cờ có thể được truyền trong cùng một bước chạy như được mô tả liên quan đến việc nhúng trong Fig.13, nhưng cũng có thể tồn tại các khả năng khác.

Các giá trị được xác định trước MAX_REG_BINS và MAX_GT2_BINS xảy ra trên

Fig.13 xác định số lượng tối đa các bin được lập mã thông thường trong lần lượt bước chạy 1 60₁ và bước chạy 2, 60₁. Biến Boolean firstSubblock chỉ ra liệu khối con hiện tại có phải là khối con thứ nhất theo thứ tự lập mã (bên trong khối biến đổi) được lập mã/giải mã cho khối 10 hay không, chẳng hạn như khối con chứa hệ số in đậm/màu đen 12 trên Fig.12a. FirstSigScanIdx chỉ ra chỉ số quét tương ứng với vị trí của hệ số biến đổi quan trọng thứ nhất trong khối biến đổi 10, tức là hệ số được báo hiệu rõ ràng khi bắt đầu cú pháp khối biến đổi. Kí hiệu tham chiếu 64 được sử dụng từ bây giờ trở đi để chỉ ra vị trí đó. minSubblockScanIdx và maxSubblockScanIdx biểu diễn các giá trị tối thiểu và tối đa của các chỉ số quét cho khối con hiện tại, tức là hiện tại được giải mã/lập mã. Lưu ý rằng chỉ số quét thứ nhất, startScanIdx, mà bất kỳ dữ liệu nào được truyền cho khối con 14 hiện tại phụ thuộc vào việc khối con có bao gồm hệ số quan trọng thứ nhất theo thứ tự quét hay không. Nếu đúng như vậy, bước quét thứ nhất bắt đầu ở chỉ số quét tương ứng với hệ số biến đổi quan trọng thứ nhất 64; nếu không, bước quét thứ nhất bắt đầu ở chỉ số quét tối thiểu của khối con, chẳng hạn như vị trí hệ số dưới cùng bên trái với khối con 14 hoặc nói cách khác, bước quét xa nhất so với vị trí DC 66 mà thứ tự quét 62 dẫn đến. Lưu ý lại rằng trong khi Fig.13 là phương án sử dụng lập mã theo khối con, khái niệm này có thể dễ dàng sửa đổi để liên quan đến việc lập mã các hệ số trong khối hoặc liên hệ một số khía cạnh được mô tả dưới đây với các khối con trong khi các khía cạnh khác liên quan đến toàn bộ khối 10.

Theo trình tự của các bước chạy từ 60₁ đến 60₄, việc lập mã/ giải mã số học nhị phân thích ứng theo ngữ cảnh được sử dụng để lập mã/ giải mã cờ hiệu hoặc bin được chọn tương ứng từ tập hợp một hoặc nhiều loại cờ hiệu, theo phương án 1 được mô tả hiện tại, ví dụ, bao gồm sig_flag, par_flag, gt1_flag và gt2_flag và một mã có độ dài thay đổi được sử dụng để lập mã/ giải mã các giá trị của phần còn lại. Nghĩa là, các bin chứa từ mã của mã có độ dài thay đổi được lập mã/giải mã trong chế độ bỏ qua của công cụ giải mã/lập mã số học nhị phân, sử dụng mô hình xác suất không thích ứng thống nhất, dẫn đến tỷ lệ nén là 1 cho các bin riêng lẻ. ., Do đó, mỗi cờ hiệu và mỗi giá trị của phần còn lại được giải mã tương ứng cho một vị trí hệ số biến đổi hiện đang được quét, chẳng hạn như vị trí được chỉ ra bởi 50 trên Fig.12b. Trong mã giả, vị trí hiện tại này được biểu thị bằng tham số hoặc chỉ số k.

Việc giải mã từ dòng dữ liệu trong chuỗi các bước chạy từ 60₁ đến 60₅ diễn ra theo cách mà đối với mỗi vị trí hệ số biến đổi của tập hợp các vị trí hệ số biến đổi được lập mã

có ít nhất một trong một hoặc nhiều cờ hiệu và một giá trị của phần còn lại được lập mã/giải mã. Ví dụ, "tập hợp các vị trí hệ số biến đổi được lập mã" mở rộng giữa vị trí hệ số biến đổi thứ nhất được xác định trước như `startScanIdx` và vị trí hệ số biến đổi cuối cùng được xác định trước như `endScanIdx`, trong đó vị trí hệ số biến đổi thứ nhất và cuối cùng được xác định trước chỉ định tập hợp con của các vị trí hệ số biến đổi trong khối biến đổi; cách khác, tập hợp được lập mã mở rộng giữa hệ số khác 0 thứ nhất 64 và hệ số được xác định trước chẳng hạn như hệ số DC 66. Nghĩa là, có thể có một hoặc nhiều hệ số trong tập hợp được lập mã mà một phần còn lại được lập mã/giải mã nhưng không có cờ hiệu, một hoặc nhiều hệ số cho một hoặc nhiều cờ và một phần còn lại được lập mã/giải mã và một hoặc nhiều hệ số cho một hoặc nhiều cờ hiệu nhưng không có phần còn lại được lập mã/giải mã. Đối với mỗi hệ số, việc lập mã/giải mã dữ liệu được lập mã của nó, tức là các cờ hiệu và/hoặc phần còn lại, được thực hiện tuần tự để liên tục, theo nghĩa tuần tự hoặc nói cách khác, theo từng bước, giới hạn miền giá trị ban đầu. Ví dụ, giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của mỗi vị trí hệ số được biểu diễn bằng dạng biểu diễn x bit tương ứng với miền giá trị ban đầu từ $\Omega = 0$ đến $2^x - 1$, ví dụ, $x = 16$, trong đó giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho bất kỳ vị trí hệ số biến đổi nào đang được quét hiện nằm vào. Bằng cách lập mã/giải mã tuần tự, miền giá trị ban đầu này từng bước bị giới hạn để chỉ bao gồm giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét trong miền giá trị. Nghĩa là, cuối cùng, ít nhất một trong một hoặc nhiều cờ hiệu và một giá trị của phần còn lại được lập mã/giải mã cho một vị trí hệ số biến đổi nhất định xác định giá trị của phần còn lại duy nhất ngoài miền giá trị ban đầu. Mỗi cờ hiệu giới hạn miền giá trị của giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện đang được quét thành phần con thứ nhất hoặc phần con thứ hai mà miền giá trị của giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét là chia đôi. Nói chính xác hơn, mỗi cờ hiệu sẽ chia đôi phần miền giá trị trong đó giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của hệ số tương ứng được biết là nằm ở (các) cờ hiệu trước, nếu có. Ví dụ, `sig_flag` thu được trong miền giá trị Ω được chia thành $A = \{0\}$ và $\bar{A} = \Omega / \{0\}$; thì, `par_flag` giới hạn $\bar{A}$ ở các giá trị lẻ hoặc chẵn, v.v..

Nếu giá trị của phần còn lại được lập mã/giải mã cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét nhất định 50, thì giá trị của phần còn lại chỉ ra giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét ngoài miền giá trị nếu đối với vị trí hệ số biến đổi hiện được quét ít nhất một cờ hiệu được giải mã hoặc ngoài miền giá trị ban đầu nếu đối

với vị trí hệ số biến đổi hiện được quét không có cờ hiệu nào được giải mã. Lưu ý rằng các vị trí hệ số biến đổi không có giá trị của phần còn lại nào được lập mã/giải mã, một hoặc nhiều cờ hiệu được lập mã/giải mã cho các vị trí hệ số biến đổi này đã giới hạn miền giá trị chỉ bao gồm giá trị tuyệt đối. Như để kí hiệu, nếu các hệ số biến đổi được ký hiệu ở tất cả, như được giả định là trường hợp trong phương án nhúng hiện tại, nhưng không nhất thiết phải có trên các phương án được sửa đổi, thì tương tự có thể được lập mã riêng biệt trong chế độ bỏ qua. Trên Fig.13, chúng được minh họa để được lập mã/giải mã riêng biệt trong bước chạy riêng 60₅ cho bất kỳ chỉ số lượng tử hóa khác 0, nhưng điều này có thể được thay đổi để đi đến một phương án khác.

Lượng tử hóa phụ thuộc được sử dụng để khử lượng tử tuần tự các chỉ số lượng tử hóa của các vị trí hệ số biến đổi của tập hợp các vị trí hệ số biến đổi được lập mã. Bằng cách đo này, thu được các hệ số biến đổi được tái tạo cho tập hợp các vị trí hệ số biến đổi này. Ví dụ, chuyển tiếp trạng thái như được nêu ở trên có thể được sử dụng. Có thể được thể hiện bằng cách sử dụng bảng chuyển tiếp trạng thái hoặc biểu đồ mắt cáo dọc theo thứ tự quét 62, ví dụ như trên Fig.10, chọn 72, cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại được biểu thị bằng chỉ số k, có chỉ số lượng tử hóa được lập mã/được giải mã duy nhất bởi khái niệm trên, tập hợp các mức tái tạo trong các tập hợp mức tái tạo 73, cụ thể là ngoài tập 0 và tập 1 của Fig.7, duy nhất dựa trên một trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại, được biểu thị bằng “trạng thái” trên Fig.7, và khử lượng tử hóa 74 chỉ số lượng tử hóa, level[k], thành mức tái tạo, trec[k], mà chỉ số lượng tử hóa chỉ vào trong tập hợp các mức tái tạo, tức là, hệ số biến đổi được tái tạo được đặt bằng mức tái tạo đã nói và bằng cách cập nhật 76 trạng thái của chuyển tiếp trạng thái được giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại, tức là vị trí hiện được quét trong quá trình lượng tử hóa phụ thuộc, để mang lại trạng thái cập nhật 78 cho vị trí hệ số biến đổi theo sau hệ số biến đổi hiện tại theo thứ tự quét. Việc cập nhật 76 được thực hiện phụ thuộc vào chỉ số lượng tử hóa của vị trí hệ số biến đổi hiện tại, level[k] như thể hiện ở 80 trên Fig.10, trong đó bảng 82 được sử dụng cho phần cuối này. Tương tự như vậy, lượng tử hóa bằng cách sử dụng tập hợp mức được chọn diễn ra ở phía bên của bộ mã hóa.

Như được ví dụ ở trên, sự chuyển tiếp trạng thái có thể chuyển tiếp giữa bốn trạng thái riêng biệt tương ứng với 4 phần tử của vector được nêu trên Fig.10. Hơn nữa, việc cập nhật có thể được thực hiện bằng cách quyết định giữa trạng thái kế thừa thứ nhất và trạng thái kế thừa thứ hai 84₁ và 84₂ phụ thuộc vào hàm nhị phân 86, chẳng hạn như hàm chẵn

lê, được áp dụng cho chỉ số lượng tử hóa 80 của vị trí hệ số biến đổi hiện tại, trong đó trạng thái kế thừa thứ nhất và trạng thái kế thừa thứ hai phụ thuộc vào, như được chỉ ra ở 88, trạng thái cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại. Bộ giải mã và bộ mã hóa có thể tham số hóa các tập hợp mức tái tạo theo kích thước bước lượng tử hóa xác định trước, cụ thể là Δ trên Fig.7 và 2^{shift} trên Fig.10, với thông tin về kích thước bước lượng tử hóa xác định trước được truyền trong dòng dữ liệu chẳng hạn. Hơn nữa, mỗi tập hợp mức tái tạo có thể, như được minh họa trên Fig.7, bao gồm các bội số nguyên của kích thước bước lượng tử hóa xác định trước, không đổi hoặc hợp lệ cho tất cả các tập hợp mức tái tạo cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại. Lưu ý, các kích thước bước khác nhau có thể được sử dụng cho các hệ số khác nhau trong một khối 10, chẳng hạn như do ma trận tỷ lệ được đề cập ở trên. Số lượng tập hợp mức tái tạo của nhiều tập hợp mức tái tạo có thể là hai và nhiều tập hợp mức tái tạo có thể bao gồm tập hợp mức tái tạo thứ nhất, cụ thể là tập hợp 0, bao gồm số 0 và bội số chẵn của kích thước bước lượng tử hóa xác định trước và tập hợp mức tái tạo thứ hai, cụ thể là tập hợp 1, bao gồm các bội số không và bội lẻ của kích thước bước lượng tử hóa xác định trước.

Đến đây, mô tả của Fig.13 cũng áp dụng cho các phương án được mô tả sau đó. Tuy nhiên, phương án 1 sử dụng cơ chế sau để giới hạn số lượng cờ hiệu được lập mã bằng cách sử dụng khả năng thích ứng theo ngữ cảnh. Đặc biệt, trong một số bước chạy nhất định của chuỗi các bước chạy, cụ thể là trong Fig.13 bước chạy 60₁, các cờ hiệu của loại sig_flag chỉ được lập mã/giải mã đến - “lên đến” ở đây sẽ được hiểu như đối với các vị trí trước đó và bao gồm trong khi bất kỳ tham chiếu nào đến các vị trí “từ [vị trí 112] trở đi” sẽ được hiểu là chỉ báo về các vị trí tiếp theo vị trí 112 không bao gồm vị trí 112 - vị trí hệ số biến đổi được xác định trước mà trong đó tiêu chí hủy bỏ xác định trước được thực hiện dọc theo thứ tự quét, hoàn thành lần thứ nhất. Trong Fig.13, không chỉ số lượng sig_flag bị giới hạn theo cách này, mà còn cả số lượng par_flag và gt1_flag trong bước chạy 60₁ và gt2_flag trong bước chạy 60₁. Lưu ý rằng giới hạn cũng ảnh hưởng đến việc nhị phân hóa: ngay sau khi tiêu chí hủy bỏ được hoàn thành, loại cờ hiệu tương ứng không còn được sử dụng để xác định vị trí hệ số theo vị trí hệ số biến đổi được xác định trước vừa đề cập theo thứ tự quét. Có nghĩa là, các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước, tức là những cờ hiệu bị giới hạn về số lượng được lập mã/giải mã, chỉ được lập mã/giải mã cho các vị trí hệ số biến đổi trước đó và bao gồm cả vị trí hệ số biến đổi được xác định trước theo thứ tự quét. Do đó, ngay khi trên Fig.13, tiêu chí liên quan đến bước chạy 60₁, tức là liên quan

đến MAX_REG_BINS, được hoàn thành, đối với mỗi tập hợp vị trí hệ số biến đổi được lập mã theo sau vị trí hệ số biến đổi được xác định trước theo thứ tự quét, thì còn bước chạy của chuỗi các bước chạy, cụ thể là bước chạy 60₃ trong trường hợp của Fig.13, một trong các giá trị của phần còn lại được lập mã để giá trị sau chỉ ra giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho các vị trí hệ số biến đổi tương ứng trực tiếp ra khỏi miền giá trị ban đầu, tức là không có bất kỳ giới hạn nào trước đó của miền giá trị ban đầu bởi bất kỳ cờ hiệu nào của các loại cờ hiệu được sử dụng để lập mã/ giải mã chỉ số lượng tử hóa của hệ số tương ứng.

Để minh họa khái niệm vừa được phác thảo về việc giới hạn số lượng cờ hiệu được mã hóa/giải mã thích ứng theo ngữ cảnh, tham khảo các Fig.14 và Fig.15 ngoài Fig.13. Fig.14 minh họa miền giá trị ban đầu cho giá trị tuyệt đối của các chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi ở 90 Miền giá trị ban đầu này có thể bao gồm tất cả các giá trị nguyên từ 0 đến giá trị lớn nhất nào đó. Miền giá trị ban đầu cũng có thể là một khoảng mở ra đối với các số lớn hơn. Số giá trị nguyên trong miền giá trị ban đầu 90 không nhất thiết phải là lũy thừa của 2. Hơn nữa, Fig.14 cho thấy các loại cờ hiệu khác nhau tham gia biểu diễn các chỉ số lượng tử hóa riêng lẻ, tức là tham gia biểu thị giá trị tuyệt đối của chúng. Có loại sig_flag chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa nhất định có bằng 0 hay không. Nghĩa là, sig_flag 92 chia đôi miền giá trị ban đầu 90 thành hai phần con, cụ thể là, một phần chỉ bao gồm số 0 và phần còn lại bao gồm tất cả các giá trị có thể có khác. Nghĩa là, sig_flag đã chỉ ra duy nhất giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa nếu chỉ số lượng tử hóa sau đó bằng 0 như được minh họa ở dưới cùng của Fig.14. Các giá trị khác 0 của miền giá trị ban đầu 90 tạo thành miền giá trị 94 được chia đôi thêm bởi loại cờ hiệu par_flag, cụ thể là một mặt thành các giá trị lẻ và mặt khác là các giá trị chẵn. par_flag 96 chỉ cần có mặt cho một chỉ số lượng tử hóa nhất định nếu chỉ số này khác 0. Par_flag 96 không mang lại tính duy nhất liên quan đến một trong các nửa mà cùng một miền chia đôi miền giá trị 94. Nó chỉ ra một nửa là miền giá trị kết quả tiếp theo (được xác định đệ quy) và theo đó, cờ tiếp theo, cụ thể là gt1_flag 98, chia đôi miền giá trị kết quả này sau par_flag thêm nữa, cụ thể là các giá trị lẻ khác 0 100 trong trường hợp giá trị chỉ số lượng tử hóa là giá trị lẻ và các giá trị chẵn khác 0 trong trường hợp chỉ số lượng tử hóa là giá trị chẵn khác 0. Cụ thể, việc chia hai lần theo gt1_flag 98 được thực hiện theo cách sao cho một phần chỉ bao gồm giá trị lẻ nhỏ nhất của miền giá trị 100 hoặc giá trị chẵn nhỏ nhất khác 0 của miền 102, tương ứng. Phần khác bao gồm tất cả các giá trị khác của miền tương ứng 100/102. Miền giá trị của

phần còn lại nói đến sau được cờ hiệu `gt2_flag` 104 chia đôi theo cách tương tự, tức là giá trị nhỏ nhất biểu diễn một phần, các giá trị khác biểu diễn phần khác. Như được thể hiện ở cuối Fig.14, điều này có nghĩa là chỉ `sig_flag` 92 được lập mã cho chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi nhất định nếu hệ số biến đổi nói đến sau xảy ra bằng 0 và `sig_flag`, `par_flag` và `gt1_flag` 92, 96 và 98 được lập mã thành biểu diễn một chỉ số lượng tử hóa nhất định của hệ số biến đổi nhất định nếu hệ số biến đổi nói đến sau xảy ra rơi vào khoảng giá trị 106 bao gồm các giá trị tuyệt đối 1 và 2, và tất cả các cờ hiệu 92, 96, 98 và 104 được lập mã để biểu diễn giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của một hệ số biến đổi nhất định nếu điều tương tự xảy ra rơi vào khoảng giá trị ngay sau 108 bao gồm các giá trị 3 và 4, và thêm vào đó, một lời nhắc được lập mã cho các chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi giá trị tuyệt đối của nó nằm trong khoảng còn lại 110 so với miền giá trị ban đầu 90. Các cờ hiệu của các loại cờ hiệu 92, 96 và 98 được lập mã trong bước chạy thứ nhất 60₁. Cờ hiệu 104 được lập mã trong bước chạy thứ hai 60₁. Các cờ hiệu này được lập mã bằng cách sử dụng lập mã số học thích ứng theo ngữ cảnh. Tuy nhiên, số lượng cờ hiệu được lập mã trong bước chạy có thể bị giới hạn và được giới hạn theo Fig.13. Trong ví dụ của Fig.13, số lượng cờ hiệu của các loại cờ hiệu trong bước chạy 60₁ được giới hạn ở `max_rec_bins`. Cờ hiệu của các loại cờ hiệu 92, 96 và 98 được lập mã cho vị trí hệ số biến đổi hiện đang được truy cập 12 trong bước chạy thứ nhất dọc theo thứ tự 62 chỉ khi tất cả ba loại cờ hiệu vẫn có thể được lập mã ở bước chạy 60₁ mà không có tổng số cờ hiệu được lập mã trong bước chạy 60₁ vượt quá số lượng cờ hiệu tối đa được cho phép sẽ được lập mã/giải mã trong bước chạy 60₁. Trong Fig.15, minh họa rằng vị trí hệ số biến đổi cuối cùng mà số lượng cờ hiệu tối đa được phép trong bước chạy 60₁ không bị vượt quá, là 112. Tương tự, cờ hiệu của loại cờ hiệu 104 được lập mã cho vị trí hệ số biến đổi hiện đang được truy cập 12 trong bước chạy thứ hai dọc theo thứ tự 62 chỉ khi vẫn có thể được lập mã trong bước chạy 60₁ mà không có tổng số cờ hiệu được lập mã 104 trong bước chạy 60₁ vượt quá số lượng cờ hiệu tối đa được cho phép sẽ được lập mã/giải mã trong bước chạy 60₁. Trong Fig.15, minh họa rằng vị trí hệ số biến đổi cuối cùng mà số lượng cờ hiệu tối đa được phép trong bước chạy 60₁ không bị vượt quá, là 116.

Fig.15 minh họa việc lập mã các hệ số biến đổi hoặc chỉ số lượng tử hóa của chúng đối với khối con 14, nhưng như đã nêu ở trên, phương án của Fig.13 có thể thay đổi trong chừng mực toàn bộ quá trình của Fig.13 được áp dụng cho khối 10 nói chung. Hơn nữa, Fig.15 minh họa trường hợp mà tập hợp các hệ số biến đổi được lập mã bao gồm tất cả các

hệ số, ví dụ như trường hợp này đối với các khối con theo sau khối con theo thứ tự quét 62 bao gồm vị trí hệ số biến đổi khác 0 thứ nhất 64. Tất cả các vị trí hệ số biến đổi được hiển thị trong Fig.15 liên quan đến hệ số biến đổi, do đó, các chỉ số lượng tử hóa được biểu diễn theo cách bao gồm các loại cờ hiệu 92, 96 và 98. Do đó, trong bước chạy thứ nhất 60₁, cờ hiệu của các loại cờ hiệu 92, 96 và 98 này được lập mã cho các hệ số biến đổi từ 12 đến vị trí 112. Đối với một số hệ số biến đổi từ 12 đến vị trí 112, chỉ cần lập mã sig_flag 92, trong khi đối với tất cả ba loại cờ khác đều được bao gồm và lập mã/giải mã trong bước chạy 60₁. Theo đó, Fig.15 minh họa rằng dòng dữ liệu bao gồm phần tương ứng 114 mà các cờ hiệu của các loại cờ hiệu 92, 96 và 98 này được lập mã thành trong bước chạy 60₁. Sau vị trí 112, không có gì được lập mã/giải mã trong bước chạy 60₁. Trong bước chạy thứ hai 60₁, các vị trí hệ số biến đổi 12 được duyệt lại dọc theo thứ tự quét 62 và miễn là số lượng tối đa của gt2_flag, mà có thể được lập mã trong bước chạy 60₁, cụ thể là miễn là số lượng cờ hiệu này không vượt quá max_gt2_bins, gt2_flag này được lập mã cho các hệ số biến đổi mà gt1_flag 98 chỉ ra rằng giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa tương ứng nằm trong phần miền giá trị của phần còn lại bao gồm khoảng 108 và 118. Fig.15 minh họa tất cả các vị trí hệ số biến đổi 12 dọc theo thứ tự quét từ 62 đến vị trí 116 như được cắt chéo và phân biệt các vị trí này với các vị trí có hệ số biến đổi tiếp theo 12 đến vị trí 112 chỉ được gạch đơn giản. Tất cả các vị trí hệ số biến đổi 12 sau vị trí 112 được hiển thị không gạch trên Fig.15. gt2_flag 104 được lập mã trong suốt bước chạy 60₁ được lập mã thành một phần 118 của dòng dữ liệu ngay sau phần 114. Không có thêm dữ liệu nào được lập mã trong suốt bước chạy 60₁ sau vị trí 116. Trong hai bước chạy 60₃, 60₄ tiếp theo, có thể được hiểu là tạo thành một nửa của một bước chạy, các lời nhắc được lập mã thành một phần 120 của dòng dữ liệu ngay sau phần 118. Đặc biệt, trong phần phụ thứ nhất của phần 120, trong suốt bước chạy 60₃, các lời nhắc cho các vị trí hệ số biến đổi 12 đến vị trí 112 được lập mã. Do đó, những lời nhắc này chỉ ra giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của vị trí hệ số biến đổi nhất định 12 ngoài khoảng 110 cho các vị trí hệ số biến đổi đường gạch chéo 12, tức là, các vị trí hệ số biến đổi 12 đến vị trí 116 và ngoài miền giá trị của phần còn lại bao gồm các khoảng 108 và 110 cho các vị trí có hệ số biến đổi được gạch đơn giản 12, tức là các vị trí sau vị trí 116 đến vị trí 112. Sau phần phụ 122 mà phần còn lại của hệ số biến đổi vị trí 12 đến vị trí 112, có phần phụ 124 tiếp theo mà trong suốt bước chạy 60₄, một lời nhắc cho mỗi vị trí hệ số biến đổi 12 sau vị trí 112, tức là trên mỗi vị trí hệ số biến đổi không gạch 12 được lập mã thành dòng dữ liệu. Các lời nhắc sau là chỉ báo về chỉ số

lượng tử hóa trực tiếp, tức là chỉ ra giá trị tuyệt đối trực tiếp ngoài miền giá trị ban đầu 90. Theo cách này, số lượng cờ hiệu được lập mã thích ứng theo ngưỡng 92, 96, 98 và 104 đã được giảm xuống và số lượng các bin được lập mã bằng chế độ bỏ qua, tức là sử dụng chế độ xác suất tương đương cố định, đã được tăng lên, cụ thể là các bin của các nhị phân hóa của của phần còn lại.

Tức là, trên Fig.13, tiêu chí hủy bỏ đã đề cập ở trên liên quan đến việc liệu số lượng cờ hiệu được giải mã trong bước chạy thứ nhất có vượt quá ngưỡng định trước hay không. Ngoài sig_flags, các cờ hiệu của loại 96 và 98 cũng được đếm.

