



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0036516

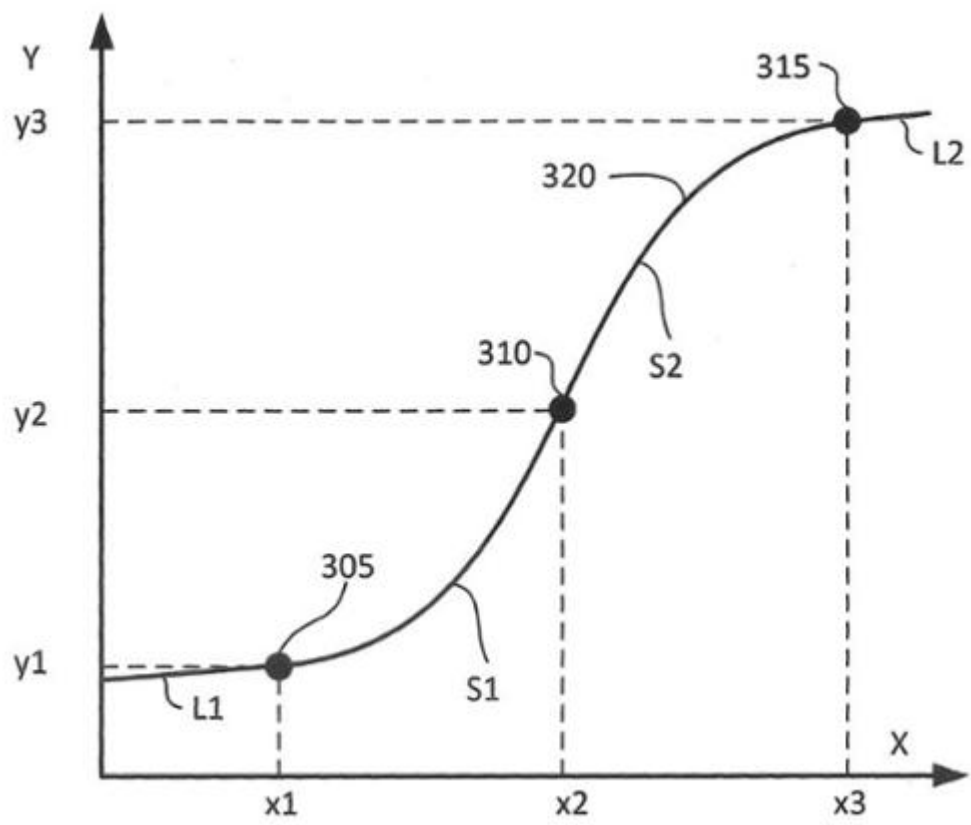
(51)^{2019.01} G06T 5/00

(13) B

-
- (21) 1-2019-04297 (22) 12/02/2018
(86) PCT/US2018/017830 12/02/2018 (87) WO 2018/152063 A1 23/08/2018
(30) 17156284.6 15/02/2017 EP; 62/459,141 15/02/2017 US; 62/465,298 01/03/2017 US
(45) 25/07/2023 424 (43) 25/11/2019 380A
(73) DOLBY LABORATORIES LICENSING CORPORATION (US)
1275 Market Street, San Francisco, California 94103 (US)
(72) PYTLARZ, Jaclyn Anne (US); ATKINS, Robin (CA).
(74) Công ty TNHH Quốc tế D & N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)
-

(54) PHƯƠNG PHÁP ÁNH XẠ HÌNH ẢNH TỪ DẢI TƯƠNG PHẢN ĐỘNG THỨ NHẤT ĐẾN DẢI TƯƠNG PHẢN ĐỘNG THỨ HAI, THIẾT BỊ ĐƯỢC TẠO CẤU HÌNH ĐỂ THỰC HIỆN PHƯƠNG PHÁP NÀY, VÀ VẬT GHI BẤT BIẾN ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp ánh xạ hình ảnh từ dải tương phản động thứ nhất đến dải tương phản động thứ hai. Quy trình ánh xạ này được dựa vào hàm bao gồm hai đa thức hàm spine được xác định bằng cách sử dụng ba điểm neo và ba giá trị dốc. Điểm neo thứ nhất được xác định bằng cách sử dụng các mức điểm đen của đầu vào và đầu ra đích, điểm neo thứ hai được xác định bằng cách sử dụng các mức điểm trắng của đầu vào và đầu ra đích, và điểm neo thứ ba được xác định bằng cách sử dụng dữ liệu thông tin tông màu trung tính cho đầu vào và đầu ra đích. Mức tông màu trung tính của đầu ra đích được tính toán thích ứng dựa vào ánh xạ một-một lý tưởng và bảo toàn độ tương phản đầu vào trong cả các vùng màu đen và vùng sáng. Hàm truyền ánh xạ tông màu làm ví dụ dựa vào các hàm spine Hermite bậc ba (lập phương) được mô tả. Hơn nữa, sáng chế cũng đề cập đến thiết bị bao gồm bộ xử lý và được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp này và vật ghi bất biến đọc được bằng máy tính.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Nói chung, sáng chế đề cập đến hình ảnh. Cụ thể hơn, phương án của sáng chế đề cập đến việc xác định các tham số cho đường cong tông màu để ánh xạ các hình ảnh có dải tương phản động mở rộng (high-dynamic range - HDR) và tín hiệu video từ dải tương phản động thứ nhất lên dải tương phản động thứ hai.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Như được dùng trong sáng chế này, thuật ngữ "dải tương phản động" (dynamic range - DR) có thể liên quan đến khả năng của hệ thống thị giác con người (human visual system - HVS) nhận biết được dải cường độ (ví dụ, độ chói, độ sáng) trong hình ảnh, ví dụ, từ màu tối nhất (vùng tối) đến màu sáng nhất (vùng sáng). Theo cách hiểu này, dải DR liên quan đến mật độ "gọi là cảnh". Dải DR cũng có thể liên quan đến khả năng của thiết bị hiển thị để kết xuất một cách đầy đủ hoặc tương đương với dải mật độ của một độ rộng cụ thể. Theo cách hiểu này, dải DR liên quan đến mật độ "gọi là hiển thị". Trừ khi một cách hiểu cụ thể được nêu rõ ràng để có ý nghĩa cụ thể ở một điểm bất kỳ trong phần mô tả này, nên hiểu rằng thuật ngữ này có thể được sử dụng theo một trong hai cách hiểu, ví dụ có thể hoán đổi cho nhau.

Như được dùng trong sáng chế này, thuật ngữ dải tương phản động mở rộng (HDR) liên quan đến độ rộng DR trải trên khoảng 14 - 15 bậc độ lớn của hệ thống thị giác của con người (HVS - human visual system). Trên thực tế, dải DR mà con người có thể đồng thời nhận biết được độ rộng trong dải mật độ có thể bị cắt bớt phần nào, so với HDR. Như được dùng trong sáng chế này, các thuật ngữ dải tương phản động tăng cường (enhanced dynamic range - EDR) hoặc dải tương phản động nhìn thấy (visual dynamic range - VDR) có thể sử dụng riêng hoặc hoán đổi cho nhau liên quan đến dải DR mà nhận biết được trong một cảnh hoặc hình ảnh bởi hệ thống HVS bao gồm chuyển động của mắt, cho phép một số thay đổi thích nghi ánh sáng trên một cảnh hoặc hình ảnh.

Trên thực tế, hình ảnh bao gồm một hoặc nhiều thành phần màu (ví dụ, độ chói Y và màu Cb và Cr) trong đó mỗi thành phần màu được biểu diễn bởi độ chính xác n -bit trên mỗi điểm ảnh (ví dụ, $n = 8$). Bằng cách sử dụng kỹ thuật mã hóa độ chói tuyến tính, các hình ảnh trong đó $n \leq 8$ (ví dụ, các hình ảnh JPEG màu 24-bit) được xem là các hình ảnh có dải tương phản động chuẩn, còn các hình ảnh trong đó $n > 8$ có thể được xem là các hình ảnh có dải tương phản động tăng cường. Các hình ảnh EDR và HDR cũng có thể được lưu trữ và phân bố bằng cách sử dụng các định dạng dấu phẩy động có độ chính xác cao (ví dụ, 16-bit), như định dạng tập tin OpenEXR được phát triển bởi Industrial Light và Magic.

Như được dùng trong sáng chế này, thuật ngữ “siêu dữ liệu” liên quan đến thông tin phụ bất kỳ được truyền như một phần của dòng bit mã hóa và hỗ trợ bộ giải mã kết xuất hình ảnh giải mã. Siêu dữ liệu như vậy có thể bao gồm, nhưng không giới hạn ở, không gian màu hoặc thông tin gam màu, các tham số hiển thị chuẩn, và các tham số tín hiệu phụ, như được mô tả trong sáng chế này.

Hầu hết các màn hình máy tính để bàn của người dùng hiện đang hỗ trợ độ chói từ 200 đến 300 cd/m² hoặc các nit. Hầu hết các HDTV của người dùng nằm trong khoảng từ 300 đến 500 nit với các mẫu mới đạt đến 1000 nit (cd/m²). Do đó, các màn hình thông thường như vậy đại diện cho dải tương phản động thấp (lower dynamic range - LDR), còn được gọi là dải tương phản động tiêu chuẩn (SDR - standard dynamic range), so với HDR hoặc EDR. Khi tính khả dụng nội dung HDR tăng lên do những tiến bộ trong cả thiết bị chụp hình (ví dụ, máy ảnh) và màn hình HDR (ví dụ, màn hình chuẩn chuyên nghiệp PRM-4200 của phòng thí nghiệm Dolby), nội dung HDR có thể được phân loại màu và được hiển thị trên các màn hình HDR hỗ trợ dải tương phản động cao hơn (ví dụ, từ 1.000 nit đến 5.000 nit hoặc hơn). Nói chung, và không giới hạn, các phương pháp của sáng chế liên quan đến dải tương phản động bất kỳ cao hơn dải SDR.

Việc tạo ra nội dung dải HDR hiện đang trở nên phổ biến vì công nghệ này mang lại hình ảnh chân thực và giống như thật hơn các định dạng trước đó. Tuy nhiên, nhiều hệ thống hiển thị, bao gồm hàng trăm triệu màn hình tivi của người dùng, không có khả năng tái tạo hình ảnh HDR. Hơn nữa, do phạm vi rộng của các màn hình HDR (tức là, từ 1.000 nit đến 5.000 nit hoặc cao hơn), nên nội dung HDR tối ưu hóa trên một màn hình HDR có thể không phù hợp để phát lại trực tiếp trên một màn hình HDR

khác. Một phương pháp đang được sử dụng để phục vụ toàn thị trường là tạo ra nhiều phiên bản nội dung video mới; tức là, một phiên bản sử dụng các hình ảnh HDR, và phiên bản khác sử dụng các hình ảnh SDR (dải tương phản động tiêu chuẩn). Tuy nhiên, việc này đòi hỏi các tác giả nội dung tạo ra nội dung video của họ theo nhiều định dạng, và có thể đòi hỏi người dùng biết được định dạng nào cần mua cho màn hình cụ thể của họ. Phương pháp tốt hơn có thể có là tạo ra một phiên bản nội dung (trong dải HDR), và sử dụng hệ thống biến đổi dữ liệu hình ảnh (ví dụ, là một phần trong tính năng của hộp giải mã tín hiệu) để tự động giảm tần số (hoặc tăng tần số) nội dung HDR đầu vào thành nội dung HDR hoặc SDR đầu ra thích hợp. Để cải thiện sơ đồ hiển thị hiện có, theo đánh giá của các tác giả sáng chế, sáng chế đề xuất các kỹ thuật cải tiến để xác định đường cong tông màu để ánh xạ hiển thị các hình ảnh HDR.

