



(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)



1-0049287

(51)^{2020.01} G06T 3/40; G06T 5/00; G06N 3/02

(13) B

(21) 1-2021-07551

(22) 01/04/2020

(86) PCT/CN2020/082722 01/04/2020

(87) WO 2021/196070 07/10/2021

(45) 25/07/2025 448

(43) 26/12/2022 417A

(73) BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD. (CN)

No.10 Jiuxianqiao Rd., Chaoyang District, Beijing 100015, P.R.China

(72) Guannan CHEN (CN); Jingru WANG (CN); Lijie ZHANG (CN); Fengshuo HU (CN).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) PHƯƠNG PHÁP THỰC THI BẰNG MÁY TÍNH, THIẾT BỊ TẠO ẢNH ĐỘ PHÂN GIẢI CAO, VÀ VẬT GHI ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(21) 1-2021-07551

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp thực thi bằng máy tính. Phương pháp thực thi bằng máy tính bao gồm nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp. Việc tạo ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát. Sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao.

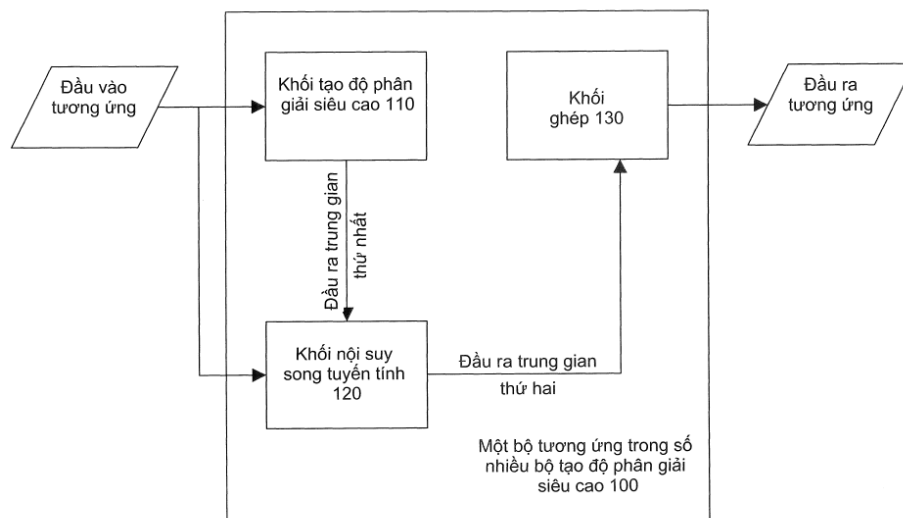


Fig.4

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế này đề cập tới công nghệ hiển thị, cụ thể hơn, đến phương pháp thực thi bằng máy tính, thiết bị tạo ảnh độ phân giải cao, và vật ghi đọc được bằng máy tính.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Học máy và các mạng nơron đã được sử dụng để phân tích các ảnh cho nhiều mục đích khác nhau. Mạng nơron là mạng bao gồm nhiều lớp ẩn. Một lớp tương ứng trong số nhiều lớp ẩn bao gồm nhiều nơron (chẳng hạn các nút). Nhiều nơron trong một lớp tương ứng trong số nhiều lớp ẩn được nối với nhiều nơron trong một lớp liền kề của nhiều lớp ẩn. Các kết nối giữa các nơron có các trọng số khác nhau. Mạng nơron có kết cấu bất chước kết cấu của mạng nơron sinh học. Mạng nơron có thể giải quyết các vấn đề nhờ sử dụng cách không xác định.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp thực thi bằng máy tính, bao gồm bước nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp; trong đó bước tạo ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát, trong đó sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao.

Theo cách tùy chọn, một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao bao gồm khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính; trong đó bước tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn bao gồm nhập sự nhập tương ứng vào khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính, một cách tương ứng; xử lý sự nhập vào tương ứng nhờ sử dụng khối tạo độ

phân giải siêu cao để tạo ra sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao; nhập sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao vào khối nội suy song tuyến tính; và tạo ra sự xuất ra trung gian thứ hai nhờ sử dụng khối nội suy song tuyến tính dựa trên sự nhập vào tương ứng và sự xuất ra trung gian thứ nhất.

Theo cách tùy chọn, một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao còn bao gồm khối ghép; trong đó bước tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn bao gồm nhập sự xuất ra trung gian thứ hai vào khối ghép; và tạo sự xuất ra tương ứng từ khối ghép dựa trên sự xuất ra trung gian thứ hai.

Theo cách tùy chọn, khối tạo độ phân giải siêu cao bao gồm nhiều môđun lập mã và nhiều môđun giải mã được bố trí theo cấu trúc mạng Unet; một môđun tương ứng trong số nhiều môđun lập mã bao gồm lớp chập lấy mẫu xuống, và nhiều khối phần dư thứ nhất được bố trí nối tiếp; và một môđun tương ứng trong số nhiều môđun giải mã bao gồm nhiều khối phần dư thứ hai được bố trí nối tiếp, và lớp chập lấy mẫu lên.

Theo cách tùy chọn, bước tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn bao gồm nhập sự xuất ra từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp vào trong khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung; và xử lý sự xuất ra từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung để tạo ảnh có độ phân giải cao.

Theo cách tùy chọn, phương pháp thực thi bằng máy tính còn bao gồm bước sử dụng vòng hồi tiếp để huấn luyện máy phát dựa trên hàm mất mát máy phát.

Theo cách tùy chọn, hàm mất mát máy phát được xác định là $L_{total} = \sum_{i=0}^n (\alpha L_i^m + \beta L_i^p)$; trong đó i đại diện cho số lượng tương ứng các tỷ lệ; L^m là hàm sai số bình phương trung bình; L^p là hàm mất mát cảm thụ; α đại diện cho hệ số trọng số cho L^m ; và β đại diện cho các hệ số trọng số cho L^p .

Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron được dùng để xử lý ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao; $L^m = \min \sum_{j=0}^N \frac{1}{N} \|I_j - \hat{I}_j\|_2^2$; và

$L_j^{\varphi}(\hat{I}, I) = \frac{1}{C_j H_j W_j} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$; trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại

diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng nơron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra của kiểu mạng nơron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra.

Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron là kiểu VGG-19.

Theo cách tùy chọn, phương pháp thực thi bằng máy tính còn bao gồm bước huấn luyện trước mạng nơron chập bằng cách nhập nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng nơron chập; nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng nơron chập; tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp; tính toán mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát; và điều chỉnh mạng nơron chập dựa trên mất mát.

Theo cách tùy chọn, phương pháp thực thi bằng máy tính còn bao gồm bước nhập ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao vào trong bộ phân biệt; và xác nhận ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng bộ phân biệt dựa trên ảnh tham chiếu; trong đó máy phát và bộ phân biệt là các bộ phận cấu thành của mạng đối nghịch tạo sinh (generative adversarial network, GAN).

Theo cách tùy chọn, bước xác nhận ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải cao qua nhiều lớp chập được bố trí nối tiếp, và lớp kết nối hoàn toàn.

Theo cách tùy chọn, phương pháp thực thi bằng máy tính còn bao gồm bước sử dụng vòng hồi tiếp để kích hoạt tương hỗ máy phát và bộ phân biệt của GAN, dựa trên hàm mất mát máy phát và bộ phân biệt hàm mất mát.

Theo cách tùy chọn, hàm mất mát máy phát được xác định là

$$\min V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_Z(z)} \left[\log \left(1 - D_i(G_i(z)) \right) \right] + \beta_i L_i^p; \text{ và bộ phân biệt hàm mất}$$

mất được xác định là

$\max V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_{data}(x)} [\log(D_i(x))] + E_{x \sim P_z(z)} [\log(1 - D_i(G_i(z)))]$; trong đó D đại diện cho bộ phân biệt; G đại diện cho máy phát; i đại diện cho số lượng tương ứng các tỷ lệ; α_i và β_i đại diện cho các hệ số trọng số tương ứng với số lượng tương ứng các tỷ lệ; E đại diện cho phân bố mật độ xác suất; L_i^p là hàm mất mát cảm thụ; $P_{data}(x)$ đại diện cho phân bố xác suất của ảnh tham chiếu; x đại diện cho mẫu từ $P_{data}(x)$; $P_z(z)$ đại diện cho phân bố xác suất của ảnh có độ phân giải cao; và z đại diện cho mẫu từ $P_z(z)$.

Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron được dùng để xử lý ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao; hàm mất mát cảm thụ được tính toán như sau $L_j^{\varphi}(\hat{I}, I) = \frac{1}{C_j H_j W_j} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$; trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng nơron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra của kiểu mạng nơron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra.

Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron là kiểu VGG-19.

Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron là kiểu sphereNet.

Theo cách tùy chọn, phương pháp thực thi bằng máy tính còn bao gồm huấn luyện trước mạng nơron chập bằng cách nhập nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng nơron chập; nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng nơron chập; tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp; tính toán mất mát máy phát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát; tính toán bộ phân biệt mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên bộ phân biệt hàm mất mát; và điều chỉnh mạng nơron chập dựa trên mất mát máy phát và bộ phân biệt mất mát.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị tạo ảnh độ phân giải cao, bao gồm bộ nhớ; và một hoặc nhiều bộ xử lý; trong đó bộ nhớ và một hoặc nhiều bộ xử lý được nối với nhau; và bộ nhớ lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để nhập vào ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp bằng cách xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát; trong đó sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất vật ghi đọc được bằng máy tính hữu hình bất biến có các lệnh đọc được bằng máy tính trên đó, các lệnh đọc được bằng máy tính thực thi được bởi bộ xử lý để khiến bộ xử lý để thực hiện nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp; trong đó tạo ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát, trong đó sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ dưới đây chỉ là các ví dụ cho các mục đích minh họa theo các phương án được bộc lộ khác nhau và không được dự tính hạn chế phạm vi của sáng chế.

Fig.1 là lưu đồ minh họa phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của thiết bị để thực hiện phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế.

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của máy phát theo một số phương án của sáng chế.

Fig.4 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao theo một số phương án của sáng chế.

Fig.5 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của khối tạo độ phân giải siêu cao theo một số phương án của sáng chế.

Fig.6 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của một môđun tương ứng trong số nhiều môđun lập mã theo một số phương án của sáng chế.

Fig.7 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của một môđun tương ứng trong số nhiều môđun giải mã theo một số phương án của sáng chế.

Fig.8A thể hiện ảnh có độ phân giải thấp theo một số phương án của sáng chế.