Có thể là, mã có độ dài thay đổi để lập mã/giải mã giá trị của phần còn lại cho vị trí hệ số biến đổi hiện đang được quét được chọn từ tập hợp mã có độ dài thay đổi được xác định trước, chẳng hạn như mã Golomb Rice hoặc tương tự. Mã được chọn có thể khác nhau phụ thuộc vào việc liệu vị trí hệ số biến đổi hiện được quét có nằm ở vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112, tức là ở các vị trí được gạch trên Fig.15 hay không, hay theo vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112 trong thứ tự quét 62, trong đó, trong trường hợp của Fig.13, việc lựa chọn thậm chí có thể phụ thuộc vào việc liệu vị trí có nằm giữa các vị trí 112 và 116 hay không. Ví dụ, mã hóa/giải mã phần còn lại có thể liên quan đến mã VLC khác trong bước chạy 60₃ so với bước chạy 60₄ hoặc thậm chí là các mã khác khi lập mã/giải mã phần còn lại của các hệ số được gạch đơn giản của Fig.15, ở 128 trên Fig.13, so với mã VLC được sử dụng khi lập mã/giải mã phần còn lại của hệ số được gạch chéo của Fig.15, ở 130. Việc lựa chọn có thể liên quan đến tham số hóa mã VLC có thể tham số, chẳng hạn như chọn thứ tự của mã Golomb hàm số mũ hoặc, như được mô tả dưới đây, tham số Rice. Ngoài ra, tham số chỉ ra mã có độ dài biến đổi được chọn có thể được giữ không đổi trong các bước chạy 60_{3,4} và thay đổi dần theo chỉ số lượng tử hóa của vị trí hệ số biến đổi trước đó đáp ứng tiêu chí được xác định trước. Hoặc tham số nhị phân hóa có thể được chọn phụ thuộc vào chỉ số lượng tử hóa của các vị trí hệ số biến đổi trong vùng lân cận của vị trí hệ số biến đổi hiện được quét khi lập mã phần còn lại. Ví dụ, sự phụ thuộc này có thể chỉ được sử dụng trong trường hợp nếu vị trí hệ số biến đổi hiện tại mà phần còn lại được lập mã, đứng trước thứ tự quét 62 hoặc là vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112, cho tất cả các vị trí gạch trên Fig.15. Các chi tiết khác về vấn đề này sẽ được trình bày bên dưới.

Từ mã được chọn trong số mã được chọn/được tham số hóa, cũng phụ thuộc vào vị trí nơi mà phần còn lại được lập mã/giải mã cho vị trí hệ số: giá trị tuyệt đối của chỉ số

lượng tử hóa trừ đi giá trị lớn nhất có thể biểu diễn bằng cờ hiệu 92, 96, 98 và 104 của bước chạy thứ nhất và thứ hai $60_{1,2}$, cụ thể là 4, cộng với 1, tức là 5, được biểu diễn, hoặc được lập mã VLC, bằng nhị phân hóa phần còn lại của chỉ số lượng tử hóa của bất kỳ hệ số nào trong trường hợp hệ số mà chỉ số lượng tử hóa thuộc về, đang ở đâu đó đến vị trí 116 và giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa trừ đi giá trị lớn nhất có thể biểu diễn bằng cờ hiệu 92, 96, 98 của bước chạy 60_1 , cụ thể là 2, cộng với 1, tức là 3, được đại diện, hoặc được lập mã VLC, bằng nhị phân hóa phần còn lại của chỉ số lượng tử hóa của bất kỳ hệ số nào trong trường hợp hệ số mà chỉ số lượng tử hóa thuộc về, ở đâu đó sau vị trí 116, lên đến vị trí 112 và giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa được đại diện trực tiếp, hoặc được lập mã VLC, bằng nhị phân hóa phần còn lại của chỉ số lượng tử hóa của bất kỳ hệ số nào trong trường hợp hệ số mà chỉ số lượng tử hóa thuộc về, nằm ở đâu đó sau vị trí 112.

Có thể áp dụng một số biến thể của phương án của Fig.13. Ví dụ, $gt2_flag$ có thể không được lập mã/giải mã trong bước chạy 60_1 riêng biệt, nhưng được bao gồm trong bước chạy thứ nhất 60_1 . Sau đó, số lượng $gt2_flags$ được lập mã có thể được bao gồm trong việc đếm các bin được lập mã ngưỡng cảnh trong bước chạy thứ nhất 60_1 và bước chạy thứ nhất sẽ bị kết thúc nếu số bin được lập mã ngưỡng cảnh có sẵn ít hơn 4. Tức là, trong trường hợp này, ngưỡng duy nhất cho số lượng bin được lập mã ngưỡng cảnh được sử dụng. Ngoài ra, $gt2_flag$'s hoàn toàn không được truyền, trong trường hợp đó, phần còn lại được lập mã nếu $gt1_flag$ bằng 1.

Trong một biến thể khác của phương án này, một hoặc nhiều gtx_flags bổ sung được bao gồm Tương tự như $gt2_flag$, các cờ hiệu này chỉ được lập mã nếu gty_flag trước đó (với $y = x-1$) bằng 1. Chúng chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa có lớn hơn giá trị tối thiểu có thể có được chỉ định bởi gtx_flags trước đó hay không. Việc tái tạo các giá trị tuyệt đối sau đó được đưa ra bởi

$$absLevel = sig_flag + par_flag + 2 * (gt1_flag + gt2_flag + gt3_flag + \dots + remainder).$$

Các cờ hiệu này có thể được lập mã trong cùng một bước chạy như $gt2_flag$ (điều này bao gồm trường hợp $gt2_flags$ được bao gồm trong bước chạy thứ nhất) hoặc trong một hoặc nhiều bước chạy bổ sung. Trong trường hợp thứ hai, các ngưỡng khác để giới hạn số lượng gtx_flag có thể được áp dụng.

Phương án thứ hai được mô tả trong phần sau đây khác với phương án thứ nhất ở một khía cạnh: Thứ tự của `par_flag` và `gt1_flag` được hoán đổi (và ý nghĩa của các cờ hiệu này được thay đổi tương ứng). Nếu `sig_flag` bằng 1, thứ nhất `gt1_flag` được truyền, mà xác định xem giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 1 hay không. Và nếu `gt1_flag` bằng 1, `par_flag` chỉ định tính chẵn lẻ của phần còn lại (tức là mức tuyệt đối - 2). Đối với phương án thứ nhất, những điều sau được áp dụng:

- máy trạng thái để lượng tử hóa phụ thuộc được điều khiển bởi tính chẵn lẻ của các mức hệ số biến đổi, tức là, (mức) path hàm nhị phân trả lại tính chẵn lẻ của đối số của nó;
- mô hình xác suất cho `sig_flag`'s trong bước chạy thứ nhất được chọn dựa trên các giá trị tương ứng của biến trạng thái (và, tùy chọn, các tham số khác có sẵn cho bộ giải mã, xem ở trên);

Bước chạy thứ nhất: Trong bước chạy thứ nhất qua các vị trí quét, các bin được lập mã ngữ cảnh sau được truyền:

- **`sig_flag`** chỉ ra liệu hệ số biến đổi có khác 0 hay không; `sig_flag` không được truyền nếu nó có thể được suy ra là bằng 1 (ví dụ, trường hợp vị trí quét quan trọng thứ nhất trong khối biến đổi (vị trí được báo hiệu rõ ràng bằng tọa độ x và y)).
- nếu `sig_flag` bằng 1 (giá trị được lập mã hoặc suy ra), thì thông tin sau sẽ được truyền bổ sung cho vị trí quét hiện tại:
 - **`gt1_flag`** chỉ ra mức tuyệt đối có lớn hơn 1 hay không;
 - nếu **`gt1_flag`** bằng 1, **`par_flag`** chỉ ra tính chẵn lẻ của mức tuyệt đối trừ 2;
- Bước chạy thứ nhất sẽ kết thúc nếu đạt đến số lượng tối đa được xác định trước của các bin được lập mã ngữ cảnh. Đặt `MAX_REG_BINS` là số bin tối đa có thể được truyền trong bước chạy thứ nhất và đặt `regBins` biểu diễn số bin được lập mã thông thường vẫn có sẵn. Sau đó, những điều sau được áp dụng:
 - `regBins` ban đầu được đặt bằng `MAX_REG_BINS`;
 - sau khi lập mã bất kỳ bin nào (`sig_flag`, `gt1_flag`, `par_flag`), `regBins` sẽ giảm đi một;

- nếu, sau khi truyền các bin (sig_flag và, nếu có thể áp dụng, gt1_flag, par_flag) cho vị trí quét, số lượng regBins trong bin vẫn còn trống ít hơn 3 (tức là không thể truyền sig_flag, par_flag và gt1_flag cho vị trí quét tiếp theo), sau đó kết thúc bước quét thứ nhất.

Bước chạy thứ hai: Trong bước chạy thứ hai qua các vị trí quét, các bin được lập mã ngữ cảnh sau được truyền:

- nếu gt1_flag cho vị trí quét bằng 1, gt2_flag sẽ được truyền, xác định xem phần còn lại (được cho bởi $(\text{mức tuyệt đối} - 2 - \text{par_flag}) / 2$) có lớn hơn 0 hay không.
- Bước chạy thứ hai kết thúc nếu số lượng tối đa được xác định trước của gt2_flag được lập mã ngữ cảnh đã được truyền. Bước chạy thứ hai cũng kết thúc nếu đạt đến vị trí quét mà không có dữ liệu nào được truyền trong bước chạy thứ nhất (tức là, đối với các vị trí quét như vậy, không có dữ liệu nào được truyền trong bước chạy thứ hai)

Bước chạy thứ ba Trong bước chạy thứ ba qua các vị trí quét, phần còn lại cho mức tuyệt đối (tức là dữ liệu chưa được chỉ định bởi sig_flag, par_flag, gt1_flag và gt2_flag đã truyền) được truyền cho tất cả các vị trí quét mà sig_flag đã được lập mã trong bước chạy một. Phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được nhị phân hóa bằng mã có cấu trúc (chẳng hạn như mã Golomb-Rice) và các bin được lập mã ở chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học. Phần còn lại được truyền cho các vị trí quét sau:

- cho tất cả các vị trí quét mà gt2_flag bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ hai:

Đối với các vị trí quét này, phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được truyền chỉ định như sau:

$$(\text{giá trị tuyệt đối} - 4 - \text{par_flag}) / 2$$

- với tất cả các vị trí quét mà gt1_flag bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ nhất nhưng không có gt2_flag nào được truyền trong bước chạy thứ hai. Đối với các vị trí quét này, phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được truyền chỉ định như sau:

$$(\text{giá trị tuyệt đối} - 2 - \text{par_flag}) / 2$$

Bước chạy thứ tư: Trong bước chạy thứ tư, các mức tuyệt đối cho tất cả các vị trí quét mà không có dữ liệu nào được truyền trong bước chạy thứ nhất được lập mã. Các mức tuyệt đối đầu tiên được nhị phân hóa bằng mã có cấu trúc, mã được sử dụng có thể phụ thuộc vào các phép đo hoạt động cục bộ cũng như giá trị của biến trạng thái hiện tại. Các bin được truyền bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học.

Bước chạy thứ năm: Cuối cùng, trong bước chạy thứ năm, các dấu cho tất cả các mức hệ số biến đổi không bằng 0 được truyền. Các dấu được truyền bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học.

Mã giả của Fig.16 còn minh họa quá trình lập mã/giải mã cho các mức hệ số biến đổi bên trong khối con. Áp dụng các nhận xét tương tự như đối với phương án thứ nhất. Fig.17 thể hiện phiên bản sửa đổi của Fig.14, thích ứng Fig.16. Fig.15 cũng có giá trị cho Fig.16, ngoại trừ các chi tiết như phần bắt đầu của miền giá trị mà phần còn lại liên quan đến các hệ số giữa các vị trí 112 và 116, tức là giá trị lớn nhất có thể biểu diễn bằng cách sử dụng các cờ hiệu 92, 96 và 98, là 2 trong trường hợp của Fig.13 và là 1 trong trường hợp của Fig.16. Như có thể thấy, khác với trường hợp của Fig.13, việc lập mã/giải mã các cờ hiệu `par_flag` trong bước chạy thứ nhất 60₁ chỉ diễn ra cho các vị trí hệ số biến đổi, và sau đó, cờ hiệu `gt1_flag` chỉ ra rằng chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi được quét tương ứng lớn hơn một theo độ lớn. Trong trường hợp của Fig.13, việc lập mã/giải mã này chắc chắn diễn ra trong trường hợp độ khác không được chỉ ra bởi `sig_flag` tương ứng.

Theo biến thể của phương án này, `gt2_flag` không được lập mã trong bước chạy riêng biệt, nhưng được bao gồm trong bước chạy thứ nhất. Sau đó, số lượng `gt2_flags` được lập mã có thể được bao gồm trong việc đếm các bin được lập mã ngưỡng cảnh trong bước chạy thứ nhất, và bước chạy thứ nhất sẽ bị kết thúc nếu số bin được lập mã ngưỡng cảnh có sẵn ít hơn 4. Tức là, trong trường hợp này, ngưỡng duy nhất cho số lượng bin được lập mã ngưỡng cảnh được sử dụng.

Ngoài ra, `gt2_flag` hoàn toàn không được truyền, trong trường hợp đó, phần còn lại được lập mã nếu `gt1_flag` bằng 1.

Trong một biến thể khác của phương án này, một hoặc nhiều `gtx_flags` bổ sung được bao gồm Tương tự như `gt2_flag`, các cờ hiệu này chỉ được lập mã nếu `gty_flag` trước đó (với $y = x-1$) bằng 1. Chúng chỉ ra liệu giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa có lớn hơn giá trị tối thiểu có thể có được chỉ định bởi `gtx_flags` trước đó hay không. Việc tái tạo các

giá trị tuyệt đối sau đó được đưa ra bởi

$$\text{absLevel} = \text{sig_flag} + \text{gt1_flag} + \text{par_flag} + 2 * (\text{gt2_flag} + \text{gt3_flag} + \dots + \text{remainder}).$$

Các cờ hiệu này có thể được lập mã trong cùng một bước chạy như gt2_flag (điều này bao gồm trường hợp gt2_flagis được bao gồm trong bước chạy thứ nhất) hoặc trong một hoặc nhiều bước chạy bổ sung. Trong trường hợp thứ hai, các ngưỡng khác để giới hạn số lượng gtx_flag có thể được áp dụng.

Phương án thứ ba khác với phương án thứ nhất ở một khía cạnh: Cờ hiệu sig_flag's trong bước chạy thứ nhất được lập mã cho tất cả các vị trí quét; chỉ sự hiện diện của par_flag và gt1_flag được xác định bởi số lượng các bin lập mã ngữ cảnh đã được truyền. Đối với phương án thứ nhất, những điều sau được áp dụng:

- máy trạng thái để lượng tử hóa phụ thuộc được điều khiển bởi tính chẵn lẻ của các mức hệ số biến đổi, tức là, (mức) path hàm nhị phân trả lại tính chẵn lẻ của đối số của nó;
- mô hình xác suất cho sig_flag's trong bước chạy thứ nhất được chọn dựa trên các giá trị tương ứng của biến trạng thái (và, tùy chọn, các tham số khác có sẵn cho bộ giải mã, xem ở trên);

Bước chạy thứ nhất: Trong bước chạy thứ nhất qua các vị trí quét, các bin được lập mã ngữ cảnh sau được truyền:

- sig_flag chỉ ra liệu hệ số biến đổi có khác 0 hay không; sig_flag không được truyền nếu nó có thể được suy ra là bằng 1 (ví dụ, trường hợp vị trí quét quan trọng thứ nhất trong khối biến đổi (vị trí được báo hiệu rõ ràng bằng tọa độ x và y).
- nếu sig_flag bằng 1 (giá trị được lập mã hoặc suy ra), thì thông tin sau sẽ được truyền bổ sung cho vị trí quét hiện tại:
 - par_flag xác định tính chẵn lẻ của mức tuyệt đối trừ đi 1;
 - gt1_flag chỉ ra liệu phần còn lại (được cho bởi (mức tuyệt đối - 1 - par_flag) / 2)) có lớn hơn 0 hay không.
- Việc truyền par_flag và gt1_flag bị bỏ qua nếu đạt đến số lượng tối

đa được xác định trước của các bin được lập mã ngữ cảnh (bao gồm cả sig_flag chưa được lập mã). Đặt MAX_REG_BINS là số bin tối đa có thể được truyền trong bước chạy thứ nhất và đặt regBins biểu diễn số bin được lập mã thông thường vẫn có sẵn. Sau đó, những điều sau được áp dụng:

- regBins ban đầu được đặt bằng MAX_REG_BINS trừ đi số sig_flag sẽ được truyền trong bước chạy thứ nhất (số này được cung cấp bởi chỉ số quét thứ nhất cho bước chạy thứ nhất, chỉ số quét cuối cùng của khối con và thông tin liệu khối con có chứa hệ số quan trọng thứ nhất theo thứ tự quét hay không);
- sau khi lập mã bất kỳ gt1_flag hoặc par_flag, regBins sẽ giảm đi một;
- nếu, sau khi truyền các bin (sig_flag và, nếu sig_flag bằng 1, gt1_flag, par_flag) cho một vị trí quét, số lượng bin vẫn có sẵn regBins ít hơn 2 (tức là không thể truyền par_flag và gt1_flag cho vị trí quét tiếp theo), sau đó với tất cả các chỉ số quét sau trong bước quét thứ nhất, chỉ sig_flag được truyền.

Bước chạy thứ hai: Trong bước chạy thứ hai qua các vị trí quét, các bin được lập mã ngữ cảnh sau được truyền:

- nếu gt1_flag cho vị trí quét bằng 1, **gt2_flag** sẽ được truyền, xác định xem phần còn lại (được cho bởi $(\text{mức tuyệt đối} - 3 - \text{par_flag}) / 2$) có lớn hơn 0 hay không.
- Bước chạy thứ hai kết thúc nếu số lượng tối đa được xác định trước của gt2_flag được lập mã ngữ cảnh đã được truyền. Bước chạy thứ hai cũng kết thúc nếu chỉ đạt đến vị trí quét với sig_flag bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ nhất (tức là, đối với các vị trí quét này, không có dữ liệu nào được truyền trong bước chạy thứ hai)

Bước chạy thứ ba Trong bước chạy thứ ba qua các vị trí quét, phần còn lại cho mức tuyệt đối (tức là dữ liệu chưa được chỉ định bởi sig_flag, par_flag, gt1_flag và gt2_flag đã truyền) được truyền cho tất cả các vị trí quét mà sig_flag và gt1_flag và par_flag đã được lập mã trong bước chạy. Phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được

nhị phân hóa bằng mã có cấu trúc (chẳng hạn như mã Golomb-Rice) và các bin được lập mã ở chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học. Phần còn lại được truyền cho các vị trí quét sau:

- cho tất cả các vị trí quét mà `gt2_flag` bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ hai:

Đối với các vị trí quét này, phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được truyền chỉ định như sau:

$$(\text{giá trị tuyệt đối} - 5 - \text{par_flag}) / 2$$

- với tất cả các vị trí quét mà `gt1_flag` bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ nhất nhưng không có `gt2_flag` nào được truyền trong bước chạy thứ hai. Đối với các vị trí quét này, phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được truyền chỉ định như sau:

$$(\text{giá trị tuyệt đối} - 3 - \text{par_flag}) / 2$$

Bước chạy thứ tư Trong bước chạy thứ tư, các mức tuyệt đối trừ đi một được lập mã cho tất cả các vị trí quét, mà chỉ `sig_flag` bằng 1 được lập mã trong bước chạy thứ nhất (nhưng không truyền `gt1_flag`). Phần còn lại (mức tuyệt đối trừ 1) được nhị phân hóa trước tiên bằng mã có cấu trúc, mã được sử dụng có thể phụ thuộc vào các phép đo hoạt động cục bộ cũng như giá trị của biến trạng thái hiện tại. Các bin được truyền bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học.

Bước chạy thứ năm: Cuối cùng, trong bước chạy thứ năm, các dấu cho tất cả các mức hệ số biến đổi không bằng 0 được truyền. Các dấu được truyền bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học.

Mã giả của Fig.18 còn minh họa quá trình lập mã cho các mức hệ số biến đổi bên trong khối con. Áp dụng các nhận xét tương tự như đối với phương án thứ nhất. Fig.14 và Fig.15 cũng phù hợp cho Fig.18, ngoại trừ thực tế là vị trí 112 chỉ ra vị trí mà từ đó đọc theo thứ tự quét 62 trở đi, cờ hiệu 96 và 98 không còn được lập mã nữa, trong khi `sig_flag` có sẵn cho toàn bộ khối, do đó phần còn lại cho các vị trí hệ số ở vị trí phía dưới vị trí 112, các phần không được gạch, không biểu diễn chỉ số lượng tử hóa của hệ số tương ứng ngay lập tức, mà phần còn lại được lập mã cho các hệ số sau vị trí 112 chỉ có `sig_flag` biểu thị độ khác 0 và chỉ chỉ ra giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa trừ đi 1.

Lưu ý rằng biến trạng thái không được biết sau khi sig_flag thứ nhất bằng 1 đã được lập mã, biến này không được theo sau bởi gt1_flag/par_flag. Do đó, đối với sig_flag's sau, mô hình xác suất được sử dụng phải được suy ra độc lập với biến trạng thái (đối với sig_flag trước, nó vẫn phụ thuộc vào biến trạng thái).

Có thể có các biến thể sau đây của phương án 3:

1. Máy trạng thái được điều khiển bởi sig_flag (tức là thông tin cho dù mức hệ số biến đổi bằng hay không bằng 0). Path hàm nhị phân chỉ ra liệu mức không bằng 0 hay không. Trong trường hợp này, cờ hiệu chặn lẻ không cần truyền, chỉ truyền dữ liệu sau cùng với sig_flag:

- bước chạy thứ nhất: gt1_flag's (được truyền sig_flag bằng 1; chỉ ra liệu mức tuyệt đối có lớn hơn 1 hay không);
- bước chạy thứ hai: gt2_flag's (được truyền gt1_flag bằng 1; chỉ ra liệu mức tuyệt đối có lớn hơn 2 hay không);

Điều này có lợi thế là biến trạng thái được biết đến cho tất cả các sig_flags, và do đó, mô hình xác suất được sử dụng để lập mã sig_flag có thể được chọn dựa trên biến trạng thái.

Hơn nữa, gt1_flag có thể được xóa khỏi bước chạy thứ nhất và được lập mã trong bước chạy riêng biệt như sau:

- bước chạy thứ nhất: truyền sig_flags
- bước chạy thứ hai: truyền gt1_flags (lên đến số lượng gt1_flags tối đa);
- bước chạy thứ ba: truyền gt2_flags (lên đến số lượng gt2_flags tối đa);
- bước chạy thứ tư: phần còn lại cho các chỉ số quét mà (a) gt2_flag bằng 1 được truyền và (b) gt1_flag bằng 1 đã được truyền, nhưng không có gt2_flag nào được truyền;
- bước chạy thứ năm: các mức tuyệt đối trừ 1 cho các vị trí quét mà sig_flag bằng 1, nhưng không có gt1_flag nào được truyền.
- bước chạy thứ sáu: báo hiệu cho tất cả các mức hệ số biến đổi

không bằng 0.

2. Máy trạng thái chuyển từ máy trạng thái điều khiển bởi tính chẵn lẻ sang máy trạng thái điều khiển bởi độ quan trọng. Điều đó có nghĩa là:

- Đối với tất cả các chỉ số quét mà regBins (được chỉ định trong mã giả ở trên) lớn hơn hoặc bằng 2, biến trạng thái được cập nhật bằng cách sử dụng tính chẵn lẻ (tức là, path hàm nhị phân chỉ ra tính chẵn lẻ của mức hệ số biến đổi);
- Sau khi regBins trở nên nhỏ hơn 2, biến trạng thái được cập nhật bằng cách sử dụng thông tin ý nghĩa (tức là, path hàm nhị phân (mức) chỉ ra liệu mức có không bằng 0 hay không).

Điều này có lợi thế là biến trạng thái được biết đến cho tất cả các sig_flags, và do đó, mô hình xác suất được sử dụng để lập mã sig_flag có thể được chọn dựa trên biến trạng thái. Ngược lại với biến thể 1 (máy trạng thái luôn được điều khiển bởi sig_flag), mật độ tập hợp cao hơn trong không gian N chiều và do đó đạt được hiệu quả lập mã cao hơn.

Có nghĩa là, sự chuyển tiếp trạng thái ở 76 được mô tả là hoàn toàn được điều khiển bởi tính chẵn lẻ từ trước có thể thay đổi đến mức mà việc cập nhật của trạng thái của chuyển tiếp trạng thái phụ thuộc vào liệu vị trí của hệ số biến đổi hiện tại, được cho bởi k trên Fig.10, đứng trước thứ tự quét 62, hoặc ở, vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112 hay không, tức là một trong những vị trí được gạch trên Fig.15, hoặc nằm ngoài vị trí nói đến sau, tức là một trong những vị trí không gạch được mô tả trên Fig.15 đối với quét 60₁. Nếu vị trí hệ số biến đổi hiện tại không nằm ngoài vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112 dọc theo thứ tự quét 62, tức là đứng trước hoặc bằng vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112, thì cập nhật phụ thuộc vào cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai 96 của vị trí hệ số biến đổi hiện tại, tức là tính chẵn lẻ, như đã mô tả trước đây, nhưng vị trí hệ số biến đổi hiện tại tuân theo thứ tự quét vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, tức là nằm ngoài vị trí đó dọc theo thứ tự quét 62, việc cập nhật phụ thuộc vào cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất của vị trí hệ số biến đổi, tức là phụ thuộc vào độ không của hệ số hiện tại. Sau đó, điều này có thể được khai thác khi giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất được xác định trước, tức là các sig_flags tham gia, theo phương án hiện tại, trong việc biểu diễn chỉ số lượng tử của mỗi hệ số, thậm chí vượt ra ngoài vị trí của hệ số 112 khác so với cờ hiệu chẵn lẻ và gt1_flag có lập mã dừng ở 112: do đó, bộ

giải mã và bộ mã hóa có thể xác định ngưỡng cảnh cho sig_flag này cho hệ số biến đổi hiện được quét, cho tất cả các vị trí hệ số biến đổi trước đó, bao gồm và tuân theo vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112, phụ thuộc vào trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét.

Thậm chí, theo cách khác, cập nhật trạng thái được thực hiện theo bất kỳ cách nào, chẳng hạn như hoàn toàn theo hướng ngang bằng và ngưỡng cảnh cho sig_flags đến vị trí 112 được thực hiện dựa trên trạng thái lượng tử hóa phụ thuộc trong khi độc lập từ sau vị trí đó 112.

Tương tự như đối với phương án 1, có thể có các biến thể sau:

- gt2_flag được đưa vào bước chạy thứ nhất;
- gt2_flag hoàn toàn không được lập mã;
- gtx_flag bổ sung được lập mã.