Các phương pháp được mô tả trong sáng chế là các phương pháp có thể được theo đuổi, chứ không nhất thiết phải là các phương pháp đã được biết hoặc được theo đuổi trước đó. Do đó, trừ khi có quy định khác, không nên cho rằng phương pháp bất kì trong số các phương pháp được mô tả trong sáng chế này lại thỏa mãn điều kiện của sáng chế vì đưa chúng vào trong phần này. Tương tự, các vấn đề được xác định liên quan đến một hoặc nhiều phương pháp không nên được coi là đã được công nhận theo kỹ thuật cũ dựa vào sáng chế này, trừ khi có quy định khác.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án làm ví dụ được mô tả ở đây liên quan đến các phương pháp xác định đường cong tông màu để ánh xạ hiển thị các hình ảnh HDR. Trong hệ thống video, theo một phương án, đối với hình ảnh đầu vào, bộ xử lý thu dữ liệu thông tin thứ nhất bao gồm mức điểm đen đầu vào (x_1 , SMin), mức tông màu trung tính đầu vào (x_2 , SMid), và mức điểm trắng đầu vào (x_3 , SMax) trong dải tương phản động thứ nhất. Bộ xử lý cũng truy cập dữ liệu thông tin thứ hai đối với hình ảnh đầu ra trong dải tương phản động thứ hai bao gồm mức điểm đen đầu ra thứ nhất (T_{minPQ}) và mức điểm trắng đầu ra thứ nhất (T_{maxPQ}) trong dải tương phản động thứ hai. Bộ xử lý xác định giá trị tông màu trung tính đầu ra trong dải tương phản động thứ hai dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất và thứ hai. Bộ xử lý tính toán điểm đen đầu ra thứ hai và điểm trắng đầu ra thứ hai trong dải tương phản động thứ hai dựa vào dữ liệu thông tin thứ hai và giá trị tông màu trung tính đầu ra. Sau đó, bộ xử lý tính toán giá trị dốc cuối, giá

trị dốc đầu, và giá trị dốc tông màu trung tính dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất, dữ liệu thông tin thứ hai, và giá trị tông màu trung tính đầu ra. Bộ xử lý xác định hàm truyền để ánh xạ các giá trị điểm ảnh của hình ảnh đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất lên các giá trị điểm ảnh tương ứng của hình ảnh đầu ra trong dải tương phản động thứ hai, trong đó hàm truyền bao gồm hai đoạn, trong đó đoạn thứ nhất được xác định dựa vào giá trị dốc cuối, giá trị dốc tông màu trung tính, mức điểm đen đầu vào, mức tông màu trung tính đầu vào, điểm đen đầu ra thứ hai, và giá trị tông màu trung tính đầu ra, và đoạn thứ hai được xác định dựa vào giá trị dốc tông màu trung tính, giá trị dốc đầu, mức tông màu trung tính đầu vào, mức điểm trắng đầu vào, giá trị tông màu trung tính đầu ra, và điểm trắng đầu ra thứ hai. Bộ xử lý ánh xạ hình ảnh đầu vào lên hình ảnh đầu ra bằng cách sử dụng hàm truyền xác định được.

Theo một phương án, bộ xử lý tính toán điểm đen đầu ra thứ hai và điểm trắng đầu ra thứ hai dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất, dữ liệu thông tin thứ hai và giá trị tông màu trung tính đầu ra.

Theo một phương án, bộ xử lý tính toán giá trị dốc cuối dựa vào mức điểm đen đầu vào, mức tông màu trung tính đầu vào, điểm đen đầu ra thứ hai và giá trị tông màu trung tính đầu ra.

Theo một phương án, bộ xử lý tính toán giá trị dốc đầu dựa vào mức điểm trắng đầu vào, mức tông màu trung tính đầu vào, điểm trắng đầu ra thứ hai và giá trị tông màu trung tính đầu ra.

Theo một phương án, bộ xử lý tính toán giá trị dốc tông màu trung tính dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất, điểm đen đầu ra thứ hai, điểm trắng đầu ra thứ hai và giá trị tông màu trung tính đầu ra.

Sáng chế còn liên quan đến thiết bị bao gồm bộ xử lý và được tạo cấu hình để thực hiện một trong số các phương pháp đã nêu.

Sáng chế cũng liên quan đến vật ghi bất biến đọc được bằng máy tính lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính trên đó để thực thi phương pháp với một hoặc nhiều bộ xử lý.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Phương án của sáng chế được minh họa bằng ví dụ, và không bị giới hạn, trên các hình vẽ kèm theo và trong đó các số tham chiếu giống nhau chỉ các thành phần giống nhau và trong đó:

Fig.1 mô tả quy trình làm ví dụ cho đường ống phân phối dữ liệu video;

Fig.2 mô tả hàm ánh xạ làm ví dụ để ánh xạ các hình ảnh từ dải tương phản động thứ nhất lên dải tương phản động thứ hai bằng cách sử dụng ba điểm neo theo giải pháp kỹ thuật đã biết;

Fig.3 mô tả hàm ánh xạ làm ví dụ để ánh xạ hình ảnh từ dải tương phản động thứ nhất lên dải tương phản động thứ hai theo một phương án của sáng chế;

Fig.4A và Fig.4B mô tả các quy trình làm ví dụ để xác định hàm ánh xạ tổng màu theo các phương án của sáng chế;

Fig.5 mô tả hai hàm ánh xạ làm ví dụ được xác định theo các phương án của sáng chế; và

Fig.6A và Fig.6B mô tả các đồ thị làm ví dụ thể hiện cách thức các giá trị tổng màu trung tính đầu vào được ánh xạ lên các giá trị tổng màu trung tính đầu ra để xác định điểm neo tổng màu trung tính của hàm ánh xạ đường cong tổng màu theo các phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế mô tả các phương pháp xác định đường cong tổng màu để ánh xạ hiển thị các hình ảnh HDR. Nhằm mục đích giải thích, phần mô tả dưới đây có đưa ra một số chi tiết cụ thể để giúp người đọc hiểu rõ một hoặc nhiều khía cạnh của sáng chế. Tuy nhiên, rõ ràng là các khía cạnh đó có thể được thực hiện mà không cần đến những chi tiết cụ thể này. Trong các ví dụ khác, các cấu trúc và thiết bị đã biết không được mô tả quá chi tiết, để tránh làm cho sáng chế rối, tối nghĩa và khó hiểu một cách không cần thiết.

Biến đổi dải tương phản động

Mã hóa video đối với các tín hiệu HDR

Fig.1 mô tả quy trình làm ví dụ của đường ống phân phối dữ liệu video thông thường (100) thể hiện một số giai đoạn từ giai đoạn bắt giữ video đến giai đoạn hiển thị nội dung video. Chuỗi các khung video (102) được bắt giữ hoặc được tạo ra bằng cách sử dụng khối tạo ra hình ảnh (105). Các khung video (102) có thể được bắt giữ

bằng kỹ thuật số (ví dụ, bằng máy ảnh kỹ thuật số) hoặc được tạo ra bằng máy tính (ví dụ, sử dụng hình ảnh động của máy tính) để tạo ra dữ liệu video (107). Ngoài ra, các khung video (102) có thể được bắt giữ trên phim bằng máy quay phim. Phim được chuyển đổi sang định dạng kỹ thuật số để cung cấp dữ liệu video (107). Trong giai đoạn sản xuất (110), dữ liệu video (107) được chỉnh sửa để tạo ra dòng sản xuất video (112).

Dữ liệu video của dòng sản xuất video (112) sau đó được cung cấp cho bộ xử lý ở khối (115) để chỉnh sửa hậu kỳ. Bước chỉnh sửa hậu kỳ ở khối (115) có thể bao gồm bước điều chỉnh hoặc sửa đổi màu sắc hoặc độ sáng ở các khu vực cụ thể của hình ảnh để nâng cao chất lượng hình ảnh hoặc thu được diện mạo cụ thể cho hình ảnh theo mục đích sáng tạo của nhà tạo lập video. Việc này đôi khi được gọi là “định thời màu” hoặc “phân loại màu”. Việc chỉnh sửa khác (ví dụ, chọn và sắp xếp cảnh, cắt hình ảnh, thêm hiệu ứng đặc biệt trực quan do máy tính tạo ra, v.v.) có thể được thực hiện ở khối (115) để tạo ra phiên bản cuối cùng (117) của quy trình sản xuất để phân phối. Trong quá trình chỉnh sửa hậu kỳ (115), các hình ảnh video được xem trên màn hình chuẩn (125).

Sau khi chỉnh sửa hậu kỳ (115), dữ liệu video của quy trình sản xuất cuối cùng (117) có thể được phân phối cho khối mã hóa (120) để phân phối xuôi chiều cho các thiết bị giải mã và phát lại như máy thu hình, hộp giải mã tín hiệu, rạp phim, và tương tự. Theo một số phương án, khối mã hóa (120) có thể bao gồm các bộ mã hóa âm thanh và video, chẳng hạn như các bộ mã hóa được xác định bởi định dạng ATSC, DVB, DVD, Blu-Ray và các định dạng phân phối khác, để tạo ra dòng bit mã hóa (122). Trong bộ thu, dòng bit mã hóa (122) được giải mã bằng đơn vị giải mã (130) để tạo ra tín hiệu giải mã (132) biểu diễn tín hiệu giống hoặc gần giống với tín hiệu (117). Bộ thu có thể được gắn với màn hình đích (140) mà có thể có các đặc điểm hoàn toàn khác so với màn hình chuẩn (125). Trong trường hợp đó, khối quản lý màn hình (135) có thể được dùng để ánh xạ dải tương phản động của tín hiệu giải mã (132) lên các đặc tính của màn hình đích (140) bằng cách tạo ra tín hiệu ánh xạ của màn hình (137).

Biến đổi hình ảnh sử dụng ánh xạ sigma

Trong Bằng sáng chế Mỹ số 8,593,480, “*Method và apparatus for image data transformation*,” của tác giả A. Ballestad và A. Kostin, ở đây gọi là Bằng sáng chế ‘480, các tác giả đã đề xuất phép ánh xạ biến đổi hình ảnh sử dụng hàm sigma tham số hóa mà có thể được xác định riêng bằng cách sử dụng ba điểm neo và tham số không có tông màu trung tính. Ví dụ, hàm này được minh họa trên Fig.2.

Như được minh họa trên Fig.2, hàm ánh xạ (220) được xác định bởi ba điểm neo (205, 210, 215): một điểm đen (x_1, y_1), một điểm tông màu trung tính (x_2, y_2), và một điểm trắng (x_3, y_3). Quy trình biến đổi này có các đặc điểm như sau:

- Các giá trị từ x_1 đến x_3 biểu diễn dải giá trị có thể có mô tả các điểm ảnh tạo thành hình ảnh đầu vào. Các giá trị này có thể là các mức sáng đối với một màu gốc cụ thể (R, G, hoặc B), hoặc có thể là các mức chói tổng thể của điểm ảnh (tức là thành phần Y trong dạng biểu diễn YCbCr). Thông thường, các giá trị này tương ứng với các mức tối nhất (điểm đen) và sáng nhất (điểm trắng) được hỗ trợ bởi màn hình dùng để tạo ra nội dung ("màn hình chính" (125)); Tuy nhiên, theo một số phương án, khi các đặc tính của màn hình chuẩn chưa được xác định, các giá trị này biểu diễn các giá trị tối thiểu và tối đa trong hình ảnh đầu vào (ví dụ, giá trị R, G, hoặc B, độ chói, và tương tự), mà có thể được nhận qua siêu dữ liệu hình ảnh hoặc được tính toán trong bộ thu.
- Các giá trị từ y_1 đến y_3 biểu diễn dải các giá trị có thể có mô tả các điểm ảnh tạo thành hình ảnh đầu ra (hoặc độ sáng màu cơ bản, hoặc các mức chói tổng thể). Thông thường, các giá trị này tương ứng với các mức tối nhất (điểm đen) và sáng nhất (điểm trắng) được hỗ trợ bởi màn hình đầu ra dự kiến ("màn hình đích" (140)).
- Mọi điểm ảnh đầu vào có giá trị x_1 đều bị ràng buộc ánh xạ lên điểm ảnh đầu ra có giá trị y_1 , và mọi điểm ảnh đầu vào có giá trị x_3 đều bị ràng buộc ánh xạ lên điểm ảnh đầu ra có giá trị y_3 .
- Các giá trị x_2 và y_2 biểu diễn phép ánh xạ cụ thể từ đầu vào đến đầu ra mà được sử dụng làm điểm neo cho một số phân tử "dải trung tính" (hoặc mức tông màu trung tính) của hình ảnh. Chiều rộng lớn được phép của lựa chọn riêng là x_2 và y_2 , và Bằng sáng chế ‘480 đã đưa ra một số phương án thay thế về cách thức các tham số này có thể được chọn.

Khi ba điểm neo được chọn, hàm truyền (220) có thể được mô tả như sau

$$y = \frac{C_1 + C_2 x^n}{1 + C_3 x^n},$$

(1)

trong đó C_1 , C_2 , và C_3 là hằng số, x biểu thị giá trị đầu vào cho kênh màu hoặc độ chói, y biểu thị giá trị đầu ra tương ứng, và n là tham số không có giá trị có thể được dùng để điều chỉnh độ tương phản tổng màu trung tính.