Fig.8B thể hiện ảnh có độ phân giải cao được tạo ra bởi phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế.

Fig.9 là lưu đồ minh họa phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế.

Fig.10 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của thiết bị để thực hiện phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế.

Fig.11 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của bộ phân biệt theo một số phương án của sáng chế.

Fig.12A thể hiện ảnh có độ phân giải thấp theo một số phương án của sáng chế.

Fig.12B thể hiện ảnh có độ phân giải cao được tạo ra bởi phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế.

[0001] Fig.12C thể hiện ảnh tham chiếu theo một số phương án của sáng chế.

Fig.13A thể hiện ảnh có độ phân giải thấp theo một số phương án của sáng chế.

Fig.13B thể hiện ảnh có độ phân giải cao được tạo ra bởi phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế.

Fig.13C thể hiện ảnh tham chiếu theo một số phương án của sáng chế.

Fig.14 là hình vẽ dạng sơ đồ kết cấu của thiết bị theo một số phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn có viện dẫn đến các phương án dưới đây. Cần lưu ý rằng phần mô tả dưới đây của một số phương án được thể hiện ở đây chỉ nhằm mục đích minh họa và mô tả. Nó không được dự tính là hoàn toàn hoặc bị hạn chế ở dạng chính xác được bộc lộ.

Các phương pháp khác nhau để tăng cường độ phân giải ảnh đã được triển khai trong nhiều năm gần đây. Các phương pháp này bao gồm, chẳng hạn, các phương pháp sử dụng mạng nơron. Theo sáng chế, đã khám phá ra rằng các phương pháp liên quan này thường yêu cầu kiến thức *tiên nghiệm* để thực hiện quá trình tăng cường ảnh phía đầu ra. Theo một ví dụ, một phương pháp liên quan yêu cầu trích xuất đặc điểm ngữ nghĩa *tiên nghiệm* để thu được bản đồ phân tách hình ảnh và bản đồ nhiệt mốc ảnh. Theo ví dụ khác, một phương pháp liên quan yêu cầu *kiến thức tiên nghiệm* của người trong ảnh, như giới tính, tuổi, và nét mặt của người. Các phương pháp liên quan này bao gồm các quá trình tính toán tiêu tốn thời gian, và thường xuyên là các kết quả không thỏa mãn.

Do đó, sáng chế đề xuất, *trong số phương pháp khác*, phương pháp thực thi bằng máy tính, thiết bị, và sản phẩm chương trình máy tính mà gần như khắc phục một hoặc nhiều vấn đề do các hạn chế và nhược điểm của giải pháp đã biết. Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp thực thi bằng máy tính. Theo một số phương án, phương pháp thực thi bằng máy tính bao gồm các bước nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp. Theo cách tùy chọn, bước tạo ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát. Theo cách tùy chọn, sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao. Phương pháp này không yêu cầu đầu vào kiến thức *tiên nghiệm* như trích xuất đặc điểm ngữ nghĩa *tiên nghiệm* hoặc kiến thức *tiên nghiệm*. Kết quả là, phương pháp này có thể tạo ra các ảnh có độ phân giải cao mà không cần quá trình tính toán tiêu tốn thời gian. Các ảnh tăng cường với độ nét siêu cao và phục hồi chi tiết rõ nhất có thể thu được

bởi phương pháp này.

Fig.1 là lưu đồ minh họa phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.1, phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án bao gồm các bước nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp. Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của thiết bị để thực hiện phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.2, thiết bị để thực hiện phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án bao gồm máy phát 10, bộ tính toán hàm mất mát 20, và vòng hồi tiếp 30. Máy phát 10 được tạo cấu hình để nhận ảnh có độ phân giải thấp là đầu vào, và xuất ra ảnh có độ phân giải cao đến bộ tính toán hàm mất mát 20. Bộ tính toán hàm mất mát 20 theo một số phương án tính toán hàm mất mát máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải cao. Vòng hồi tiếp 30 được tạo cấu hình để huấn luyện máy phát 10 dựa trên hàm mất mát máy phát.

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của máy phát theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.3, máy phát 10 theo một số phương án bao gồm nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 được bố trí nối tiếp. Theo cách tùy chọn, máy phát 10 bao gồm số N các bộ tạo độ phân giải siêu cao, trong đó $N \geq 2$. Fig.3 thể hiện một ví dụ về máy phát 10 trong đó tổng số của nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 là ba. Theo cách tùy chọn, máy phát 10 còn có khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung 200. Theo cách tùy chọn, khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung 200 được tạo cấu hình để nhận sự nhập vào từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 được bố trí nối tiếp.

Do đó, theo một số phương án, bước tạo ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 được bố trí nối tiếp trong máy phát 10. Theo cách tùy chọn, sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100. Chẳng hạn, mỗi khi ảnh được xử lý bởi một bộ trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100, độ phân giải ảnh được tăng lên bởi n lần, trong đó $n > 1$. Theo cách tùy chọn, $n = 2$.

Fig.4 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.4, một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 theo một số phương án bao gồm khối tạo độ phân giải siêu cao 110, khối nội suy song tuyến tính 120, và khối ghép 130. Do đó, theo một số phương án, bước tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn gồm nhập vào sự nhập tương ứng vào khối tạo độ phân giải siêu cao 110 và khối nội suy song tuyến tính 120, một cách tương ứng; xử lý sự nhập vào tương ứng nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao 110 để tạo ra sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao 110; nhập sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao 110 vào khối nội suy song tuyến tính 120; tạo ra sự xuất ra trung gian thứ hai nhờ sử dụng khối nội suy song tuyến tính 120 dựa trên sự nhập vào tương ứng và sự xuất ra trung gian thứ nhất; nhập sự xuất ra trung gian thứ hai vào khối ghép 130; và tạo sự xuất ra tương ứng từ khối ghép 130 dựa trên sự xuất ra trung gian thứ hai.

Theo một số phương án, khối nội suy song tuyến tính 120 thực hiện quá trình nội suy song tuyến tính. Như được sử dụng ở đây, sự nội suy song tuyến tính dùng để chỉ phương pháp nội suy trong đó sự nội suy tuyến tính được phóng đại theo hai chiều và giá trị nội suy có trọng số và được tính trung bình phù hợp với khoảng cách từ mỗi điểm ảnh trong số bốn điểm ảnh quanh một điểm ảnh với điểm ảnh đối tượng nội suy được xem như trị số điểm ảnh của điểm ảnh đối tượng nội suy. Theo một ví dụ, khối nội suy song tuyến tính 120 là khối nội suy song tuyến tính phóng đại gấp đôi, trong đó sự nội suy tuyến tính được phóng đại gấp đôi.

Fig.5 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của khối tạo độ phân giải siêu cao theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.5, theo một số phương án, khối tạo độ phân giải siêu cao 110 bao gồm nhiều môđun lập mã 1110 và nhiều môđun giải mã 1120 được bố trí theo cấu trúc mạng U. Mạng U là mạng chập hoàn toàn được biến thể và được mở rộng để làm việc với ít ảnh huấn luyện hơn và mang lại nhiều phân đoạn chính xác hơn. Cấu trúc mạng U bao gồm đường dẫn thu và đường dẫn mở rộng, mà cùng nhau tạo mạng có cấu trúc dạng chữ U (chẳng hạn xem, Olaf Ronneberger và các cộng sự, “U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation,” Medical Image Computing and Computer-

Assisted Intervention (MICCAI) 9351, các trang 234-241 (2015); mà toàn bộ nội dung của nó được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn).

Fig.6 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của một môđun tương ứng trong số nhiều môđun lập mã theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.6, theo một số phương án, một môđun tương ứng trong số nhiều môđun lập mã 1110 bao gồm lớp chập lấy mẫu xuống 1111, và nhiều khối phần dư thứ nhất 1112 được bố trí nối tiếp. Theo một ví dụ, lớp chập lấy mẫu xuống 1111 là lớp chập lấy mẫu xuống 2x. Theo cách tùy chọn, lớp chập lấy mẫu xuống 1111 bao gồm lớp chập (chẳng hạn lớp chập 5*5 với sai bước bằng 2) theo sau bởi bộ sửa chữa rò rỉ tuyến tính (LeakyReLU; chẳng hạn xem, Maas, và các cộng sự, “Rectifier nonlinearities improve neural network acoustic models”, In Proc. ICML, volume 30, 2013; and Xu, et al., “Empirical evaluation of rectified activations in convolutional network”, arXiv preprint arXiv:1505.00853, (2015); toàn bộ nội dung của nó được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn). Theo cách tùy chọn, một khối tương ứng trong số nhiều khối phần dư thứ nhất 1112 bao gồm lớp chập (chẳng hạn lớp chập 5*5 với sai bước bằng 2), theo sau bởi bộ sửa chữa rò rỉ tuyến tính, tiếp đó theo sau bởi lớp chập khác (chẳng hạn lớp chập 5*5 với sai bước bằng 2), và lại theo sau bởi bộ sửa chữa rò rỉ tuyến tính khác.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “chập” dùng để chỉ quá trình xử lý ảnh. Nhân chập được dùng cho chập. Chẳng hạn, mỗi điểm ảnh của ảnh đầu vào có giá trị, nhân chập bắt đầu tại một điểm ảnh của ảnh đầu vào và di chuyển trên mỗi điểm ảnh một cách liên tục trong ảnh đầu vào. Ở mỗi vị trí của nhân chập, nhân chập xếp chồng một vài điểm ảnh trên ảnh dựa trên kích thước của nhân chập. Tại vị trí của nhân chập, giá trị của một trong số vài điểm ảnh được xếp chồng được nhân với một giá trị tương ứng của nhân chập để thu được giá trị nhân lên của một trong số vài điểm ảnh được xếp chồng. Sau đó, tất cả các giá trị nhân lên của điểm ảnh được xếp chồng được cộng để thu được tổng số tương ứng với vị trí của nhân chập trên ảnh đầu vào. Bằng cách dịch chuyển nhân chập trên mỗi điểm ảnh của ảnh đầu vào, tất cả các tổng số tương ứng với tất cả vị trí của nhân chập được gom và xuất ra để tạo ra ảnh đầu ra. Theo một ví dụ, chập có thể trích xuất các đặc điểm khác nhau của ảnh đầu vào nhờ sử dụng các nhân chập khác nhau. Theo ví dụ khác,

quá trình chụp có thể bổ sung nhiều đặc điểm cho ảnh đầu vào nhờ sử dụng các nhân chụp khác nhau.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “lớp chụp” dùng để chỉ lớp trong mạng noron chụp. Lớp chụp được dùng để thực hiện sự chụp trên ảnh đầu vào để thu được ảnh đầu ra. Theo cách tùy chọn, các nhân chụp khác nhau được sử dụng cho các sự chụp khác nhau đã thực hiện trên cùng ảnh đầu vào. Theo cách tùy chọn, các nhân chụp khác nhau được sử dụng cho các sự chụp đã thực hiện trên các phần khác nhau của cùng ảnh đầu vào. Theo cách tùy chọn, các nhân chụp khác nhau được sử dụng để thực hiện chụp trên các ảnh đầu vào khác nhau, chẳng hạn, nhiều ảnh được nhập vào lớp chụp, sự nhân chụp tương ứng được dùng để thực hiện sự chụp trên ảnh của nhiều ảnh. Theo cách tùy chọn, các nhân chụp khác nhau được sử dụng theo các trạng thái khác nhau của ảnh đầu vào.