Nghĩa là, trong trường hợp của phương án thứ ba, có các cờ hiệu 92 của loại cờ hiệu thứ nhất được xác định trước, cụ thể là sig_flag và cờ hiệu 96 của loại cờ hiệu thứ hai được xác định trước, cụ thể là par_flag và cũng giống như trường hợp của các phương án khác, chúng được lập mã/giải mã theo cách để các cờ hiệu giới hạn miền giá trị của các giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho các vị trí hệ số biến đổi thứ nhất được lập mã/giải mã trước khi các cờ hiệu giới hạn miền giá trị của các giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho các vị trí hệ số biến đổi thứ hai sau các vị trí hệ số biến đổi thứ nhất theo thứ tự quét 62. Có nghĩa là, bất kỳ sig_flag[k] và par_flag[k] nào đều được lập mã/giải mã trước bất kỳ sig_flag[k + 1] và par_flag[k + 1]. Tuy nhiên, khác với trường hợp của Fig.13, trong khi lập mã/giải mã của các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai được xác định trước, tức là par_flag, được thực hiện tới vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112, được lập chỉ số bởi “startIdxBypass - 1” trên Fig.18, trong đó trong bước chạy thứ nhất 60₁, tiêu chí hủy bỏ là, dọc theo thứ tự quét 62, được thực hiện lần thứ nhất - ví dụ, số lượng cờ hiệu được lập mã trong bước chạy thứ nhất 60₁ vượt quá ngưỡng nhất định - việc lập mã/giải mã các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất xác định trước, tức là sig_flag, được thực hiện theo thứ tự quét 62 ngoài vị trí hệ số biến đổi định trước 112, cụ thể chẳng hạn là cho tất cả các hệ số biến đổi hoặc cho tất cả trừ chỉ số lượng tử hóa khác 0 thứ nhất cho vị trí 64, mà không khảo sát bất kỳ tiêu chí hủy bỏ nào.

Phương án thứ tư khác với phương án thứ ba ở một khía cạnh: Thứ tự của `par_flag` và `gt1_flag` được hoán đổi (và ý nghĩa của các cờ hiệu này được thay đổi tương ứng). Nếu `sig_flag` bằng 1, thứ nhất `gt1_flag` được truyền, mà xác định xem giá trị tuyệt đối của mức hệ số biến đổi có lớn hơn 1 hay không. Và nếu `gt1_flag` bằng 1, `par_flag` chỉ định tính chẵn lẻ của phần còn lại (tức là mức tuyệt đối - 2). Đối với phương án thứ nhất, những điều sau được áp dụng:

- máy trạng thái để lượng tử hóa phụ thuộc được điều khiển bởi tính chẵn lẻ của các mức hệ số biến đổi, tức là, (mức) path hàm nhị phân trả lại tính chẵn lẻ của đối số của nó;
- mô hình xác suất cho `sig_flag`'s trong bước chạy thứ nhất được chọn dựa trên các giá trị tương ứng của biến trạng thái (và, tùy chọn, các tham số khác có sẵn cho bộ giải mã, xem ở trên);

Bước chạy thứ nhất: Trong bước chạy thứ nhất qua các vị trí quét, các bin được lập mã ngữ cảnh sau được truyền:

- `sig_flag` chỉ ra liệu hệ số biến đổi có khác 0 hay không; `sig_flag` không được truyền nếu nó có thể được suy ra là bằng 1 (ví dụ, trường hợp vị trí quét quan trọng thứ nhất trong khối biến đổi (vị trí được báo hiệu rõ ràng bằng tọa độ x và y).
- nếu `sig_flag` bằng 1 (giá trị được lập mã hoặc suy ra), thì thông tin sau sẽ được truyền bổ sung cho vị trí quét hiện tại:
 - **`gt1_flag`** chỉ ra mức tuyệt đối có lớn hơn 1 hay không;
 - nếu `gt1_flag` bằng 1, **`par_flag`** chỉ ra tính chẵn lẻ của mức tuyệt đối trừ 2;
- Việc truyền `par_flag` và `gt1_flag` bị bỏ qua nếu đạt đến số lượng tối đa được xác định trước của các bin được lập mã ngữ cảnh (bao gồm cả `sig_flags` chưa được lập mã). Đặt `MAX_REG_BINS` là số bin tối đa có thể được truyền trong bước chạy thứ nhất và đặt `regBins` biểu diễn số bin được lập mã thông thường vẫn có sẵn. Sau đó, những điều sau được áp dụng:
 - `regBins` ban đầu được đặt bằng `MAX_REG_BINS` trừ đi số `sig_flags` sẽ được truyền trong bước chạy thứ nhất (số này được cung cấp bởi chỉ số quét thứ nhất cho bước chạy thứ nhất, chỉ số quét cuối cùng của khối

con và thông tin liệu khối con có chứa hệ số quan trọng thứ nhất theo thứ tự quét hay không);

- sau khi lập mã bất kỳ `gt1_flag` hoặc `par_flag`, `regBins` sẽ giảm đi một;
- nếu, sau khi truyền các bin (`sig_flag` và, nếu `sig_flag` bằng 1, `gt1_flag`, `par_flag`) cho một vị trí quét, số lượng bin vẫn có sẵn `regBins` ít hơn 2 (tức là không thể truyền `par_flag` và `gt1_flag` cho vị trí quét tiếp theo), sau đó với tất cả các chỉ số quét sau trong bước quét thứ nhất, chỉ `sig_flag` được truyền.

Bước chạy thứ hai: Trong bước chạy thứ hai qua các vị trí quét, các bin được lập mã ngữ cảnh sau được truyền:

- nếu `gt1_flag` cho vị trí quét bằng 1, `gt2_flag` sẽ được truyền, xác định xem phần còn lại (được cho bởi $(\text{mức tuyệt đối} - 2 - \text{par_flag}) / 2$) có lớn hơn 0 hay không.
- Bước chạy thứ hai kết thúc nếu số lượng tối đa được xác định trước của `gt2_flag` được lập mã ngữ cảnh đã được truyền. Bước chạy thứ hai cũng kết thúc nếu chỉ đạt đến vị trí quét với `skip_flag` bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ nhất (tức là, đối với các vị trí quét này, không có dữ liệu nào được truyền trong bước chạy thứ hai)

Bước chạy thứ ba Trong bước chạy thứ ba qua các vị trí quét, phần còn lại cho mức tuyệt đối (tức là dữ liệu chưa được chỉ định bởi `sig_flag`, `par_flag`, `gt1_flag` và `gt2_flag` được truyền) được truyền cho tất cả các vị trí quét mà `sig_flag` và `gt1_flag` và `par_flag` đã được lập mã trong một bước chạy. Phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được nhị phân hóa bằng mã có cấu trúc (chẳng hạn như mã Golomb-Rice) và các bin được lập mã ở chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học. Phần còn lại được truyền cho các vị trí quét sau:

- cho tất cả các vị trí quét mà `gt2_flag` bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ hai:
Đối với các vị trí quét này, phần còn lại của phần tử cú pháp không phải nhị phân được truyền chỉ định như sau:

(giá trị tuyệt đối - 4 - par_flag) / 2

- với tất cả các vị trí quét mà gt1_flag bằng 1 được truyền trong bước chạy thứ nhất nhưng không có gt2_flag nào được truyền trong bước chạy thứ hai. Đối với các vị trí quét này, phần còn lại của phân tử cú pháp không phải nhị phân được truyền chỉ định như sau:

(giá trị tuyệt đối - 2 - par_flag) / 2

Bước chạy thứ tư Trong bước chạy thứ tư, các mức tuyệt đối trừ đi một được lập mã cho tất cả các vị trí quét, mà chỉ sig_flag bằng 1 được lập mã trong bước chạy thứ nhất (nhưng không truyền gt1_flag). Phần còn lại (mức tuyệt đối trừ 1) được nhị phân hóa trước tiên bằng mã có cấu trúc, mã được sử dụng có thể phụ thuộc vào các phép đo hoạt động cục bộ cũng như giá trị của biến trạng thái hiện tại. Các bin được truyền bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học.

Bước chạy thứ năm: Cuối cùng, trong bước chạy thứ năm, các dấu cho tất cả các mức hệ số biến đổi không bằng 0 được truyền. Các dấu được truyền bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học.

Mã giả của Fig.19 còn minh họa quá trình lập mã cho các mức hệ số biến đổi bên trong khối con. Áp dụng các nhận xét tương tự như đối với phương án thứ nhất và thứ ba. Fig.17 và Fig.15 cũng phù hợp cho Fig.19, trong đó, trên Fig.15, tuy nhiên phần bắt đầu của miền giá trị mà phần còn lại liên quan đến các hệ số giữa các vị trí 112 và 116, tức là giá trị lớn nhất có thể biểu diễn bằng cách sử dụng các cờ hiệu 92, 96 và 98, là 2 trong trường hợp của Fig.13 và là 1 trong trường hợp của Fig.19

Đối với phương án 4, có thể có các biến thể tương tự như phương án 3. Điều này bao gồm các khía cạnh sau (tương tự như phương án 2):

- gt2_flag được đưa vào bước chạy thứ nhất;
- gt2_flag hoàn toàn không được lập mã;
- gtx_flag bổ sung được lập mã.

Các khía cạnh sau có thể được kết hợp với bất kỳ phương án nào trong số các phương án được mô tả ở trên:

Lựa chọn mô hình xác suất cho sig_flag's

Mô hình xác suất thích ứng để lập mã sig_flag hiện tại được chọn trong số tập hợp các mô hình xác suất. Để đơn giản, hãy giả định rằng các mô hình xác suất có sẵn được tổ chức trong mảng 4 chiều

probModelSig[cSig][sSig][dSig][aSig],

trong đó cSig chỉ ra chỉ số phụ thuộc vào kênh màu hiện tại, sSig chỉ ra chỉ số phụ thuộc vào biến trạng thái, dSig chỉ ra chỉ số phụ thuộc vào vị trí x và y bên trong khối biến đổi và aSig chỉ ra chỉ số phụ thuộc vào phép đo hoạt động cục bộ. Tổ chức thực tế của các mô hình xác suất là một khía cạnh của việc triển khai thực tế. Ví dụ, chúng có thể được tổ chức như mảng 1-d, trong trường hợp đó, chỉ số kết hợp có thể được lấy dựa trên các giá trị của cSig, sSig, dSig và aSig.

Sau đây, sáng chế mô tả các phương pháp ví dụ để suy ra các chỉ số cSig, sSig, dSig và aSig. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng có thể có các cách khác nhau để suy ra các chỉ số này (hoặc một phần của các chỉ số).

Chỉ số kênh màu cSig

Trong phương án được ưu tiên, chỉ số kênh màu cSig được đặt bằng 0 nếu và chỉ khi kênh màu hiện tại biểu diễn kênh độ chói (hoặc nói chung là kênh màu thứ nhất). Và cSig được đặt bằng 1 nếu và chỉ khi kênh màu hiện tại biểu diễn kênh sắc độ (hoặc nói chung là kênh màu thứ nhất).

cSig = (current channel is luma ? 0 : 1)

Thay vào đó, cSig có thể được đặt bằng 0 cho kênh độ chói, bằng 1 cho kênh Cb và bằng 2 cho kênh Cr.

Chỉ số trạng thái sSig

Theo phương án được ưu tiên, chỉ số sSig được đặt bằng

$$sSig = \begin{cases} 0 & : \text{state} \leq 1 \\ 1 & : \text{state} = 2 \\ 2 & : \text{state} = 3 \end{cases}$$

Điều đó có nghĩa là, tập hợp mô hình xác suất được sử dụng cho các biến trạng thái bằng 0 và 1, tập hợp thứ hai được sử dụng cho biến trạng thái bằng 2 và tập hợp thứ ba được sử dụng cho biến trạng thái bằng 3.

Thay vào đó, chỉ số sSig có thể được đặt bằng với biến trạng thái (sSig = state),

trong trường hợp đó, tập hợp các mô hình xác suất riêng biệt sẽ được sử dụng cho mỗi giá trị có thể có của biến trạng thái. Hoặc như một phương án khác, chỉ số sSig có thể được đặt theo $sSig = state \gg 1$, trong trường hợp đó, tập hợp các mô hình ngữ cảnh riêng biệt sẽ được sử dụng cho mỗi bộ lượng tử hóa trong hai bộ lượng tử hóa Q0 và Q1 (lưu ý rằng bộ lượng tử Q0 được sử dụng khi trạng thái bằng 0 hoặc 1 và bộ lượng tử Q1 được sử dụng khi trạng thái bằng 2 hoặc 3).

Chỉ số vị trí dSig

Theo phương án được ưu tiên, chỉ số sSig được đặt như sau:

- Nếu chỉ số cSig bằng 0 (tức là kênh màu hiện tại biểu diễn kênh độ chói), thì dSig được đặt theo

$$dSig = \begin{cases} 0 & : \text{diag} < 2 \\ 1 & : 2 \leq \text{diag} < 5 \\ 2 & : 5 \leq \text{diag} \end{cases}$$

- Nếu chỉ số cSig bằng 1 (tức là kênh màu hiện tại biểu diễn kênh sắc độ), thì dSig được đặt theo

$$dSig = \begin{cases} 0 & : \text{diag} < 2 \\ 1 & : 2 \leq \text{diag} \end{cases}$$

Tại đây diag biểu diễn vị trí đường chéo được cho bởi $\text{diag} = x + y$, trong đó x và y biểu diễn tọa độ x và y của vị trí quét hiện tại bên trong khối biến đổi.

Ngoài ra, có thể có bất kỳ cụm nào khác của các vị trí đường chéo. Hoặc cách khác, các vị trí (x, y) bên trong khối biến đổi có thể được phân chia thành nhiều lớp và chỉ số dSig có thể được đặt bằng với chỉ số lớp tương ứng.

Chỉ số hoạt động cục bộ aSig

Cuối cùng, theo phương án được ưu tiên của sáng chế, chỉ số aSig được đặt theo

$$aSig = \min(\text{MAX_ABS1}, \text{sumAbs1}),$$

trong đó MAX_ABS1 là giá trị được xác định trước và sumAbs1 đề cập đến tổng các mức hệ số biến đổi tuyệt đối tối thiểu trong khung mẫu cục bộ được cung cấp bởi dữ liệu được truyền trong bước chạy thứ nhất (xem ở trên). Ngoài ra, hàm sumAbs1 hoặc hàm $\min(\text{MAX_ABS1}, \text{sumAbs1})$ có thể được sử dụng để suy ra aSig.

Trong một phương án được ưu tiên của sáng chế, giá trị được xác định trước

MAX_ABS1 được đặt bằng 5.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, khung mẫu cục bộ được mô tả trong Fig.12b được sử dụng. Lưu ý rằng khung mẫu bao gồm các vị trí lân cận được lập mã trước vị trí hiện tại. Cũng có thể sử dụng khung mẫu cục bộ khác với các thuộc tính này (các vị trí lân cận được quét/lập mã trước vị trí hiện tại). Khung mẫu khác này có thể khác với khung mẫu được hiển thị trên Fig. 12b ở hai khía cạnh: (1) số lượng vị trí hệ số biến đổi được đưa vào và (b) vị trí của các vị trí hệ số biến đổi được đưa vào.

Để $\text{absLevel1}[i]$ là giá trị tuyệt đối được tái tạo một phần của mức hệ số biến đổi tại chỉ số quét i . Và để $T(k)$ chỉ định tập hợp các chỉ số quét bên trong khung mẫu được sử dụng cho chỉ số quét hiện tại k . Sau đó, biến sumAbs1 cho chỉ số quét hiện tại k được suy ra theo

$$\text{sumAbs1}[k] = \sum_{i \in T(k)} \text{absLevel1}[i].$$

Tức là sumAbs1 biểu diễn tổng các giá trị tuyệt đối được tái tạo một phần bên trong khung mẫu.

$\text{absLevel1}[k]$ biểu diễn giá trị tuyệt đối được tái tạo một phần của mức hệ số biến đổi tại chỉ số quét k . Việc tái tạo một phần chỉ sử dụng dữ liệu được truyền trong bước chạy thứ nhất. Trong phần sau, một số ví dụ được chỉ định:

- Nếu sig_flag , par_flag và gt1_flag được truyền trong bước chạy thứ nhất như được xác định trong phương án 1 và phương án 3 (xem ở trên: par_flag chỉ ra tính chẵn lẻ của mức tuyệt đối trừ đi 1 và gt1_flag chỉ ra liệu (mức tuyệt đối - 1 - par_flag) / 2 có lớn hơn 0 hay không), giá trị được tái tạo một phần có thể được suy ra theo

$$\text{absLevel1}[k] = \text{sig_flag}[k] + \text{par_flag}[k] + 2 * \text{gt1_flag}[k],$$

trong đó các giá trị của par_flag và gt1_flag không được lập mã rõ ràng được suy ra là bằng 0.

Khi gt2_flag được bao gồm trong bước chạy thứ nhất (biến thể của phương án 1 và 3), nó có thể được sử dụng bổ sung để lấy ra giá trị tuyệt đối nhỏ nhất có thể. Trong trường hợp này, giá trị được tái tạo một phần có thể được suy ra theo

$$\text{absLevel1}[k] = \text{sig_flag}[k] + \text{par_flag}[k] + 2 * (\text{gt1_flag}[k] + \text{gt2_flag}[k]),$$

trong đó `gt2_flag` không được lập mã rõ ràng được suy ra là bằng 0.

- Nếu `sig_flag`, `gt1_flag` và `par_flag` được truyền trong bước chạy thứ nhất như được xác định trong phương án 2 và phương án 4 (xem ở trên: `gt1_flag` chỉ ra liệu mức tuyệt đối có lớn hơn 1 hay không và `par_flag` chỉ ra tính chẵn lẻ của (mức tuyệt đối - 2), thì giá trị được tái tạo một phần có thể được suy ra theo

$$\text{absLevel1}[k] = \text{sig_flag}[k] + \text{gt1_flag}[k] + \text{par_flag}[k],$$

trong đó các giá trị của `par_flag` và `gt1_flag` không được lập mã rõ ràng được suy ra là bằng 0.

Khi `gt2_flag` được bao gồm trong bước chạy thứ nhất (biến thể của phương án 2 và 4), nó có thể được sử dụng bổ sung để lấy ra giá trị tuyệt đối nhỏ nhất có thể. Trong trường hợp này, giá trị được tái tạo một phần có thể được suy ra theo

$$\text{absLevel1}[k] = \text{sig_flag}[k] + \text{gt1_flag}[k] + \text{par_flag}[k] + 2 * \text{gt2_flag}[k],$$

trong đó `gt2_flag` không được lập mã rõ ràng được suy ra là bằng 0.

- Nếu chỉ có `sig_flag` và `par_flag` được lập mã trong bước chạy thứ nhất, thì giá trị được tái tạo một phần có thể được suy ra theo

$$\text{absLevel1}[k] = \text{sig_flag}[k] + \text{par_flag}[k].$$

- Nếu chỉ có `sig_flag` được lập mã trong bước chạy thứ nhất, thì giá trị được tái tạo một phần có thể được suy ra theo

$$\text{absLevel1}[k] = \text{sig_flag}[k].$$

Việc tái tạo một phần có thể được chỉ định theo cách tương tự đối với các cấu hình khác.

Lựa chọn mô hình xác suất cho `par_flag`, `gt1_flag` và `gt2_flag`

Mô hình xác suất thích ứng để lập mã `par_flag` hiện tại được chọn trong số tập hợp các mô hình xác suất. Để đơn giản cho cờ hiệu quan trọng, chúng ta hãy giả sử rằng các mô hình xác suất có sẵn được tổ chức trong mảng 4 chiều

$$\text{probModelPar}[cPar][sPar][dPar][aPar],$$

trong đó `cPar` chỉ ra chỉ số phụ thuộc vào kênh màu hiện tại, `sPar` chỉ ra chỉ số phụ thuộc vào biến trạng thái, `dPar` chỉ ra chỉ số phụ thuộc vào vị trí x và y bên trong khối biến

đôi và aPar chỉ ra chỉ số phụ thuộc vào phép đo hoạt động cục bộ.

Khái niệm tương tự cũng được sử dụng cho gt1_flag và par_flag:

$$\begin{aligned} & \text{probModelGt1}[\text{cGt1}][\text{sGt1}][\text{dGt1}][\text{aGt1}], \\ & \text{probModelGt2}[\text{cGt2}][\text{sGt2}][\text{dGt2}][\text{aGt2}] \end{aligned}$$

Trong phương án được ưu tiên, các chỉ số giống nhau được sử dụng cho ba cờ hiệu par_flag, gt1_flag và gt2_flag. Điều này có lợi thế là các chỉ số (hoặc chỉ số kết hợp) chỉ được tính một cho mỗi chỉ số quét:

$$\text{cGt2} = \text{cGt1} = \text{cPar}$$

$$\text{sGt2} = \text{sGt1} = \text{sPar}$$

$$\text{dGt2} = \text{dGt1} = \text{dPar}$$

$$\text{aGt2} = \text{aGt1} = \text{aPar}$$

Ngay cả khi các chỉ số giống nhau, vẫn sử dụng các tập hợp mô hình xác suất khác nhau cho ba cờ hiệu par_flag, gt1_flag và gt2_flag. Theo phương án khác, cùng một tập hợp các mô hình xác suất được sử dụng cho cả gt1_flag và gt2_flag (trong trường hợp này, đối với mỗi vị trí mẫu, gt1_flag và gt2_flag luôn được lập mã bằng cùng một mô hình xác suất).

Cũng có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để suy ra các chỉ số cho các cờ hiệu iêng lẻ.

Trong phần sau, sáng chế mô tả ví dụ về nguồn gốc của các chỉ số cPar, sPar, dPar và aPar. Phương pháp tương tự cũng áp dụng cho các chỉ số tương ứng của gt1_flag và gt2_flag.

Chỉ số kênh màu cPar

Tương tự như đối với cờ hiệu ý nghĩa, trong phương án được ưu tiên, chỉ số kênh màu cSig được đặt theo:

$$\text{cPar} = (\text{current channel is luma} ? 0 : 1)$$

Ngoài ra, các lựa chọn thay thế được mô tả ở trên cho cSig có thể được sử dụng.

Chỉ số trạng thái sPar

Theo phương án được ưu tiên, chỉ số sPar được đặt bằng 0 Điều đó có nghĩa là, mô

hình xác suất được chọn không phụ thuộc vào biến trạng thái. Do đó, các tập hợp mô hình xác suất có thể được biểu diễn dưới dạng mảng 3 chiều

```
probModelPar[ cPar ][ dPar ][ aPar ],
probModelGt1[ cGt1 ][ dGt1 ][ aGt1 ],
probModelGt2[ cGt2 ][ dGt2 ][ aGt2 ]
```

hoặc chỉ số kết hợp và có thể được suy ra bằng cách sử dụng 3 chỉ số cPar, dPar và aPar.

Ngoài ra, phương pháp bất kỳ được mô tả ở trên cho sPar có thể được sử dụng.

Chỉ số vị trí dPar

Theo phương án được ưu tiên, chỉ số dPar được đặt như sau:

- Nếu chỉ số cPar bằng 0 (tức là kênh màu hiện tại biểu diễn kênh độ chói), thì dPar được đặt theo

$$dPar = \begin{cases} 0 & : \text{firstNonZero} \\ 1 & : !\text{firstNonZero} \ \&\& \text{diag} = 0 \\ 2 & : !\text{firstNonZero} \ \&\& 0 < \text{diag} < 3 \\ 3 & : !\text{firstNonZero} \ \&\& 3 \leq \text{diag} < 10 \\ 4 & : !\text{firstNonZero} \ \&\& 10 \leq \text{diag} \end{cases}$$

- Nếu chỉ số cPar bằng 1 (tức là kênh màu hiện tại biểu diễn kênh sắc độ), thì dPar được đặt theo

$$dPar = \begin{cases} 0 & : \text{firstNonZero} \\ 1 & : !\text{firstNonZero} \ \&\& \text{diag} = 0 \\ 2 & : !\text{firstNonZero} \ \&\& 0 < \text{diag} \end{cases}$$

Tại đây diag này biểu diễn vị trí đường chéo được cho bởi $\text{diag} = x + y$, trong đó x và y biểu diễn tọa độ x và y của vị trí quét hiện tại bên trong khối biến đổi. Biến Boolean firstNonZero chỉ ra liệu vị trí quét hiện tại có biểu diễn vị trí quét của mức khác 0 thứ nhất theo thứ tự lập mã hay không (tức là vị trí được xác định bởi tọa độ x và y (hoặc cách tương tự) được truyền sau cờ hiệu khối được lập mã). Do đó, đối với mức khác 0 thứ nhất trong thứ tự lập mã, tập hợp các mô hình xác suất khác được sử dụng (không phụ thuộc vào vị trí đường chéo).

Ngoài ra, có thể có bất kỳ cụm nào khác của các vị trí đường chéo. Hoặc cách khác, các vị trí (x, y) bên trong khối biến đổi có thể được phân chia thành nhiều lớp và chỉ số

dPar có thể được đặt bằng với chỉ số lớp tương ứng. Cũng đối với thiết lập như vậy, giá trị đặc biệt của dPar có thể được sử dụng cho vị trí quét quan trọng thứ nhất.

Chỉ số hoạt động cục bộ aPar

Cuối cùng, theo phương án được ưu tiên của sáng chế, chỉ số aPar được đặt theo

$$aPar = \min(MAX_ABS1_SIG, sumAbs1 - numSig),$$

trong đó MAX_ABS1_SIG là giá trị được xác định trước, sumAbs1 đề cập đến tổng các mức hệ số biến đổi tuyệt đối nhỏ nhất trong khung mẫu cục bộ được cung cấp bởi dữ liệu được truyền trong bước chạy thứ nhất (xem mô tả ở trên) và numSig chỉ ra số mức khác 0 trong khung mẫu cục bộ.

Trong phương án được ưu tiên của sáng chế, giá trị được xác định trước MAX_ABS1_SIG được đặt bằng 4.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, khung mẫu cục bộ được mô tả trong Fig.12b được sử dụng. Lưu ý rằng khung mẫu bao gồm các vị trí lân cận được lập mã trước vị trí hiện tại. Cũng có thể sử dụng khung mẫu cục bộ khác với các thuộc tính này (các vị trí lân cận được quét/lập mã trước vị trí hiện tại). Khung mẫu khác này có thể khác với khung mẫu được hiển thị trên Fig.12b ở hai khía cạnh: (1) số lượng vị trí hệ số biến đổi được đưa vào và (b) vị trí của các vị trí hệ số biến đổi được đưa vào.

Đặt $T(k)$ chỉ định tập hợp các chỉ số quét bên trong khuôn mẫu được sử dụng cho chỉ số quét hiện tại k . Biến sumAbs1 được suy ra như được chỉ định ở trên cho sig_flag (giây 0) và numSig cho chỉ số quét hiện tại k được suy ra theo

$$numSig[k] = \sum_{i \in T(k)} sig_flag[i].$$

Tức là, numSig biểu diễn số lượng hệ số biến đổi khác 0 (được biểu thị bằng sig_flag bằng 1) bên trong khung mẫu.

Thay vào đó, các giá trị lớn nhất khác nhau hoặc các hàm khác nhau của sumAbs1 và numSig có thể được sử dụng.