Như được mô tả trong Bảng sáng chế '480, các giá trị C_1 , C_2 , và C_3 có thể được xác định bằng cách giải phương trình

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{pmatrix} = \frac{1}{x_3 y_3 (x_1 - x_2) + x_2 y_2 (x_3 - x_1) + x_1 y_1 (x_2 - x_3)} \begin{pmatrix} x_2 x_3 (y_2 - y_3) & x_1 x_3 (y_3 - y_1) & x_1 x_2 (y_1 - y_2) \\ x_3 y_3 - x_2 y_2 & x_1 y_1 - x_3 y_3 & x_2 y_2 - x_1 y_1 \\ x_3 - x_2 & x_1 - x_3 & x_2 - x_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Đường cong tổng màu của phương trình (1) đã được áp dụng thành công cho một số ứng dụng ánh xạ hiển thị; tuy nhiên, theo đánh giá của các tác giả sáng chế, đường cong này cũng có một số hạn chế có thể có, bao gồm:

- Khó xác định các tham số đường cong tổng màu để có một phép ánh xạ một-một trong dải cụ thể của màn hình đích
- Khó xác định các tham số (tức là, số mũ n) để điều khiển độ tương phản
- Những thay đổi nhỏ ở điểm neo giữa (x_2, y_2) có thể tạo ra hành vi không mong đợi
- Không cho phép ánh xạ tuyến tính dưới điểm neo đen (205) và/hoặc trên điểm neo trắng (215)

Fig.3 mô tả ví dụ về đường cong ánh xạ tổng màu mới theo một phương án. Như được minh họa trên Fig.3, đường cong ánh xạ tổng màu (320) bao gồm tối đa bốn đoạn:

- Đoạn tuyến tính tùy chọn L1, cho các giá trị nhỏ hơn (x_1, y_1) (x_1 cũng có thể là giá trị âm)
- Hàm spine S1, từ (x_1, y_1) đến (x_2, y_2)
- Hàm spine S2, từ (x_2, y_2) đến (x_3, y_3)
- Đoạn tuyến tính tùy chọn L2, cho các giá trị lớn hơn (x_3, y_3) (x_1 cũng có thể lớn hơn 1)

Theo một phương án, và không giới hạn, các đoạn S1 và S2 được xác định bằng cách sử dụng đa thức Hermite bậc ba (lập phương).

Như được trình bày sau đây, các phép ánh xạ sử dụng các đoạn tuyến tính L1 và L2 có thể đặc biệt hữu ích khi tính toán giá trị nghịch đảo của đường cong tông màu, ví dụ, trong quá trình ánh xạ tông màu ngược, tức khi cần tạo ra hình ảnh có dải tương phản động mở rộng từ hình ảnh có dải tương phản động tiêu chuẩn.

Như trong phương trình (1), đường cong (320) được điều khiển bởi ba điểm neo (305, 310, 315): một điểm đen (x_1, y_1), một điểm giá trị tông màu trung tính (x_2, y_2), và một điểm trắng (x_3, y_3). Ngoài ra, mỗi trong số các hàm spine còn có thể bị ràng buộc bởi hai giá trị dốc, ở mỗi điểm cuối; do đó toàn bộ đường cong được điều khiển bởi ba điểm neo và ba giá trị dốc: giá trị dốc cuối tại (x_1, y_1), giá trị dốc tông màu trung tính tại (x_2, y_2), và giá trị dốc đầu tại (x_3, y_3).

Theo một ví dụ, xem xét hàm spine được xác định giữa các điểm (x_1, y_1) và (x_2, y_2), với giá trị dốc s_1 tại (x_1, y_1) và giá trị dốc s_2 tại (x_2, y_2), thì đối với đầu vào x hàm truyền cho hàm spine Hermite lập phương có thể xác định là:

$$y = ((2T^3 - 3T^2 + 1) * y_1 + (T^3 - 2T^2 + T) * (x_2 - x_1) * s_1 + (-2T^3 + 3T^2) * y_2 + (T^3 - T^2) * (x_2 - x_1) * s_2), \quad (3a)$$

trong đó

$$T = (x - x_1) / (x_2 - x_1). \quad (3b)$$

Theo một phương án, để đảm bảo không lệch lên trên hoặc xuống dưới (tức là, đảm bảo rằng đường cong là đường cong đều), quy tắc sau đây cũng có thể được áp dụng cho các giá trị dốc s_1 và s_2 :

$$\text{Giá trị độ dốc} \leq \alpha \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad (4)$$

trong đó α là hằng số (ví dụ, $\alpha = 3$).

Cho trước hàm spine Hermite của phương trình (3), theo một phương án, và không giới hạn, đối với đầu vào video, tức là được mã hóa sử dụng bộ lượng tử hóa cảm quan (perceptual quantizer - PQ) (ví dụ, theo SMPTE ST 2084:2014, “High Dynamic Range EOTF of Mastering Reference Displays”), đường cong hoàn chỉnh có thể được xác định dựa vào các tham số sau đây:

- $S_{Min} = x1$; biểu thị độ chói tối thiểu của nội dung nguồn. Nếu không xác định, S_{Min} có thể được thiết lập bằng giá trị là màu đen điển hình (ví dụ, $S_{Min} = 0,0151$)
- $S_{Max} = x3$; biểu thị độ chói tối đa của nội dung nguồn. Nếu không xác định, S_{Max} có thể được thiết lập bằng giá trị lớn là “vùng sáng nhất” (ví dụ, $S_{Max} = 0,9026$)
- $S_{Mid} = x2$; biểu thị độ chói trung bình (ví dụ, giá trị số học, giá trị trung bình, giá trị hình học) của nội dung nguồn. Theo một số phương án, giá trị này có thể chỉ là đặc tính độ chói "quan trọng" trong hình ảnh đầu vào. Theo một số phương án khác, giá trị này cũng có thể biểu thị giá trị trung bình, hoặc giá trị trung gian của vùng được chọn (tức là, bề mặt). S_{Mid} có thể được xác định thủ công hoặc tự động và giá trị của nó có thể được bù dựa vào sự ưu tiên để giữ lại một điểm nhìn nhất định trong vùng sáng hay vùng tối. Nếu không xác định, S_{Mid} có thể được thiết lập bằng giá trị trung bình điển hình (ví dụ, $S_{Mid} = 0,36$, biểu diễn các tông màu da).

Dữ liệu này có thể được nhận bằng cách sử dụng hình ảnh hoặc siêu dữ liệu nguồn, chúng có thể được tính toán bởi đơn vị quản lý hiển thị (ví dụ, 135), hoặc chúng có thể được dựa vào giá trị giả định đã biết về môi trường màn hình chính hoặc màn hình chuẩn. Ngoài ra, dữ liệu sau đây được giả định là đã biết đối với màn hình đích (ví dụ, được nhận bằng cách đọc dữ liệu nhận dạng hiển thị mở rộng (Extended Display Identification Data - EDID) của màn hình:

- T_{minPQ} = độ chói tối thiểu của màn hình đích
- T_{maxPQ} = độ chói tối đa của màn hình đích

trong đó thuật ngữ ‘PQ’ được dùng trong sáng chế này biểu thị rằng các giá trị này (thường bằng đơn vị nit) được chuyển đổi sang các giá trị PQ theo SMPTE ST 2084.

Để xác định đầy đủ đường cong ánh xạ, các điểm và tham số sau đây cần được tính toán:

$T_{Min} = y1$;

$T_{Max} = y3$;

$T_{Mid} = y2$;

$slope_{Min}$ = giá trị dốc tại $(x1, y1)$;

$slope_{Mid}$ = giá trị dốc tại $(x2, y2)$; và

slopeMax = giá trị dốc tại (x3, y3).

Fig.4A mô tả quy trình làm ví dụ để xác định các điểm neo và giá trị dốc của đường cong ánh xạ tông màu theo một phương án. Cho các tham số đầu vào (405) SMin, SMid, SMax, TminPQ, và TmaxPQ, bước 412 tính toán y2 (TMid). Ví dụ, theo một phương án, điểm neo tông màu trung tính (SMid, TMid) có thể được chọn ở trên vạch ánh xạ 1-1, tức là, bắt buộc TMid=SMid, với điều kiện là TMid nằm trong các điểm biên TminPQ và TmaxPQ và bộ đệm định trước. Đối với các giá trị TMid gần TminPQ và TmaxPQ, TMid có thể được chọn ở trong một khoảng cách cố định (ví dụ, giữa TminPQ+c và TmaxPQ-d, trong đó c và d là các giá trị cố định), hoặc khoảng cách được tính theo tỷ lệ phần trăm của các giá trị này. Ví dụ, TMid có thể bị buộc không bao giờ thấp hơn TminPQ+ a*TminPQ hoặc cao hơn TmaxPQ-b*TmaxPQ, trong đó a và b là hằng số trong [0, 1], biểu diễn các giá trị phần trăm (ví dụ, a = b = 5% =0,05).

Cho TMid, bước 425 tính toán các tham số chưa biết còn lại (ví dụ, y1, y2, và ba giá trị dốc). Cuối cùng, bước 430 tính toán hai hàm spine và hai đoạn tuyến tính.

Theo phương án khác, bước tính toán TMid có thể được tinh chỉnh thêm bằng cách cố gắng bảo toàn tỷ lệ ban đầu giữa " giá trị tương phản cuối" đầu vào (tức là, độ tương phản giữa vùng màu đen (SMin) và tông màu trung tính (SMid)) và " giá trị tương phản đầu" đầu vào (tức là, giá trị tương phản giữa tông màu trung tính (SMid) và vùng sáng nhất (SMax)). Ví dụ về quy trình theo phương án 1 được minh họa trên Fig.4B và cũng được mô tả trong mã giả trên Bảng 1. Mục đích của quy trình này là:

- Xác định điểm neo tông màu trung tính đầu ra (SMid, TMid) càng gần ánh xạ chéo (1-1) càng tốt. Tức là, một cách lý tưởng, TMid nên càng gần với SMid càng tốt để bảo toàn tông màu trung tính đầu vào;
- Nếu không thể ánh xạ 1-1, thì xác định TMid để các giá trị đầu ra của các dải "giá trị tương phản cuối" và "giá trị tương phản đầu" nằm trong giới hạn định trước của các dải đầu vào tương ứng. Như được dùng trong sáng chế này, "giá trị tương phản đầu" đầu vào được dựa vào hàm (SMax-SMid), và "giá trị tương phản cuối" đầu vào được dựa vào hàm (SMid-SMin).
- Cho điểm neo giữa (x2, y2) hoặc (SMid, TMid), xác định ba giá trị dốc sao cho toàn bộ đường cong tông màu có thể được mô tả.

Bảng 1: Quy trình làm ví dụ để xác định các tham số đường cong tông màu

- 1) Tìm dải tương phản động của màn hình đích

$$TDR = T_{maxPQ} - T_{minPQ};$$

- 2) Tìm vị trí mà trung điểm nguồn (SMid), độ tương phản đầu nguồn (dải từ SMid đến SMax), và độ tương phản cuối nguồn (dải từ SMin đến SMid) được đặt trong dải tương phản động đích;

$$midLoc = (SMid - T_{minPQ}) / TDR;$$

$$headroom = (S_{Max} - SMid) / TDR;$$

$$tailroom = (SMid - S_{Min}) / TDR;$$

- 3) Thiết lập lượng bảo toàn độ tương phản (ví dụ, bao nhiêu dải tương phản động đầu vào trong các vùng sáng – độ tương phản đầu - và các vùng tối – độ tương phản cuối - nên được bảo toàn) (ví dụ, 50% cho cả hai)

$$preservationHead = 0,5;$$

$$preservationTail = 0,5;$$

- 4) Tính toán các giá trị bù Đầu và Cuối của SMid dựa vào midLoc và lượng bảo toàn độ tương phản. Giá trị offsetHead cố gắng đẩy TMid xuống còn giá trị offsetTail cố gắng đẩy TMid lên để bảo toàn độ tương phản càng gần càng tốt với ánh xạ 1-1 giữa SMid và TMid.

$$offsetScalar = -0,5 * (\cos(\pi * \min(1, \max(0, (midLoc - 0,5) / 0,5))) - 1);$$

$$offsetHead = \max(0, headroom * preservationHead + midLoc - 1) * TDR * offsetScalar;$$

$$offsetScalar = -0,5 * (\cos(\pi * \min(1, \max(0, 1 - midLoc * 2))) - 1);$$

$$offsetTail = \max(0, tailroom * preservationTail - midLoc) * TDR * offsetScalar;$$

- 5) Đặt TMid (y2) bằng SMid và thêm các giá trị bù Đầu và Cuối

$$TMid = SMid - offsetHead + offsetTail;$$

- 6) Điều chỉnh các điểm TMin (y1) và TMax (y3) dựa vào TMid

$$TMax = \min(TMid + SMax - SMid, TmaxPQ);$$

$$TMin = \max(TMid - SMid + SMin, TminPQ);$$

- 7) Tính toán các giá trị dốc đầu và cuối tối đa dựa vào quy tắc phóng đại (xem phương trình (4)) để bảo toàn tính đơn điệu

$$maxMinSlope = 3 * (TMid - TMin) / (SMid - SMin);$$

$$maxMaxSlope = 3 * (TMax - TMid) / (SMax - SMid);$$

- 8) Tính toán các giá trị dốc. Thông thường, contrastFactor = 1; Tuy nhiên, giá trị của nó có thể được điều chỉnh để thay đổi thêm độ tương phản tín hiệu đầu ra dựa vào sở thích người dùng (ví dụ, sử dụng điều khiển "độ tương phản" trên TV)

$$slopeMin = \min([maxMinSlope, ((TMid - TMin) / (SMid - SMin))^2]);$$

$$slopeMax = \min([maxMaxSlope, 1, ((TMax - TMid) / (SMax - SMid))^4]);$$

$$slopeMid = \min([maxMinSlope, maxMaxSlope, contrastFactor * (1 - SMid + TMid)]);$$

Trong bước 4 ở trên, để tính toán các tham số bù đầu và cuối, các số hạng được nhân với số hạng ký hiệu là “offsetScalar”, mà theo một phương án, có thể được biểu diễn là

$$offsetScalar = s(midLoc) = \quad (5)$$

$$-\left(\frac{1}{2}\right)(\cos(\pi * \min(1, \max(0, |2 * midLoc - 1|))) - 1).$$

Mục đích của hàm này là tạo ra giá trị chuyển tiếp đều giữa các giá trị bù tối đa có thể có (ví dụ, $headroom * preservationHead$ hoặc $tailroom * preservationTail$) và các giá trị dốc đầu hoặc cuối tương ứng. Hàm $s()$ trong phương trình (5) có thể là hàm tuyến tính hoặc phi tuyến tính $|2 * midLoc - 1|$ thích hợp bất kỳ. Ví dụ, theo phương án khác:

$$s(midLoc) = \sqrt{\min(1, \max(0, |2 * midLoc - 1|))}. \quad (6)$$

Trong bước 8 ở trên, $slopeMid$ được tính toán để gần đường chéo dùng cho ánh xạ 1-1. Ngược lại, $slopeMax$ được tính toán để bảo toàn các vùng sáng tỷ lệ với $headslope^h$ (ví dụ, $h = 4$); tức là giá trị dốc giữa $(x2, y2)$ và $(x3, y3)$, trong khi $slopeMin$ được tính toán để bảo toàn vùng màu đen tỷ lệ với $tailslope^t$ (ví dụ, $t = 2$) tức là giá trị dốc giữa $(x1, y1)$ và $(x2, y2)$. Các số mũ h và t xác định mức độ nhanh mà các vùng sáng hay các vùng tối cần được “phá vỡ”. Các giá trị tiêu biểu cho h và t bao gồm 1, 2, hoặc 4. Theo một phương án, $h = t$.