Fig.7 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của một môđun tương ứng trong số nhiều môđun giải mã theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.7, theo một số phương án, một môđun tương ứng trong số nhiều môđun giải mã 1120 bao gồm nhiều khối phần dư thứ hai 1121 được bố trí nối tiếp, và lớp chụp lấy mẫu lên 1122. Theo một ví dụ, lớp chụp lấy mẫu lên 1122 là lớp chụp lấy mẫu xuống 2x. Theo cách tùy chọn, lớp chụp lấy mẫu lên 1122 bao gồm lớp khử chụp (chẳng hạn lớp khử chụp 5*5 với sai bước bằng 2) theo sau bởi bộ sửa chữa rò rỉ tuyến tính. Theo cách tùy chọn, một khối tương ứng trong số nhiều khối phần dư thứ hai 1121 bao gồm lớp chụp (chẳng hạn lớp chụp 5*5 với sai bước bằng 2), theo sau bởi bộ sửa chữa rò rỉ tuyến tính, tiếp đó theo sau bởi lớp chụp khác (chẳng hạn lớp chụp 5*5 với sai bước bằng 2), và lại theo sau bởi khác bộ sửa chữa rò rỉ tuyến tính.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “lấy mẫu xuống” dùng để chỉ quá trình rút các đặc tính của ảnh đầu vào, và xuất ra ảnh đầu ra có tỷ lệ nhỏ hơn. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “lấy mẫu lên” dùng để chỉ quá trình bổ sung nhiều thông tin hơn cho ảnh đầu vào, và xuất ra ảnh đầu ra có tỷ lệ lớn hơn. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “tỷ lệ” dùng để chỉ một hoặc các kết hợp bất kỳ của ba kích thước của ảnh, bao gồm một hoặc các kết hợp bất kỳ của chiều rộng của ảnh, chiều cao của ảnh, và chiều sâu của ảnh. Theo một ví dụ, tỷ lệ của ảnh (chẳng hạn bản đồ đặc

tính, dữ liệu, tín hiệu) dùng để chỉ “dung lượng” của ảnh, mà bao gồm chiều rộng của ảnh, chiều cao của ảnh, và chiều sâu của ảnh. Theo ví dụ khác, tỷ lệ của ảnh trong không gian (chẳng hạn bản đồ đặc tính, dữ liệu, tín hiệu) dùng để chỉ chiều rộng và chiều dài của ảnh, chẳng hạn, chiều rộng $\times$ chiều dài. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “đặc tính” nói chung dùng để chỉ thông tin về một ảnh hoặc một phần của ảnh, bao gồm đặc trưng quang học cục bộ bất kỳ trong ảnh, chẳng hạn điểm, đường, hoặc mẫu hình. Ở trường hợp lấy làm ví dụ, đặc tính có dạng thông tin không gian được xác định bởi vector và/hoặc số nguyên.

Tham khảo Fig.3, theo một số phương án, máy phát 10 còn có khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung 200. Theo cách tùy chọn, khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung 200 được tạo cấu hình để nhận sự nhập vào từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 được bố trí nối tiếp. Do đó, theo một số phương án, bước tạo ảnh có độ phân giải cao còn gồm nhập sự xuất ra từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 được bố trí nối tiếp vào trong khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung 200; và xử lý sự xuất ra từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung 200 để tạo ảnh có độ phân giải cao.

Theo cách tùy chọn, khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung 200 có cấu trúc tương tự hoặc giống với một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao 100 (chẳng hạn, các bộ được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.5 đến Fig.7).

Theo một số phương án, phương pháp thực thi bằng máy tính còn bao gồm bước sử dụng vòng hồi tiếp để huấn luyện máy phát dựa trên hàm mất mát máy phát. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “hàm mất mát” dùng để chỉ các hàm số mà biểu thị các lỗi mất mát. Theo một ví dụ, hàm mất mát máy phát được xác định là $L_{total} = \sum_{i=0}^n (\alpha L_i^m + \beta L_i^p)$; trong đó i đại diện cho số lượng tương ứng các tỷ lệ; L^m là hàm sai số bình phương trung bình; L^p là hàm mất mát cảm nhận; α đại diện cho hệ số trọng số cho L^m ; và β đại diện cho các hệ số trọng số cho L^p . Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron (như mạng nơron chập) được dùng để xử lý ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao. Theo cách tùy chọn, $L^m = \min \sum_{j=0}^N \frac{1}{N} \|I_j - \hat{I}_j\|_2^2$;

và $L_j^{\varphi}(\hat{I}, I) = \frac{1}{c_j H_j W_j} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$; trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại

diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng nơron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số nhiều lớp xuất ra của kiểu mạng nơron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số nhiều lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra. Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron là kiểu VGG-19 (chẳng hạn kiểu VGG-19 được phát triển ban đầu bởi Visual Geometry Group of University of Oxford).

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “bản đồ đặc tính” dùng để chỉ bản đồ hoặc dữ liệu biểu thị đặc tính hoặc thông số hoặc đặc trưng cụ thể của ảnh. Bản đồ đặc tính có thể được biểu thị theo kiểu đồ thị hoặc toán học. Bản đồ đặc tính có thể có dạng được đơn giản hóa hoặc biểu thị thay thế cho ảnh. Chẳng hạn, bản đồ đặc tính là kết quả của việc áp dụng hàm số cho vector số được bố trí theo cấu trúc liên kết để thu được vector số xuất ra tương ứng nhằm bảo đảm cấu trúc liên kết. Chẳng hạn, “bản đồ đặc tính” là kết quả của việc sử dụng lớp của mạng nơron chập để xử lý ảnh hoặc bản đồ đặc tính khác, chẳng hạn, ảnh có tỷ lệ (28, 28, 1) được nhập vào lớp chập, và lớp chập có số lượng 23 nhân có kích thước nhân bằng 1*1 tạo ra bản đồ đặc tính có tỷ lệ (26, 26, 32) bằng cách tính toán 32 nhân trên ảnh đầu vào. Bản đồ đặc tính có chiều rộng W , chiều cao H , và chiều sâu D , chẳng hạn, bản đồ đặc tính có tỷ lệ (26, 26, 32) có chiều rộng bằng 26, chiều cao bằng 26, và chiều sâu bằng 32. Bản đồ đặc tính có 32 bản đồ đặc tính phụ, tổng số bản đồ đặc tính phụ tương đương với chiều sâu của bản đồ đặc tính. Chiều sâu D cũng được biểu thị bởi các kênh của bản đồ đặc tính, sao cho bản đồ đặc tính có tỷ lệ (26, 26, 32) bao gồm 32 kênh và mỗi kênh có lưới 26×26 giá trị.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “mạng nơron” dùng để chỉ mạng được dùng để giải quyết các vấn đề trí tuệ nhân tạo (artificial intelligence, AI). Mạng nơron bao gồm nhiều lớp ẩn. Một lớp tương ứng trong số nhiều lớp ẩn bao gồm nhiều nơron (chẳng hạn các nút). Nhiều nơron trong một lớp tương ứng trong số nhiều lớp ẩn được nối với nhiều nơron trong một lớp liền kề trong số nhiều lớp

ẩn. Các kết nối giữa các noron có các trọng số khác nhau. Mạng noron có kết cấu mà bất chước kết cấu của mạng noron sinh học. Mạng noron có thể giải quyết các vấn đề nhờ sử dụng cách không xác định. Các thông số của mạng noron có thể được điều chỉnh bằng cách huấn luyện trước, chẳng hạn, lượng lớn các vấn đề được nhập vào trong mạng noron, và các kết quả được thu từ mạng noron. Các phản hồi trên các kết quả này được cấp trở lại vào trong mạng noron để cho phép mạng noron điều chỉnh các thông số của mạng noron. Huấn luyện trước cho phép mạng noron có khả năng giải quyết vấn đề mạnh mẽ hơn.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “mạng noron chập” dùng để chỉ mạng noron nhân tạo truyền thẳng sâu. Theo cách tùy chọn, mạng noron chập bao gồm nhiều lớp chập, nhiều lớp lấy mẫu lên, và nhiều lớp lấy mẫu xuống. Chẳng hạn, một lớp tương ứng trong số nhiều lớp chập có thể xử lý ảnh. Lớp lấy mẫu lên và lớp lấy mẫu xuống có thể thay đổi tỷ lệ của ảnh đầu vào với một lớp tương ứng với lớp chập cụ thể. Sự xuất ra từ lớp lấy mẫu lên hoặc lớp lấy mẫu xuống có thể được xử lý sau đó bởi lớp chập có tỷ lệ tương ứng. Điều này cho phép lớp chập bổ sung hoặc trích xuất đặc tính có tỷ lệ khác với tỷ lệ của ảnh đầu vào. Bằng cách huấn luyện trước, các thông số bao gồm, nhưng không bị hạn chế ở, nhân chập, lệch (bias), và trọng số của lớp chập của mạng noron chập có thể được điều chỉnh. Do đó, mạng noron chập có thể được dùng trong các ứng dụng khác nhau như nhận dạng ảnh, trích xuất đặc tính ảnh, và bổ sung đặc tính ảnh.

Theo một ví dụ, phương pháp thực thi bằng máy tính được dùng để khử nhòe ảnh có độ phân giải thấp. Fig.8A thể hiện ảnh có độ phân giải thấp theo một số phương án của sáng chế. Fig.8B thể hiện ảnh có độ phân giải cao được tạo ra bởi phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.8B, phương pháp này có thể khử nhòe ảnh có độ phân giải thấp với ảnh có độ phân giải cao có mức độ phức hồi chi tiết tương đối cao.