Nhị phân hóa phần còn lại (ngoại trừ các hệ số đi vòng hoàn toàn)

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, phần còn lại của phần tử cú pháp được lập mã ở chế độ bỏ qua của công cụ lập mã số học. Hiệu suất nén phụ thuộc vào nhị phân

hóa được sử dụng. Trong HEVC, phần tử cú pháp tương tự được lập mã bằng cách sử dụng lớp mã nhị phân được gọi là mã Golomb-Rice. Loại mã này được tham số hóa bởi tham số gọi là Rice. Tham số Rice có thể được điều chỉnh trong quá trình lập mã, do đó, nhị phân hóa được sử dụng phụ thuộc vào các phần tử cú pháp trước đó.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, phần còn lại của phần tử cú pháp được nhị phân hóa sử dụng mã được gọi là Golomb-Rice. Mã Golomb Rice bao gồm phần tiền tố và nếu giá trị được lập mã vượt quá ngưỡng được xác định trước, thì gồm cả phần hậu tố. Phần tiền tố biểu diễn mã Rice bị cắt ngắn (xem HEVC), được tham số hóa bằng tham số Rice (RP) và giá trị ký hiệu tối đa (cMax). Nếu giá trị được lập mã (phần còn lại) lớn hơn hoặc bằng cMax, chuỗi bin hậu tố sẽ được thêm vào chuỗi bin tiền tố. Chuỗi bin hậu tố được cung cấp bởi mã Golomb hàm số mũ của thứ tự kEG. Để tham số hóa mã nối bởi một tham số duy nhất, các giá trị của cMax và kEG được sử dụng biểu diễn các hàm của tham số Rice (RP). Trong một cài đặt cụ thể, cMax và kEG (thứ tự của mã Golomb hàm số mũ) được suy ra theo

$$cMax = (RP == 1 ? 6 : 7) << RP,$$

$$kEG = RP + 1$$

Có thể có các mối quan hệ chức năng khác cho cMax (RP) và kEG (RP). Ngoài ra có thể sử dụng các tập hợp cấu trúc được lập mã tham số hóa khác.

Sau đây, sáng chế mô tả hai phương pháp để điều chỉnh tham số Rice (RP) hoặc tham số tương tự cho lớp mã khác:

Phương pháp 1: Tăng RP nếu giá trị được lập mã cuối cùng (hoặc mức tuyệt đối cuối cùng) vượt quá ngưỡng

Ở phần đầu của khối con (hoặc, cách khác, khối chuyên tiếp), tham số rice RP được đặt bằng giá trị được xác định trước. Theo phương án được ưu tiên, giá trị được xác định trước được đặt bằng 0. Sau khi giải mã (hoặc mã hóa) phần còn lại của phần tử cú pháp, tham số Rice được cập nhật theo

```
if( RP < MAX_RP && remainder > Threshold( RP ) )
{
    RP = RP + 1
}
```

Tại thời điểm này, MAX_RP biểu diễn giá trị được xác định trước cho tham số Rice tối đa. Theo phương án được ưu tiên, MAX_RP được đặt bằng 3. Hàm Threshold(RP) biểu diễn ngưỡng phụ thuộc vào giá trị hiện tại của tham số Rice. Trong phương án ưu tiên, hàm này được xác định bởi

$$\text{Threshold}(RP) = (3 \ll RP) - 1,$$

trong đó toán tử “ $\ll$ ” biểu diễn bit dịch chuyển sang phải. Tức là, “ $3 \ll RP$ ” tương đương với $3 * 2^{\wedge} RP$.

Bất kỳ định nghĩa nào khác về Threshold (RP), chẳng hạn như bảng tìm kiếm đều có thể thực hiện được.

Trong một biến thể của phương pháp, không phải giá trị của phần còn lại được lập mã mà là absLevel mức tuyệt đối được tái tạo được sử dụng để so sánh với ngưỡng. Sau đó, tham số Rice được cập nhật theo

```
if( RP < MAX_RP && absLevel > Threshold( RP ) )
{
    RP = RP + 1
}
```

Phương pháp 2: Xác định RP dựa trên mức tuyệt đối trong vùng lân cận cục bộ

Trong cấu hình ưu tiên, tham số Rice được suy ra bằng tổng tuyệt đối của các mức lân cận được bao phủ bởi khung mẫu cục bộ. Để sumAbs là tổng các giá trị tuyệt đối trong khung mẫu cục bộ. Trong phương án được ưu tiên, cùng một khung mẫu để suy ra các mô hình ngữ cảnh cho sig_flag được sử dụng.

Tham số Rice RP được suy ra phụ thuộc vào sumAbs (tức là tổng các giá trị tuyệt đối trong khung mẫu cục bộ). Theo phương án được ưu tiên đặc biệt, tham số Rice RP được suy ra theo

$$RP = \begin{cases} 0 & : \text{sumAbs} < 12 \\ 1 & : 12 \leq \text{sumAbs} < 25 \\ 2 & : 25 \leq \text{sumAbs} \end{cases}$$

Trong các cấu hình khác, các ngưỡng chuyển tiếp tham số Rice có thể được sửa đổi. Hoặc tham số Rice có thể được suy ra dựa trên các phương thức hoạt động khác của khung

mẫu cục bộ. Hơn nữa, nó có thể được chỉ ra thêm rằng tham số Rice không được phép nhỏ hơn trong khối con.

Nhiệm vụ phân hóa các mức tuyệt đối trong chế độ bỏ qua

Trong phương án được ưu tiên của sáng chế, nhiệm vụ phân hóa khác được sử dụng cho các mức tuyệt đối được lập mã hoàn toàn ở chế độ bỏ qua (nghĩa là cho bước chạy thứ tư trong phương án 1 và 2).

Trong cấu hình ưu tiên, cùng loại mã Golomb Rice được mô tả ở trên được sử dụng, nhưng tham số Rice được suy ra theo một cách khác. Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, tham số Rice phụ thuộc vào cả tổng các giá trị tuyệt đối trong vùng lân cận cục bộ và biến trạng thái (được sử dụng để lượng tử hóa phụ thuộc). $RP(\text{sumAbs}, \text{state})$ phụ thuộc này có thể được mô tả bằng bảng tìm kiếm 2-d. Tại thời điểm này, tổng các giá trị tuyệt đối thường được cắt thành bất kỳ giá trị lớn nhất nào MAX_SUM_ABS trước khi truy cập vào bảng tìm kiếm. Điều đó có nghĩa là, tham số Rice được suy ra bởi

$$RP = \text{LookupTable}[\text{state}][\min(\text{MAX_SUM_ABS}, \text{sumAbs})],$$

trong đó LookupTable chỉ ra bảng tìm kiếm được xác định trước.

Trong một biến thể của phương pháp này, mức tuyệt đối absLevel không được lập mã trực tiếp bằng mã được xác định bởi tham số Rice được suy ra, nhưng áp dụng như sau: Giá trị tuyệt đối absLevel trước tiên được chuyển tiếp thành giá trị codeValue và sau đó codeValue được truyền bằng cách sử dụng mã Golomb Rice được chỉ định bởi tham số Rice RP .

Ví dụ, giá trị được lập mã codeValue được xác định theo

$$\text{codeValue} = \begin{cases} \text{zPos} & : \text{absLevel} = 0 \\ \text{absLevel} - 1 & : 0 < \text{absLevel} \leq \text{zPos} \\ \text{absLevel} & : \text{absLevel} > \text{zPos} \end{cases}$$

Tham số zPos được suy ra bằng bất kỳ phương pháp nào sau đây:

- zPos được suy ra như là hàm của tổng các giá trị tuyệt đối sumAbs trong vùng lân cận cục bộ;
- zPos được suy ra như là hàm của biến trạng thái;
- zPos được suy ra như hàm của biến trạng thái và tổng các giá trị tuyệt đối sumAbs trong vùng lân cận cục bộ;

Giá trị tương tự của sumAbs đối với dẫn xuất của tham số Rice được sử dụng. Giá trị của sumAbs cũng được cắt thành cùng một giá trị lớn nhất MAX_SUM_ABS như đối với dẫn xuất của tham số Rice. Các phần phụ thuộc của zPos từ biến trạng thái và/hoặc giá trị bị cắt nhỏ nhất (MAX_SUM_ABS, sumAbs) có thể được chỉ định bằng bảng tìm kiếm được xác định trước.

Nghĩa là, mã có độ dài thay đổi để lập mã/giải mã giá trị của phần còn lại cho vị trí hệ số biến đổi hiện đang được quét có thể được chọn từ tập hợp mã có độ dài thay đổi được xác định trước, chẳng hạn như trong tập hợp mã Golomb Rice khác với mã khác bởi RP. Việc lựa chọn có thể được thực hiện phụ thuộc vào việc liệu vị trí hệ số biến đổi hiện được quét mà phần còn lại sẽ được lập mã/giải mã nằm ở vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112, hay xuống phía dưới của vị trí đó theo thứ tự quét 62, tức là các RP khác nhau được chọn trong trường hợp trước và trường hợp sau. Theo phương pháp 1 và 2 đã nêu ở trên, tham số RP chỉ ra mã có độ dài thay đổi được chọn thường có thể được giữ không đổi trong các bước chạy 60_{3,4}, nhưng thay đổi dần theo chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi được lập mã/được giải mã ngay trước đó đáp ứng một tiêu chí được xác định trước, chẳng hạn như vượt quá một số giới hạn, như trong phương pháp 1, hoặc khi các chỉ số lượng tử hóa tại các vị trí hệ số trong vùng lân cận của vị trí hệ số biến đổi hiện được quét đáp ứng một số tiêu chí như tổng của chúng vượt quá một số giới hạn. Ví dụ, sự phụ thuộc hoặc thay đổi gia tăng này chỉ có thể được sử dụng trong trường hợp nếu vị trí hệ số biến đổi hiện tại có phần còn lại được lập mã, được đặt tới vị trí hệ số biến đổi được xác định trước 112, tức là cho tất cả các vị trí được gạch trên Fig.15. Ngoài các chỉ số lượng tử hóa của hệ số lân cận, trạng thái lượng tử hóa phụ thuộc có thể được sử dụng để chọn tham số mã nhị phân hóa.

Khía cạnh sau, mặc dù có thể được kết hợp với các phương án được mô tả ở trên, nhưng có thể được thực hiện theo cách khác với các phương án trên để tăng hiệu quả lập mã. Khía cạnh này liên quan đến tín hiệu hóa rõ ràng về các khối/khối con không chứa bất kỳ mức hệ số biến đổi nào có giá trị tuyệt đối lớn hơn một

Để giảm số lượng bin cho các mức hệ số biến đổi lập mã, cờ hiệu chuyên dụng được đưa vào trên cơ sở khối biến đổi hoặc khối con, báo hiệu có hay không bất kỳ mức tuyệt đối nào trong khối hoặc khối con lớn hơn 1:

- Đối với các khối con có coded_subblock_flag bằng 1 (được lập mã

hoặc suy ra), cờ hiệu thứ hai được truyền cho khối con. Cờ hiệu này (`gt1_subblock_flag`) chỉ ra liệu khối con có chứa bất kỳ mức hệ số biến đổi nào có mức tuyệt đối lớn hơn 1 hay không.

- Nếu `gt1_subblock_flag` bằng 0, chỉ thông tin ý nghĩa (`sig_flag`) và các bit báo hiệu cho các mức hệ số biến đổi không bằng 0 được truyền.
- Nếu `gt1_subblock_flag` bằng 1, thì việc lập mã các mức hệ số biến đổi sẽ tiến hành như được mô tả trong các phương án từ 1 đến 4. Có thể bao gồm một điều kiện khác, đó là khi đạt đến chỉ số quét cuối cùng trong một khối con và tất cả các mức tuyệt đối trước đó trong khối con đều bằng 1, thì có thể suy ra rằng mức tuyệt đối cuối cùng lớn hơn một. Do đó, `gt1_flag` tương ứng có thể được suy ra bằng 1. Đối với phương án 1 và 3, cũng có thể suy ra cờ hiệu chặn lẽ `par_flag` là bằng 0 trong trường hợp này.

Các cờ hiệu chỉ ra rằng tất cả các mức có giá trị tuyệt đối bằng 1 cũng có thể được truyền cho toàn bộ khối biến đổi, thay vì trên cơ sở các khối con. Cũng có thể chỉ truyền các cờ hiệu này cho các khối con được chọn (ví dụ, các khối con bao gồm hệ số quan trọng thứ nhất).

Nghĩa là, ở đây, khối hệ số biến đổi 10, được lập mã/giải mã theo cách sau. Đối với mỗi khối con trong số ít nhất tập hợp các khối con 14 mà khối hệ số biến đổi 10 được phân chia thành, cờ hiệu độ lớn của khối con, tức là `gt1_subblock_flag`, chỉ ra liệu khối con tương ứng 14 có chứa bất kỳ hệ số biến đổi 12 nào mà giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi lớn hơn ngưỡng khác 0 được xác định trước hay không, chẳng hạn như ngưỡng, sẽ được truyền. Các hệ số biến đổi của khối hệ số biến đổi trong mỗi khối con 14 mà cờ hiệu độ lớn của khối con chỉ ra rằng có ít nhất một hệ số biến đổi mà giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi lớn hơn ngưỡng khác 0 được xác định trước, được lập mã/giải mã như đã mô tả trước đây, tức là bằng cách lập mã/giải mã tuần tự cho từng hệ số biến đổi trong khối con tương ứng, chuỗi một hoặc nhiều cờ hiệu 92, 96, 98, 194 hoặc các cờ hiệu khác chia đôi theo cách đệ quy miền giá trị của hệ số biến đổi tương ứng thành hai phân chia và chỉ ra vùng nào trong hai vùng có chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi tương ứng nằm vào, với việc dừng giải mã chuỗi ngay khi miền giá trị chỉ bao gồm một giá trị - hoặc các giá trị bằng nhau theo nghĩa tuyệt đối nếu miền giá trị là được hiểu là xác định giá trị đã báo hiệu. Nếu miền giá trị vẫn bao gồm nhiều hơn một giá trị

khác nhau theo nghĩa tuyệt đối, thì giá trị của phần còn lại biểu thị giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi tương ứng trong miền giá trị, được lập mã/giải mã. Tuy nhiên,

trong mỗi khối con mà cờ hiệu độ lớn của khối con chỉ ra rằng không có hệ số biến đổi mà giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi lớn hơn ngưỡng khác 0 được xác định trước, giải mã tuần tự của

chuỗi một hoặc nhiều cờ hiệu cho mỗi hệ số biến đổi trong khối con tương ứng

bị dừng ngay khi miền giá trị bao gồm, chỉ một giá trị không vượt quá ngưỡng khác 0, chỉ một giá trị hoặc đơn thuần là các giá trị bằng nhau theo nghĩa tuyệt đối. Tiêu chí dừng thứ nhất bắt nguồn từ thực tế là, ngay khi miền giá trị của phần còn lại hoặc khoảng giá trị của phần còn lại được xác định bởi các cờ hiệu được lập mã/giải mã trước đó cho hệ số tương ứng, chỉ bao gồm một giá trị này mà đáp ứng yêu cầu do cờ hiệu độ lớn của khối con đặt ra theo đó tất cả các chỉ số của hệ số trong khối con tương ứng không vượt quá ngưỡng khác 0 được xác định trước, thì một giá trị này của miền giá trị là chỉ số lượng tử hóa.

Do đó, không kể những phương án khác, các phương án sau đây đã được mô tả ở trên.

A1. Máy giải mã khối hệ số biến đổi, máy được tạo cấu hình để giải mã từ dòng dữ liệu theo trình tự các bước chạy mà quét các vị trí hệ số biến đổi của khối dọc theo thứ tự quét (lưu ý rằng các bước chạy không cần phải quét tất cả các vị trí hệ số biến đổi của khối biến đổi, nhưng tất cả chúng đều sử dụng thứ tự quét; hơn nữa, các cờ hiệu cho một số loại cờ hiệu có thể được truyền trong cùng một bước chạy), sử dụng kỹ thuật giải mã số học nhị phân thích ứng theo ngữ cảnh, 1) mỗi cờ hiệu trong số cờ hiệu mà nằm ngoài tập hợp gồm một hoặc nhiều loại cờ hiệu (ví dụ, phương án 1: sig_flag, par_flag, gt1_flag, gt2_flag) và sử dụng mã có độ dài thay đổi (ví dụ, sử dụng tỷ lệ nén 1; được truyền ở chế độ bỏ qua; như đã mô tả ở trên, nó có thể là các bin từ mã VLC được lập mã bằng cách sử dụng công cụ lập mã số học, nhưng thay vì thực hiện điều này theo ngữ cảnh, điều này được thực hiện bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua xác suất (0,5; 0,5) – nêu rõ khác biệt giải mã số học nhị phân và không thích ứng hoặc chế độ bỏ qua với mô hình xác suất thống nhất được sử dụng cho các bin VCL này), 2) giá trị của phần còn lại (phần còn lại), để mỗi cờ hiệu và mỗi giá trị của phần còn lại được giải mã cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét tương ứng, (ví

dụ, phương án 1: chỉ số k) và sao cho đối với mỗi vị trí hệ số biến đổi của tập hợp các vị trí hệ số biến đổi được lập mã (ví dụ, mở rộng giữa vị trí hệ số biến đổi thứ nhất được xác định trước và vị trí hệ số biến đổi cuối cùng được xác định trước, trong đó vị trí hệ số biến đổi được xác định trước thứ nhất và vị trí hệ số biến đổi cuối cùng chỉ định tập hợp con của các vị trí hệ số biến đổi trong khối biến đổi; cách khác, ví dụ, mở rộng giữa hệ số khác 0 cuối cùng và hệ số xác định trước như hệ số DC), ít nhất một trong một hoặc nhiều cờ hiệu và một giá trị của phần còn lại (nghĩa là phần còn lại và không có cờ hiệu, một hoặc nhiều cờ hiệu và một phần còn lại, hoặc một hoặc nhiều cờ hiệu và không có phần còn lại được giải mã tuần tự để liên tục (tức là theo nghĩa tuần tự) giới hạn miền giá trị ban đầu (ví dụ, biểu diễn x bit $\rightarrow \Omega = 0 \text{ to } 2^x - 1$; tức là $x = 16$) mà giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét nằm trong đó chỉ bao gồm giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét trong miền giá trị (nghĩa là “ít nhất một trong số một hoặc nhiều cờ hiệu và một giá trị của phần còn lại” được giải mã cho vị trí hệ số biến đổi nhất định xác định giá trị sau duy nhất ngoài miền giá trị ban đầu), trong đó mỗi cờ hiệu giới hạn miền giá trị của giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét thành phần con thứ nhất hoặc phần phụ thứ hai mà miền giá trị của giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét được chia đôi thành (ví dụ, sig_flag: miền giá trị Ω được chia thành $A = \{0\}$ và $\bar{A}$; sau đó, par_flag giới hạn $\bar{A}$ các giá trị chẵn hoặc lẻ ...), và, nếu giá trị của phần còn lại được giải mã cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét, thì giá trị của phần còn lại chỉ ra duy nhất (hai phương án sau đây sẽ được hiểu là bao gồm tất cả các phương án, bao gồm cả phương án 1 trong đó đối với một số vị trí hệ số biến đổi chỉ đơn thuần là phần còn lại được lập mã và phương án 3 khi các vị trí hệ số biến đổi này không có mặt) giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện đang được quét ngoài miền giá trị nếu đối với vị trí hệ số biến đổi hiện được quét ít nhất một cờ hiệu được giải mã hoặc ngoài miền giá trị ban đầu nếu đối với vị trí hệ số biến đổi hiện được quét không có cờ hiệu nào được giải mã (lưu ý rằng các vị trí hệ số biến đổi mà không có giá trị của phần còn lại nào được giải mã, một hoặc nhiều cờ hiệu được giải mã cho các vị trí hệ số biến đổi này đã giới hạn miền giá trị chỉ bao gồm một giá trị tuyệt đối; như để báo hiệu, nếu các CTV đều được báo hiệu, chúng có thể được lập mã riêng ở chế độ bỏ qua), trong đó máy được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 1 đến phương án 4) tuần tự khử lượng tử hóa (tức là sử dụng lượng tử hóa phụ thuộc) các chỉ số lượng tử hóa của các vị trí hệ số biến đổi của tập hợp các vị trí hệ số

biến đổi được lập mã, sử dụng chuyển tiếp trạng thái (xem ví dụ, biểu đồ lưới mắt cáo) dọc theo thứ tự quét bằng 1) chọn, đối với vị trí hệ số biến đổi hiện tại, tập hợp các mức tái tạo trong số nhiều mức tái tạo đặt duy nhất dựa trên trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại và khử lượng tử hóa chỉ số lượng tử hóa thành mức tái tạo mà chỉ số lượng tử hóa chỉ vào trong tập hợp các mức tái tạo và bằng cách 2) cập nhật trạng thái của chuyển tiếp trạng thái được giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại (lưu ý rằng đây là mức hiện được quét trong quá trình lượng tử hóa phụ thuộc; "hiện được quét" được sử dụng để biểu thị mức hiện được giải mã trong bước chạy) cho (lưu ý rằng thuật ngữ này hiện tạo thành một chỉ dẫn của mục đích dự định hoặc ảnh hưởng của, việc cập nhật) vị trí hệ số biến đổi theo sau hệ số biến đổi hiện tại theo thứ tự quét phụ thuộc vào chỉ số lượng tử hóa của vị trí hệ số biến đổi hiện tại.

A2. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án B5 hoặc A1, được tạo cấu hình để thực hiện chuyển tiếp trạng thái chuyển tiếp giữa bốn trạng thái riêng biệt.

A3. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án B5 hoặc A1 đến A2, được tạo cấu hình để, trong việc cập nhật trạng thái của chuyển tiếp trạng thái, thực hiện cập nhật bằng cách quyết định giữa trạng thái kế thừa thứ nhất và trạng thái kế thừa thứ hai phụ thuộc vào hàm nhị phân được áp dụng cho chỉ số lượng tử hóa của vị trí hệ số biến đổi hiện tại, trong đó trạng thái kế thừa thứ nhất và trạng thái kế thừa thứ hai phụ thuộc vào trạng thái cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại.

A4. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án B5 hoặc A1 đến A3, trong đó hàm nhị phân mang lại tính chẵn lẻ hoặc không.

A5. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án B5 hoặc A1 đến A4, được tạo cấu hình để tham số hóa nhiều tập hợp mức lượng tử hóa theo kích thước bước lượng tử hóa xác định trước và suy ra thông tin về kích thước bước lượng tử hóa xác định trước từ dòng dữ liệu.

A6. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án B5 hoặc từ A1 đến A5, trong đó mỗi tập hợp trong số nhiều tập hợp mức lượng tử hóa bao gồm bội số của kích thước bước lượng tử hóa xác định trước là không đổi đối với nhiều tập hợp mức lượng tử hóa.

A7. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án B5 hoặc từ A1 đến A6, trong đó số tập hợp mức lượng tử hóa của nhiều tập hợp mức lượng tử hóa là hai và nhiều

tập hợp mức lượng tử hóa bao gồm tập hợp mức lượng tử hóa thứ nhất bao gồm số không và bội số chẵn của kích thước bước lượng tử hóa định trước, và tập hợp mức lượng tử hóa thứ hai bao gồm bội số 0 và bội số lẻ của kích thước bước lượng tử hóa định trước.

A8. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên từ A1 đến A7, trong đó bộ giải mã được tạo cấu hình (ví dụ, phương án 3 và 4), trong bước chạy thứ nhất của chuỗi các bước chạy, đến 1) giải mã từ các cờ hiệu dòng dữ liệu của loại cờ thứ nhất xác định trước (ví dụ, `sig_flag`) và các cờ hiệu của loại cờ thứ hai được xác định trước (ví dụ, `par_flag`) theo cách để các cờ hiệu giới hạn miền giá trị của các giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho các vị trí hệ số biến đổi thứ nhất được giải mã trước khi các cờ hiệu giới hạn miền giá trị của các giá trị tuyệt đối của các chỉ số lượng tử hóa cho các vị trí hệ số biến đổi thứ hai theo sau các vị trí hệ số biến đổi thứ nhất theo thứ tự quét (tức là bất kỳ `sig_flag[k]` và `par_flag[k]` nào trước `sig_flag[k + 1]` và `par_flag[k + 1]` bất kỳ), trong đó việc giải mã các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai được xác định trước được thực hiện tới vị trí hệ số biến đổi được xác định trước (ví dụ, phương án 3: `startIdxBypass-1`) mà trong bước chạy thứ nhất vượt qua tiêu chí hủy bỏ xác định trước, dọc theo thứ tự quét, được hoàn thành lần thứ nhất (ví dụ, số lượng cờ hiệu được lập mã trong bước chạy thứ nhất vượt quá ngưỡng nhất định) và việc giải mã các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất xác định trước được thực hiện theo thứ tự quét vượt quá vị trí hệ số biến đổi được xác định trước (ví dụ, đối với tất cả trong tập hợp được lập mã hoặc đối với tất cả ngoại trừ chỉ số lượng tử hóa khác 0 thứ nhất mà không cần khảo sát bất kỳ tiêu chí hủy bỏ nào), các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất được xác định trước sẽ biểu thị chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi hiện được quét là 0 hay không (ví dụ, `sig_flag`).

A9. Máy theo phương án A8, trong đó các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai được xác định trước là chỉ báo về tính chẵn lẻ của chỉ số lượng tử hóa đối với hệ số biến đổi hiện được quét.

A10. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ A8 đến A9, được tạo cấu hình để giải mã trong bước chạy thứ nhất các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ hai dành riêng cho các vị trí hệ số biến đổi mà tại đó, và sau đó, các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ nhất chỉ ra rằng chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi hiện được quét là khác 0.

A11. Máy theo phương án A8, trong đó tiêu chí hủy bỏ xác định trước liên quan đến

số lượng cờ hiệu được giải mã trong bước chạy thứ nhất vượt quá ngưỡng xác định trước.

A12. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án từ A8 đến A11 được tạo cấu hình để giải mã trong bước chạy thứ nhất và cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ ba biểu thị chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét, giả sử, về giá trị tuyệt đối, giá trị nhỏ nhất miền giá trị hay không.

A13. Máy theo phương án A12, được tạo cấu hình để giải mã trong bước chạy thứ nhất các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ ba dành riêng cho các vị trí hệ số biến đổi mà tại đó, và sau đó, các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ nhất chỉ ra rằng chỉ số lượng tử hóa cho hệ số biến đổi hiện được quét là khác 0.

A14. Máy theo phương án A13, (ví dụ, phương án 3) được tạo cấu hình để giải mã trong bước chạy thứ nhất, cho các vị trí hệ số biến đổi mà tại đó, và sau đó, các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ nhất biểu thị rằng chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét là khác không, các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ ba sau các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ hai.