Cho ba điểm neo và ba giá trị dốc, bốn đoạn có thể được tạo ra như sau:

nếu $(SMin < x \leq SMid)$ // Đường cong S1

$$y = ((2T^3 - 3T^2 + 1) * TMin + (T^3 - 2T^2 + T) * (SMid - SMin) * slopeMin + (-2T^3 + 3T^2) * TMid + (T^3 - T^2) * (SMid - SMin) * slopeMid), \quad (7a)$$

trong đó

$$T = (x - SMin) / (SMid - SMin). \quad (7b)$$

nếu $(SMid < x < SMax)$ // đường cong S2

$$y = ((2T^3 - 3T^2 + 1) * TMid + (T^3 - 2T^2 + T) * (SMax - SMid) * slopeMid + (-2T^3 + 3T^2) * TMax + (T^3 - T^2) * (SMax - SMid) * slopeMax), \quad (7c)$$

trong đó

$$T = (x - SMid) / (SMax - SMid).$$

(7d)

nếu $(x \leq SMin)$ // đoạn L1

$$y = TMin + (x - SMin) * slopeMin \quad (7e)$$

nếu $(x \geq SMax)$ // đoạn L2

$$y = TMax + (x - SMax) * slopeMax \quad (7f)$$

Quay trở lại Fig.4B, cho trước các tham số đầu vào (405) (ví dụ, SMin, SMid, SMax, TminPQ, và TmaxPQ), bước (410) tính toán giá trị tông màu trung tính đích thứ nhất và các giá trị khoảng đầu và khoảng cuối đích gắn kèm dựa vào các tham số đầu vào (ví dụ, xem bước 2 trong Bảng 1). Cho phần trăm bảo toàn độ tương phản đầu và cuối (ví dụ, khoảng 50%), giá trị tông màu trung tính đích thứ nhất, và khoảng đầu và khoảng cuối đích gắn kèm, bước (415) tính toán các giá trị bù đầu và cuối (ví dụ, xem bước 4 trong Bảng 1). Bước (420), áp dụng các giá trị bù đầu và cuối cho giá trị SMid đầu vào để tính toán giá trị TMid đích (ví dụ, xem bước 5 trong Bảng 1). Tiếp theo, bước (425) tính toán TMax và TMin dựa vào các tham số đầu vào và TMid (ví dụ, xem bước 6 trong Bảng 1). Bước (425) cũng tính toán hai giá trị dốc cuối và giá trị dốc giữa cho hai hàm spine (ví dụ, xem bước 8 trong Bảng 1) trong khi cố gắng bảo toàn tính đơn điệu. Cho trước các tham số đầu vào, TMid, TMin, TMax, và ba giá trị dốc, sau đó có thể áp dụng phương trình (7) để tính toán trong bước (430) đường cong ánh xạ tông màu.

Fig.5 mô tả hai ví dụ khác nhau của đường cong tông màu được đề xuất, ánh xạ dữ liệu được mã hóa PQ từ dải tương phản động thứ nhất lên dải tương phản động thứ hai thấp hơn. Lưu ý rằng cùng đường cong có thể cũng được sử dụng cho quy trình ánh xạ ngược, tức là chuyển ngược lại dữ liệu từ dải tương phản động thấp hơn đến dải tương phản động mở rộng ban đầu. Theo một phương án, quy trình ánh xạ ngược có thể được tính toán như sau:

- Suy ra đường cong ánh xạ tông màu, tức là, được biểu diễn dưới dạng $y = f(x)$, như được mô tả trên đây
- Tạo ra bảng tra cứu xuôi, ánh xạ các giá trị đầu vào x_i lên các giá trị đầu ra y_i bằng cách sử dụng $y_i = f(x_i)$
- Tạo ra bảng tra cứu ngược, ánh xạ các giá trị dải tương phản động thấp đầu vào y'_k lên các giá trị dải tương phản động mở rộng hơn đầu ra x'_k , bằng cách sử dụng các giá trị từ LUT xuôi (tức là, nếu $y'_k = y_i$, thì $x'_k = x_i$)
- Tạo ra các giá trị bổ sung của LUT ngược bằng cách nội suy trên các giá trị hiện có. Ví dụ, nếu $y_i < y'_k < y_{i+1}$, thì x'_k đầu ra tương ứng có thể được tạo ra bằng cách nội suy giữa x_i và x_{i+1} .

Fig.6A mô tả đồ thị làm ví dụ thể hiện cách thức các giá trị tông màu trung tính đầu vào (SMid) được ánh xạ lên các giá trị tông màu trung tính đầu ra (TMid) để xác

định (ví dụ, sử dụng các bước từ 1 đến 4 trong Bảng 1) điểm neo tông màu trung tính của hàm ánh xạ đường cong tông màu theo một phương án. Cho $S_{Min} = 0,01$, $S_{Max} = 0,92$, và $T_{minPQ} = 0,1$, đồ thị 605 mô tả cách thức S_{Mid} được ánh xạ lên T_{Mid} khi $T_{maxPQ} = 0,5$, và đồ thị 610 mô tả cách thức S_{Mid} được ánh xạ lên T_{Mid} khi $T_{maxPQ} = 0,7$.

Từ Fig.6A thấy rằng trong dải nhỏ gồm các giá trị S_{Mid} , hàm 605 là hàm không đơn điệu, điều này có thể mang lại kết quả không mong muốn, chẳng hạn, khi làm rõ hoặc làm mờ ảnh. Để giải quyết vấn đề này, trong bước 4 của Bảng 1, mã giả sau đây có thể được dùng để tính toán các giá trị bù đầu và cuối:

$cutoff = a$; // ví dụ, $a = 0,5$.

$offsetHead = \min(\max(0, (midLoc - cutoff)) * TDR,$

$\max(0, headroom * preservationHead + midLoc - 1) * TDR);$

$offsetTail = \min(\max(0, (cutoff - midLoc)) * TDR,$

$\max(0, tailroom * preservationTail - midLoc) * TDR);$

trong đó *cutoff* là biến ưu tiên duy trì các vùng sáng so với các vùng tối bằng cách xác định tỷ lệ phần trăm của dải tương phản động đích trong đó các giá trị bù đầu và cuối sẽ được cắt. Ví dụ, giá trị *cutoff* bằng 0,5 có cùng mức ưu tiên với các vùng sáng và các vùng tối, còn giá trị *cutoff* bằng 0,7 có mức ưu tiên cao hơn các vùng sáng và các vùng tối.

Phương pháp này vừa đơn giản hơn về mặt tính toán, do nó không cần tính toán các hàm cosin hoặc hàm căn bậc hai, và như được minh họa trên Fig.6B, vừa bảo toàn tính đơn điệu. Cho $S_{Min} = 0,01$, $S_{Max} = 0,92$, và $T_{minPQ} = 0,1$, trên Fig.6B, đồ thị 615 mô tả cách thức S_{Mid} được ánh xạ lên T_{Mid} khi $T_{maxPQ} = 0,5$, và đồ thị 620 mô tả cách thức S_{Mid} được ánh xạ lên T_{Mid} khi $T_{maxPQ} = 0,7$.

So với phương trình (1), đường cong tông màu được đề xuất có nhiều ưu điểm, bao gồm:

- Bằng cách sử dụng tham số *slopeMid*, có thể xác định ánh xạ một-một giữa các giá trị S_{Mid} và T_{Mid} trong dải cụ thể của màn hình đích để bảo toàn độ tương phản;

- Độ tương phản của hình ảnh có thể được điều khiển rõ ràng thông qua biến `slopeMid` và `contrastFactor` (xem, Bảng 1, bước 8). Ví dụ, theo một phương án, giá trị của `contrastFactor` có thể nằm trong khoảng, và không giới hạn, từ 0,5 đến 2,0, với giá trị mặc định `contrastFactor = 1`;
- Bằng cách chia toàn bộ đường cong thành hai hàm `spine`, không có diễn biến bất ngờ nào nữa quanh điểm neo tông màu trung tính (x_2, y_2);
- Bằng cách sử dụng `SlopeMin` và `SlopMax`, có thể định trước diễn biến của đường cong ánh xạ trước các điểm neo đen và sau các điểm neo trắng;
- Đường cong này có thể ánh xạ các giá trị đầu vào âm (ví dụ, $x < 0$). Tình trạng như vậy có thể xảy ra do nhiễu hoặc các tình trạng hệ thống khác (ví dụ, lọc không gian). Thông thường có thể dồn các giá trị âm về 0; tuy nhiên việc dồn này có thể làm tăng nhiễu và giảm chất lượng tổng thể. Nhờ có thể ánh xạ các giá trị đầu vào âm, các thành phần lạ do bị cắt có thể được giảm bớt hoặc loại bỏ.
- Đường cong ánh xạ tông màu có thể được đảo ngược dễ dàng bằng cách chuyển đổi đơn giản ánh xạ từ x đến y thành ánh xạ từ y đến x ;
- Không cần sử dụng các hàm lũy thừa hoặc hàm mũ không nguyên bất kỳ, do đó việc tính toán sẽ nhanh hơn và hiệu quả hơn, bởi vì không sử dụng đến các số mũ không nguyên.

Liên quan đến điểm cuối cùng, từ góc độ tính toán, việc xác định các tham số của hàm trong phương trình (2) cho giá trị độ tương phản có nghĩa (ví dụ, $n \neq 1$ và/hoặc khi n không phải là số nguyên) cần sử dụng các hàm lũy thừa bậc sáu (ví dụ, với $y = \text{pow}(x, n)$, $y = x^n$). Ngược lại, các phép tính toán trong Bảng 1 không cần hàm lũy thừa không nguyên (tính lũy thừa 2 hoặc 4 cần các phép nhân đơn giản). Nói chung, so với phương trình (1), phương trình (7) cần nhiều phép toán nhân/chia và cộng/trừ nhiều hơn cho mỗi mẫu đầu vào, nhưng không cần hàm lũy thừa. Theo một số phương án, phương trình (7) có thể được thực hiện bằng cách sử dụng bảng tra cứu. Quan trọng hơn, các nghiên cứu người dùng được thực hiện bởi các tác giả sáng chế dường như chỉ ra rằng người dùng ưu tiên chất lượng hình ảnh tổng thể của hình ảnh được tạo ra bằng cách sử dụng hàm ánh xạ tông màu mới (320).