Theo một số phương án, phương pháp thực thi bằng máy tính còn có huấn luyện trước mạng noron chập bằng cách nhập vào nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng noron chập; nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng noron chập; tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải

thấp; tính toán mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát; và điều chỉnh mạng nơron chấp dựa trên mất mát này. Theo một ví dụ, phương pháp huấn luyện này sử dụng cơ sở dữ liệu có số lượng lớn các ảnh có độ phân giải cao (chẳng hạn, 4000 khung hình của các ảnh phong cảnh thiên nhiên). Tỷ lệ học huấn luyện có thể được thiết lập tới 10^{-4} , có số lượng bước lặp được thiết lập đến 4000. Theo ví dụ khác, mạng nơron chấp đồng quy sau khoảng 80 bước lặp.

Fig.9 là lưu đồ minh họa phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.9, theo một số phương án, phương pháp thực thi bằng máy tính bao gồm bước nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp; nhập ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao vào trong bộ phân biệt; và xác nhận ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng bộ phân biệt dựa trên ảnh tham chiếu. Theo cách tùy chọn, máy phát và bộ phân biệt là các bộ phận cấu thành của mạng đối nghịch tạo sinh (generative adversarial network, GAN). Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “mạng đối nghịch tạo sinh” dùng để chỉ mạng nơron mà bao gồm máy phát và bộ phân biệt. Theo một ví dụ, bộ phân biệt có thể được bắt đầu huấn luyện để phân biệt giữa dữ liệu thực và dữ liệu giả mà có thể được lấy từ phân bố ngẫu nhiên khác. Theo cách tùy chọn, việc huấn luyện ban đầu của bộ phân biệt không bắt buộc, và bộ phân biệt có thể được huấn luyện ở bước với máy phát. Thường với các lý do huấn luyện ổn định và hiệu quả, bộ phân biệt đã huấn luyện được dùng ban đầu và việc huấn luyện được tiếp tục với máy phát. Máy phát có thể được khởi đầu với phân bố ngẫu nhiên của các mẫu dữ liệu (chẳng hạn, phân bố chuẩn). Trong quá trình huấn luyện máy phát, mẫu giả (hoặc loạt mẫu giả) được lấy ngẫu nhiên từ phân bố máy phát và được đưa đến bộ phân biệt. Mẫu dữ liệu thực (hoặc loạt mẫu dữ liệu thực) cũng được đưa đến bộ phân biệt. Bộ phân biệt đến lượt cố gắng phân biệt giữa các mẫu này là thật hay giả. ‘Mẫu thật là một mẫu được lấy ra từ dữ liệu thực và ‘mẫu giả’ là một mẫu được tạo ra bởi máy phát. Tùy thuộc vào sự xuất ra của bộ phân biệt, hàm mất mát được giảm thiểu tại máy phát. Như vậy, các thông số (chẳng hạn các trọng số kiểu) của máy phát được điều chỉnh, mà đến lượt cho phép máy phát phân biệt dễ dàng giữa các mẫu thật và mẫu giả.

Theo một số phương án, bước tạo ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát, trong đó sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao; và bước xác nhận ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải cao qua nhiều lớp chập được bố trí nối tiếp, và lớp kết nối hoàn toàn.

Fig.10 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của thiết bị để thực hiện phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.10, thiết bị để thực hiện phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án bao gồm máy phát 10, bộ tính toán hàm mất mát 20, bộ phân biệt 40, và vòng hồi tiếp 30. Máy phát 10 được tạo cấu hình để nhận ảnh có độ phân giải thấp như sự nhập vào, và xuất ra ảnh có độ phân giải cao đến bộ tính toán hàm mất mát 20. Theo một số phương án, máy phát 10 còn xuất ra ảnh có độ phân giải cao đến bộ phân biệt 40. Bộ phân biệt 40 được tạo cấu hình để nhận ảnh tham chiếu (chẳng hạn ảnh thực có độ phân giải cao, chẳng hạn, “mẫu đúng”), và xác định xem liệu ảnh có độ phân giải cao là thật hay giả. Bộ tính toán hàm mất mát 20 theo một số phương án tính toán hàm mất mát máy phát và bộ phân biệt hàm mất mát dựa trên ảnh có độ phân giải cao và ảnh tham chiếu. Vòng hồi tiếp 30 được tạo cấu hình để kích hoạt tương hỗ máy phát 10 và bộ phân biệt 40 của GAN, dựa trên hàm mất mát máy phát và bộ phân biệt hàm mất mát. Theo một ví dụ, kết cấu của máy phát 10 là kết cấu được mô tả trên đây, chẳng hạn, có dựa vào các hình vẽ từ Fig.3 đến Fig.7 và các phần mô tả kết hợp.

Fig.11 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa kết cấu của bộ phân biệt theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.11, theo một số phương án, bộ phân biệt 40 bao gồm nhiều lớp chập 300 được bố trí nối tiếp, và lớp kết nối hoàn toàn 400. Theo cách tùy chọn, lớp kết nối hoàn toàn 400 được tạo cấu hình để nhận sự nhập vào từ một lớp cuối cùng trong số nhiều lớp chập 300 được bố trí nối tiếp. Theo một ví dụ, tổng số của nhiều lớp chập 300 là năm. Theo ví dụ khác, mỗi một trong số nhiều lớp chập 300 là lớp chập 5*5 với sai bước bằng 2, theo sau bởi bộ sửa chữa rò rỉ tuyến tính (ReLU; chẳng hạn xem, Nair, Hinton, “Rectified

Linear Units Improve Restricted Boltzmann Machines”, Proceedings of 27th International Conference on Machine Learning, Haifa, Israel, (2010); toàn bộ nội dung của nó được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn). Theo ví dụ khác, các kích thước nhân của nhiều lớp chập 300 bằng 32, 64, 128, 96, và 96, một cách tương ứng. Theo ví dụ khác, lớp kết nối hoàn toàn 400 có $96 \times 16 \times 16$ lớp chập.

Theo một số phương án, hàm mất mát máy phát được xác định là $\min V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_z(z)} [\log(1 - D_i(G_i(z)))] + \beta_i L_i^p$; và bộ phân biệt hàm mất mát được xác định là $\max V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_{data}(x)} [\log(D_i(x))] + E_{x \sim P_z(z)} [\log(1 - D_i(G_i(z)))]$; trong đó D đại diện cho bộ phân biệt; G đại diện cho máy phát; i đại diện cho số lượng tương ứng các tỷ lệ; α_i và β_i đại diện cho các hệ số trọng số tương ứng với số lượng tương ứng các tỷ lệ; E đại diện cho phân bố mật độ xác suất; L_i^p là hàm mất mát cảm thụ; $P_{data}(x)$ đại diện cho phân bố xác suất của ảnh tham chiếu; x đại diện cho mẫu từ $P_{data}(x)$; $P_z(z)$ đại diện cho phân bố xác suất của ảnh có độ phân giải cao; và z đại diện cho mẫu từ $P_z(z)$.

Theo một số phương án, kiểu mạng noron được dùng để xử lý ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao. Theo cách tùy chọn, hàm mất mát cảm thụ được tính toán như sau: $L_j^p(\hat{I}, I) = \frac{1}{C_j H_j W_j} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$; trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng noron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra của kiểu mạng noron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra. Theo cách tùy chọn, kiểu mạng noron là kiểu VGG-19. Theo cách tùy chọn, kiểu mạng noron là kiểu sphereNet (chẳng hạn xem, Coors và các cộng sự, “SphereNet: Learning Spherical Representations for Detection Classification in

Omnidirectional Images,” European Conference on Computer Vision 2018: Computer Vision – ECCV 2018 các trang 525-541; toàn bộ nội dung của nó được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn).

Theo một ví dụ, phương pháp thực thi bằng máy tính được dùng for ảo giác khuôn mặt của ảnh khuôn mặt của người. Fig.12A thể hiện ảnh có độ phân giải thấp theo một số phương án của sáng chế. Fig.12B thể hiện ảnh có độ phân giải cao được tạo ra bởi phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế. Fig.12C thể hiện ảnh tham chiếu theo một số phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.12B, phương pháp này có thể tăng cường ảnh khuôn mặt đến độ phân giải cao với các chi tiết của khuôn mặt (chẳng hạn, tóc, lông mày, kính đeo, các vết nhăn, và v.v.) được phục hồi.

Theo một ví dụ, phương pháp thực thi bằng máy tính được dùng để khử nhiễu ảnh có độ phân giải thấp. Fig.13A thể hiện ảnh có độ phân giải thấp theo một số phương án của sáng chế. Fig.13B thể hiện ảnh có độ phân giải cao được tạo ra bởi phương pháp thực thi bằng máy tính theo một số phương án của sáng chế. Fig.13C thể hiện ảnh tham chiếu theo một số phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.13B, phương pháp này có thể khử nhiễu ảnh có độ phân giải thấp với ảnh có độ phân giải cao có mức độ phục hồi chi tiết tương đối cao.

Theo một số phương án, phương pháp thực thi bằng máy tính còn có huấn luyện trước mạng noron chập bằng cách nhập vào nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng noron chập; nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng noron chập; tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp; tính toán mất mát máy phát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát; tính toán bộ phân biệt mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên bộ phân biệt hàm mất mát; và điều chỉnh mạng noron chập dựa trên mất mát máy phát và bộ phân biệt mất mát. Theo một ví dụ, phương pháp huấn luyện này sử dụng cơ sở dữ liệu có số lượng lớn các ảnh có độ phân giải cao (chẳng hạn, 4000 khung hình của các ảnh phong cảnh thiên nhiên, hoặc cơ sở dữ liệu ảnh khuôn mặt celebA-HQ có 200K khung hình của các ảnh khuôn mặt). Tỷ lệ học huấn luyện có thể được thiết

lập tới 10^{-4} , có số lượng bước lặp được thiết lập đến 100.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị. Fig.14 là hình vẽ dạng sơ đồ của kết cấu của thiết bị theo một số phương án của sáng chế. Tham khảo Fig.14, theo một số phương án, thiết bị bao gồm khối xử lý trung tâm (central processing unit, CPU) được tạo cấu hình để thực hiện các hoạt động theo các lệnh thực thi được bằng máy tính được lưu trữ trong bộ nhớ chỉ đọc (read-only memory, ROM) hoặc trong bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (random access memory, RAM). Theo cách tùy chọn, dữ liệu và các chương trình yêu cầu cho hệ thống máy tính được lưu trữ trong RAM. Theo cách tùy chọn, CPU, ROM, và RAM được nối điện với nhau qua bus. Theo cách tùy chọn, giao diện nhập vào/xuất ra được nối điện với bus.