A15. Máy theo phương án A13, (ví dụ, phương án 4) được tạo cấu hình để giải mã trong bước chạy thứ nhất, cho các vị trí hệ số biến đổi mà tại đó, và sau đó, các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ nhất biểu thị rằng chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét là khác không, các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ hai dành riêng cho các vị trí hệ số biến đổi mà các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ ba biểu thị độ lớn lớn hơn một.

A16. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án từ A8 đến A15, máy này được tạo cấu hình để giải mã trong bước chạy thứ hai, sau bước chạy thứ nhất, các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ tư biểu thị chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét, về giá trị tuyệt đối, giá trị nhỏ nhất trong miền giá trị hay không khi bị giới hạn bởi các cờ hiệu được giải mã trong bước chạy thứ nhất.

A17. Máy theo phương án A16, máy này được tạo cấu hình để giải mã trong một hoặc nhiều bước chạy bổ sung, sau bước chạy thứ hai, các giá trị của phần còn lại.

A18. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án từ A8 đến A17, được tạo cấu hình để giải mã trong một hoặc nhiều bước chạy, sau bước chạy thứ nhất, các giá trị của phần còn lại.

A19. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án từ A8 đến A18 nêu trên, được tạo cấu hình để giải mã trong bước chạy cuối cùng các dấu của hệ số biến đổi khác 0.

A20. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án từ A8 đến A19 nêu trên, trong đó bộ giải mã được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 3, phương án thay thế thứ hai “2. Máy trạng thái chuyển đổi từ máy trạng thái điều khiển bởi tính chẵn lẻ sang máy trạng thái điều khiển bởi độ quan trọng”) 1) ở chuyển tiếp trạng thái, thực hiện cập nhật trạng thái của chuyển tiếp trạng thái phụ thuộc vào - nếu vị trí hệ số biến đổi hiện tại đứng trước theo thứ tự quét hoặc là vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, đối với vị trí hệ số biến đổi tương ứng - cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai (ví dụ, phương án 3: `par_flag`) của vị trí hệ số biến đổi tương ứng, bật - nếu vị trí hệ số biến đổi tương ứng tuân theo thứ tự quét thì vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, đối với vị trí hệ số biến đổi tương ứng - cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất của vị trí hệ số biến đổi tương ứng (ví dụ, phương án 3: `path(level)` mang lại không), 2) trong giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, xác định ngữ cảnh để giải mã cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất được xác định trước cho hệ số biến đổi hiện được quét, cho tất cả các vị trí hệ số biến đổi trước đó, bao gồm và theo sau vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, phụ thuộc vào trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét.

A21. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án từ A8 đến A19 nêu trên, trong đó bộ giải mã được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 3), trong quá trình giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, xác định ngữ cảnh để giải mã cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất được xác định trước cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét, đối với các vị trí hệ số biến đổi trước và bao gồm vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, phụ thuộc vào trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét và đối với các vị trí hệ số biến đổi sau vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, độc lập với trạng thái mà trạng thái chuyển tiếp giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét.

A22. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án từ A8 đến A19 nêu trên, trong đó bộ giải mã được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 3, thay thế thứ nhất), 1) trong quá trình giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, xác định ngữ cảnh để giải mã cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất được xác định trước cho vị trí hệ số biến đổi hiện đang quét, đối với tất cả các vị trí hệ số biến đổi trước đó, bao gồm và theo sau vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, phụ thuộc vào trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí

hệ số biến đổi hiện đang quét, 2) trong trạng thái chuyển tiếp, thực hiện việc cập nhật trạng thái của chuyển tiếp trạng thái cho vị trí hệ số biến đổi theo sau vị trí hệ số biến đổi tương ứng theo thứ tự quét phụ thuộc vào cờ hiệu của loại cờ thứ nhất của vị trí hệ số biến đổi tương ứng (ví dụ, phương án 3: path(level) mang lại không).

B1: Máy giải mã khối hệ số biến đổi, máy này được tạo cấu hình để giải mã từ dòng dữ liệu, trong chuỗi các bước chạy mà quét các vị trí hệ số biến đổi dọc theo thứ tự quét (lưu ý rằng các bước chạy không cần phải quét tất cả các vị trí hệ số biến đổi của khối biến đổi, nhưng tất cả chúng đều sử dụng thứ tự quét; hơn nữa, các cờ hiệu cho một số loại cờ hiệu có thể được truyền trong cùng một bước chạy), 1) sử dụng kỹ thuật giải mã số học nhị phân thích ứng theo ngữ cảnh, các cờ hiệu mà mỗi cờ hiệu nằm ngoài tập hợp gồm một hoặc nhiều loại cờ hiệu (ví dụ, phương án 1: sig_flag, par_flag, gt1_flag, gt2_flag) và 2) sử dụng mã có độ dài thay đổi (ví dụ, sử dụng tỷ lệ nén 1; được truyền ở chế độ bỏ qua; vì vậy cũng nhận xét cho A1), giá trị của phần còn lại (phần còn lại),

sao cho mỗi cờ hiệu và mỗi giá trị của phần còn lại được giải mã tương ứng cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét (ví dụ, phương án 1: chỉ số k) và để cho mỗi vị trí hệ số biến đổi của tập hợp các vị trí hệ số biến đổi được lập mã (ví dụ, mở rộng giữa vị trí hệ số biến đổi thứ nhất được xác định trước và vị trí hệ số biến đổi cuối cùng được xác định trước, trong đó vị trí hệ số biến đổi thứ nhất và cuối cùng được xác định trước chỉ định tập hợp con của các vị trí hệ số biến đổi trong khối biến đổi; cách khác, ví dụ, mở rộng giữa hệ số khác 0 cuối cùng và hệ số xác định trước chẳng hạn như hệ số DC), ít nhất một trong một hoặc nhiều cờ hiệu và giá trị của phần còn lại (nghĩa là phần còn lại và không có cờ hiệu, một hoặc nhiều cờ hiệu và một phần còn lại, hoặc một hoặc nhiều cờ hiệu và không có phần dư) được giải mã tuần tự để liên tục (tức là theo nghĩa tuần tự) giới hạn miền giá trị ban đầu (ví dụ, dạng biểu diễn bit $x \rightarrow \Omega = 0 \text{ to } 2^x - 1$; tức là $x = 16$) trong đó giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét chỉ bao gồm giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét trong miền giá trị (nghĩa là “ít nhất một trong một hoặc nhiều cờ hiệu và giá trị của phần còn lại” được giải mã cho vị trí hệ số biến đổi nhất định xác định giá trị thứ hai duy nhất ngoài miền giá trị ban đầu), trong đó mỗi cờ hiệu giới hạn miền giá trị của giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét thành phần phụ thứ nhất hoặc phần phụ thứ hai trong đó miền giá trị của giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét được chia đôi thành (ví dụ, sig_flag: miền giá trị Ω được chia thành A

= $\{0\}$ và $\bar{A}$; sau đó, `par_flag` giới hạn $\bar{A}$ thành giá trị lẻ hoặc chẵn...) và, nếu giá trị của phần còn lại được giải mã cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét, thì giá trị của phần còn lại chỉ ra duy nhất (hai phương án sau đây sẽ được hiểu là bao hàm tất cả các phương án, bao gồm cả phương án 1 trong đó đối với một số hệ số biến đổi vị trí đơn thuần là phần còn lại được lập mã và phương án 3 trong đó vị trí hệ số biến đổi như vậy không có mặt) giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét nằm ngoài miền giá trị nếu đối với vị trí hệ số biến đổi hiện được quét có ít nhất một cờ hiệu được giải mã hoặc ngoài miền giá trị ban đầu nếu đối với vị trí hệ số biến đổi hiện được quét không có cờ hiệu nào được giải mã (lưu ý rằng các vị trí hệ số biến đổi không có giá trị của phần còn lại nào được giải mã, một hoặc nhiều cờ hiệu được giải mã cho các vị trí hệ số biến đổi này đã giới hạn miền giá trị chỉ bao gồm một giá trị tuyệt đối; như ký hiệu, nếu các TC được ký hiệu ở tất cả, nó có thể được lập mã riêng ở chế độ bỏ qua), trong đó máy được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 1, 2), trong bước chạy thứ nhất của chuỗi các bước chạy, a) giải mã từ các cờ hiệu dòng dữ liệu của loại cờ thứ nhất xác định trước cho đến vị trí hệ số biến đổi được xác định trước (ví dụ, phương án 1: một được lập chỉ số bởi `startIdxBypass-1`) mà trong bước chạy thứ nhất, tiêu chí hủy bỏ xác định trước, dọc theo thứ tự quét, được đáp ứng lần thứ nhất (ví dụ, trong phương án 1: số lượng cờ xác định trước của đã được giải mã trong bước chạy thứ nhất), các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất xác định trước chỉ ra liệu chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét có bằng 0 hay không (ví dụ, `sig_flag`), b) giải mã các cờ hiệu cho các vị trí hệ số biến đổi trước đó và bao gồm vị trí hệ số biến đổi được xác định trước và giải mã cho từng vị trí trong số tập hợp các vị trí hệ số biến đổi được lập mã theo vị trí hệ số biến đổi được xác định trước theo thứ tự quét, một trong các giá trị của phần còn lại để giá trị sau chỉ ra giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa cho các vị trí hệ số biến đổi tương ứng ngoài miền giá trị ban đầu.

B2. Máy theo phương án B1, máy này được tạo cấu hình để tham số hóa mã có độ dài thay đổi để giải mã giá trị của phần còn lại cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét khác nhau phụ thuộc vào liệu vị trí hệ số biến đổi hiện được quét đứng trước hay là vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, hoặc đứng sau vị trí hệ số biến đổi được xác định trước theo thứ tự quét.

B3. Máy theo phương án B1 hoặc B2, máy này được tạo cấu hình để tham số hóa mã có độ dài thay đổi để giải mã giá trị của phần còn lại cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét bằng cách thay đổi từng bước giá trị của phần còn lại dựa trên chỉ số lượng tử hóa của

vị trí hệ số biến đổi trước đáp ứng tiêu chí được xác định trước và/hoặc phụ thuộc vào chỉ số lượng tử hóa của các vị trí hệ số biến đổi trong vùng lân cận của vị trí hệ số biến đổi hiện được quét, nếu vị trí hệ số biến đổi hiện được quét đứng trước (theo thứ tự quét) hoặc là vị trí hệ số biến đổi được xác định trước.

B4. Máy theo phương án B1 hoặc B2 hoặc B3, máy này được tạo cấu hình để tham số hóa mã có độ dài thay đổi được để giải mã giá trị của phần còn lại cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét phụ thuộc vào chỉ số lượng tử hóa của các vị trí hệ số biến đổi trong vùng lân cận của vị trí hệ số biến đổi hiện được quét và phụ thuộc vào trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện đang quét, nếu vị trí hệ số biến đổi hiện được quét theo sau vị trí hệ số biến đổi được xác định trước theo thứ tự quét.

B5. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ B1 đến B4, trong đó bộ giải mã được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 1 đến phương án 4) khử lượng tử hóa tuần tự (tức là sử dụng lượng tử hóa phụ thuộc) các chỉ số lượng tử hóa của các vị trí hệ số biến đổi của tập hợp các vị trí hệ số biến đổi được lập mã bằng cách sử dụng chuyển tiếp trạng thái (xem ví dụ, sơ đồ lưới mắt cáo) bằng cách a) chọn, đối với vị trí hệ số biến đổi hiện tại, tập hợp các mức tái tạo trong số nhiều tập hợp mức tái tạo chỉ dựa trên trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại, và khử lượng tử hóa chỉ số lượng tử hóa thành mức tái tạo mà chỉ số lượng tử hóa chỉ vào trong tập hợp các mức tái tạo và bằng cách b) cập nhật trạng thái của chuyển tiếp trạng thái được giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại (lưu ý rằng đây là chỉ số hiện được quét trong quá trình lượng tử hóa phụ thuộc; chỉ số "hiện được quét" được sử dụng để biểu chỉ số hiện được giải mã trong các bước) cho (lưu ý rằng thuật ngữ này hiện tạo thành chỉ báo về mục đích dự định của, hoặc ảnh hưởng của việc cập nhật) vị trí hệ số biến đổi theo sau vị trí hệ số biến đổi hiện tại trong thứ tự quét phụ thuộc vào chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại.

3. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ A1 đến A22 hoặc B1 đến B5, máy này được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 1 đến phương án 4) thực hiện việc giải mã sao cho đối với mỗi cờ hiệu trong số tập hợp một hoặc nhiều loại cờ hiệu, các cờ hiệu của loại cờ hiệu tương ứng được giải mã trong một bước trong chuỗi các bước chạy.

4. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, (ví dụ, phương án từ 1 đến phương án 4, mục 4.5.4), trong đó mã có độ dài thay đổi là mã Golomb-Rice.

5. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, trong đó (ví dụ, phương án 1 đến phương án 4, phương pháp 1 và 2 trong 4.5.4) máy này được tạo cấu hình để tham số hóa mã có độ dài thay đổi để giải mã giá trị của phần còn lại cho vị trí hệ số biến đổi hiện được quét bằng cách thay đổi từng bước giá trị của phần còn lại dựa trên chỉ số lượng tử hóa của vị trí hệ số biến đổi trước đó đáp ứng tiêu chí được xác định trước và/hoặc phụ thuộc vào chỉ số lượng tử hóa của vị trí hệ số biến đổi trong vùng lân cận của vị trí hệ số biến đổi hiện được quét.

6. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án nêu trên, máy này được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 1 đến phương án 4) xác định tập hợp được lập mã của các vị trí hệ số biến đổi là mở rộng, dọc theo thứ tự quét, giữa vị trí của chỉ số lượng tử hóa khác 0 thứ nhất theo thứ tự quét và vị trí hệ số biến đổi được định trước và để xác định vị trí của chỉ số lượng tử hóa khác 0 thứ nhất dựa trên dòng dữ liệu.

7. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án nêu trên, máy này được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 1 đến phương án 4) giải mã từ dòng dữ liệu cho mỗi chỉ số lượng tử hóa khác 0, bit dấu bằng cách sử dụng chế độ bỏ qua có xác suất tương đương.

10. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án nêu trên, máy này được tạo cấu hình để giải mã, bằng cách sử dụng kỹ thuật giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất cho vị trí hệ số biến đổi được xác định trước bằng cách lựa chọn ngữ cảnh phụ thuộc vào vị trí hệ số của hệ số biến đổi được xác định trước.

11. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án nêu trên, máy này được tạo cấu hình để giải mã, bằng cách sử dụng kỹ thuật giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ nhất cho vị trí hệ số biến đổi được xác định trước bằng cách a) xác định hoạt động cục bộ dựa trên tập hợp các cờ hiệu được giải mã trước cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước của vị trí hệ số biến đổi được xác định trước cho tập hợp các vị trí hệ số biến đổi lân cận trong khung mẫu cục bộ xung quanh vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, và bằng cách b) lựa chọn ngữ cảnh phụ thuộc vào hoạt động cục bộ.

12. Máy theo phương án 11, trong đó tập hợp các cờ hiệu bao gồm (ít nhất; thậm chí có thể nhiều hơn chẳng hạn như bốn) cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất xác định trước, cờ hiệu của loại cờ thứ hiệu hai được xác định trước và cờ hiệu của loại cờ thứ ba xác định

trước được giải mã cho tập hợp các vị trí hệ số biến đổi lân cận và máy được tạo cấu hình để tính toán hoạt động dựa trên tổng trên số hạng cho mỗi vị trí hệ số biến đổi lân cận, các số hạng chỉ ra giá trị tuyệt đối được giả định tối thiểu của chỉ số lượng tử hóa hoặc mức lượng tử hóa tuyệt đối được giả định nhỏ nhất cho các vị trí hệ số biến đổi lân cận được xác định dựa trên (ít nhất) cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất xác định trước, cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai được xác định trước và cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ ba xác định trước được giải mã cho các vị trí hệ số biến đổi lân cận.

13. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu tên, trong đó bộ giải mã được tạo cấu hình để (ví dụ, phương án 1 đến phương án 4) 1) khử lượng tử hóa tuần tự (tức là sử dụng lượng tử hóa phụ thuộc) các chỉ số lượng tử hóa của các vị trí hệ số biến đổi của tập hợp các vị trí hệ số biến đổi được lập mã bằng cách sử dụng chuyển tiếp trạng thái (xem ví dụ, sơ đồ lưới mắt cáo) bằng cách a) chọn, đối với mỗi vị trí hệ số biến đổi, tập hợp các mức tái tạo trong số nhiều tập hợp mức tái tạo chỉ dựa trên trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí hệ số biến đổi tương ứng, và khử lượng tử hóa chỉ số lượng tử hóa thành mức tái tạo mà chỉ số lượng tử hóa chỉ vào trong tập hợp các mức tái tạo và bằng cách b) cập nhật trạng thái của chuyển tiếp trạng thái được giả định cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại (lưu ý rằng đây là chỉ số hiện được quét trong quá trình lượng tử hóa phụ thuộc; chỉ số "hiện được quét" được sử dụng để biểu chỉ số hiện được giải mã trong bước chạy) cho (lưu ý rằng thuật ngữ này hiện tạo thành chỉ báo về mục đích dự định của, hoặc ảnh hưởng của việc cập nhật) vị trí hệ số biến đổi theo sau vị trí hệ số biến đổi hiện tại trong thứ tự quét phụ thuộc vào chỉ số lượng tử hóa cho vị trí hệ số biến đổi hiện tại, 2) giải mã, bằng cách sử dụng kỹ thuật giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ nhất cho vị trí hệ số biến đổi được xác định trước bằng cách chọn ngữ cảnh phụ thuộc vào trạng thái mà chuyển tiếp trạng thái giả định cho vị trí hệ số biến đổi được xác định trước và/hoặc tập hợp mức lượng tử hóa được chọn cho vị trí hệ số biến đổi được xác định trước.

20. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án nêu trên, máy này được tạo cấu hình để giải mã, bằng cách sử dụng kỹ thuật giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, các cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai cho vị trí hệ số biến đổi được xác định trước bằng cách chọn ngữ cảnh phụ thuộc vào vị trí hệ số của hệ số biến đổi được xác định trước.

21. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, được tạo cấu hình để giải mã, sử dụng kỹ thuật giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, cờ hiệu của loại cờ

hiệu được xác định trước thứ hai cho vị trí hệ số biến đổi được xác định trước bằng cách 1) xác định hoạt động cục bộ dựa trên tập hợp các cờ hiệu được giải mã trước cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ hai của vị trí hệ số biến đổi được xác định trước cho tập hợp các vị trí hệ số biến đổi lân cận trong khung mẫu cục bộ xung quanh vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, và/hoặc số lượng vị trí hệ số biến đổi trong khung mẫu cục bộ xung quanh vị trí hệ số biến đổi định trước, chỉ số lượng tử hóa của nó là khác không, và bằng cách 2) chọn ngữ cảnh phụ thuộc vào hoạt động cục bộ và/hoặc số lượng chỉ số lượng tử hóa khác không.

22. Máy theo phương án 21, máy này được tạo cấu hình để chọn ngữ cảnh phụ thuộc vào sự khác biệt giữa hoạt động cục bộ và số lượng chỉ số lượng tử hóa khác 0.

23. Máy theo phương án 20 hoặc 21, trong đó tập hợp các cờ hiệu bao gồm (ví dụ, được lập mã trong bước chạy quét thứ nhất, như cũng đúng với phương án 12) cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất xác định trước và cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai xác định trước và cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ ba xác định trước được giải mã cho tập hợp các vị trí hệ số biến đổi lân cận và máy được tạo cấu hình để tính toán hoạt động dựa trên tổng trên số hạng cho mỗi vị trí hệ số biến đổi lân cận, các số hạng chỉ ra giá trị tuyệt đối được giả định tối thiểu của chỉ số lượng tử hóa hoặc chỉ số lượng tử hóa tuyệt đối được giả định nhỏ nhất cho các vị trí hệ số biến đổi lân cận được xác định dựa trên (lưu ý rằng không lớn hơn số cờ hiệu theo sau có thể được sử dụng nếu đã được truyền nhiều hơn trong bước chạy thứ nhất) cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất xác định trước, cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai được xác định trước và cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ ba xác định trước được giải mã cho các vị trí hệ số biến đổi lân cận.

30. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án nêu trên, được tạo cấu hình để giải mã, bằng cách sử dụng kỹ thuật giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, các cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ ba cho vị trí hệ số biến đổi được xác định trước bằng cách chọn ngữ cảnh phụ thuộc vào vị trí hệ số của hệ số biến đổi được xác định trước.

31. Máy theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên, máy này được tạo cấu hình để giải mã, bằng cách sử dụng kỹ thuật giải mã entropy thích ứng theo ngữ cảnh, cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ ba cho vị trí hệ số biến đổi được xác định trước bằng cách 1) xác định hoạt động cục bộ dựa trên tập hợp các cờ hiệu được giải mã

trước cờ hiệu của loại cờ hiệu được xác định trước thứ hai của hệ số biến đổi được xác định trước cho tập hợp các vị trí hệ số biến đổi lân cận trong khung mẫu cục bộ xung quanh vị trí hệ số biến đổi được xác định trước, và/hoặc số lượng vị trí hệ số biến đổi trong khung mẫu cục bộ xung quanh vị trí hệ số biến đổi định trước, chỉ số lượng tử hóa của nó là khác không, và bằng cách 2) chọn ngưỡng phụ thuộc vào hoạt động cục bộ và/hoặc số lượng chỉ số lượng tử hóa khác không.

32. Máy theo phương án 31, được tạo cấu hình để lựa chọn ngưỡng phụ thuộc vào sự khác biệt giữa hoạt động cục bộ và số lượng chỉ số lượng tử hóa khác 0.

33. Máy theo phương án 30 hoặc 31, trong đó tập hợp cờ hiệu bao gồm (xem chú thích trên phương án 12 và 23) cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất xác định trước, cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai xác định trước và cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ ba xác định trước được giải mã cho tập hợp các vị trí hệ số biến đổi lân cận và máy được tạo cấu hình để tính toán hoạt động dựa trên tổng trên số hạng cho mỗi vị trí hệ số biến đổi lân cận, các số hạng biểu thị giá trị tuyệt đối được giả định tối thiểu cho chỉ số lượng tử hóa hoặc chỉ số lượng tử hóa tuyệt đối được giả định tối thiểu cho các vị trí hệ số biến đổi lân cận được xác định dựa trên (xem chú thích trên phương án 12 và 23) *cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ nhất xác định trước, cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ hai xác định trước và cờ hiệu của loại cờ hiệu thứ ba xác định trước được giải mã cho các vị trí hệ số biến đổi lân cận.*

C1. Bộ giải mã để giải mã khối hệ số biến đổi, bộ giải mã này được tạo cấu hình để

- 1) giải mã, đối với mỗi trong số ít nhất tập hợp các khối con mà do khối hệ số biến đổi được phân chia thành, cờ hiệu độ lớn của khối con chỉ ra liệu khối con tương ứng có chứa bất kỳ hệ số biến đổi nào mà giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi có lớn hơn ngưỡng khác 0 được xác định trước hay không và để 2) giải mã hệ số biến đổi của khối hệ số biến đổi trong mỗi khối con mà cờ hiệu độ lớn của khối con chỉ ra rằng có ít nhất một hệ số biến đổi mà giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi lớn hơn ngưỡng khác 0 được xác định trước, a) bằng cách giải mã tuần tự, đối với mỗi hệ số biến đổi trong khối con tương ứng, chuỗi gồm một hoặc nhiều cờ chia đôi theo cách đệ quy miền giá trị của hệ số biến đổi tương ứng thành hai phân chia và chỉ ra trong đó một chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi tương ứng nằm vào, với việc dùng giải mã chuỗi ngay khi miền giá trị chỉ bao gồm một giá trị hoặc các giá trị bằng nhau theo nghĩa tuyệt đối và nếu miền giá trị vẫn bao gồm nhiều hơn một giá trị khác theo nghĩa tuyệt đối, thì giá trị của phần còn lại biểu thị giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi tương ứng

trong miền giá trị và trong mỗi khối con mà cờ hiệu độ lớn của khối con chỉ ra rằng không có hệ số biến đổi mà giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của nó lớn hơn ngưỡng khác 0 được xác định trước, b) bằng cách giải mã tuần tự, đối với mỗi hệ số biến đổi trong khối con tương ứng, chuỗi một hoặc nhiều cờ hiệu dừng giải mã trình tự ngay khi miền giá trị bao gồm, chỉ một giá trị vượt quá ngưỡng khác 0, chỉ là một giá trị hoặc chỉ là các giá trị bằng nhau theo nghĩa tuyệt đối.

C2. Máy theo phương án C1, trong đó cờ hiệu thứ nhất của các cờ hiệu trình tự là cờ hiệu quan trọng chỉ báo về việc liệu hệ số biến đổi mà cờ hiệu thứ nhất được giải mã có bằng 0 hay không.

C3. Máy theo phương án C2, trong đó ngưỡng khác 0 được xác định trước là một và máy này được tạo cấu hình để, trong mỗi khối con mà cờ hiệu độ lớn của khối phụ chỉ ra rằng không có hệ số biến đổi mà giá trị tuyệt đối của chỉ số lượng tử hóa của hệ số biến đổi lớn hơn một, giải mã tuần tự cho từng hệ số biến đổi trong khối con tương ứng, cờ hiệu thứ nhất.

C4. Máy theo bất kỳ phương án nào trong số các phương án từ C1 đến C3 nêu trên, được tạo cấu hình để 1) giải mã, đối với mỗi trong số ít nhất tập hợp bổ sung của các khối con mà khối hệ số biến đổi được phân chia thành, cờ hiệu độ lớn của khối con bổ sung chỉ ra liệu khối con tương ứng có chứa bất kỳ hệ số biến đổi không bằng 0 hay không và 2) xác định tập hợp các khối con mà cờ hiệu độ lớn của khối con được giải mã để bao gồm các khối con mà cờ hiệu độ lớn của khối con bổ sung chỉ ra rằng khối con bao gồm ít nhất một hệ số biến đổi không bằng 0, và 3) suy ra rằng các hệ số biến đổi của khối hệ số biến đổi trong mỗi khối con mà cờ hiệu độ lớn của khối con bổ sung chỉ ra rằng không có hệ số biến đổi khác 0, tất cả đều bằng không.