Phương án thực hiện của hệ thống máy tính làm ví dụ

Các phương án của sáng chế có thể được thực hiện với hệ thống máy tính, các hệ thống được tạo cấu hình trong mạch và các bộ phận điện tử, thiết bị mạch tích hợp (integrated circuit - IC) chẳng hạn như bộ vi điều khiển, mảng cổng lập trình được bằng trường (field programmable gate array - FPGA), hoặc thiết bị logic có thể tạo cấu hình hoặc có thể lập trình được (programmable logic device - PLD) khác, bộ xử lý thời gian rời rạc hoặc bộ xử lý tín hiệu số (digital signal processor - DSP), mạch tích hợp chuyên dụng (application specific integrated circuit - ASIC), và/hoặc thiết bị mà bao gồm một hoặc nhiều hệ thống, thiết bị hoặc bộ phận như vậy. Máy tính và/hoặc mạch IC có thể thực hiện, điều khiển hoặc thực thi các lệnh liên quan đến quy trình biến đổi hình ảnh đối với các hình ảnh có dải tương phản động mở rộng, chẳng hạn như các hình ảnh được mô tả trong sáng chế. Máy tính và/hoặc mạch IC có thể tính toán bất kỳ trong số nhiều tham số hoặc giá trị liên quan đến quy trình biến đổi hình ảnh như được mô tả trong sáng chế. Các phương án về hình ảnh hoặc dữ liệu video có thể được thực hiện trong phần cứng, phần mềm, phần sụn hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Một số phương án thực hiện của sáng chế bao gồm các bộ xử lý máy tính thực thi các lệnh phần mềm khiến cho các bộ xử lý thực hiện phương pháp của sáng chế. Ví dụ, một hoặc nhiều bộ xử lý trong màn hình, bộ mã hóa, hộp giải mã tín hiệu, bộ chuyển mã hoặc tương tự có thể thực hiện các phương pháp liên quan đến quy trình biến đổi hình ảnh đối với các hình ảnh HDR như được mô tả trên đây bằng cách thực thi các lệnh phần mềm trong bộ nhớ chương trình truy cập được bởi các bộ xử lý. Sáng chế cũng có thể được đề xuất dưới dạng sản phẩm chương trình. Sản phẩm chương trình có thể bao gồm phương tiện bất biến bất kỳ mang tập hợp tín hiệu đọc được bằng máy tính chứa các lệnh mà khi được thực thi bởi bộ xử lý dữ liệu, khiến cho bộ xử lý dữ liệu thực hiện phương pháp theo sáng chế. Các sản phẩm chương trình theo sáng chế có thể có dạng bất kỳ trong số nhiều dạng khác nhau. Sản phẩm chương trình có thể bao gồm, ví dụ, phương tiện vật lý chẳng hạn như phương tiện lưu trữ dữ liệu từ tính bao gồm đĩa mềm, đĩa cứng, phương tiện lưu trữ dữ liệu quang bao gồm CD ROM, DVD, phương tiện lưu trữ dữ liệu điện tử bao gồm ROM, RAM nhanh (flash), hoặc tương tự. Tín hiệu đọc được bằng máy tính trên sản phẩm chương trình có thể được nén hoặc mã hóa một cách tùy ý.

Trong đó bộ phận (ví dụ, mô đun phần mềm, bộ xử lý, bộ, thiết bị, mạch, v.v.) được đề cập ở trên, thì trừ khi có quy định khác, tham chiếu đến bộ phận đó (bao gồm tham chiếu đến “phương tiện”) nên được hiểu là bao gồm các bộ phận tương đương với bộ phận đó, bộ phận bất kỳ mà thực hiện hàm của bộ phận được mô tả (ví dụ, tức là bộ phận tương đương về mặt hàm), bao gồm các bộ phận không tương đương về mặt cấu trúc với cấu trúc thực hiện hàm trong các phương án làm ví dụ của sáng chế.

Các phương án tương đương, mở rộng, thay thế và các phương án khác

Sáng chế mô tả các phương án làm ví dụ liên quan đến quy trình biến đổi hình ảnh hiệu quả từ video HDR thành video SDR. Trong phần mô tả ở trên, các phương án theo sáng chế đã được mô tả dựa vào nhiều chi tiết cụ thể mà có thể thay đổi từ phương án thực hiện này đến phương án thực hiện khác. Do đó, dấu hiệu duy nhất và độc nhất mà sáng chế dự định đưa ra là bộ yêu cầu bảo hộ của sáng chế này, bao gồm mọi sự sửa đổi tiếp theo. Mọi sự định nghĩa được nêu ra ở đây cho các thuật ngữ trong phần yêu cầu bảo hộ sẽ điều chỉnh nghĩa của các thuật ngữ đó như được dùng trong bộ yêu cầu bảo hộ này. Do đó, không có sự giới hạn đối với thành phần, tính chất, đặc tính, ưu điểm hoặc thuộc tính mà không được nêu rõ ràng trong yêu cầu bảo hộ có thể hạn chế phạm vi của sáng chế. Do đó, bản mô tả sáng chế và các hình vẽ được xem xét với ý nghĩa minh họa thay vì giới hạn phạm vi bảo hộ sáng chế.

Theo một số khía cạnh, sáng chế có thể được hiểu qua các phương án ví dụ được liệt kê (enumerated example embodiment - EEE) dưới đây:

EEE 1. Phương pháp ánh xạ, bằng cách sử dụng bộ xử lý, hình ảnh từ dải tương phản động thứ nhất lên dải tương phản động thứ hai, phương pháp này bao gồm các bước:

truy cập dữ liệu thông tin thứ nhất đối với hình ảnh đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất bao gồm mức điểm đen đầu vào (x_1 , S_{Min}), mức tông màu trung tính đầu vào (x_2 , S_{Mid}), và mức điểm trắng đầu vào (x_3 , S_{Max}) trong dải tương phản động thứ nhất;

truy cập dữ liệu thông tin thứ hai đối với hình ảnh đầu ra trong dải tương phản động thứ hai bao gồm mức điểm đen đầu ra thứ nhất (T_{minPQ}) và mức điểm trắng đầu ra thứ nhất (T_{maxPQ}) trong dải tương phản động thứ hai;

xác định giá trị tông màu trung tính đầu ra trong dải tương phản động thứ hai dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất và dữ liệu thông tin thứ hai;

tính toán điểm đen đầu ra thứ hai và điểm trắng đầu ra thứ hai trong dải tương phản động thứ hai dựa vào dữ liệu thông tin thứ hai và giá trị tông màu trung tính đầu ra;

tính toán giá trị dốc cuối, giá trị dốc đầu, và giá trị dốc tông màu trung tính dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất, dữ liệu thông tin thứ hai, và giá trị tông màu trung tính đầu ra;

xác định hàm truyền để ánh xạ các giá trị điểm ảnh của hình ảnh đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất lên các giá trị điểm ảnh tương ứng của hình ảnh đầu ra trong dải tương phản động thứ hai, trong đó hàm truyền bao gồm hai đoạn, trong đó đoạn thứ nhất được xác định dựa vào giá trị dốc cuối, giá trị dốc tông màu trung tính, điểm đen đầu vào, mức tông màu trung tính đầu vào, điểm đen đầu ra thứ hai, và giá trị tông màu trung tính đầu ra, và đoạn thứ hai được xác định dựa vào giá trị dốc tông màu trung tính, giá trị dốc đầu, mức tông màu trung tính đầu vào, điểm trắng đầu vào, mức tông màu trung tính đầu ra, và điểm trắng đầu ra thứ hai; và

ánh xạ hình ảnh đầu vào lên hình ảnh đầu ra bằng cách sử dụng hàm truyền xác định được.

EEE 2. Phương pháp theo EEE 1, trong đó dải tương phản động thứ nhất bao gồm dải tương phản động mở rộng và dải tương phản động thứ hai bao gồm dải tương phản động tiêu chuẩn.

EEE 3. Phương pháp theo EEE 1 hoặc EEE 2, trong đó hàm truyền còn bao gồm đoạn tuyến tính thứ nhất cho các giá trị đầu vào nhỏ hơn điểm đen đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất, trong đó đoạn tuyến tính có giá trị dốc bằng giá trị dốc cuối.

EEE 4. Phương pháp theo EEE 3, trong đó hàm truyền cho đoạn tuyến tính thứ nhất bao gồm:

$$y = TMin + (x - SMin) * slopeMin ,$$

trong đó x biểu thị giá trị điểm ảnh đầu vào, y biểu thị giá trị điểm ảnh đầu ra, $slopeMin$ biểu thị giá trị dốc cuối, $TMin$ biểu thị điểm đen đầu ra thứ hai trong dải tương phản động thứ hai, và $SMin$ biểu thị điểm đen đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất.

EEE 5. Phương pháp theo bất kỳ trong số các EEE từ 1 đến 4, trong đó hàm truyền còn bao gồm đoạn tuyến tính thứ hai cho các giá trị đầu vào lớn hơn điểm trắng đầu vào

trong dải tương phản động thứ nhất, trong đó đoạn tuyến tính có giá trị dốc bằng giá trị dốc đầu.

EEE 6. Phương pháp theo EEE 5, trong đó hàm truyền cho đoạn tuyến tính thứ hai bao gồm:

$$y = TMax + (x - SMax) * slopeMax,$$

trong đó x biểu thị giá trị điểm ảnh đầu vào, y biểu thị giá trị điểm ảnh đầu ra, $slopeMax$ biểu thị giá trị dốc đầu, $TMax$ biểu thị điểm trắng đầu ra thứ hai trong dải tương phản động thứ hai, và $SMax$ biểu thị điểm trắng đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất.

EEE 7. Phương pháp theo bất kỳ trong số các EEE từ 1 đến 6, trong đó đoạn thứ nhất và/hoặc đoạn thứ hai được xác định dựa vào đa thức hàm spine Hermite bậc ba.

EEE 8. Phương pháp theo EEE 7, trong đó bước xác định đoạn thứ nhất bao gồm bước tính toán:

$$y = ((2T^3 - 3T^2 + 1) * TMin + (T^3 - 2T^2 + T) * (SMid - SMin) * slopeMin + (-2T^3 + 3T^2) * TMid + (T^3 - T^2) * (SMid - SMin) * slopeMid),$$

trong đó $T = (x - SMin) / (SMid - SMin)$, x biểu thị giá trị điểm ảnh đầu vào, y biểu thị giá trị điểm ảnh đầu ra, $slopeMin$ biểu thị giá trị dốc cuối, $slopeMid$ biểu thị giá trị dốc tông màu trung tính, $TMin$ và $TMid$ biểu thị điểm đen đầu ra thứ hai và mức tông màu trung tính đầu ra, và $SMin$ và $SMid$ biểu thị điểm đen đầu vào và mức tông màu trung tính đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất.

EEE 9. Phương pháp theo EEE 7 hoặc EEE 8, trong đó bước xác định đoạn thứ hai bao gồm bước tính toán:

$$y = ((2T^3 - 3T^2 + 1) * TMid + (T^3 - 2T^2 + T) * (SMax - SMid) * slopeMid + (-2T^3 + 3T^2) * TMax + (T^3 - T^2) * (SMax - SMid) * slopeMax), \quad (5c)$$

trong đó $T = (x - SMid) / (SMax - SMid)$, x biểu thị giá trị điểm ảnh đầu vào, y biểu thị giá trị điểm ảnh đầu ra, $slopeMax$ biểu thị giá trị dốc đầu, $slopeMid$ biểu thị giá trị dốc tông màu trung tính, $TMid$ và $TMax$ biểu thị mức tông màu trung tính đầu ra và điểm trắng đầu ra thứ hai trong dải tương phản động thứ hai, và $SMid$ và $SMax$ biểu thị mức tông màu trung tính đầu vào và điểm trắng đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất.

EEE 10. Phương pháp theo bất kỳ trong số các EEE từ 1 đến 9, trong đó bước tính toán giá trị tông màu trung tính đầu ra bao gồm bước tính toán:

nếu $SMid < T_{minPQ} + a * T_{MinPQ}$

thì $TMid = T_{MinPQ} + a * T_{MinPQ}$;

hoặc nếu $SMid > T_{maxPQ} - b * T_{maxPQ}$

thì $TMid = T_{maxPQ} - b * T_{maxPQ}$;

nếu không $TMid = SMid$;

trong đó $TMid$ biểu thị giá trị tông màu trung tính đầu ra, a và b là các giá trị phân vị trong $[0, 1]$, $SMid$ biểu thị mức tông màu trung tính đầu vào, và T_{minPQ} và T_{maxPQ} bao gồm các giá trị trong dữ liệu thông tin thứ hai.

EEE 11. Phương pháp theo bất kỳ trong số các EEE từ 1 đến 9, trong đó bước tính toán giá trị tông màu trung tính đầu ra còn bao gồm các bước:

xác định giá trị tông màu trung tính đầu ra sơ bộ trong dải tương phản động thứ hai, và các giá trị giới hạn thứ nhất và thứ hai cho giá trị tông màu trung tính đầu ra sơ bộ, dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất và điểm đen đầu ra thứ nhất;

tính toán giá trị bù đầu và giá trị bù cuối trong dải tương phản động thứ hai dựa vào giá trị tông màu trung tính đầu ra sơ bộ, các giá trị giới hạn thứ nhất và thứ hai, và một hoặc nhiều giá trị bảo toàn độ tương phản đầu vào; và

tính toán giá trị tông màu trung tính đầu ra trong dải tương phản động thứ hai dựa vào mức tông màu trung tính đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất và các giá trị bù đầu và cuối.

EEE 12. Phương pháp theo EEE 11, trong đó bước xác định giá trị tông màu trung tính đầu ra sơ bộ và các giá trị giới hạn thứ nhất và thứ hai cho giá trị tông màu trung tính đầu ra thứ nhất, bao gồm bước tính toán

$$midLoc = (SMid - T_{minPQ}) / TDR;$$

$$headroom = (SMax - SMid) / TDR;$$

$$tailroom = (SMid - SMin) / TDR;$$

trong đó

$$TDR = T_{maxPQ} - T_{minPQ},$$

$midLoc$ biểu thị giá trị tông màu trung tính đầu ra sơ bộ, khoảng cuối và khoảng đầu biểu thị các giá trị giới hạn thứ nhất và thứ hai cho giá trị tông màu trung tính đầu ra thứ nhất, $SMin$, $SMid$, và $SMax$ biểu thị dữ liệu thông tin thứ nhất, và T_{minPQ} biểu thị mức điểm đen đầu ra thứ nhất.