Theo một số phương án, thiết bị bao gồm bộ nhớ, và một hoặc nhiều bộ xử lý, trong đó bộ nhớ và một hoặc nhiều bộ xử lý được nối với nhau. Theo một số phương án, bộ nhớ lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp bằng cách xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát. Theo cách tùy chọn, sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao.

Theo một số phương án, một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao bao gồm khối tạo độ phân giải siêu cao, khối nội suy song tuyến tính, và khối ghép. Theo cách tùy chọn, bộ nhớ còn lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để nhập sự nhập tương ứng vào khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính, một cách tương ứng; xử lý sự nhập vào tương ứng nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao để tạo ra sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao; nhập vào sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao vào khối nội suy song tuyến tính; tạo ra sự xuất ra trung gian thứ hai nhờ sử dụng khối nội suy song tuyến tính dựa trên sự nhập vào tương ứng và sự xuất ra trung gian thứ nhất; nhập vào sự xuất ra trung gian thứ hai vào khối ghép; và tạo sự xuất ra tương ứng từ khối ghép dựa

trên sự xuất ra trung gian thứ hai.

Theo một số phương án, khối tạo độ phân giải siêu cao bao gồm nhiều môđun lập mã và nhiều môđun giải mã được bố trí theo cấu trúc mạng Unet. Theo cách tùy chọn, một môđun tương ứng trong số nhiều môđun lập mã bao gồm lớp chập lấy mẫu xuống, và nhiều khối phần dư thứ nhất được bố trí nối tiếp. Theo cách tùy chọn, một môđun tương ứng trong số nhiều môđun giải mã bao gồm nhiều khối phần dư thứ hai được bố trí nối tiếp, và lớp chập lấy mẫu lên.

Theo một số phương án, bộ nhớ còn lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để nhập sự xuất ra từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp vào trong khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung; và xử lý sự xuất ra từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung để tạo ảnh có độ phân giải cao.

Theo một số phương án, bộ nhớ còn lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để sử dụng vòng hồi tiếp để huấn luyện máy phát dựa trên hàm mất mát máy phát. Theo cách tùy chọn, hàm mất mát máy phát được xác định là $L_{total} = \sum_{i=0}^n (\alpha L_i^m + \beta L_i^p)$; trong đó i đại diện cho số lượng tương ứng các tỷ lệ; L^m là hàm sai số bình phương trung bình; L^p là hàm mất mát cảm thụ; α đại diện cho hệ số trọng số cho L^m ; và β đại diện cho các hệ số trọng số cho L^p .

Theo một số phương án, kiểu mạng nơron được dùng để xử lý ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao. Theo cách tùy chọn, $L^m = \min \sum_{j=0}^N \frac{1}{N} \|I_j - \hat{I}_j\|_2^2$;

và $L_j^p(I, \hat{I}) = \frac{1}{C_j H_j W_j} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$; trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại

diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng nơron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra của kiểu mạng nơron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ

đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra. Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron là kiểu VGG-19.

Theo một số phương án, bộ nhớ còn lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để kích hoạt trước mạng nơron chập bằng cách nhập nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng nơron chập; nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng nơron chập; tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp; tính toán mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát; và điều chỉnh mạng nơron chập dựa trên mất mát.

Theo một số phương án, bộ nhớ còn lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để nhập vào ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao vào trong bộ phân biệt; và xác nhận ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng bộ phân biệt dựa trên ảnh tham chiếu. Theo cách tùy chọn, máy phát và bộ phân biệt là các bộ phận cấu thành của mạng đối nghịch tạo sinh (GAN).

Theo một số phương án, bộ nhớ còn lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để xử lý ảnh có độ phân giải cao qua nhiều lớp chập được bố trí nối tiếp, và lớp kết nối hoàn toàn.

Theo một số phương án, bộ nhớ còn lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để sử dụng vòng hồi tiếp để kích hoạt tương hỗ máy phát và bộ phân biệt của GAN, dựa trên hàm mất mát máy phát và bộ phân biệt hàm mất mát. Theo cách tùy chọn, hàm mất mát máy phát được xác định là $\min V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_z(z)} [\log(1 - D_i(G_i(z)))] + \beta_i L_i^p$; và bộ phân biệt

hàm mất mát được xác định là

$$\max V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_{data}(x)} [\log(D_i(x))] + E_{x \sim P_z(z)} [\log(1 - D_i(G_i(z)))]$$
; trong

đó D đại diện cho bộ phân biệt; G đại diện cho máy phát; i đại diện cho số lượng tương ứng các tỷ lệ; α_i và β_i đại diện cho các hệ số trọng số tương ứng với số lượng tương ứng các tỷ lệ; E đại diện cho phân bố mật độ xác suất; L_i^p là hàm mất mát cảm thụ; $P_{data}(x)$ đại diện cho phân bố xác suất của ảnh tham chiếu; x đại diện cho

mẫu từ $P_{data}(x)$; $P_z(z)$ đại diện cho phân bố xác suất của ảnh có độ phân giải cao; và z đại diện cho mẫu từ $P_z(z)$.

Theo một số phương án, kiểu mạng noron được dùng để xử lý ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao. Theo cách tùy chọn, hàm mất mát cảm thụ được tính toán như sau $L_j^{\varphi}(\hat{I}, I) = \frac{1}{c_j H_j W_j} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$; trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng noron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra của kiểu mạng noron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra. Theo cách tùy chọn, kiểu mạng noron là kiểu VGG-19. Theo cách tùy chọn, kiểu mạng noron là kiểu sphereNet.

Theo một số phương án, bộ nhớ còn lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để kích hoạt trước mạng noron chụp bằng cách nhập nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng noron chụp; nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng noron chụp; tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp; tính toán mất mát máy phát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát; tính toán bộ phân biệt mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên bộ phân biệt hàm mất mát; và điều chỉnh mạng noron chụp dựa trên mất mát máy phát và bộ phân biệt mất mát.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất sản phẩm chương trình máy tính bao gồm vật ghi đọc được bằng máy tính hữu hình bất biến có các lệnh đọc được bằng máy tính trên đó. Theo một số phương án, các lệnh đọc được bằng máy tính thực thi được bởi bộ xử lý để khiến bộ xử lý thực hiện nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp. Theo cách tùy chọn, việc tạo ảnh có độ phân giải cao bao

gồm xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát, trong đó sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao.

Theo một số phương án, một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao bao gồm khối tạo độ phân giải siêu cao, khối nội suy song tuyến tính, và khối ghép. Theo cách tùy chọn, việc tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn gồm nhập vào sự nhập tương ứng vào khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính, một cách tương ứng; xử lý sự nhập vào tương ứng nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao để tạo ra sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao; nhập sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao vào khối nội suy song tuyến tính; tạo ra sự xuất ra trung gian thứ hai nhờ sử dụng khối nội suy song tuyến tính dựa trên sự nhập vào tương ứng và sự xuất ra trung gian thứ nhất; nhập sự xuất ra trung gian thứ hai vào khối ghép; và tạo sự xuất ra tương ứng từ khối ghép dựa trên sự xuất ra trung gian thứ hai.

Theo một số phương án, khối tạo độ phân giải siêu cao bao gồm nhiều môđun lập mã và nhiều môđun giải mã được bố trí theo cấu trúc mạng U. Theo cách tùy chọn, một môđun tương ứng trong số nhiều môđun lập mã bao gồm lớp chấp lấy mẫu xuống, và nhiều khối phần dư thứ nhất được bố trí nối tiếp; và một môđun tương ứng trong số nhiều môđun giải mã bao gồm nhiều khối phần dư thứ hai được bố trí nối tiếp, và lớp chấp lấy mẫu lên.

Theo một số phương án, việc tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn gồm nhập vào sự xuất ra từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp vào trong khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung; và xử lý sự xuất ra từ bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung để tạo ảnh có độ phân giải cao.

Theo một số phương án, các lệnh đọc được bằng máy tính thực thi được bởi bộ xử lý để khiến bộ xử lý còn thực hiện việc sử dụng vòng hồi tiếp để huấn luyện máy phát dựa trên hàm mất mát máy phát. Theo cách tùy chọn, hàm mất mát máy

phát được xác định là $L_{total} = \sum_{i=0}^n (\alpha L_i^m + \beta L_i^\varphi)$; trong đó i đại diện cho số lượng tương ứng các tỷ lệ; L^m là hàm sai số bình phương trung bình; L^φ là hàm mất mát cảm thụ; α đại diện cho hệ số trọng số cho L^m ; và β đại diện cho các hệ số trọng số cho L^φ .

Theo một số phương án, kiểu mạng nơron được dùng để xử lý ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao. Theo cách tùy chọn, $L^m = \min \sum_{j=0}^N \|I_j - \hat{I}_j\|_2^2$; và $L_j^\varphi(\hat{I}, I) = \frac{1}{c_j H_j W_j} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$; trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng nơron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra của kiểu mạng nơron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra. Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron là kiểu VGG-19.

Theo một số phương án, các lệnh đọc được bằng máy tính thực thi được bởi bộ xử lý để khiến bộ xử lý còn thực hiện huấn luyện trước mạng nơron chập bằng cách nhập vào nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng nơron chập; nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng nơron chập; tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp; tính toán mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát; và điều chỉnh mạng nơron chập dựa trên mất mát.

Theo một số phương án, các lệnh đọc được bằng máy tính thực thi được bởi bộ xử lý để khiến bộ xử lý còn thực hiện nhập ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao vào trong bộ phân biệt; và xác nhận ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng bộ phân biệt dựa trên ảnh tham chiếu. Theo cách tùy chọn, máy phát và bộ phân biệt là các bộ phận cấu thành của mạng đối nghịch tạo sinh (GAN).

Theo một số phương án, việc xác nhận ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử

lý ảnh có độ phân giải cao qua nhiều lớp chấp được bố trí nối tiếp, và lớp kết nối hoàn toàn.