Trong phần mô tả trên, các khái niệm về lượng tử hóa và lập mã entropy của các mức hệ số biến đổi (các chỉ số lượng tử hóa) để lập mã video lai dựa trên khối đã được trình bày. Các kỹ thuật nêu trên có thể được áp dụng để lập mã mất mát khối các mẫu còn lại. Các mẫu dư có thể biểu diễn sự khác biệt giữa khối mẫu ban đầu và các mẫu của tín hiệu dự đoán (tín hiệu dự đoán có thể thu được bằng dự đoán nội ảnh hoặc dự đoán liên ảnh, hoặc kết hợp giữa dự đoán nội ảnh và liên ảnh, hoặc bất kỳ phương tiện nào khác; trong trường hợp đặc biệt, tín hiệu dự đoán có thể được đặt bằng 0).

Khối dư của các mẫu có thể được biến đổi bằng cách sử dụng biến đổi tín hiệu.

Thông thường, biến đổi tuyến tính và có thể phân tách được sử dụng (tuyến tính có nghĩa là các biến đổi là tuyến tính, nhưng có thể kết hợp thêm việc làm tròn các hệ số biến đổi). Thường sử dụng phép tính gần đúng số nguyên của DCT-II hoặc phép tính gần đúng số nguyên của các biến đổi khác thuộc họ DCT/DST. Các biến đổi khác nhau có thể được sử dụng theo hướng ngang hoặc dọc. Biến đổi không bị giới hạn đối với các biến đổi tuyến tính và có thể phân tách. Bất kỳ biến đổi nào khác (tuyến tính và không thể phân tách, hoặc phi tuyến tính) có thể được sử dụng. Kết quả của biến đổi tín hiệu, khối hệ số biến đổi thu được biểu diễn khối mẫu dư ban đầu trong không gian tín hiệu khác. Trong trường hợp đặc biệt, biến đổi có thể bằng với biến đổi xác định (tức là khối của hệ số biến đổi có thể bằng khối của các mẫu dư). Khối biến hệ số biến đổi được lập mã bằng cách sử dụng lập mã mất mát. Ở phía bộ giải mã, khối hệ số biến đổi được tái tạo được biến đổi nghịch đảo để thu được khối mẫu dư được tái tạo. Và cuối cùng, bằng cách thêm tín hiệu dự đoán, khối mẫu hình ảnh được tái tạo sẽ thu được.

Đặc biệt, thích hợp cho việc lập mã mất mát khối hệ số biến đổi, các khía cạnh sau được sử dụng trong các phương án được mô tả ở trên:

- **Lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc của các hệ số biến đổi:**

Ở phía bộ mã hóa, khối hệ số biến đổi được ánh xạ thành khối các mức hệ số biến đổi (tức là chỉ số lượng tử hóa), biểu diễn các hệ số biến đổi với độ trung thực giảm. Ở phía bộ giải mã, các chỉ số lượng tử hóa được ánh xạ thành các hệ số biến đổi được tái tạo (khác với các hệ số biến đổi ban đầu do lượng tử hóa). Ngược lại với lượng tử hóa vô hướng thông thường, các hệ số biến đổi không được lượng tử hóa một cách độc lập. Thay vào đó, tập hợp các mức tái tạo có thể chấp nhận được đối với hệ số biến đổi nhất định phụ thuộc vào các chỉ số lượng tử hóa được chọn cho các hệ số biến đổi khác.

- **Lập mã entropy của các mức hệ số biến đổi (các chỉ số lượng tử hóa):**

Các mức hệ số biến đổi biểu diễn hệ số biến đổi được tái tạo (đối với lượng tử hóa vô hướng phụ thuộc) được lập mã entropy bằng cách sử dụng mã số học nhị phân. Trong ngữ cảnh đó, các thuộc tính của lượng tử hóa phụ thuộc được khai thác để cải thiện hiệu quả lập mã entropy.

Các phương án và khía cạnh khác nhau đã được mô tả ở trên. Phần mô tả liên quan

đến các khía cạnh khác nhau, chẳng hạn như dạng biểu diễn cờ hiệu/phần còn lại, sự phân bố của các cờ hiệu và các phần còn lại trên các bước chạy, suy ra ngữ cảnh, giới hạn của các cờ hiệu được lập mã thích ứng theo ngữ cảnh, v.v.. Các khía cạnh, dấu hiệu, chức năng và chi tiết được mô tả trong phần khác nhau này có thể, tùy ý, được đưa vào các phương án được mô tả ở đây riêng lẻ hoặc cùng nhau.

Ngoài ra, các phương án được mô tả ở đây có thể được sử dụng riêng lẻ và cũng có thể được bổ sung bằng bất kỳ dấu hiệu, chức năng và chi tiết nào trong chương khác.

Ngoài ra, cần lưu ý rằng các khía cạnh riêng lẻ được mô tả ở đây có thể được sử dụng riêng lẻ hoặc kết hợp. Do đó, các chi tiết có thể được thêm vào từng khía cạnh riêng lẻ nói trên mà không cần thêm chi tiết vào khía cạnh khác trong các khía cạnh nói trên.

Đặc biệt, các phương án cũng được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ. Các phương án được mô tả trong điểm yêu cầu bảo hộ có thể được bổ sung tùy ý bằng bất kỳ dấu hiệu, chức năng và chi tiết nào như được mô tả ở đây, cả riêng lẻ và kết hợp.

Cũng cần lưu ý rằng sáng chế mô tả, rõ ràng hoặc ngầm định, các dấu hiệu có thể sử dụng được trong bộ mã hóa video (máy cung cấp dạng biểu diễn được mã hóa của tín hiệu video đầu vào) và trong bộ giải mã video (máy cung cấp dạng biểu diễn được giải mã của tín hiệu video trên cơ sở dạng biểu diễn được mã hóa của tín hiệu video). Do đó, bất kỳ dấu hiệu nào được mô tả ở đây đều có thể được sử dụng trong ngữ cảnh của bộ mã hóa video và trong ngữ cảnh của bộ giải mã video.

Hơn nữa, các dấu hiệu và chức năng bộc lộ ở đây liên quan đến phương pháp cũng có thể được sử dụng trong máy (được tạo cấu hình để thực hiện chức năng đó). Hơn nữa, bất kỳ dấu hiệu và chức năng nào được bộc lộ ở đây liên quan đến máy cũng có thể được sử dụng theo phương pháp tương ứng. Nói cách khác, các phương pháp bộc lộ ở đây có thể được bổ sung bằng bất kỳ dấu hiệu và chức năng nào được mô tả liên quan đến các máy.

Ngoài ra, bất kỳ dấu hiệu và chức năng nào được mô tả ở đây có thể được triển khai trong phần cứng hoặc trong phần mềm, hoặc sử dụng kết hợp phần cứng và phần mềm, như sẽ được mô tả trong phần “các phương án thay thế triển khai”.

Mặc dù một vài khía cạnh đã được mô tả trong ngữ cảnh của máy, rõ ràng rằng các khía cạnh này cũng thể hiện mô tả của phương pháp tương ứng, trong đó khối hoặc máy tương ứng với bước xử lý của phương pháp hoặc dấu hiệu của bước xử lý của phương

pháp. Tương tự, các khía cạnh được mô tả trong ngữ cảnh của bước xử lý của phương pháp cũng biểu diễn sự mô tả của khối hoặc mục hoặc dấu hiệu tương ứng của máy tương ứng. Một số hoặc tất cả các bước phương pháp có thể được thực hiện bởi (hoặc sử dụng) máy phần cứng, như ví dụ, bộ vi xử lý, máy tính có thể lập trình hoặc mạch điện tử. Trong một số phương án, một hoặc nhiều trong số các bước phương pháp quan trọng nhất có thể được thực thi bởi các máy này.

Phụ thuộc vào các yêu cầu thực thi nhất định, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện trong phần cứng hoặc trong phần mềm. Phương án có thể được thực hiện sử dụng phương tiện lưu trữ số, ví dụ, đĩa mềm, DVD, Blu-Ray, CD, ROM, PROM, EPROM, EEPROM hoặc bộ nhớ FLASH, có các tín hiệu điều khiển có thể đọc được theo cách điện tử được lưu trữ trên đó, mà kết hợp (hoặc có thể kết hợp) với hệ thống máy tính có thể lập trình sao cho phương pháp tương ứng được thực hiện. Do đó, phương tiện lưu trữ số có thể đọc được bằng máy tính.

Một số phương án theo sáng chế bao gồm vật mang dữ liệu có các tín hiệu điều khiển có thể đọc được theo cách điện tử, mà có khả năng kết hợp với hệ thống máy tính có thể lập trình, sao cho một trong số các phương pháp được mô tả ở đây được thực hiện.

Nói chung, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện như sản phẩm chương trình máy tính với mã chương trình, mã chương trình có tác dụng để thực hiện một trong số các phương pháp khi sản phẩm chương trình máy tính chạy trên máy tính. Mã chương trình có thể, ví dụ, được lưu trữ trên vật mang có thể đọc được bằng máy.

Các phương án khác bao gồm chương trình máy tính để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây, được lưu trữ trên vật mang có thể đọc được bằng máy.

Do đó, nói cách khác, phương án của phương pháp theo sáng chế là, chương trình máy tính có mã chương trình để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây, khi chương trình máy tính chạy trên máy tính.

Do đó, phương án khác của các phương pháp theo sáng chế là vật mang dữ liệu (hoặc phương tiện lưu trữ số, hoặc phương tiện đọc được bằng máy tính) gồm có, đã được ghi lại trên đó, chương trình máy tính để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây. Vật mang dữ liệu, phương tiện lưu trữ số hoặc phương tiện đã được ghi thường là hữu hình và/hoặc bất biến.

Do đó, phương án khác của các phương pháp theo sáng chế là dòng dữ liệu hoặc chuỗi tín hiệu biểu diễn chương trình máy tính để thực hiện một trong số các phương pháp đã được mô tả ở đây. Ví dụ, có thể tạo cấu hình dòng dữ liệu hoặc chuỗi tín hiệu để được truyền thông qua sự kết nối truyền thông dữ liệu, ví dụ thông qua Internet.

Phương án khác gồm có phương tiện xử lý, ví dụ máy tính, hoặc thiết bị logic lập trình được, được tạo cấu hình để hoặc được làm thích ứng để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây.

Phương án khác bao gồm máy tính có chương trình máy tính được cài đặt trên đó để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây.

Phương án khác theo sáng chế gồm có máy hoặc hệ thống được tạo cấu hình để truyền tải (ví dụ, bằng điện tử hoặc quang học) chương trình máy tính để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây đến bộ nhận. Bộ nhận có thể là, ví dụ, máy tính, thiết bị di động, thiết bị nhớ hoặc tương tự. Máy hoặc hệ thống có thể, ví dụ, gồm có máy chủ tập tin để truyền tải chương trình máy tính đến bộ nhận.

Theo một số phương án, thiết bị logic lập trình được (ví dụ, mảng công lập trình được dạng trường) có thể được sử dụng để thực hiện một số hoặc tất cả các chức năng của các phương pháp được mô tả ở đây. Trong một số phương án, mảng công lập trình được dạng trường có thể kết hợp với bộ vi xử lý để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây. Thông thường, các phương pháp tốt hơn là được thực hiện bởi máy phần cứng bất kỳ.

Máy được mô tả ở đây có thể được thực hiện sử dụng máy phần cứng, hoặc sử dụng máy tính, hoặc sử dụng tổ hợp của máy phần cứng và máy tính.

Máy được mô tả ở đây, hoặc bất kỳ thành phần nào của máy được mô tả ở đây, có thể được triển khai ít nhất một phần trong phần cứng và/hoặc trong phần mềm.

Các phương pháp được mô tả ở đây có thể được thực hiện sử dụng máy phần cứng, hoặc sử dụng máy tính, hoặc sử dụng tổ hợp của máy phần cứng và máy tính.

Phương pháp được mô tả ở đây, hoặc bất kỳ thành phần nào của máy được mô tả ở đây, có thể được thực hiện ít nhất một phần trong phần cứng và/hoặc trong phần mềm.

Các phương án được mô tả ở trên chỉ mang tính minh họa cho các nguyên lý của sáng chế. Cần hiểu rằng các sửa đổi và biến đổi của các phương án và các chi tiết được mô

tả ở đây sẽ là rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng. Do đó, mục đích của sáng chế chỉ bị giới hạn bởi phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ sắp đưa ra dưới đây và không bị giới hạn bởi các chi tiết cụ thể được biểu diễn bằng cách mô tả và giải thích của các phương án ở đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp giải mã hình ảnh từ dòng dữ liệu, phương pháp này bao gồm các bước:

xác định số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh để giải mã khối biến đổi biểu diễn một phần của hình ảnh;

trong bước chạy giải mã đối với ít nhất một vị trí, mỗi vị trí tương ứng với một hệ số biến đổi trong một khối con của khối biến đổi, bắt đầu tại vị trí bắt đầu và tiến hành theo thứ tự quét tuần tự đi qua ít nhất một vị trí:

giải mã ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh tại vị trí hiện tại trong khối con,

để đáp lại việc giải mã mỗi trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, cập nhật số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh,

sau khi giải mã tất cả cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh liên kết với vị trí hiện tại và trước khi tiến hành đến vị trí kế tiếp ngay sau vị trí hiện tại theo thứ tự quét, so sánh số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật với giá trị được xác định trước, và

kết thúc bước chạy giải mã, dựa vào sự so sánh;

để lựa chọn các vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí bắt đầu đến vị trí hiện tại, giải mã phần còn lại cho mức tuyệt đối liên kết với các hệ số biến đổi cụ thể tại các vị trí tương ứng của các hệ số biến đổi cụ thể; và

đối với mỗi vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí kế tiếp đến vị trí kết thúc trong khối con, giải mã mức tuyệt đối liên kết với hệ số biến đổi tại mỗi vị trí tương ứng.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó mỗi trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh chỉ định ít nhất một phần mức hệ số biến đổi của hệ số biến đổi được liên kết của khối con.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước giải mã ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, bao gồm các bước:

giải mã, đối với hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ nhất của loại cờ hiệu thứ nhất chỉ ra liệu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại có bằng không hay không; và

khi cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ nhất của loại cờ hiệu thứ nhất chỉ ra rằng hệ

số biến đổi tại vị trí hiện tại không bằng không và sau khi số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật, giải mã, đối với hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ hai của loại cờ hiệu thứ hai chỉ ra liệu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại có lớn hơn giá trị được đặt trước hay không; và

khi cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ nhất của loại cờ hiệu thứ nhất chỉ ra rằng hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại là bằng không và sau khi số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật, xác định, dựa vào sự so sánh, liệu có giải mã một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh khác của loại cờ hiệu thứ nhất hay không, đối với hệ số biến đổi tại vị trí kế tiếp hoặc kết thúc bước chạy giải mã.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước cập nhật số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh bao gồm bước giảm bớt số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh đi một đối với mỗi cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, được giải mã.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó:

ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh bao gồm cờ hiệu lớn hơn; và

mỗi trong số các hệ số biến đổi cụ thể được liên kết với cờ hiệu lớn hơn có giá trị được giải mã chỉ ra rằng hệ số biến đổi là lớn hơn giá trị được đặt trước.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó giá trị được giải mã của cờ hiệu lớn hơn là một đối với mỗi trong số các hệ số biến đổi cụ thể.

7. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm bước:

xác định kết thúc bước chạy giải mã, dựa vào sự so sánh chỉ ra rằng số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật là nhỏ hơn giá trị được xác định trước.

8. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm các bước:

xác định liệu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại có phải là một trong số các hệ số biến đổi cụ thể hay không;

nếu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại là một trong số các hệ số biến đổi cụ thể, xác định rằng mức tuyệt đối, của hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, được dựa vào ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh được giải mã tại vị trí hiện tại và phần còn lại được giải mã đối với mức tuyệt đối liên kết với hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại; và

nếu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại không phải là một trong số các hệ số biến đổi cụ thể, xác định rằng mức tuyệt đối, của hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, được dựa vào ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh được giải mã tại vị trí hiện tại.

9. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm các bước:

xác định tiếp tục bước chạy giải mã dựa vào sự so sánh chỉ ra rằng số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật là lớn hơn giá trị được xác định trước; và

giải mã ít nhất một cờ hiệu bổ sung được lập mã ngữ cảnh liên kết với hệ số biến đổi tại vị trí kế tiếp theo thứ tự quét.

10. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm các bước:

xác định trạng thái đối với mỗi trong số các hệ số biến đổi của khối con, trạng thái đối với hệ số biến đổi hiện tại phụ thuộc vào trạng thái của hệ số biến đổi trước đó và giá trị của hệ số biến đổi trước đó; và

xác định liệu có chuyển tiếp giữa các tập hợp lượng tử hóa dựa vào trạng thái này hay không.

11. Thiết bị điện tử để giải mã hình ảnh từ dòng dữ liệu, thiết bị điện tử này bao gồm:

bộ xử lý được tạo cấu hình để:

xác định số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh để giải mã khối biến đổi biểu diễn một phần của hình ảnh;

trong bước chạy giải mã đối với ít nhất một vị trí, mỗi vị trí tương ứng với một hệ số biến đổi trong một khối con của khối biến đổi, bắt đầu tại vị trí bắt đầu và tiến hành theo thứ tự quét tuần tự đi qua ít nhất một vị trí:

giải mã ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh tại vị trí hiện tại trong khối con,

để đáp lại việc giải mã mỗi trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, cập nhật số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh,

sau khi giải mã tất cả cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh liên kết với vị trí hiện tại và trước khi tiến hành đến vị trí kế tiếp ngay sau vị trí hiện tại theo thứ tự quét, so sánh số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật với giá trị được xác định trước, và

kết thúc bước chạy giải mã, dựa vào sự so sánh;

để lựa chọn các vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí bắt đầu đến vị trí hiện tại, giải mã phần còn lại cho mức tuyệt đối liên kết với các hệ số biến đổi cụ thể tại các vị trí tương ứng của các hệ số biến đổi cụ thể; và

đối với mỗi vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí kế tiếp đến vị trí kết thúc trong khối con, giải mã mức tuyệt đối liên kết với hệ số biến đổi tại mỗi vị trí tương ứng.

12. Thiết bị điện tử theo điểm 11, trong đó mỗi trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh chỉ định ít nhất một phần mức hệ số biến đổi của hệ số biến đổi được liên kết của khối con.

13. Thiết bị điện tử theo điểm 11, trong đó để giải mã ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, bộ xử lý được tạo cấu hình để:

giải mã, đối với hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ nhất của loại cờ hiệu thứ nhất chỉ ra liệu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại có bằng không hay không; và

nếu cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ nhất của loại cờ hiệu thứ nhất chỉ ra rằng hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại không bằng không và sau khi số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật, giải mã, đối với hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ hai của loại cờ hiệu thứ hai chỉ ra liệu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại có lớn hơn giá trị được đặt trước hay không; và

nếu cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ nhất của loại cờ hiệu thứ nhất chỉ ra rằng hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại là bằng không và sau khi số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật, xác định, dựa vào sự so sánh, liệu có giải mã một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh khác hay không, đối với hệ số biến đổi tại vị trí kế tiếp hoặc kết thúc bước chạy giải mã.

14. Thiết bị điện tử theo điểm 11, trong đó để cập nhật số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh, bộ xử lý được tạo cấu hình để giảm bớt số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh đi một đối với mỗi cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, được giải mã.

15. Thiết bị điện tử theo điểm 11, trong đó:

ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh bao gồm cờ hiệu lớn hơn; và

mỗi trong số các hệ số biến đổi cụ thể được liên kết với cờ hiệu lớn hơn có giá trị

được giải mã chỉ ra rằng hệ số biến đổi là lớn hơn giá trị được đặt trước.

16. Thiết bị điện tử theo điểm 15, trong đó giá trị được giải mã của cờ hiệu lớn hơn là một đối với mỗi trong số các hệ số biến đổi cụ thể.

17. Thiết bị điện tử theo điểm 11, trong đó bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:

xác định kết thúc bước chạy giải mã, dựa vào sự so sánh chỉ ra rằng số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật là nhỏ hơn giá trị được xác định trước

18. Thiết bị điện tử theo điểm 11, trong đó bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:

xác định liệu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại có phải là một trong số các hệ số biến đổi cụ thể hay không;

nếu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại là một trong số các hệ số biến đổi cụ thể, xác định rằng mức tuyệt đối, của hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, được dựa vào ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh được giải mã tại vị trí hiện tại và phần còn lại được giải mã đối với mức tuyệt đối liên kết với hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại; và

nếu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại không phải là một trong số các hệ số biến đổi cụ thể, xác định rằng mức tuyệt đối, của hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, được dựa vào ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh được giải mã tại vị trí hiện tại.

19. Thiết bị điện tử theo điểm 11, trong đó bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:

xác định tiếp tục bước chạy giải mã dựa vào sự so sánh chỉ ra rằng số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật là lớn hơn giá trị được xác định trước; và

giải mã ít nhất một cờ hiệu bổ sung được lập mã ngữ cảnh liên kết với hệ số biến đổi tại vị trí kế tiếp theo thứ tự quét.

20. Thiết bị điện tử theo điểm 11, trong đó bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:

xác định trạng thái đối với mỗi trong số các hệ số biến đổi của khối con, trạng thái đối với hệ số biến đổi hiện tại phụ thuộc vào trạng thái của hệ số biến đổi trước đó và giá trị của hệ số biến đổi trước đó; và

xác định liệu có chuyển tiếp giữa các tập hợp lượng tử hóa dựa vào trạng thái này hay không.

21. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính chứa các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý của thiết bị điện tử:

xác định số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh để giải mã khối biến đổi biểu diễn một phần của hình ảnh;

trong bước chạy giải mã đối với ít nhất một vị trí, mỗi vị trí tương ứng với một hệ số biến đổi trong một khối con của khối biến đổi, bắt đầu tại vị trí bắt đầu và tiến hành theo thứ tự quét tuần tự đi qua ít nhất một vị trí:

giải mã ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh tại vị trí hiện tại trong khối con,

để đáp lại việc giải mã mỗi trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, cập nhật số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh,

sau khi giải mã tất cả cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh liên kết với vị trí hiện tại và trước khi tiến hành đến vị trí kế tiếp ngay sau vị trí hiện tại theo thứ tự quét, so sánh số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật với giá trị được xác định trước, và

kết thúc bước chạy giải mã, dựa vào sự so sánh;

để lựa chọn các vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí bắt đầu đến vị trí hiện tại, giải mã phần còn lại cho mức tuyệt đối liên kết với các hệ số biến đổi cụ thể tại các vị trí tương ứng của các hệ số biến đổi cụ thể; và

đối với mỗi vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí kế tiếp đến vị trí kết thúc trong khối con, giải mã mức tuyệt đối liên kết với hệ số biến đổi tại mỗi vị trí tương ứng.

22. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 21, trong đó mỗi trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh chỉ định ít nhất một phần mức hệ số biến đổi của hệ số biến đổi được liên kết của khối con.

23. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 21, trong đó các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý giải mã ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, bao gồm các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý:

giải mã, đối với hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ nhất của loại cờ hiệu thứ nhất chỉ ra liệu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại có bằng không hay không; và

nếu cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ nhất của loại cờ hiệu thứ nhất chỉ ra rằng hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại không bằng không và sau khi số lượng bin khả dụng được lập

mã ngữ cảnh được cập nhật, giải mã, đối với hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ hai của loại cờ hiệu thứ hai chỉ ra liệu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại có lớn hơn giá trị được đặt trước hay không; và

nếu cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh thứ nhất của loại cờ hiệu thứ nhất chỉ ra rằng hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại là bằng không và sau khi số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật, xác định, dựa vào sự so sánh, liệu có giải mã một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh khác của loại cờ hiệu thứ nhất hay không, đối với hệ số biến đổi tại vị trí kế tiếp hoặc kết thúc bước chạy giải mã.

24. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 21, trong đó các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý cập nhật số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh bao gồm các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý giảm bớt số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh đi một đối với mỗi cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh được giải mã.

25. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 21, trong đó:

ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh bao gồm cờ hiệu lớn hơn; và

mỗi trong số các hệ số biến đổi cụ thể được liên kết với cờ hiệu lớn hơn có giá trị được giải mã chỉ ra rằng hệ số biến đổi là lớn hơn giá trị được đặt trước.

26. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 25, trong đó giá trị được giải mã của cờ hiệu lớn hơn là một đối với mỗi trong số các hệ số biến đổi cụ thể.

27. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 21, phương tiện này còn chứa các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý:

xác định kết thúc bước chạy giải mã, dựa vào sự so sánh chỉ ra rằng số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật là nhỏ hơn giá trị được xác định trước.

28. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 21, phương tiện này còn chứa các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý:

xác định liệu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại có phải là một trong số các hệ số biến đổi cụ thể hay không;

nếu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại là một trong số các hệ số biến đổi cụ thể, xác định rằng mức tuyệt đối, của hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, được dựa vào ít nhất một cờ

hiệu được lập mã ngữ cảnh được giải mã tại vị trí hiện tại và phần còn lại được giải mã đối với mức tuyệt đối liên kết với hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại; và

nếu hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại không phải là một trong số các hệ số biến đổi cụ thể, xác định rằng mức tuyệt đối, của hệ số biến đổi tại vị trí hiện tại, được dựa vào ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh được giải mã tại vị trí hiện tại.

29. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 21, phương tiện này còn chứa các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý:

xác định tiếp tục bước chạy giải mã dựa vào sự so sánh chỉ ra rằng số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật là lớn hơn giá trị được xác định trước; và

giải mã ít nhất một cờ hiệu bổ sung được lập mã ngữ cảnh liên kết với hệ số biến đổi tại vị trí kế tiếp theo thứ tự quét.

30. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 21, phương tiện này còn chứa các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý:

xác định trạng thái đối với mỗi trong số các hệ số biến đổi của khối con, trạng thái đối với hệ số biến đổi hiện tại phụ thuộc vào trạng thái của hệ số biến đổi trước đó và giá trị của hệ số biến đổi trước đó; và

xác định liệu có chuyển tiếp giữa các tập hợp lượng tử hóa dựa vào trạng thái này hay không.

31. Phương pháp mã hóa hình ảnh, phương pháp này bao gồm các bước:

đặt số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh dựa vào kích thước của khối biến đổi biểu diễn một phần của hình ảnh;

trong bước chạy mã hóa đối với ít nhất một vị trí, mỗi vị trí tương ứng với một hệ số biến đổi trong một khối con của khối biến đổi, bắt đầu tại vị trí bắt đầu và tiến hành theo thứ tự quét tuần tự đi qua ít nhất một vị trí:

mã hóa ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh tại vị trí hiện tại trong khối con,

để đáp lại việc mã hóa mỗi trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, cập nhật số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh,

sau khi mã hóa tất cả cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh liên kết với vị trí hiện tại và trước khi tiến hành đến vị trí kế tiếp ngay sau vị trí hiện tại theo thứ tự quét, so sánh số

lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật với giá trị được xác định trước, và

kết thúc bước chạy mã hóa, dựa vào sự so sánh;

để lựa chọn các vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí bắt đầu đến vị trí hiện tại, mã hóa phần còn lại cho mức tuyệt đối liên kết với các hệ số biến đổi cụ thể tại các vị trí tương ứng của các hệ số biến đổi cụ thể; và

đối với mỗi vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí kế tiếp đến vị trí kết thúc trong khối con, mã hóa mức tuyệt đối liên kết với hệ số biến đổi tại mỗi vị trí tương ứng.