EEE 13. Phương pháp theo EEE 11 hoặc EEE 12, trong đó ít nhất một giá trị bảo toàn độ tương phản xấp xỉ bằng 50%.

EEE 14. Phương pháp theo bất kỳ trong số các EEE từ 11 đến 13, trong đó bước tính toán giá trị tông màu trung tính đầu ra (TMid) bao gồm bước tính toán

$$TMid = SMid - offsetHead + offsetTail,$$

trong đó SMid biểu thị mức tông màu trung tính đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất, và offsetHead và offsetTail biểu thị các giá trị bù đầu và cuối.

EEE 15. Phương pháp theo EEE 14, trong đó bước tính toán điểm trắng đầu ra thứ hai và điểm đen đầu ra thứ hai trong dải tương phản động thứ hai bao gồm bước tính toán

$$TMax = \min(TMid + SMax - SMid, TmaxPQ),$$

$$TMin = \max(TMid - SMid + SMin, TminPQ),$$

trong đó TMin biểu thị điểm đen đầu ra thứ hai, TMax biểu thị điểm trắng đầu ra thứ hai, SMin và SMax biểu thị điểm đen đầu vào và điểm trắng đầu vào trong dải tương phản động thứ nhất, và TminPQ và TmaxPQ biểu thị điểm đen đầu ra thứ nhất và điểm trắng đầu ra thứ nhất trong dải tương phản động thứ hai.

EEE 16. Phương pháp theo EEE 10 hoặc EEE 15, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tính toán giá trị tối đa của giá trị dốc cuối (maxMinSlope) và/hoặc giá trị tối đa của giá trị dốc đầu (maxMaxSlope) là

$$\maxMinSlope = 3 * (TMid - TMin) / (SMid - SMin),$$

$$\maxMaxSlope = 3 * (TMax - TMid) / (SMax - SMid).$$

EEE 17. Phương pháp theo EEE 16, trong đó bước tính toán giá trị dốc cuối (slopeMin), giá trị dốc tông màu trung tính (slopeMid), và giá trị dốc đầu (slopeMax) còn bao gồm bước tính toán

$$\text{slopeMin} = \min([\maxMinSlope, ((TMid - TMin) / (SMid - SMin))^2]);$$

$$\text{slopeMax} = \min([\maxMaxSlope, 1, ((TMax - TMid) / (SMax - SMid))^4]);$$

$$\text{slopeMid} = \min([\maxMinSlope, \maxMaxSlope, \text{contrastFactor} * (1 - SMid + TMid)]);$$

trong đó contrastFactor biểu thị tham số tương phản.

EEE 18. Phương pháp theo bất kỳ trong số các EEE từ 1 đến 17, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định bảng tra cứu ngược để ánh xạ hình ảnh từ dải tương phản động thứ hai ngược với dải tương phản động thứ nhất, phương pháp này bao gồm các bước:

xác định bảng tra cứu xuôi để ánh xạ các giá trị $x(i)$ trong dải tương phản động thứ nhất lên các giá trị $y(i)$ trong dải tương phản động thứ hai dựa vào hàm truyền xác định được; và

tạo ra bảng tra cứu ngược để ánh xạ các giá trị $y'(k)$ trong dải tương phản động thứ hai lên các giá trị $x'(k)$ trong dải tương phản động thứ nhất bằng cách thiết lập:

nếu $y'(k) = y(i)$, thì $x'(k) = x(i)$

mặt khác

nếu $y(i) < y'(k) < y(i+1)$, thì đầu ra tương ứng $x'(k)$ được tạo ra bằng cách nội suy giá trị giữa $x(i)$ và $x(i+1)$.

EEE 19. Thiết bị bao gồm bộ xử lý và được tạo cấu hình để thực hiện bất kỳ trong số các phương pháp trong các EEE từ 1 đến 18.

EEE 20. Vật ghi bất biến đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh thực thi được bằng máy tính để thực hiện phương pháp với một hoặc nhiều bộ xử lý theo bất kỳ trong số các EEE từ 1 đến 18.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp ánh xạ hình ảnh từ dải động thứ nhất đến dải động thứ hai bằng cách sử dụng bộ xử lý, phương pháp này bao gồm:

truy cập dữ liệu thông tin thứ nhất đối với hình ảnh đầu vào trong dải động thứ nhất, dữ liệu thông tin thứ nhất bao gồm mức điểm đen đầu vào (x_1 , S_{Min}), mức tông màu trung gian đầu vào (x_2 , S_{Mid}), và mức điểm trắng đầu vào (x_3 , S_{Max}) trong dải động thứ nhất;

truy cập dữ liệu thông tin thứ hai đối với hình ảnh đầu ra trong dải động thứ hai, dữ liệu thông tin thứ hai bao gồm mức điểm đen đầu ra thứ nhất (T_{minPQ}) và mức điểm trắng đầu ra thứ nhất (T_{maxPQ}) trong dải động thứ hai;

xác định giá trị tông màu trung gian đầu ra trong dải động thứ hai dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất và dữ liệu thông tin thứ hai;

tính toán điểm đen đầu ra thứ hai và điểm trắng đầu ra thứ hai trong dải động thứ hai dựa vào dữ liệu thông tin thứ hai và giá trị tông màu trung gian đầu ra;

tính toán độ dốc cuối, độ dốc đầu, và độ dốc tông màu trung gian dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất, dữ liệu thông tin thứ hai, và giá trị tông màu trung gian đầu ra;

xác định hàm truyền để ánh xạ các giá trị điểm ảnh của hình ảnh đầu vào trong dải động thứ nhất đến các giá trị điểm ảnh tương ứng của hình ảnh đầu ra trong dải động thứ hai, trong đó hàm truyền bao gồm hai đoạn, trong đó đoạn thứ nhất được xác định dựa vào độ dốc cuối, độ dốc tông màu trung gian, mức điểm đen đầu vào, mức tông màu trung gian đầu vào, điểm đen đầu ra thứ hai, và giá trị tông màu trung gian đầu ra, và đoạn thứ hai được xác định dựa vào độ dốc tông màu trung gian, độ dốc đầu, mức tông màu trung gian đầu vào, mức điểm trắng đầu vào, giá trị tông màu trung gian đầu ra, và điểm trắng đầu ra thứ hai; và

ánh xạ hình ảnh đầu vào đến hình ảnh đầu ra bằng cách sử dụng hàm truyền xác định được.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước tính toán điểm đen đầu ra thứ hai và điểm trắng đầu ra thứ hai trong dải động thứ hai còn dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó:

bước tính toán độ dốc cuối dựa vào mức điểm đen đầu vào, mức tông màu trung gian đầu vào, điểm đen đầu ra thứ hai và giá trị tông màu trung gian đầu ra;

bước tính toán độ dốc đầu dựa vào mức điểm trắng đầu vào, mức tông màu trung gian đầu vào, điểm trắng đầu ra thứ hai và giá trị tông màu trung gian đầu ra; và

bước tính toán độ dốc tông màu trung gian dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất, điểm đen đầu ra thứ hai, điểm trắng đầu ra thứ hai và giá trị tông màu trung gian đầu ra.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dải động thứ nhất bao gồm dải động cao và dải động thứ hai bao gồm dải động tiêu chuẩn.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hàm truyền còn bao gồm đoạn tuyến tính thứ nhất cho các giá trị đầu vào nhỏ hơn mức điểm đen đầu vào trong dải động thứ nhất, trong đó đoạn tuyến tính có độ dốc bằng độ dốc cuối, trong đó hàm truyền cho đoạn tuyến tính thứ nhất tùy ý bao gồm

$$y = TMin + (x - SMin) * slopeMin,$$

trong đó x biểu thị giá trị điểm ảnh đầu vào, y biểu thị giá trị điểm ảnh đầu ra, slopeMin biểu thị độ dốc cuối, TMin biểu thị điểm đen đầu ra thứ hai trong dải động thứ hai, và SMin biểu thị mức điểm đen đầu vào trong dải động thứ nhất.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hàm truyền còn bao gồm đoạn tuyến tính thứ hai cho các giá trị đầu vào lớn hơn mức điểm trắng đầu vào trong dải động thứ nhất, trong đó đoạn tuyến tính có độ dốc bằng độ dốc đầu, trong đó hàm truyền cho đoạn tuyến tính thứ hai tùy ý bao gồm

$$y = TMax + (x - SMax) * slopeMax,$$

trong đó x biểu thị giá trị điểm ảnh đầu vào, y biểu thị giá trị điểm ảnh đầu ra, slopeMax biểu thị độ dốc đầu, TMax biểu thị điểm trắng đầu ra thứ hai trong dải động thứ hai, và SMax biểu thị mức điểm trắng đầu vào trong dải động thứ nhất.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đoạn thứ nhất và/hoặc đoạn thứ hai được xác định dựa vào đa thức đoạn cong Hermite bậc ba.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó bước xác định đoạn thứ nhất bao gồm tính toán

$$y = ((2T^3 - 3T^2 + 1) * TMin + (T^3 - 2T^2 + T) * (SMid - SMin) * slopeMin + (-2T^3 + 3T^2) * TMid + (T^3 - T^2) * (SMid - SMin) * slopeMid),$$

trong đó $T = (x - SMin)/(SMid - SMin)$, x biểu thị giá trị điểm ảnh đầu vào, y biểu thị giá trị điểm ảnh đầu ra, slopeMin biểu thị độ dốc cuối, slopeMid biểu thị độ dốc tông màu trung gian, TMin và TMid biểu thị điểm đen đầu ra thứ hai và giá trị tông màu trung gian đầu ra, và SMin và SMid biểu thị mức điểm đen đầu vào và mức tông màu trung gian đầu vào trong dải động thứ nhất.

9. Phương pháp theo điểm 7, trong đó bước xác định đoạn thứ hai bao gồm tính toán

$$y = ((2T^3 - 3T^2 + 1) * TMid + (T^3 - 2T^2 + T) * (SMax - SMid) * slopeMid + (-2T^3 + 3T^2) * TMax + (T^3 - T^2) * (SMax - SMid) * slopeMax), \quad (5c)$$

trong đó $T = (x - SMid)/(SMax - SMid)$, x biểu thị giá trị điểm ảnh đầu vào, y biểu thị giá trị điểm ảnh đầu ra, slopeMax biểu thị độ dốc đầu, slopeMid biểu thị độ dốc tông màu trung gian, TMid và TMax biểu thị giá trị tông màu trung gian đầu ra và điểm trắng đầu ra thứ hai trong dải động thứ hai, và SMid và SMax biểu thị mức tông màu trung gian đầu vào và mức điểm trắng đầu vào trong dải động thứ nhất.

10. Phương pháp điểm 1, trong đó bước tính toán giá trị tông màu trung gian đầu ra bao gồm tính toán:

nếu $SMid < TminPQ + a * TMinPQ$

thì $TMid = TminPQ + a * TMinPQ$;

hoặc nếu $SMid > TmaxPQ - b * TmaxPQ$

thì $TMid = TmaxPQ - b * TmaxPQ$;

nếu không $TMid = SMid$;

trong đó TMid biểu thị giá trị tông màu trung gian đầu ra, a và b là các giá trị phân vị trong [0, 1], SMid biểu thị mức tông màu trung gian đầu vào, và TminPQ và TmaxPQ bao gồm các giá trị trong dữ liệu thông tin thứ hai.

11. Phương pháp điểm 1, trong đó bước tính toán giá trị tông màu trung gian đầu ra còn bao gồm:

xác định giá trị tổng màu trung gian đầu ra sơ bộ trong dải động thứ hai, và các giá trị giới hạn thứ nhất và thứ hai cho giá trị tổng màu trung gian đầu ra sơ bộ, dựa vào dữ liệu thông tin thứ nhất và điểm đen đầu ra thứ nhất;

tính toán độ lệch đầu và độ lệch cuối trong dải động thứ hai dựa vào giá trị tổng màu trung gian đầu ra sơ bộ, các giá trị giới hạn thứ nhất và thứ hai, và một hoặc nhiều giá trị bảo toàn độ tương phản đầu vào; và

tính toán giá trị tổng màu trung gian đầu ra trong dải động thứ hai dựa vào mức tổng màu trung gian đầu vào trong dải động thứ nhất và các độ lệch đầu và cuối.

12. Phương pháp theo điểm 11, trong đó bước xác định giá trị tổng màu trung gian đầu ra sơ bộ và các giá trị giới hạn thứ nhất và thứ hai cho giá trị tổng màu trung gian đầu ra thứ nhất, bao gồm tính toán

$$\text{midLoc} = (\text{SMid} - \text{TminPQ}) / \text{TDR};$$

$$\text{headroom} = (\text{SMax} - \text{SMid}) / \text{TDR};$$

$$\text{tailroom} = (\text{SMid} - \text{SMin}) / \text{TDR};$$

trong đó

$$\text{TDR} = \text{TmaxPQ} - \text{TminPQ},$$

midLoc biểu thị giá trị tổng màu trung gian đầu ra sơ bộ, khoảng trống cuối và khoảng trống đầu biểu thị các giá trị giới hạn thứ nhất và thứ hai cho giá trị tổng màu trung gian đầu ra thứ nhất, SMin, SMid, và SMax biểu thị dữ liệu thông tin thứ nhất, và TminPQ biểu thị mức điểm đen đầu ra thứ nhất.