Theo một số phương án, các lệnh đọc được bằng máy tính thực thi được bởi bộ xử lý để khiến bộ xử lý còn thực hiện nhờ sử dụng vòng hồi tiếp để kích hoạt tương hỗ máy phát và bộ phân biệt của GAN, dựa trên hàm mất mát máy phát và bộ phân biệt hàm mất mát. Theo cách tùy chọn, hàm mất mát máy phát được xác định là $\min V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_z(z)} [\log(1 - D_i(G_i(z)))] + \beta_i L_i^p$; và bộ phân biệt hàm mất mát được xác định là $\max V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_{data}(x)} [\log(D_i(x))] + E_{x \sim P_z(z)} [\log(1 - D_i(G_i(z)))]$; trong đó D đại diện cho bộ phân biệt; G đại diện cho máy phát; i đại diện cho số lượng tương ứng các tỷ lệ; α_i và β_i đại diện cho các hệ số trọng số tương ứng với số lượng tương ứng các tỷ lệ; E đại diện cho phân bố mật độ xác suất; L_i^p là hàm mất mát cảm thụ; $P_{data}(x)$ đại diện cho phân bố xác suất của ảnh tham chiếu; x đại diện cho mẫu từ $P_{data}(x)$; $P_z(z)$ đại diện cho phân bố xác suất của

ảnh có độ phân giải cao; và z đại diện cho mẫu từ $P_z(z)$.

Theo một số phương án, kiểu mạng nơron được dùng để xử lý ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao. Theo cách tùy chọn, hàm mất mát cảm thụ được tính toán như sau $L_j^q(I, \hat{I}) = \frac{1}{C_{H_j W_j}} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$; trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng nơron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra của kiểu mạng nơron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra. Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron là kiểu VGG-19. Theo cách tùy chọn, kiểu mạng nơron là kiểu sphereNet.

Theo một số phương án, các lệnh đọc được bằng máy tính thực thi được bởi

bộ xử lý để khiến bộ xử lý còn thực hiện huấn luyện trước mạng nơ-ron chập bằng cách nhập vào nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng nơ-ron chập; nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng nơ-ron chập; tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp; tính toán mất mát máy phát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát; tính toán bộ phân biệt mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên bộ phân biệt hàm mất mát; và điều chỉnh mạng nơ-ron chập dựa trên mất mát máy phát và bộ phân biệt mất mát.

Nhiều mạng nơ-ron, các khối, các mô-đun, và các hoạt động khác minh họa khác nhau đã được mô tả có dựa vào các kết cấu được bộc lộ ở đây có thể được thực thi dưới dạng phần cứng điện tử, phần mềm máy tính, hoặc các kết hợp của cả hai. Các mạng nơ-ron, các khối, các mô-đun này, và các hoạt động khác có thể được thực thi hoặc được thực hiện nhờ bộ xử lý chuyên dụng, bộ xử lý tín hiệu số (digital signal processor, DSP), mạch tích hợp chuyên dụng (application-specific integrate, ASIC) hoặc chương trình phân tích các hệ thống tiên tiến (Advanced Systems Analysis Program, ASSP), mảng cổng khả trình dạng trường (Field Programmable Gate Array FPGA) hoặc dụng cụ logic khả trình khác, cực cửa rời rạc hoặc tranzito logic, các bộ phận cấu thành phần cứng rời rạc, hoặc bất cứ sự kết hợp nào của chúng được thiết kế để tạo ra cấu hình như được bộc lộ ở đây. Chẳng hạn, cấu hình này có thể được thực thi ít nhất một phần như ở trong mạch điện dây cứng, khi cấu trúc mạch điện được chế tạo thành mạch điện tích hợp chuyên dụng, hoặc dưới dạng chương trình phần mềm được chất tải trong bộ nhớ bất biến hoặc chương trình phần mềm được nạp từ hoặc vào trong phần lưu trữ dữ liệu dưới dạng mã đọc được bằng máy, mã này là các lệnh thực thi được bởi một mạng các phần tử logic như bộ xử lý hoặc khối xử lý tín hiệu số chuyên dụng khác. Bộ xử lý chuyên dụng có thể là bộ vi xử lý, nhưng theo cách lựa chọn khác, bộ xử lý có thể là bộ xử lý, bộ điều khiển, bộ vi điều khiển, hoặc máy trạng thái đã biết bất kỳ. Bộ xử lý cũng có thể được thực thi như một sự kết hợp của các thiết bị tính toán, chẳng hạn sự kết hợp của DSP và bộ vi xử lý, nhiều bộ vi xử lý, một hoặc nhiều bộ vi xử lý kết hợp với lõi DSP, hoặc cấu trúc bất kỳ khác. Mô-đun phần mềm có thể tập chung vào phương

tiện lưu trữ bất biến như RAM (random-access memory), ROM (read-only memory), RAM cố định (NVRAM) như RAM cực nhanh, ROM khả trình xóa được (EPROM), ROM khả trình xóa được bằng điện (EEPROM), các thanh ghi, đĩa cứng, đĩa tháo được, hoặc CD-ROM; hoặc dạng khác của phương tiện lưu trữ đã biết. Phương tiện lưu trữ minh họa được ghép nối với bộ xử lý như bộ xử lý có thể đọc thông tin từ, và ghi thông tin vào, phương tiện lưu trữ. Theo lựa chọn khác, phương tiện lưu trữ có thể tích hợp vào bộ xử lý. Bộ xử lý và phương tiện lưu trữ có thể tập chung vào trong ASIC. ASIC có thể tập chung vào trong thiết bị đầu cuối người dùng. Theo lựa chọn khác, bộ xử lý và phương tiện lưu trữ có thể tập chung vào dưới dạng các bộ phận cấu thành riêng biệt trong thiết bị đầu cuối người dùng.

Phần mô tả trên đây của các phương án theo sáng chế đã được trình bày nhằm các mục đích minh họa và mô tả. Nó không được dự tính là hoàn toàn hoặc hạn chế sáng chế ở dạng chính xác hoặc các phương án để làm ví dụ được bộc lộ. Do đó, phần mô tả trên đây cần được xem như minh họa chứ không phải là hạn chế. Rõ ràng là, nhiều biến thể và thay đổi sẽ hiển nhiên với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực. Các phương án được chọn và được mô tả để giải thích các nguyên tắc của sáng chế và ứng dụng thực tế theo cách tốt nhất của nó, nhờ đó cho phép người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực hiểu được sáng chế với nhiều phương án khác nhau và với nhiều biến thể khác nhau như như được thích hợp cụ thể với việc sử dụng hoặc thực thi dự tính. Đã dự tính rằng phạm vi của sáng chế được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ gắn kèm ở đây và các tương đương của chúng trong đó tất cả các thuật ngữ có nghĩa hợp lý chấp nhận rộng nhất của chúng trừ khi được chỉ thị khác. Do vậy, thuật ngữ “sáng chế”, “sáng chế này” hoặc tương tự không nhất thiết hạn chế phạm vi yêu cầu bảo hộ ở phương án cụ thể, và việc viện dẫn đến các phương án để làm ví dụ theo sáng chế không ngụ ý hạn chế sáng chế, và không có hạn chế nào sẽ được suy luận. Sáng chế chỉ giới hạn bởi phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Hơn nữa, các điểm yêu cầu bảo hộ này có thể viện dẫn đến việc sử dụng “thứ nhất”, “thứ hai”, v.v. theo sau danh từ hoặc chi tiết. Các thuật ngữ này cần được hiểu như một danh pháp và sẽ không được hiểu là hạn chế với số lượng các thành phần được biến thể bởi danh pháp này trừ khi số cụ thể được qui định. Các ưu điểm và lợi ích bất kỳ đã mô tả có thể không áp dụng cho

tất cả các phương án theo sáng chế. Cần nhận thấy rằng các thay đổi có thể được thực hiện theo các phương án đã mô tả bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực mà không chệch khỏi phạm vi của sáng chế này như được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ dưới đây. Hơn nữa, không chi tiết hoặc bộ phận nào theo sáng chế được dự tính dành riêng cho công bố bất chấp liệu là chi tiết hoặc bộ phận này có được nêu rõ ràng hay không trong các điểm yêu cầu bảo hộ dưới đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp thực thi bằng máy tính, bao gồm các bước:

nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và

tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp;

trong đó bước tạo ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát, trong đó sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao;

trong đó một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao bao gồm khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính;

trong đó bước tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn bao gồm:

nhập sự nhập tương ứng vào khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính, một cách tương ứng;

xử lý sự nhập vào tương ứng nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao để tạo ra sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao;

nhập sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao đến khối nội suy song tuyến tính; và

tạo ra sự xuất ra trung gian thứ hai nhờ sử dụng khối nội suy song tuyến tính dựa trên sự nhập vào tương ứng và sự xuất ra trung gian thứ nhất;

trong đó khối tạo độ phân giải siêu cao bao gồm nhiều môđun lập mã và nhiều môđun giải mã được bố trí theo cấu trúc mạng U net;

một môđun tương ứng trong số nhiều môđun lập mã bao gồm lớp chập lấy mẫu xuống, và nhiều khối phần dư thứ nhất được bố trí nối tiếp; và

một môđun tương ứng trong số nhiều môđun giải mã bao gồm nhiều khối phần dư thứ hai được bố trí nối tiếp, và lớp chập lấy mẫu lên.

2. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 1, trong đó một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao còn bao gồm khối ghép;
trong đó bước tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn bao gồm:
nhập sự xuất ra trung gian thứ hai vào khối ghép; và
tạo ra sự xuất ra tương ứng từ khối ghép dựa trên sự xuất ra trung gian thứ hai.
3. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 1, trong đó bước tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn bao gồm:
nhập sự xuất ra từ một bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp vào trong khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung; và
xử lý sự xuất ra từ một bộ cuối cùng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao bổ sung để tạo ảnh có độ phân giải cao.
4. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 1, phương pháp thực thi bằng máy tính còn bao gồm bước sử dụng vòng hồi tiếp để huấn luyện máy phát dựa trên hàm mất mát máy phát.
5. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 4, trong đó hàm mất mát máy phát được xác định là:

$$L_{total} = \sum_{i=0}^n (\alpha L_i^m + \beta L_i^p);$$
trong đó i đại diện cho số lượng tương ứng của nhiều tỷ lệ; L^m là hàm sai số bình phương trung bình; L^p is a hàm mất mát cảm thụ; α đại diện cho hệ số trọng số cho L^m ; và β đại diện cho các hệ số trọng số cho L^p .
6. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 5, trong đó kiểu mạng noron được sử dụng để xử lý hình ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao;

$$L^m = \min \sum_{j=0}^N \frac{1}{N} \|I_j - \hat{I}_j\|_2^2;$$
và

$$L_j^{\varphi}(\hat{I}, I) = \frac{1}{C_j H_j W_j} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$$

trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng nơron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra của kiểu mạng nơron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra.

7. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 6, trong đó kiểu mạng nơron là kiểu VGG-19.
8. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 4, còn bao gồm bước huấn luyện trước mạng nơron chập bằng cách:
 - nhập nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng nơron chập;
 - nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng nơron chập;
 - tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp;
 - tính toán mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát; và
 - điều chỉnh mạng nơron chập dựa trên mất mát.
9. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 1, trong đó phương pháp thực thi bằng máy tính còn bao gồm các bước:
 - nhập ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao vào trong bộ phân biệt; và
 - xác nhận ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng bộ phân biệt dựa trên ảnh tham chiếu;
 - trong đó máy phát và bộ phân biệt là các bộ phận cấu thành của mạng đối nghịch tạo sinh (GAN).

10. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 9, trong đó bước xác nhận ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải cao qua nhiều lớp chập được bố trí nối tiếp, và lớp kết nối hoàn toàn.

11. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 9, phương pháp thực thi bằng máy tính còn bao gồm bước sử dụng vòng hồi tiếp để kích hoạt tương hỗ máy phát và bộ phân biệt của GAN, dựa trên hàm mất mát máy phát và hàm mất mát bộ phân biệt.

12. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 11, trong đó hàm mất mát máy phát được xác định là:

$$\min V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_Z(z)} [\log (1 - D_i(G_i(z)))] + \beta_i L_i^p; \text{ và}$$

hàm mất mát bộ phân biệt được xác định là:

$$\max V(D, G) = \sum_{i=0}^3 \alpha_i E_{x \sim P_{data}(x)} [\log (D_i(x))] + E_{x \sim P_Z(z)} [\log (1 - D_i(G_i(z)))]$$

trong đó D đại diện cho bộ phân biệt; G đại diện cho máy phát; i đại diện cho số lượng tương ứng các tỷ lệ; α_i và β_i đại diện cho các hệ số trọng số tương ứng với số lượng tương ứng các tỷ lệ; E đại diện cho phân bố mật độ xác suất; L_i^p là hàm mất mát cảm thụ; $P_{data}(x)$ đại diện cho phân bố xác suất của ảnh tham chiếu; x đại diện cho mẫu từ $P_{data}(x)$; $P_Z(z)$ đại diện cho phân bố xác suất của ảnh có độ phân giải cao; và z đại diện cho mẫu từ $P_Z(z)$.

13. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 12, trong đó kiểu mạng noron được sử dụng để xử lý hình ảnh tham chiếu và ảnh có độ phân giải cao;

hàm mất mát cảm thụ được tính toán như sau:

$$L_j^p(I, \hat{I}) = \frac{1}{C_j H_j W_j} \|\varphi_j(\hat{I}) - \varphi_j(I)\|_2^2$$

trong đó I đại diện cho ảnh tham chiếu; $\hat{I}$ đại diện cho ảnh có độ phân giải cao; φ đại diện cho kiểu mạng noron; j đại diện cho một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra của kiểu mạng noron; C đại diện cho số lượng các kênh dẫn của

bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; H đại diện cho chiều cao của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra; và W đại diện cho chiều rộng của bản đồ đặc tính được xuất ra từ một lớp tương ứng trong số các lớp xuất ra.

14. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 13, trong đó kiểu mạng noron là kiểu VGG-19.

15. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 13, trong đó kiểu mạng noron là kiểu sphereNet.

16. Phương pháp thực thi bằng máy tính theo điểm 11, trong đó phương pháp còn bao gồm bước huấn luyện trước mạng noron chập bằng cách:

nhập nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp vào trong mạng noron chập;

nhập nhiều ảnh tham chiếu huấn luyện vào trong mạng noron chập;

tạo ra nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát một cách tương ứng dựa trên nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải thấp;

tính toán mất mát máy phát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên hàm mất mát máy phát;

tính toán bộ phân biệt mất mát với nhiều ảnh huấn luyện có độ phân giải cao một cách tương ứng dựa trên bộ phân biệt hàm mất mát; và

điều chỉnh mạng noron chập dựa trên mất mát máy phát và bộ phân biệt mất mát.

17. Thiết bị tạo ảnh độ phân giải cao, bao gồm:

bộ nhớ; và

một hoặc nhiều bộ xử lý;

trong đó bộ nhớ và một hoặc nhiều bộ xử lý được nối với nhau; và

bộ nhớ lưu trữ các lệnh thực thi được bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để:

nhập vào ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và

tạo ra ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp bằng cách xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát;

trong đó sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao;

trong đó một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao bao gồm khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính;

trong đó bộ nhớ còn lưu trữ các lệnh thực thi bằng máy tính để điều khiển một hoặc nhiều bộ xử lý để:

nhập vào sự nhập tương ứng vào khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính, một cách tương ứng;

xử lý sự nhập vào tương ứng nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao để tạo ra sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao;

nhập vào sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao đến khối nội suy song tuyến tính; và

tạo ra sự xuất ra trung gian thứ hai nhờ sử dụng khối nội suy song tuyến tính dựa trên sự nhập vào tương ứng và sự xuất ra trung gian thứ nhất;

trong đó khối tạo độ phân giải siêu cao bao gồm nhiều môđun lập mã và nhiều môđun giải mã được bố trí theo cấu trúc mạng U net;

một môđun tương ứng trong số nhiều môđun lập mã bao gồm lớp chụp lấy mẫu xuống, và nhiều khối phần dư thứ nhất được bố trí nối tiếp; và

một môđun tương ứng trong số nhiều môđun giải mã bao gồm nhiều khối phần dư thứ hai được bố trí nối tiếp, và lớp chụp lấy mẫu lên.

18. Vật ghi đọc được bằng máy tính hữu hình bất biến có các lệnh đọc được bằng máy tính trên đó, các lệnh đọc được bằng máy tính thực thi được bởi bộ xử lý để khiến bộ xử lý để thực hiện:

nhập ảnh có độ phân giải thấp vào trong máy phát; và

tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát dựa trên ảnh có độ phân giải thấp;

trong đó bước tạo ảnh có độ phân giải cao bao gồm xử lý ảnh có độ phân giải thấp qua nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao được bố trí nối tiếp trong máy phát, trong đó sự xuất ra tương ứng từ một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao có độ phân giải ảnh được tăng tương ứng khi được so sánh với sự nhập tương ứng vào một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao;

trong đó một bộ tương ứng trong số nhiều bộ tạo độ phân giải siêu cao bao gồm khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính;

trong đó bước tạo ảnh có độ phân giải cao nhờ sử dụng máy phát còn bao gồm:

nhập sự nhập tương ứng vào khối tạo độ phân giải siêu cao và khối nội suy song tuyến tính, một cách tương ứng;

xử lý sự nhập vào tương ứng nhờ sử dụng khối tạo độ phân giải siêu cao để tạo ra sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao;

nhập sự xuất ra trung gian thứ nhất từ khối tạo độ phân giải siêu cao đến khối nội suy song tuyến tính; và

tạo ra sự xuất ra trung gian thứ hai nhờ sử dụng khối nội suy song tuyến tính dựa trên sự nhập vào tương ứng và sự xuất ra trung gian thứ nhất;

trong đó khối tạo độ phân giải siêu cao bao gồm nhiều môđun lập mã và nhiều môđun giải mã được bố trí theo cấu trúc mạng U net;

một môđun tương ứng trong số nhiều môđun lập mã bao gồm lớp chập lấy mẫu xuống, và nhiều khối phần dư thứ nhất được bố trí nối tiếp; và

một môđun tương ứng trong số nhiều môđun giải mã bao gồm nhiều khối phần dư thứ hai được bố trí nối tiếp, và lớp chập lấy mẫu lên.