32. Thiết bị điện tử để mã hóa hình ảnh, thiết bị điện tử này bao gồm:

bộ xử lý được tạo cấu hình để:

đặt số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh dựa vào kích thước của khối biến đổi biểu diễn một phần của hình ảnh;

trong bước chạy mã hóa đối với ít nhất một vị trí, mỗi vị trí tương ứng với một hệ số biến đổi trong một khối con của khối biến đổi, bắt đầu tại vị trí bắt đầu và tiến hành theo thứ tự quét tuần tự đi qua ít nhất một vị trí:

mã hóa ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh tại vị trí hiện tại trong khối con,

để đáp lại việc mã hóa mỗi trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, cập nhật số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh,

sau khi mã hóa tất cả cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh liên kết với vị trí hiện tại và trước khi tiến hành đến vị trí kế tiếp ngay sau vị trí hiện tại theo thứ tự quét, so sánh số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật với giá trị được xác định trước, và

kết thúc bước chạy lập mã, dựa vào sự so sánh;

để lựa chọn các vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí bắt đầu đến vị trí hiện tại, mã hóa phần còn lại cho mức tuyệt đối liên kết với các hệ số biến đổi cụ thể tại các vị trí tương ứng của các hệ số biến đổi cụ thể; và

đối với mỗi vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí kế tiếp đến vị trí kết thúc trong khối con, mã hóa mức tuyệt đối liên kết với hệ số biến đổi tại mỗi vị trí tương ứng.

33. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính chứa các lệnh khi được thực thi khiến cho ít nhất một bộ xử lý của thiết bị điện tử:

đặt số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh dựa vào kích thước của khối biến đổi biểu diễn một phần của hình ảnh;

trong bước chạy mã hóa đối với ít nhất một vị trí, mỗi vị trí tương ứng với một hệ số biến đổi trong một khối con của khối biến đổi, bắt đầu tại vị trí bắt đầu và tiến hành theo thứ tự quét tuần tự đi qua ít nhất một vị trí:

mã hóa ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh tại vị trí hiện tại trong khối con,

để đáp lại việc mã hóa mỗi trong số ít nhất một cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh, cập nhật số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh,

sau khi mã hóa tất cả cờ hiệu được lập mã ngữ cảnh liên kết với vị trí hiện tại và trước khi tiến hành đến vị trí kế tiếp ngay sau vị trí hiện tại theo thứ tự quét, so sánh số lượng bin khả dụng được lập mã ngữ cảnh được cập nhật với giá trị được xác định trước, và

kết thúc bước chạy mã hóa, dựa vào sự so sánh;

để lựa chọn các vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí bắt đầu đến vị trí hiện tại, mã hóa phần còn lại cho mức tuyệt đối liên kết với các hệ số biến đổi cụ thể tại các vị trí tương ứng của các hệ số biến đổi cụ thể; và

đối với mỗi vị trí theo thứ tự quét bắt đầu từ vị trí kế tiếp đến vị trí kết thúc trong khối con, mã hóa mức tuyệt đối liên kết với hệ số biến đổi tại mỗi vị trí tương ứng.

1/19

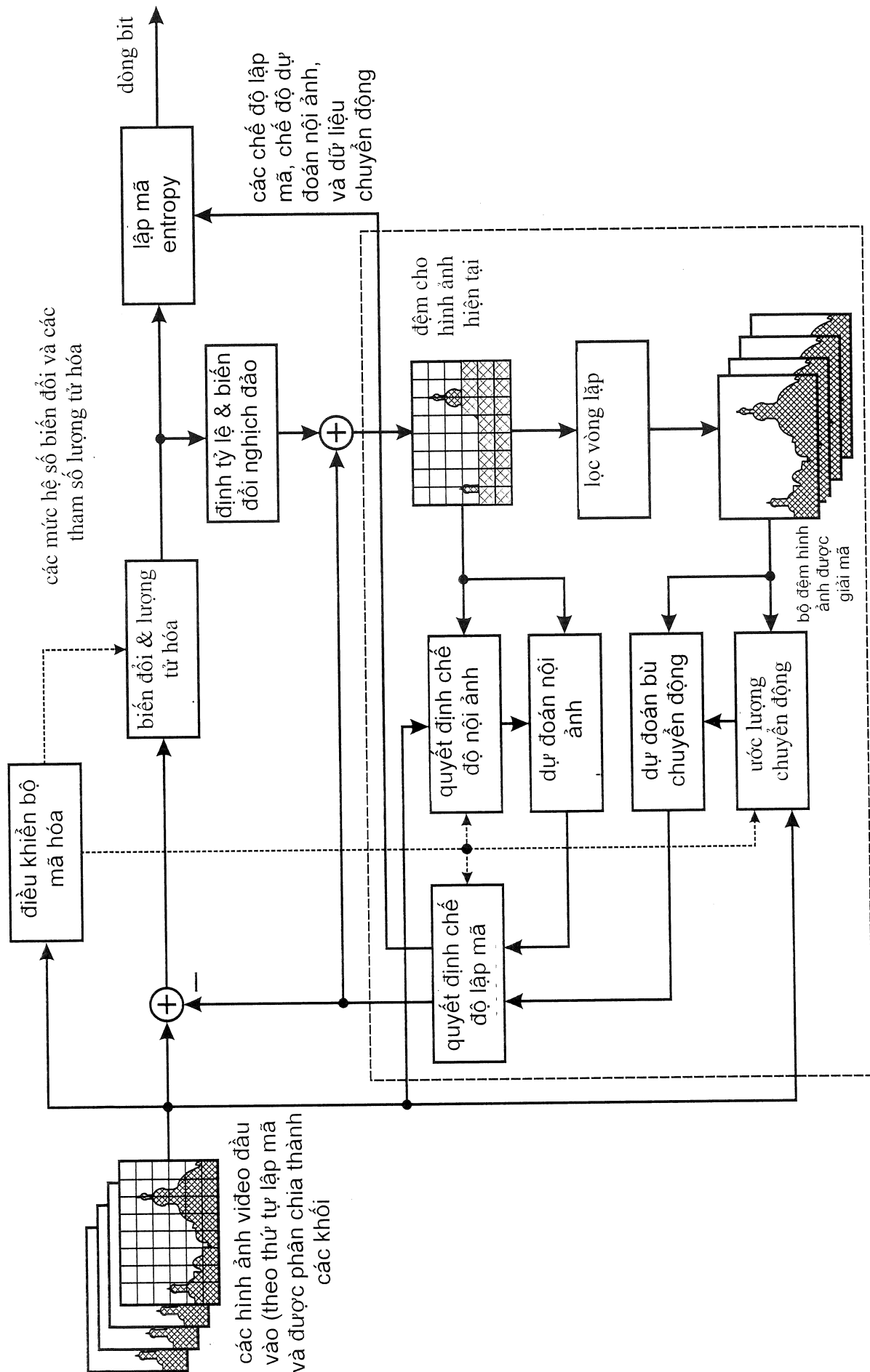


Fig. 1

2/19

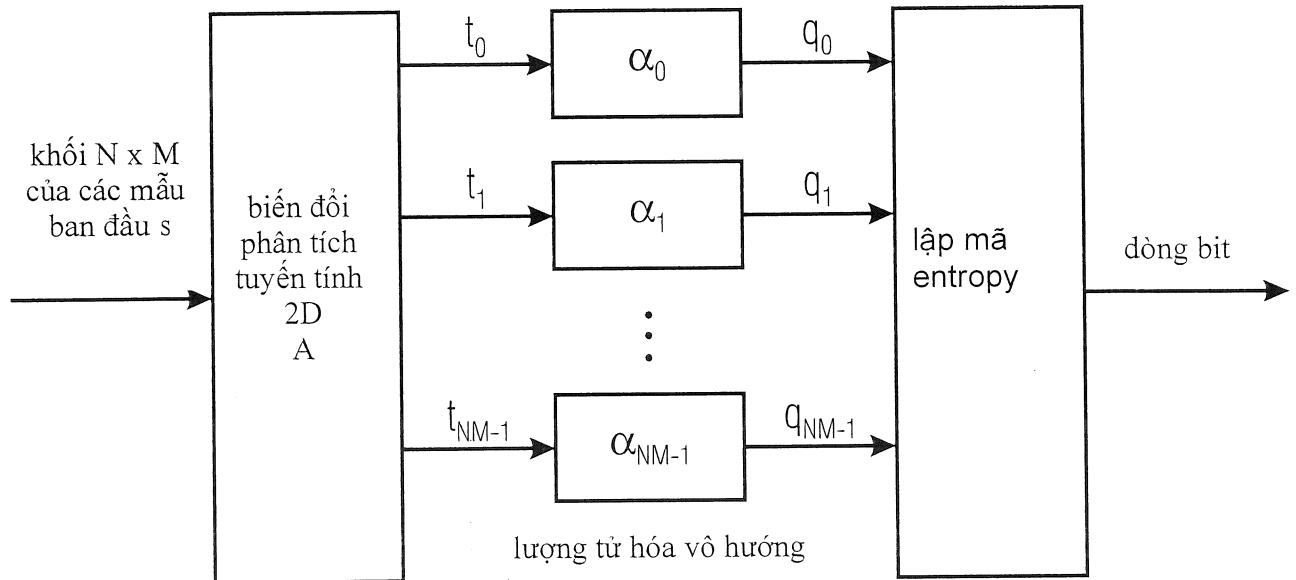


Fig. 2a

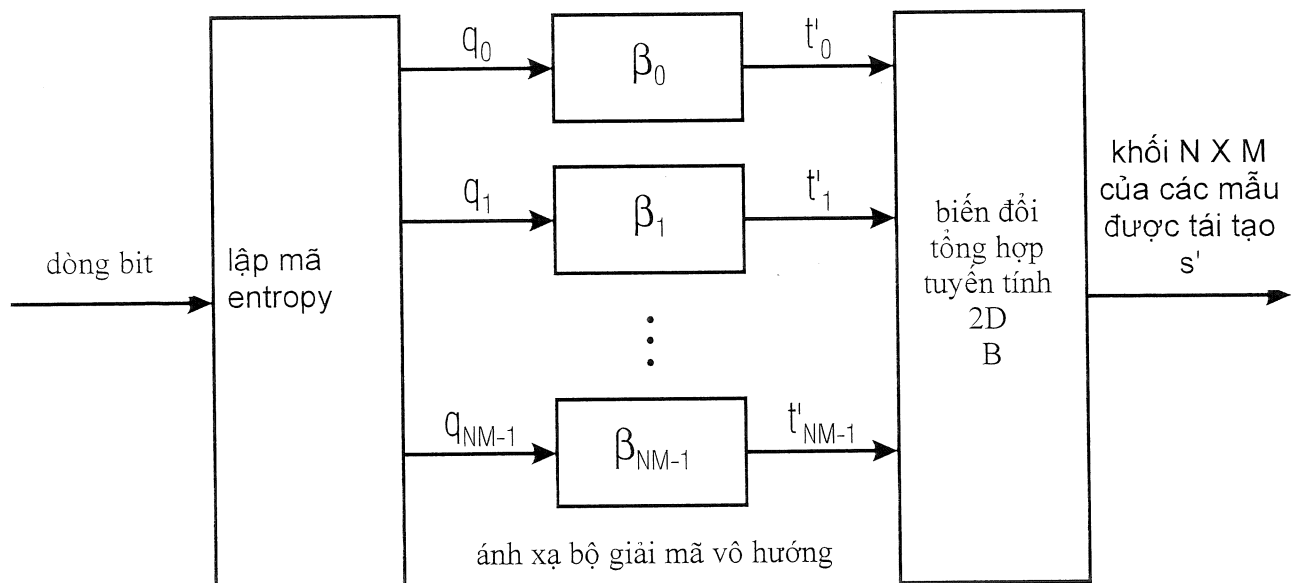


Fig. 2b

3/19

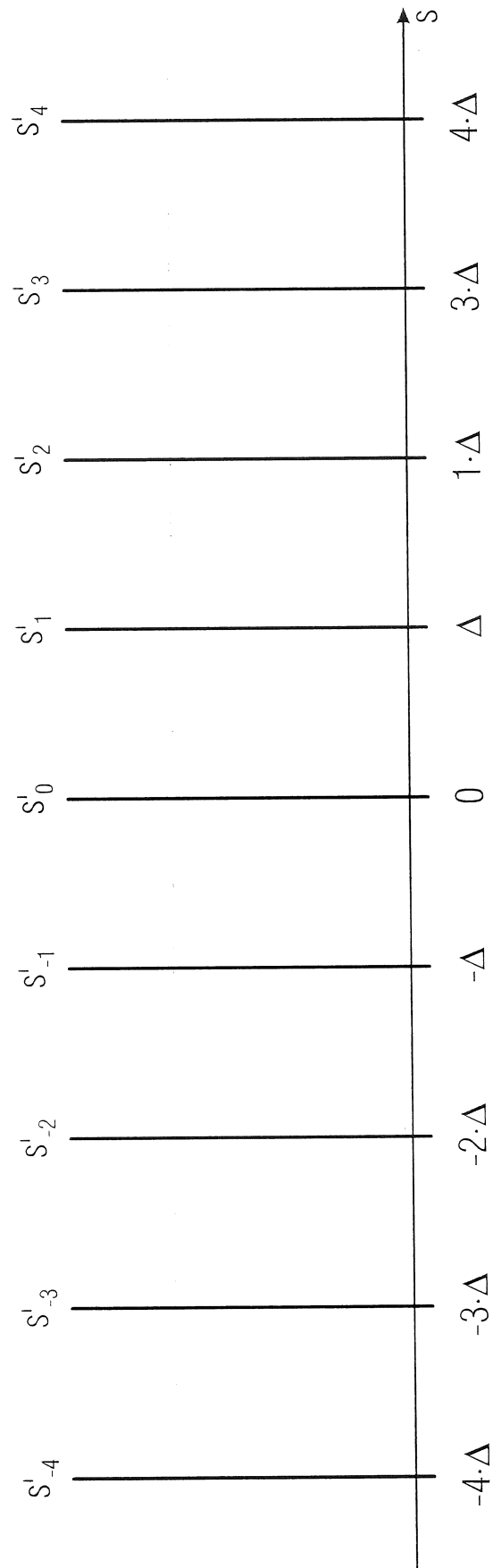


Fig. 3

4/19

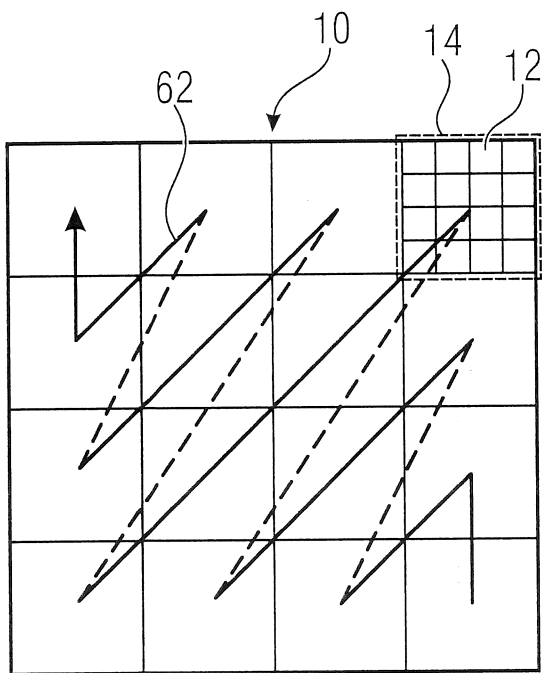


Fig. 4a

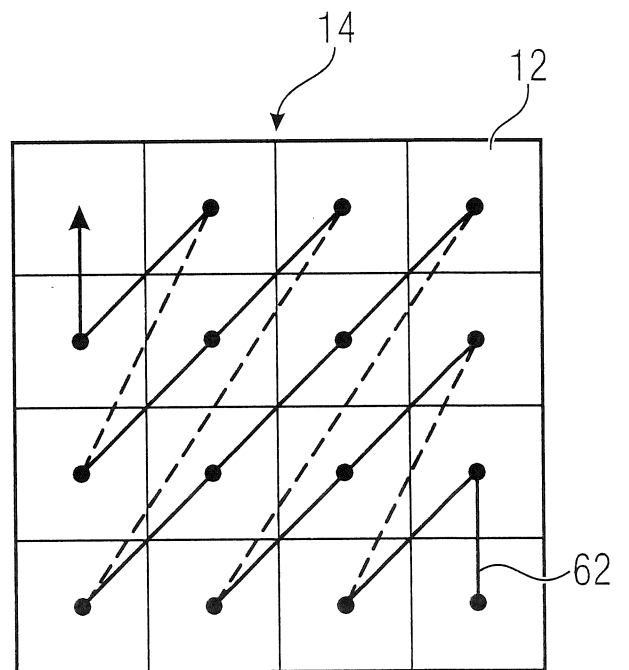


Fig. 4b

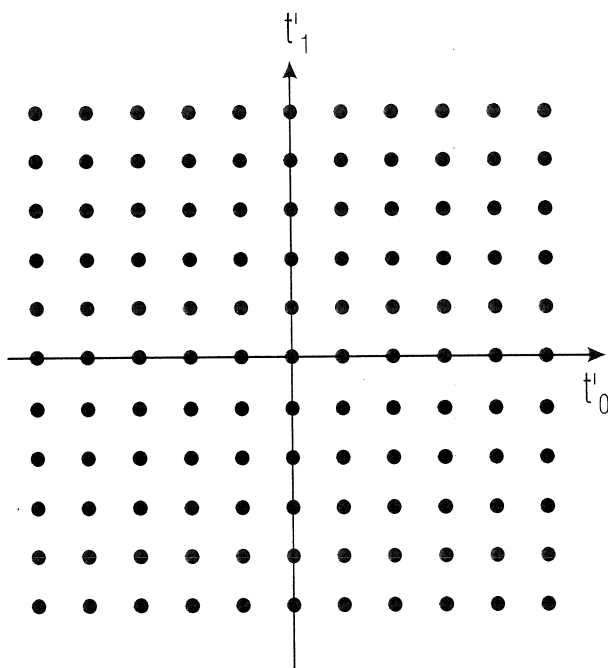


Fig. 5a

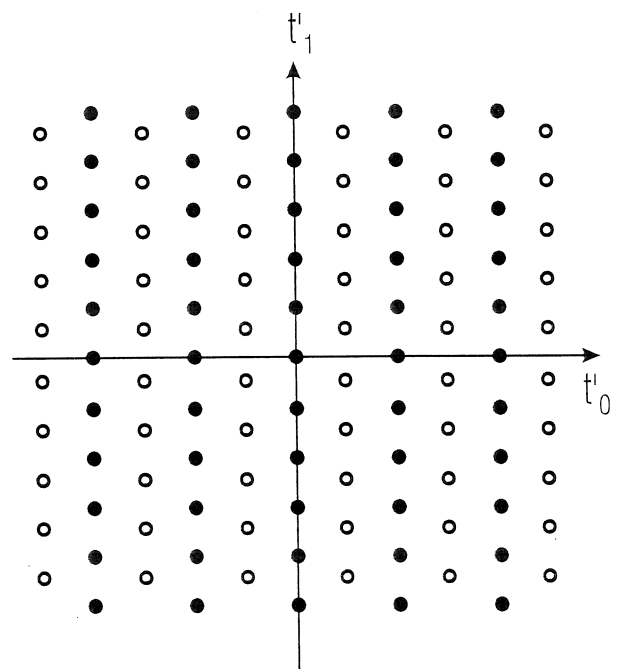


Fig. 5b

5/19

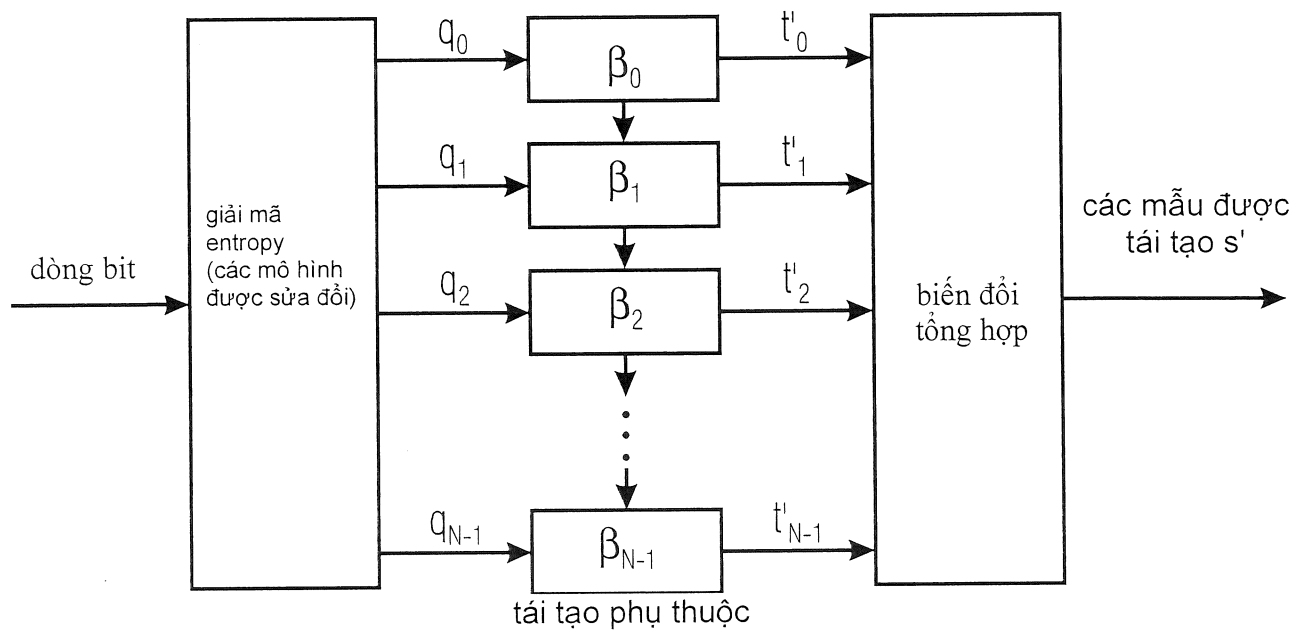


Fig. 6

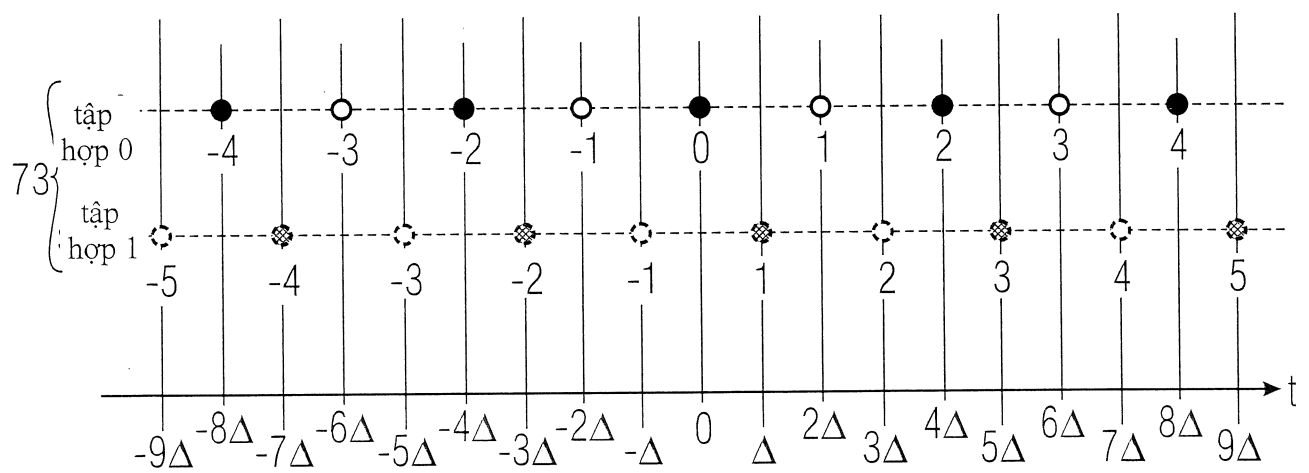


Fig. 7

6/19

```

if( setld[ k ] == 0 ) {
    n = 2 * level[ k ]
} else {
    n = 2 * level[ k ] - sign( level[ k ] )
}
trec[ k ] = n * quant_step_size[ k ]

```

Fig. 8

```

n = 2 * level[ k ] - ( setld[ k ] > 0 ? sign( level[ k ] ) : 0 )
trec[ k ] = ( n * scale[ k ] + add ) >> shift