13. Phương pháp theo điểm 11, trong đó ít nhất một giá trị bảo toàn độ tương phản bằng xấp xỉ 50%.

14. Phương pháp điểm 11, trong đó bước tính toán giá trị tổng màu trung gian đầu ra (Tmid) bao gồm tính toán

$$\text{TMid} = \text{SMid} - \text{offsetHead} + \text{offsetTail},$$

trong đó SMid biểu thị mức tổng màu trung gian đầu vào trong dải động thứ nhất, và offsetHead và offsetTail biểu thị các độ lệch đầu và cuối.

15. Phương pháp theo điểm 14, trong đó bước tính toán điểm trắng đầu ra thứ hai và điểm đen đầu ra thứ hai trong dải động thứ hai bao gồm tính toán

$$T_{\text{Max}} = \min(T_{\text{Mid}} + S_{\text{Max}} - S_{\text{Mid}}, T_{\text{maxPQ}}),$$

$$T_{\text{Min}} = \max(T_{\text{Mid}} - S_{\text{Mid}} + S_{\text{Min}}, T_{\text{minPQ}}),$$

trong đó T_{Min} biểu thị điểm đen đầu ra thứ hai, T_{Max} biểu thị điểm trắng đầu ra thứ hai, S_{Min} và S_{Max} biểu thị mức điểm đen đầu vào và mức điểm trắng đầu vào trong dải động thứ nhất, và T_{minPQ} và T_{maxPQ} biểu thị điểm đen đầu ra thứ nhất và điểm trắng đầu ra thứ nhất trong dải động thứ hai.

16. Phương pháp theo điểm 10, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tính toán giá trị tối đa của độ dốc cuối (maxMinSlope) và/hoặc giá trị tối đa của độ dốc đầu (maxMaxSlope) như sau

$$\text{maxMinSlope} = 3 * (T_{\text{Mid}} - T_{\text{Min}}) / (S_{\text{Mid}} - S_{\text{Min}}),$$

$$\text{maxMaxSlope} = 3 * (T_{\text{Max}} - T_{\text{Mid}}) / (S_{\text{Max}} - S_{\text{Mid}}).$$

trong đó một cách tùy ý:

bước tính toán độ dốc cuối (slopeMin), độ dốc tông màu trung gian (slopeMid), và độ dốc đầu (slopeMax) còn bao gồm tính toán

$$\text{slopeMin} = \min([\text{maxMinSlope}, ((T_{\text{Mid}} - T_{\text{Min}}) / (S_{\text{Mid}} - S_{\text{Min}}))^2]);$$

$$\text{slopeMax} = \min([\text{maxMaxSlope}, 1, ((T_{\text{Max}} - T_{\text{Mid}}) / (S_{\text{Max}} - S_{\text{Mid}}))^4]);$$

$$\text{slopeMid} = \min([\text{maxMinSlope}, \text{maxMaxSlope}, \text{contrastFactor} * (1 - S_{\text{Mid}} + T_{\text{Mid}})]);$$

trong đó contrastFactor biểu thị tham số độ tương phản.

17. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định bảng tra cứu ngược để ánh xạ hình ảnh từ dải động thứ hai trở lại dải động thứ nhất, phương pháp này bao gồm các bước:

xác định bảng tra cứu xuôi ánh xạ các giá trị $x(i)$ trong dải động thứ nhất đến các giá trị $y(i)$ trong dải động thứ hai dựa vào hàm truyền xác định được; và

tạo ra bảng tra cứu ngược ánh xạ các giá trị $y'(k)$ trong dải động thứ hai đến các giá trị $x'(k)$ trong dải động thứ nhất bằng cách thiết lập:

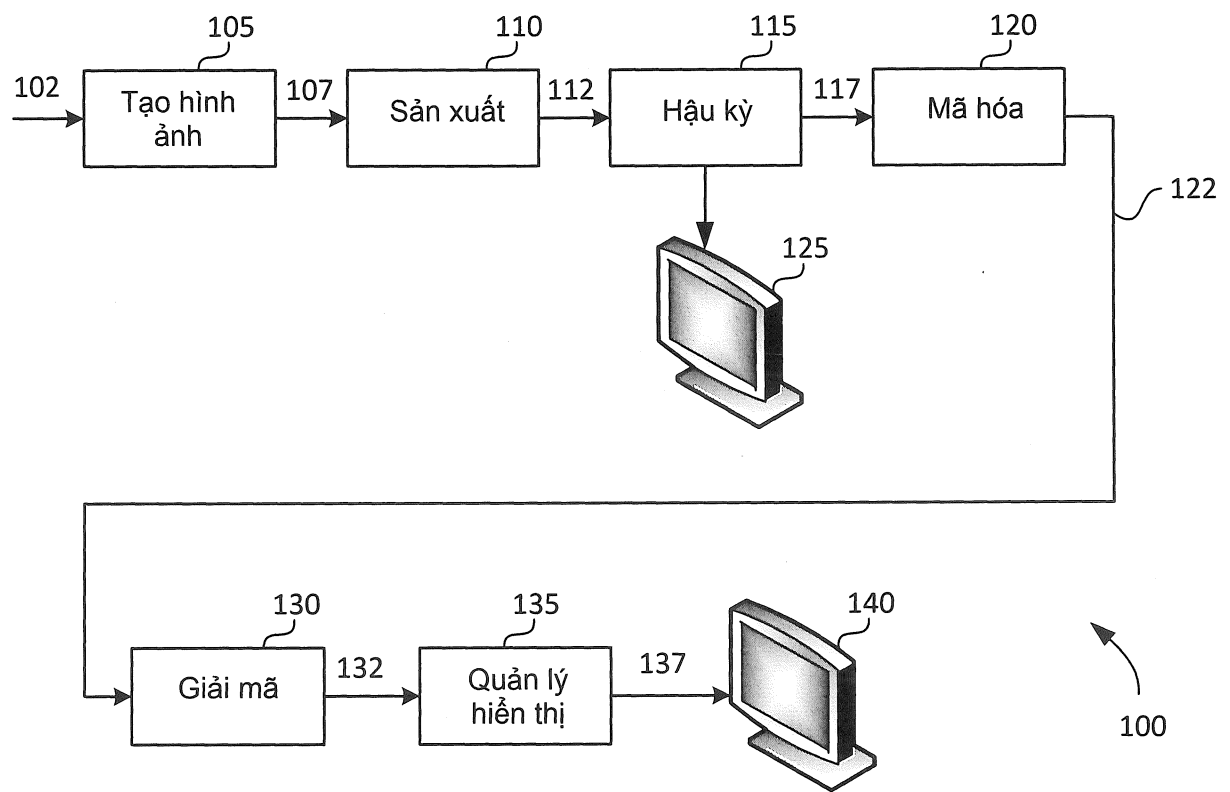
$$\text{nếu } y'(k) = y(i), \text{ thì } x'(k) = x(i)$$

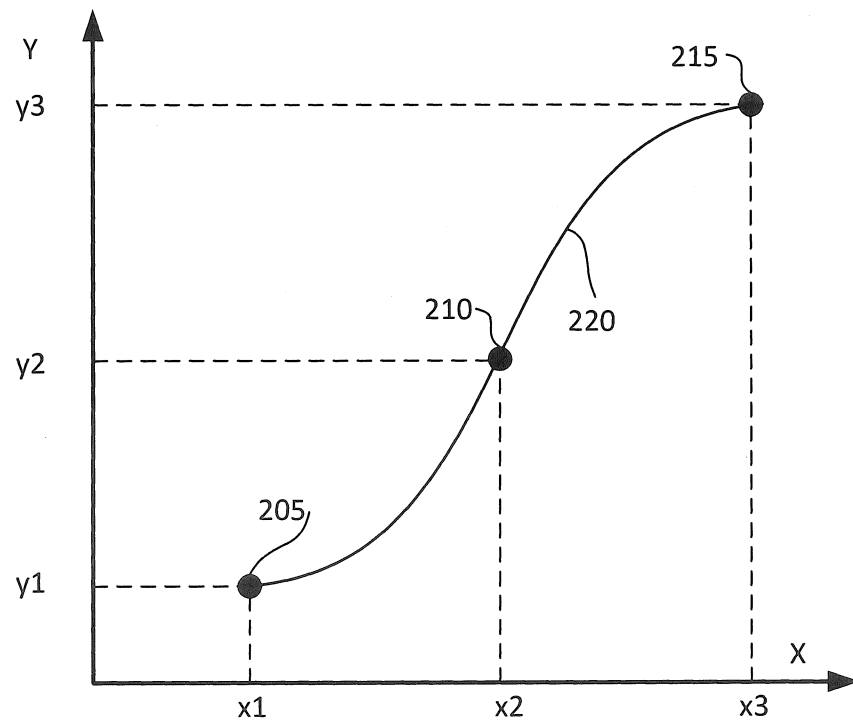
mặt khác

nếu $y(i) < y'(k) < y(i+1)$, thì đầu ra tương ứng $x'(k)$ được tạo ra bằng cách nội suy giá trị giữa $x(i)$ và $x(i+1)$.

18. Thiết bị bao gồm bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo điểm 1.

19. Vật ghi bất biến đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh thực thi được bằng máy tính để thực hiện phương pháp với một hoặc nhiều bộ xử lý theo điểm 1.