```

Fig. 9

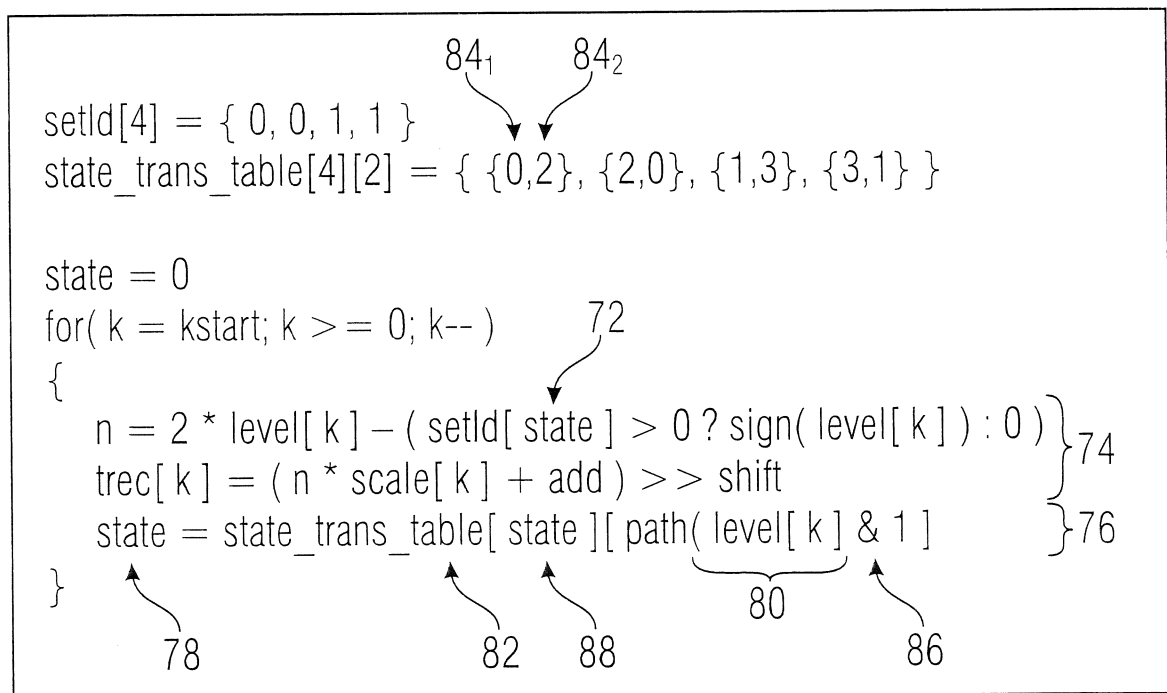


Fig. 10

7/19

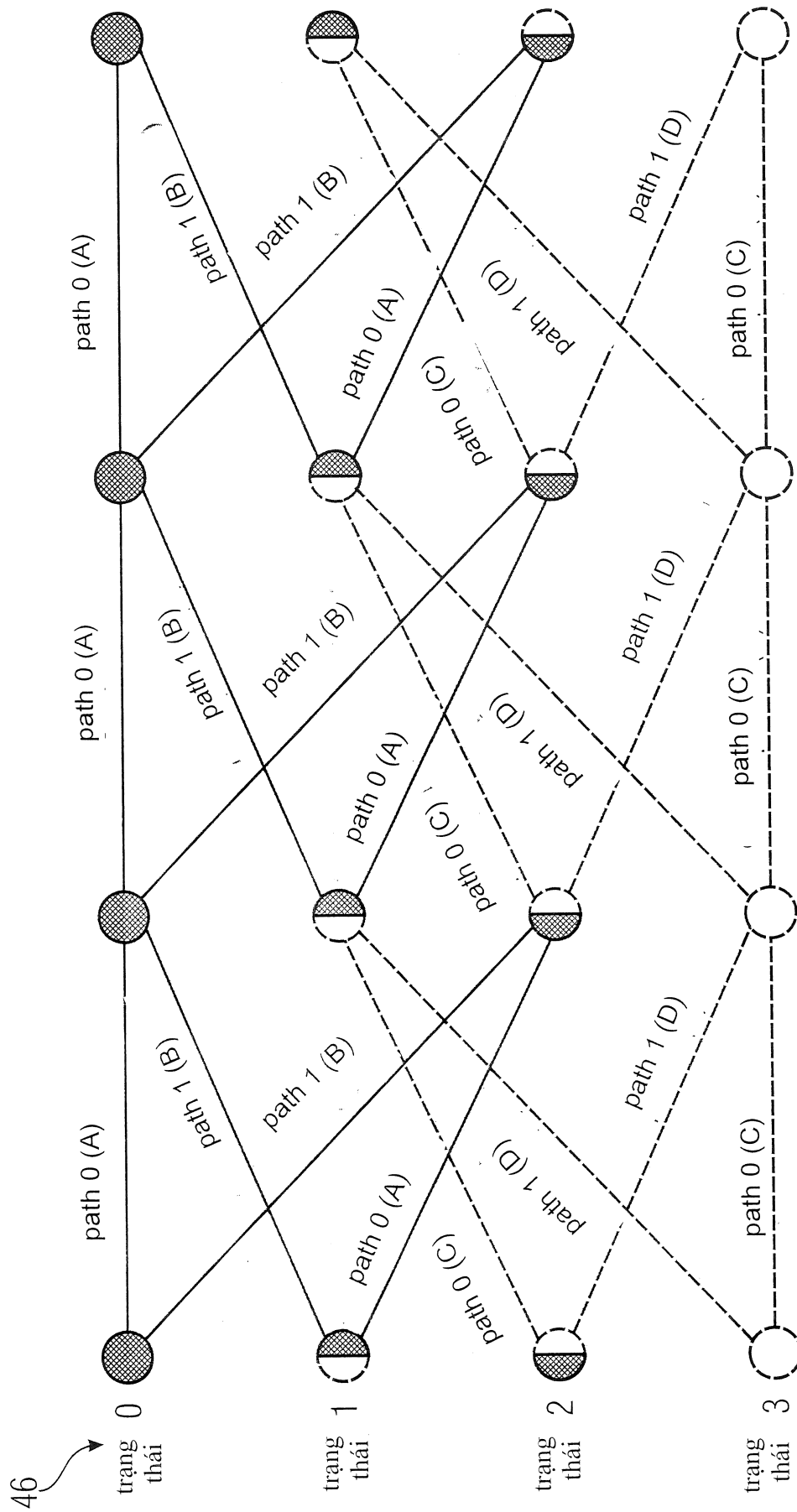


Fig. 11

8/19

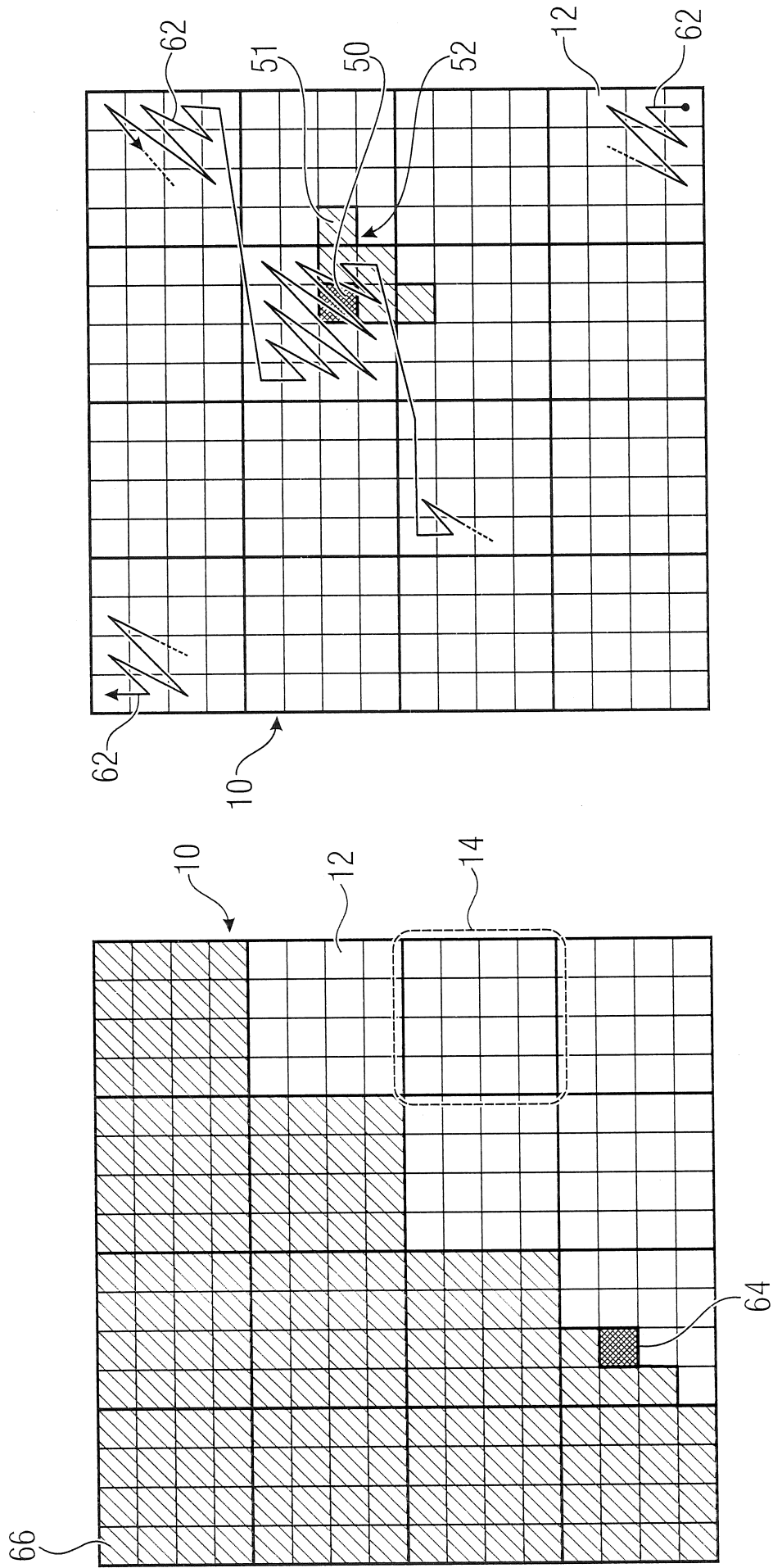


Fig. 12b

Fig. 12a

9/19

```

regBins = MAX_REG_BINS //maximum number of regular coded bins in first pass
gt2Bins = MAX_GT2_BINS //maximum number of gt2 flags
startScanIdx = ( firstSubblock ? firstSigScanIdx : minSubblockScanIdx )

```

```

endScanIdx = maxSubblockScanIdx
startIdxBypass = maxSubblockScanIdx + 1

```

```

// first pass (regular coded bins)
for( k = startScanIdx; k <= endScanIdx && regBins >= 3; k++ )
{
    coeff[ k ] = 0
    if( sig_flag cannot be inferred to be equal to 1 )
    {
        decode sig_flag[ k ]
        regBins = regBins - 1
    }
    if( sig_flag != 0 )
    {
        decode par_flag[ k ]
        decode gt1_flag[ k ]
        regBins = regBins - 2
        coeff[k] = 1 + par_flag[k] + 2 * gt1_flag[k]
    }
    if( regBins < 3 )
    {
        startIdxBypass = k + 1
    }
}

// second pass (regular coded bins)
startIdx2 = startIdxBypass
for( k = startScanIdx; k < startIdxBypass && gt2Bins > 0; k++ )
{
    if( gt1_flag[ k ] != 0 )
    {
        decode gt2_flag[ k ]
        gt2Bins = gt2Bins - 1
        coeff[k] = coeff[k] + 2 * gt2_flag[k]
    }
    if( gt2Bins == 0 )
    {
        startIdx2 = k + 1
    }
}

```

Fig. 13 (phần 1)

10/19

```

// third pass (bypass coding of remainder)
for( k = startScanIdx; k < startIdx2; k++ )
{
    if( gt2_flag[ k ] != 0 )
    {
        decode remainder[k] ← 130
        coeff[k] = coeff[k] + 2 * remainder[k]
    }
}
603 {
for( k = startIdx2; k < startIdxBypass; k++ )
{
    if( gt1_flag[ k ] != 0 )
    {
        decode remainder[k] ← 128
        coeff[k] = coeff[k] + 2 * remainder[k]
    }
}

// fourth pass (bypass coding of complete coefficients)
604 {
for( k = startIdxBypass; k <= endScanIdx; k++ )
{
    decode absLevel[k]
    coeff[k] = absLevel[k]
}

// fifth pass (bypass coding of sign bins)
605 {
for( k = startScanIdx; k <= endScanIdx; k++ )
{
    if( coeff[ k ] != 0 )
    {
        decode sign[k]
        if( sign[k] == 1 )
        {
            coeff[k] = -coeff[k]
        }
    }
}
}

```

Fig. 13 (phần 2)

11/19

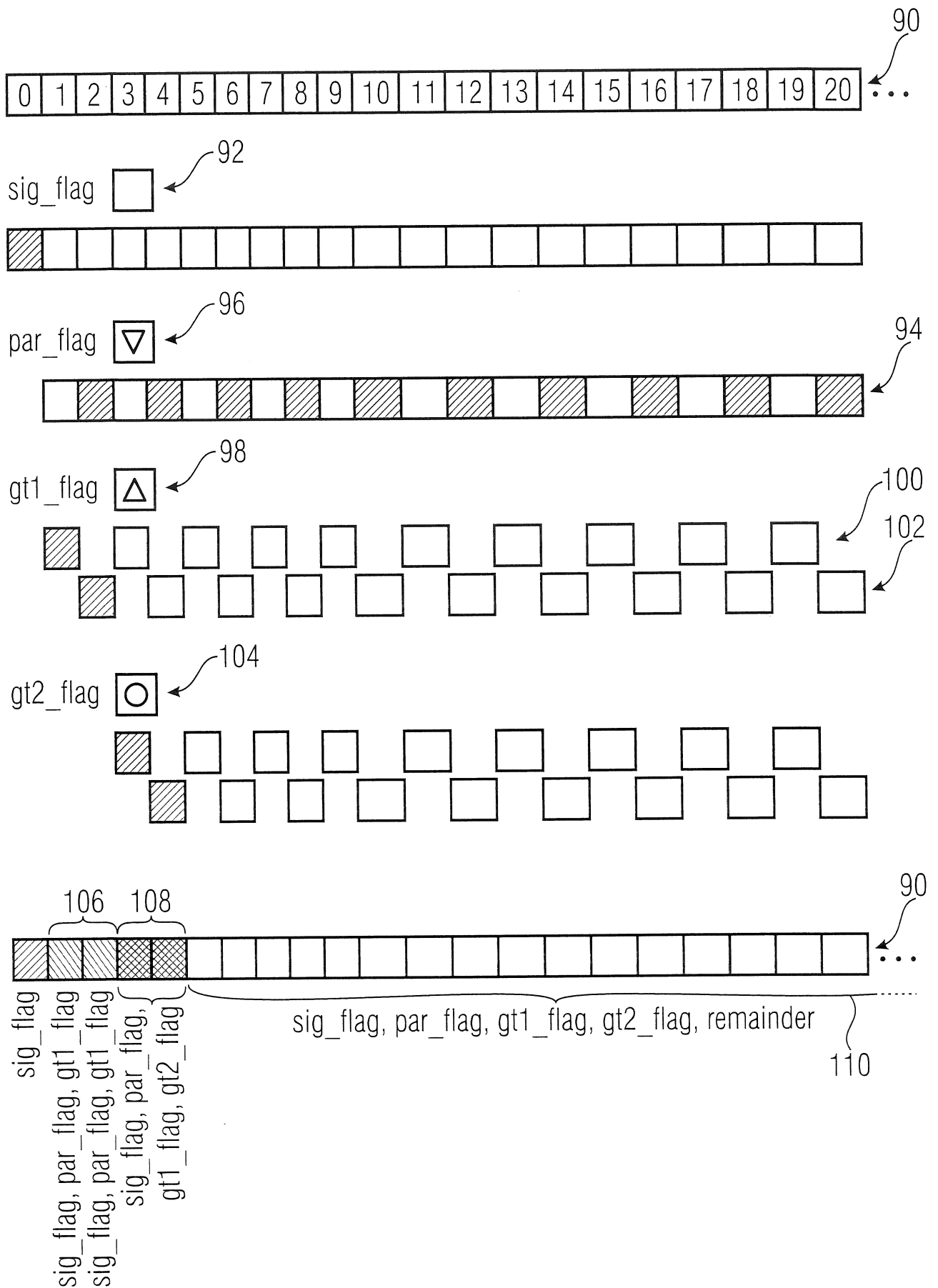


Fig. 14

12/19

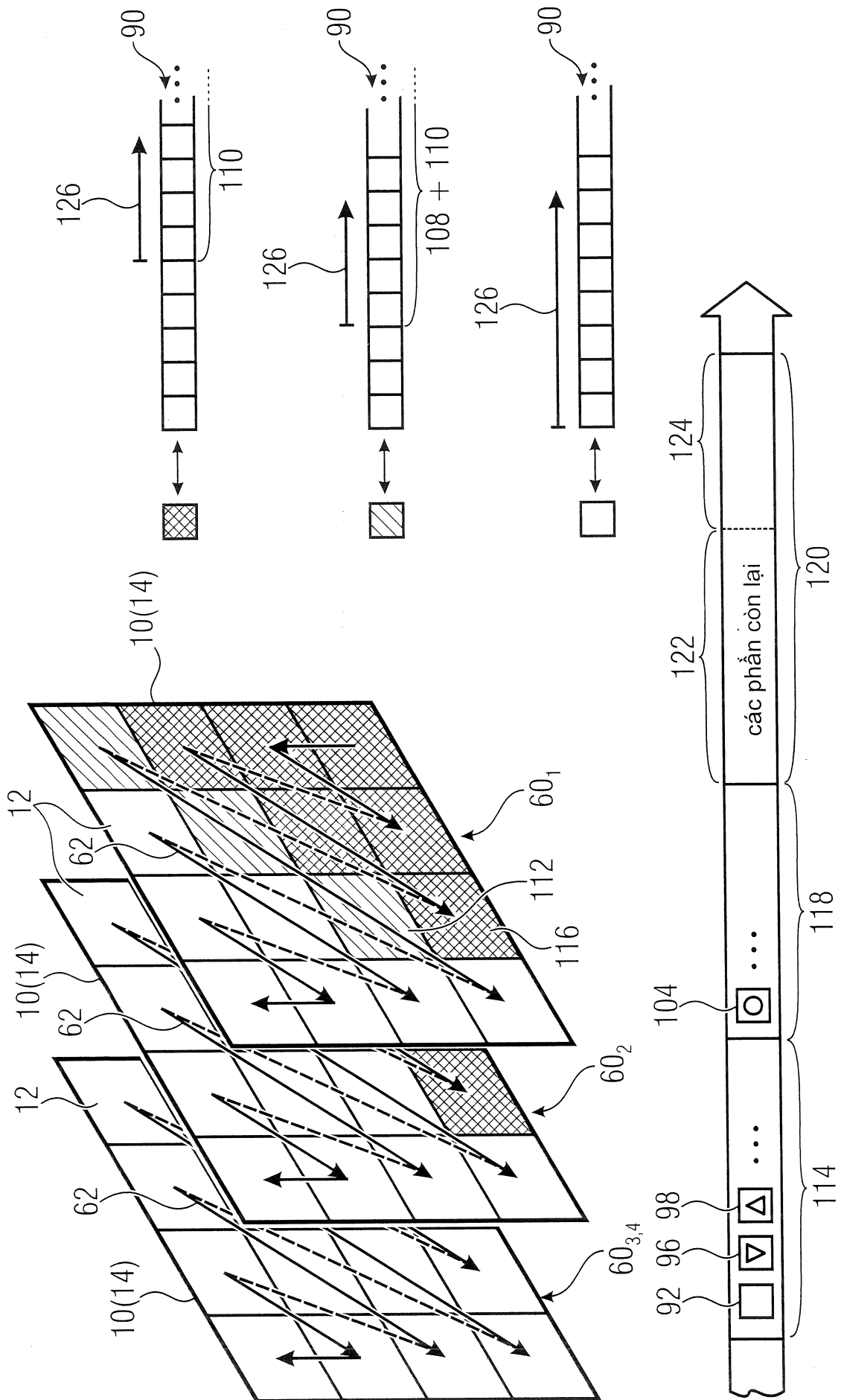


Fig. 15

13/19

regBins = maximum number of regular coded bins in first pass
 gt2Bins = maximum number of gt2 flags

startScanIdx = (firstSubblock ? firstSigScanIdx : minSubblockScanIdx)
 endScanIdx = maxSubblockScanIdx
 startIdxBypass = maxSubblockScanIdx + 1

```

// first pass (regular coded bins)
for( k = startScanIdx; k <= endScanIdx && regBins >= 3; k++ )
{
  coeff[ k ] = 0
  if( sig_flag cannot be inferred to be equal to 1 )
  {
    decode sig_flag[ k ]
    regBins = regBins - 1
  }
  if( sig_flag != 0 )
  {
    decode gt1_flag[ k ]
    regBins = regBins - 1
    coeff[k] = 1 + gt1_flag[k]
    if( gt1_flag[k] != 0 )
    {
      decode par_flag[ k ]
      regBins = regBins - 1
      coeff[k] = coeff[k] + par_flag[k]
    }
  }
  if( regBins < 3 )
  {
    startIdxBypass = k + 1
  }
}

// second pass (regular coded bins)
startIdx2 = startIdxBypass
for( k = startScanIdx; k < startIdxBypass && gt2Bins > 0; k++ )
{
  if( gt1_flag[ k ] != 0 )
  {
    decode gt2_flag[ k ]
    gt2Bins = gt2Bins - 1
    coeff[k] = coeff[k] + 2 * gt2_flag[k]
  }
}

```

Fig. 16 (phần 1)

14/19

```

    if( gt2Bins == 0 )
    {
        startIdx2 = k + 1
    }
}

// third pass (bypass coding of remainder)
for( k = startScanIdx; k < startIdx2; k++ )
{
    if( gt2_flag[ k ] != 0 )
    {
        decode remainder[k]
        coeff[k] = coeff[k] + 2 * remainder[k]
    }
}
603 {
for( k = startIdx2; k < startIdxBypass; k++ )
{
    if( gt1_flag[ k ] != 0 )
    {
        decode remainder[k]
        coeff[k] = coeff[k] + 2 * remainder[k]
    }
}

// fourth pass (bypass coding of complete coefficients)
for( k = startIdxBypass; k <= endScanIdx; k++ )
{
    decode absLevel[k]
    coeff[k] = absLevel[k]
}
604 {

// fifth pass (bypass coding of sign bins)
for( k = startScanIdx; k <= endScanIdx; k++ )
{
    if( coeff[ k ] != 0 )
    {
        decode sign[k]
        if( sign[k] == 1 )
        {
            coeff[k] = -coeff[k]
        }
    }
}
605 {

```

Fig. 16 (phần 2)

16/19

regBins = maximum number of regular coded bins in first pass
 gt2Bins = maximum number of gt2 flags

startScanIdx = (firstSubblock ? firstSigScanIdx : minSubblockScanIdx)
 endScanIdx = maxSubblockScanIdx
 startIdxBypass = maxSubblockScanIdx + 1

regBins = regBins - (endScanIdx - startScanIdx + (firstSubblock ? 0 : 1))

```

// first pass (regular coded bins)
for( k = startScanIdx; k <= endScanIdx; k++ )
{
  coeff[ k ] = 0
  if( sig_flag cannot be inferred to be equal to 1 )
  {
    decode sig_flag[ k ]
  }
  if( regBins >= 2 )
  {
    if( sig_flag != 0 )
    {
      decode gt1_flag[ k ]
      decode par_flag[ k ]
      regBins = regBins - 2
      coeff[k] = 1 + par_flag[k] + 2 * gt1_flag[k]
      if( regBins < 2 )
      {
        startIdxBypass = k + 1
      }
    }
  }
}

// second pass (regular coded bins)
startIdx2 = startIdxBypass
for( k = startScanIdx; k < startIdxBypass && gt2Bins > 0; k++ )
{
  if( gt1_flag[ k ] != 0 )
  {
    decode gt2_flag[ k ]
    gt2Bins = gt2Bins - 1
    coeff[k] = coeff[k] + 2 * gt2_flag[k]
  }
  if( gt2Bins == 0 )

```

Fig. 18 (phần 1)

17/19

```

    {
        startIdx2 = k + 1
    }
}

// third pass (bypass coding of remainder)
for( k = startScanIdx; k < startIdx2; k++ )
{
    if( gt2_flag[ k ] != 0 )
    {
        decode remainder[k]
        coeff[k] = coeff[k] + 2 * remainder[k]
    }
}
for( k = startIdx2; k < startIdxBypass; k++ )
{
    if( gt1_flag[ k ] != 0 )
    {
        decode remainder[k]
        coeff[k] = coeff[k] + 2 * remainder[k]
    }
}

// fourth pass (bypass coding of absolute levels minus 1)
for( k = startIdxBypass; k <= endScanIdx; k++ )
{
    if( sig_flag[k] )
    {
        decode remainder[k]
        coeff[k] = 1 + remainder[k]
    }
}

// fifth pass (bypass coding of sign bins)
for( k = startScanIdx; k <= endScanIdx; k++ )
{
    if( coeff[ k ] != 0 )
    {
        decode sign[k]
        if( sign[k] == 1 )
        {
            coeff[k] = -coeff[k]
        }
    }
}

```

Fig. 18 (phần 2)

18/19

regBins = maximum number of regular coded bins in first pass
 gt2Bins = maximum number of gt2 flags
 startScanIdx = (firstSubblock ? firstSigScanIdx : minSubblockScanIdx)
 endScanIdx = maxSubblockScanIdx
 startIdxBypass = maxSubblockScanIdx + 1
 regBins = regBins - (endScanIdx - startScanIdx + (firstSubblock ? 0 : 1))

```

// first pass (regular coded bins)
for( k = startScanIdx; k <= endScanIdx; k++ )
{
  coeff[ k ] = 0
  if( sig_flag cannot be inferred to be equal to 1 )
  {
    decode sig_flag[ k ]
  }
  if( regBins >= 2 )
  {
    if( sig_flag != 0 )
    {
      decode gt1_flag[ k ]
      regBins = regBins - 1
      coeff[k] = 1 + gt1_flag[k]
      if( gt1_flag[k] != 0 )
      {
        decode par_flag[ k ]
        regBins = regBins - 1
        coeff[k] = coeff[k] + par_flag[k]
      }
    }
    if( regBins < 2 )
    {
      startIdxBypass = k + 1
    }
  }
}

// second pass (regular coded bins)
startIdx2 = startIdxBypass
for( k = startScanIdx; k < startIdxBypass && gt2Bins > 0; k++ )
{
  if( gt1_flag[ k ] != 0 )
  {
    decode gt2_flag[ k ]
    gt2Bins = gt2Bins - 1
    coeff[k] = coeff[k] + 2 * gt2_flag[k]
  }
}
  
```

Fig. 19 (phần 1)

19/19

```

    }
    if( gt2Bins == 0 )
    {
        startIdx2 = k + 1
    }
}

// third pass (bypass coding of remainder)
for( k = startScanIdx; k < startIdx2; k++ )
{
    if( gt2_flag[ k ] != 0 )
    {
        decode remainder[k]
        coeff[k] = coeff[k] + 2 * remainder[k]
    }
}
60_3 {
for( k = startIdx2; k < startIdxBypass; k++ )
{
    if( gt1_flag[ k ] != 0 )
    {
        decode remainder[k]
        coeff[k] = coeff[k] + 2 * remainder[k]
    }
}

// fourth pass (bypass coding of absolute levels minus 1)
for( k = startIdxBypass; k <= endScanIdx; k++ )
{
    if( sig_flag[k] )
    {
        decode remainder[k]
        coeff[k] = 1 + remainder[k]
    }
}
60_4 {

// fifth pass (bypass coding of sign bins)
for( k = startScanIdx; k <= endScanIdx; k++ )
{
    if( coeff[ k ] != 0 )
    {
        decode sign[k]
        if( sign[k] == 1 )
        {
            coeff[k] = -coeff[k]
        }
    }
}
60_5 {

```

Fig. 19 (phần 2)