**FIG. 1**

**FIG. 2**

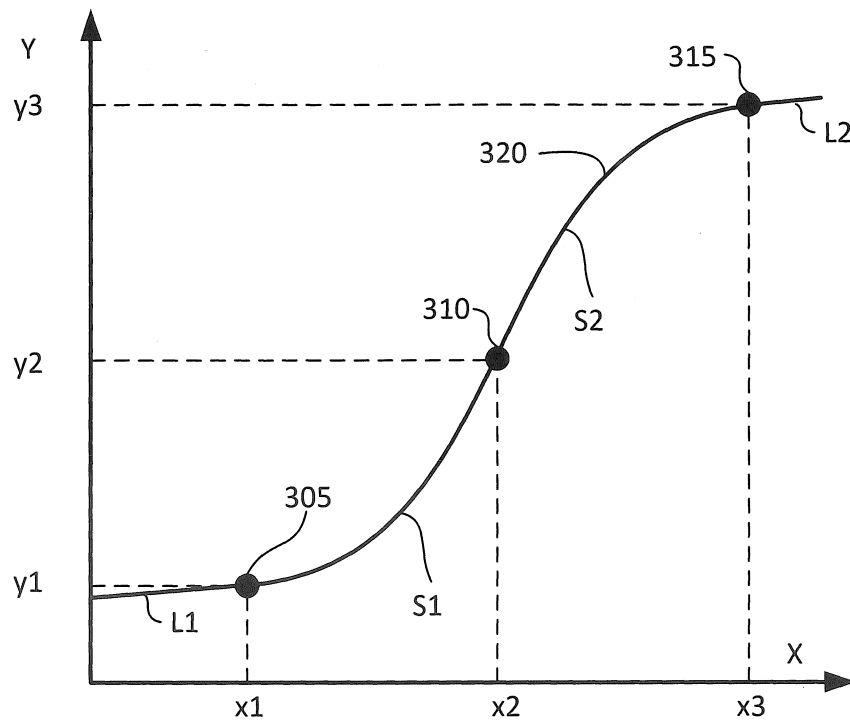


FIG. 3

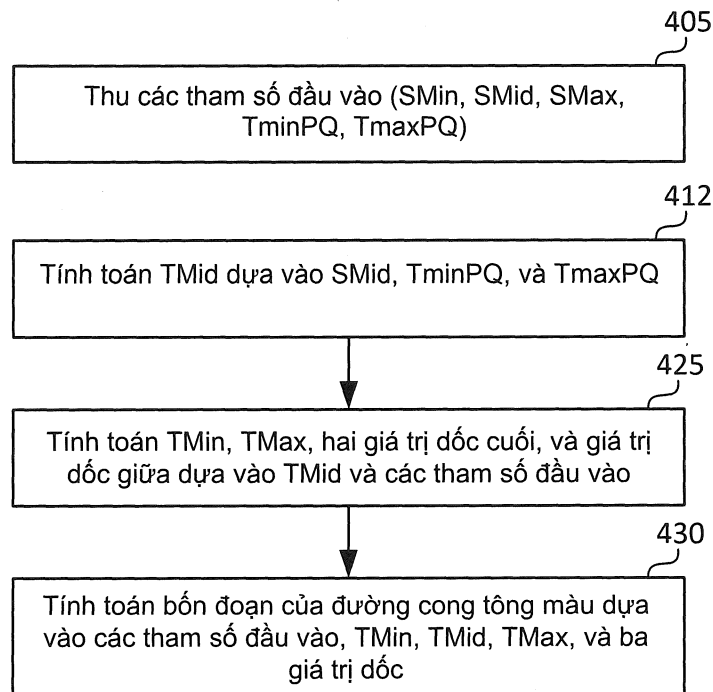
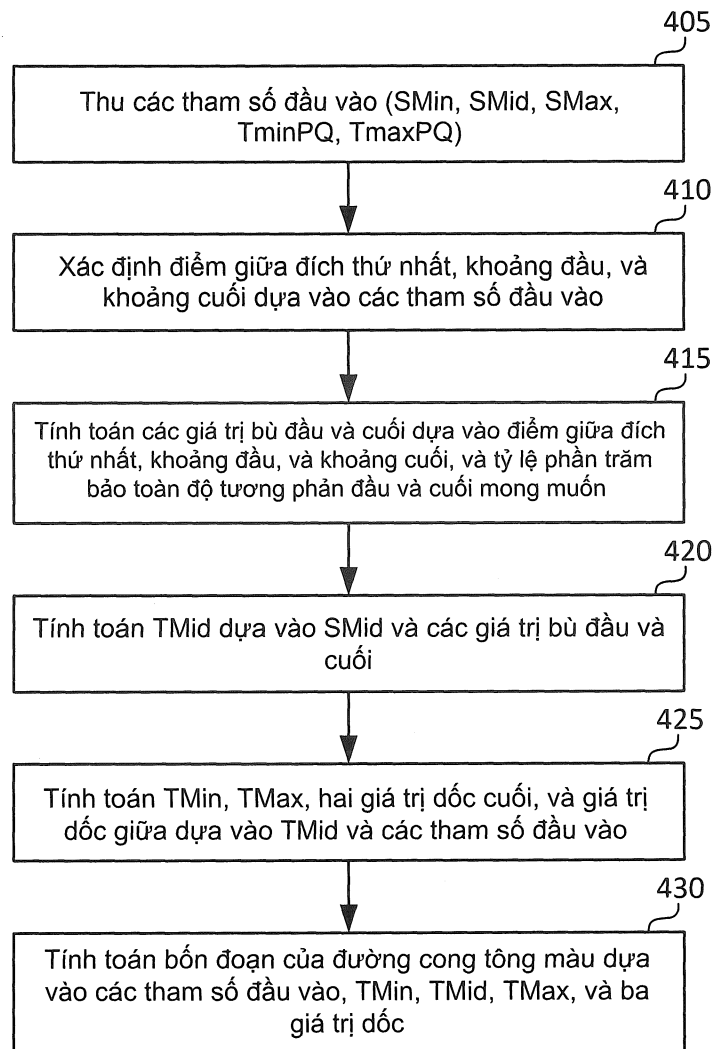
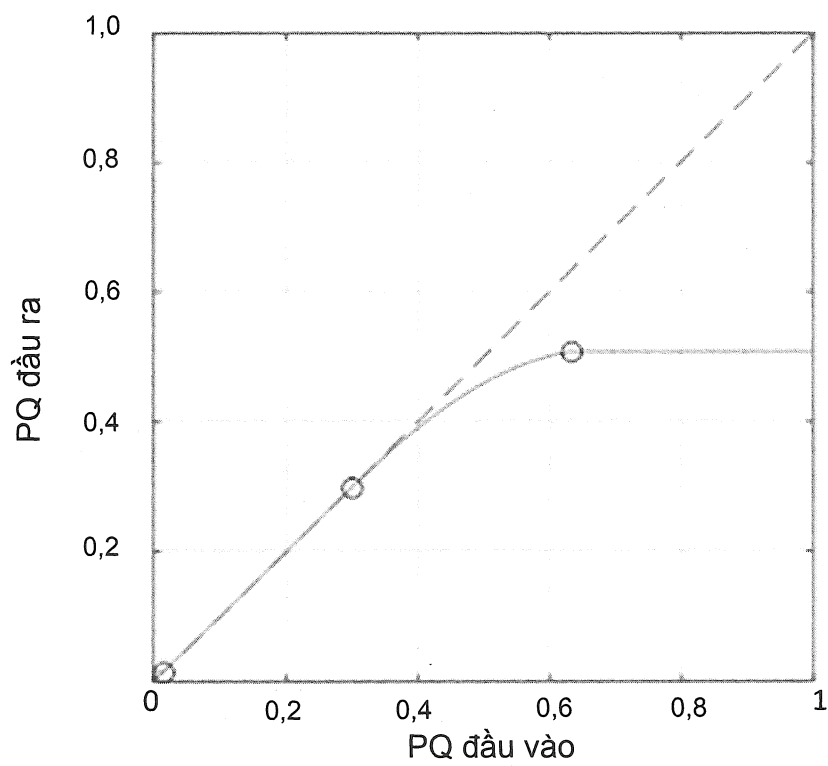
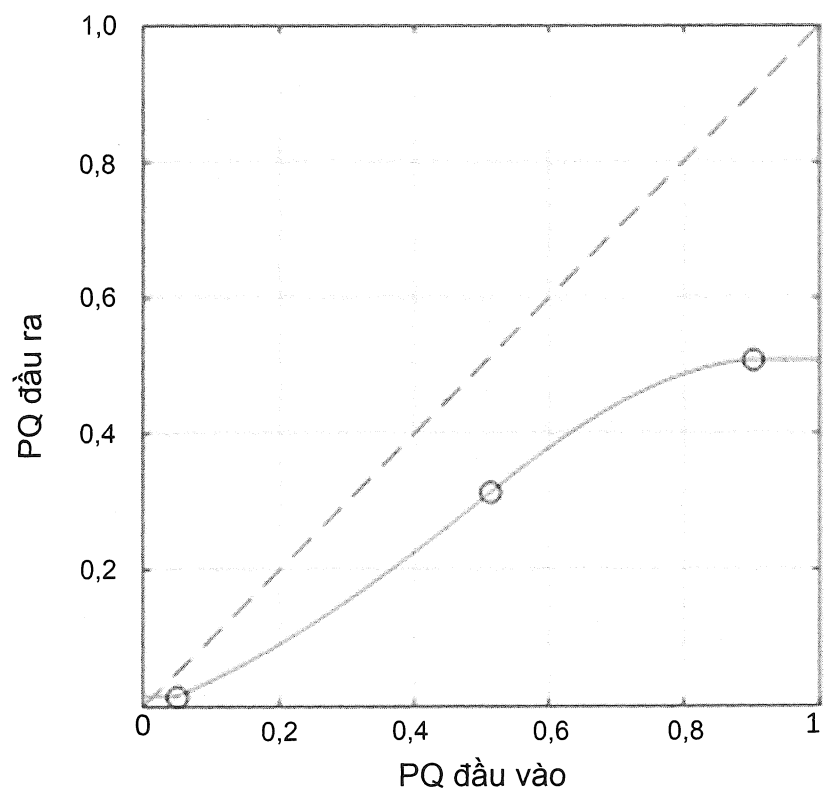


FIG. 4A

**FIG. 4B**

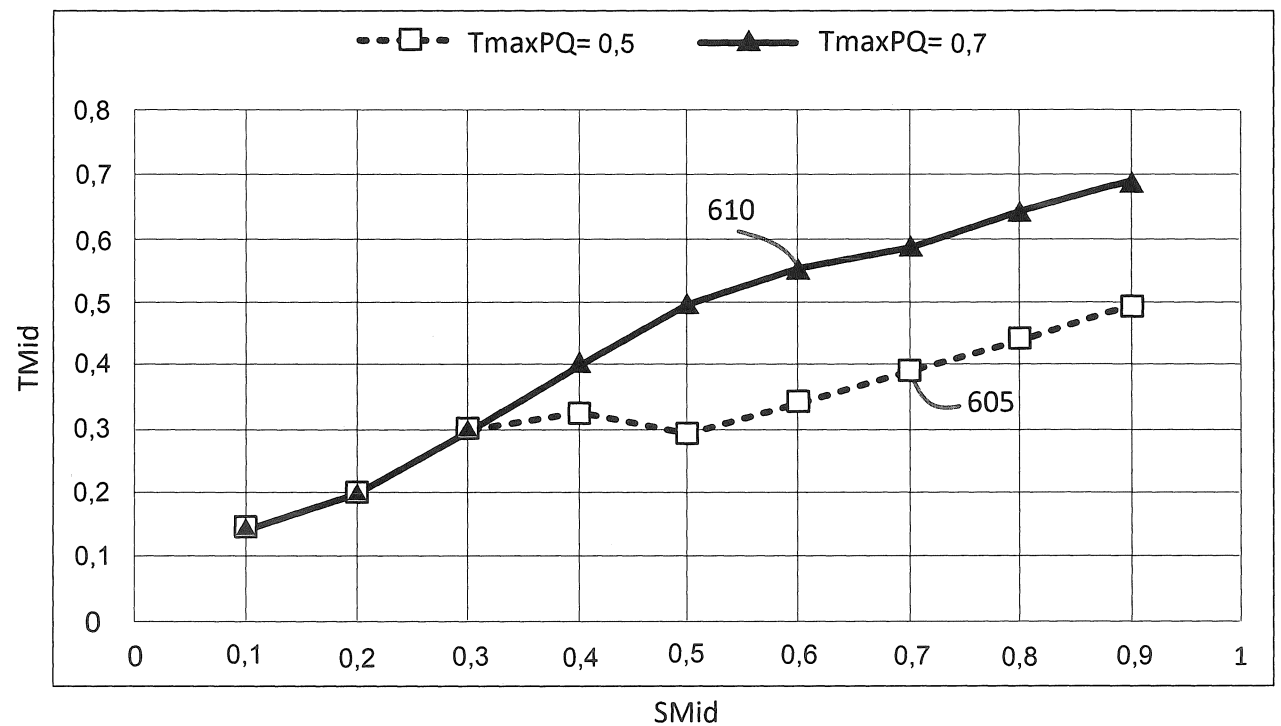
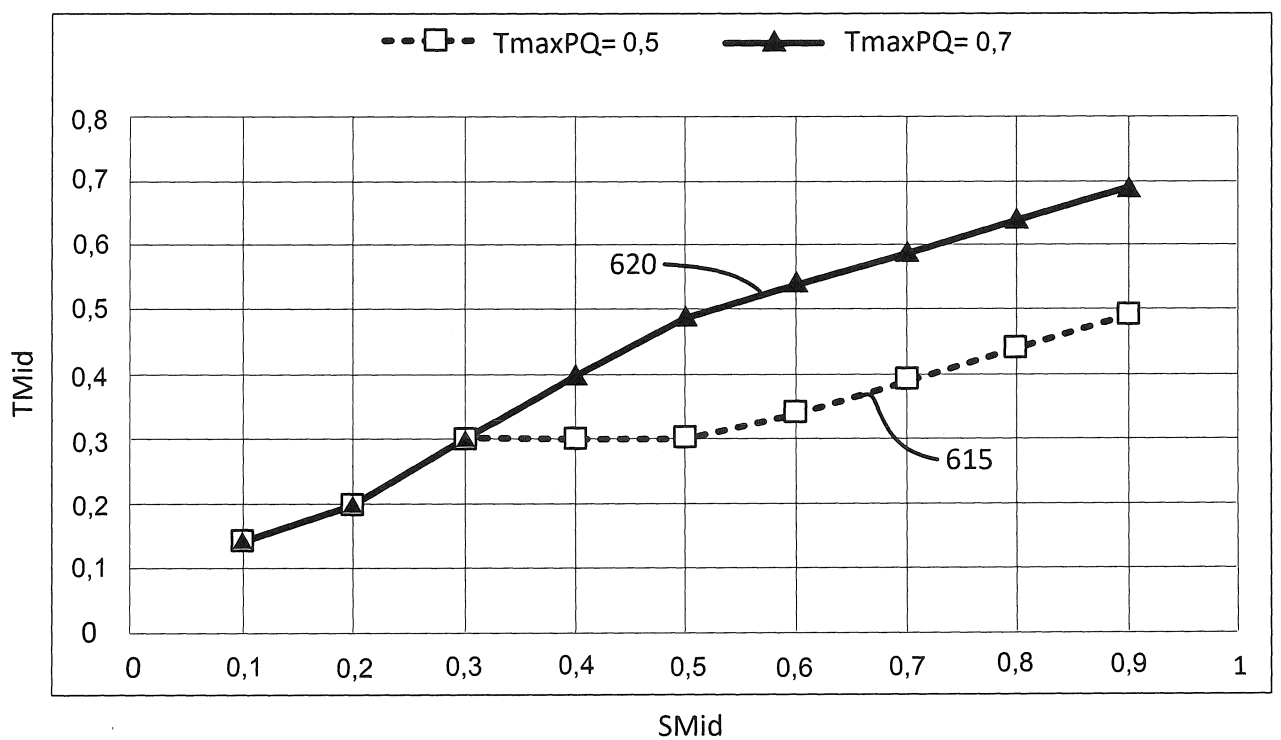


a)



b)

FIG. 5

**FIG. 6A****FIG. 6B**