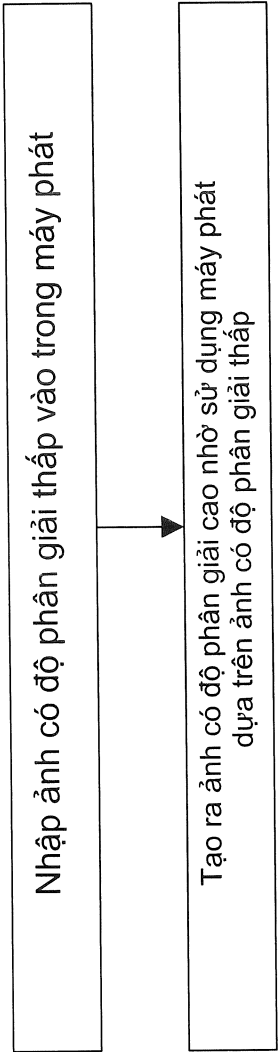


Fig.1

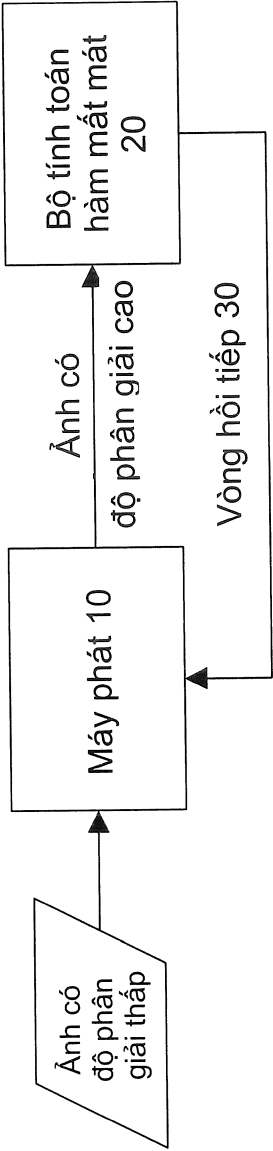


Fig.2

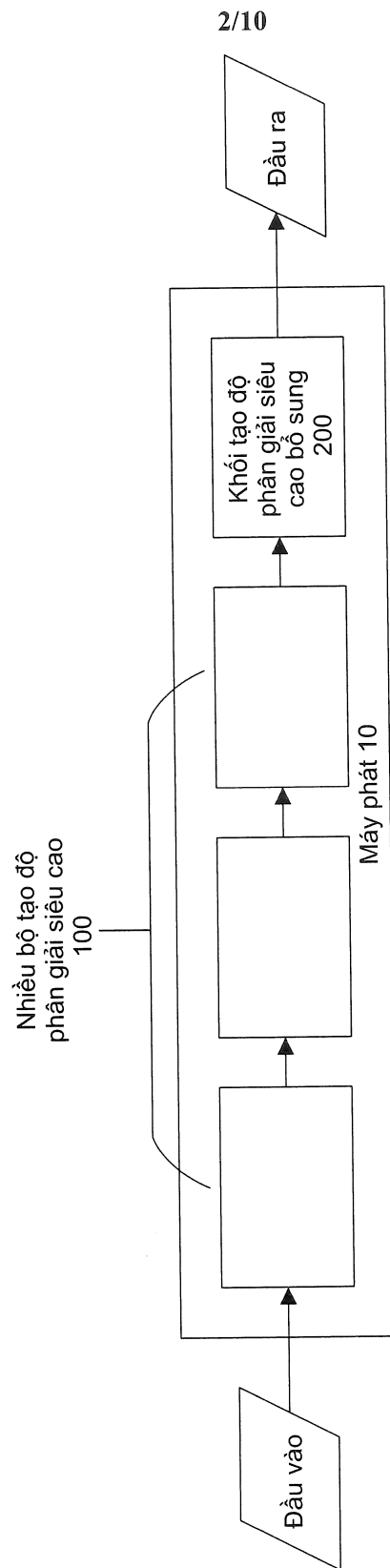


Fig.3

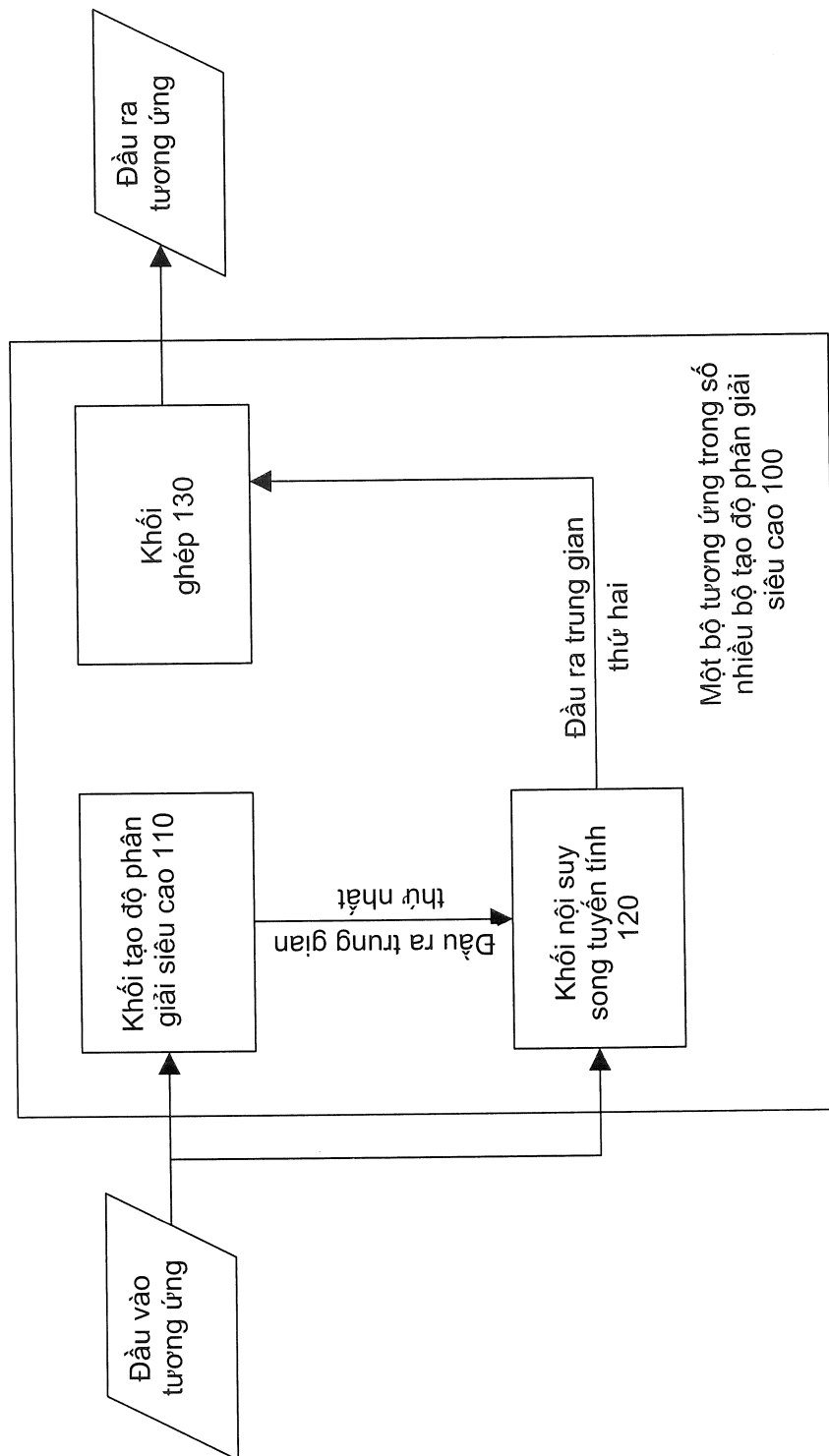


Fig.4

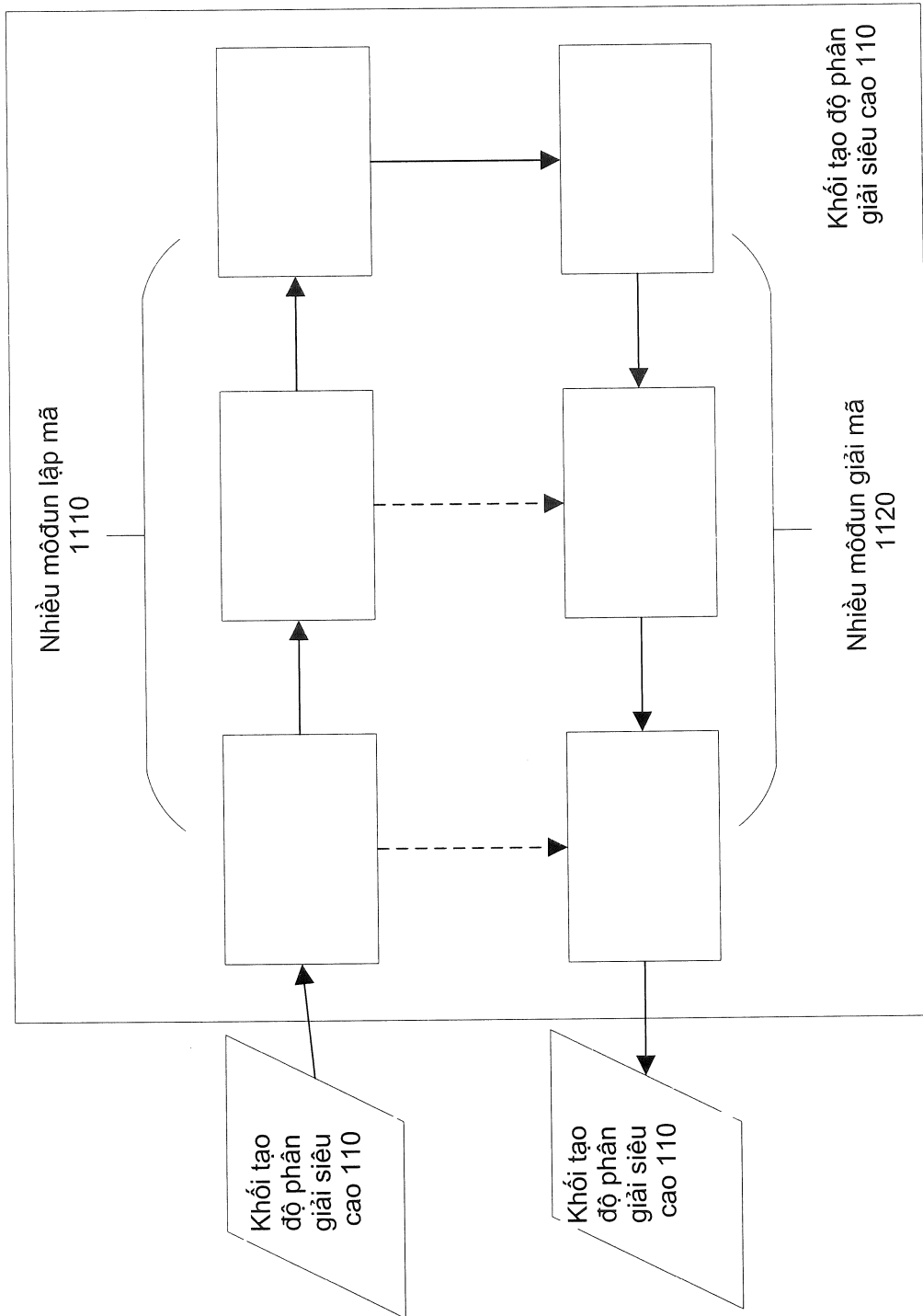


Fig.5

5/10

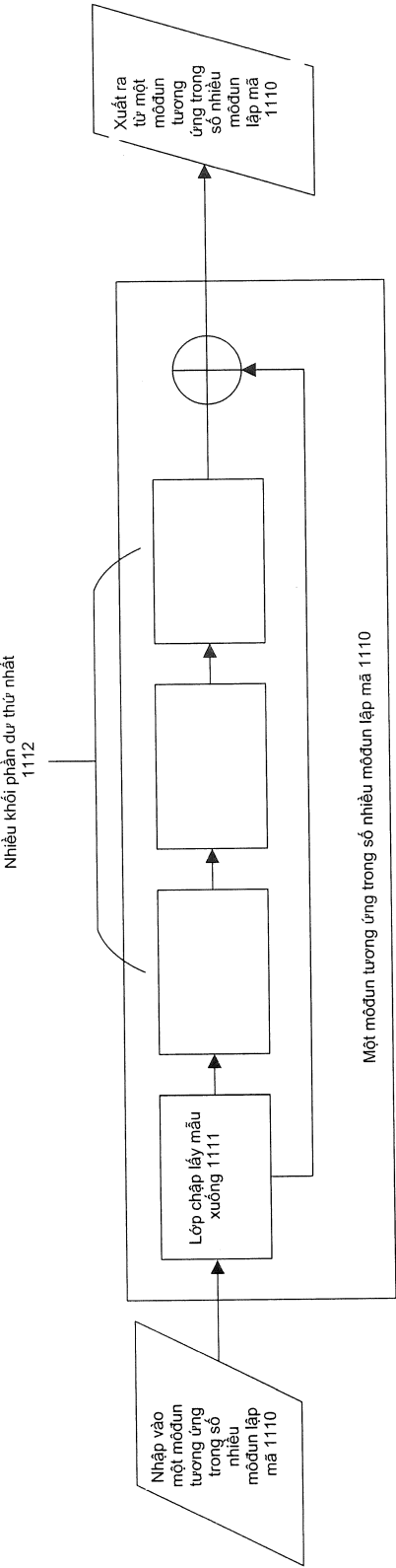


Fig.6

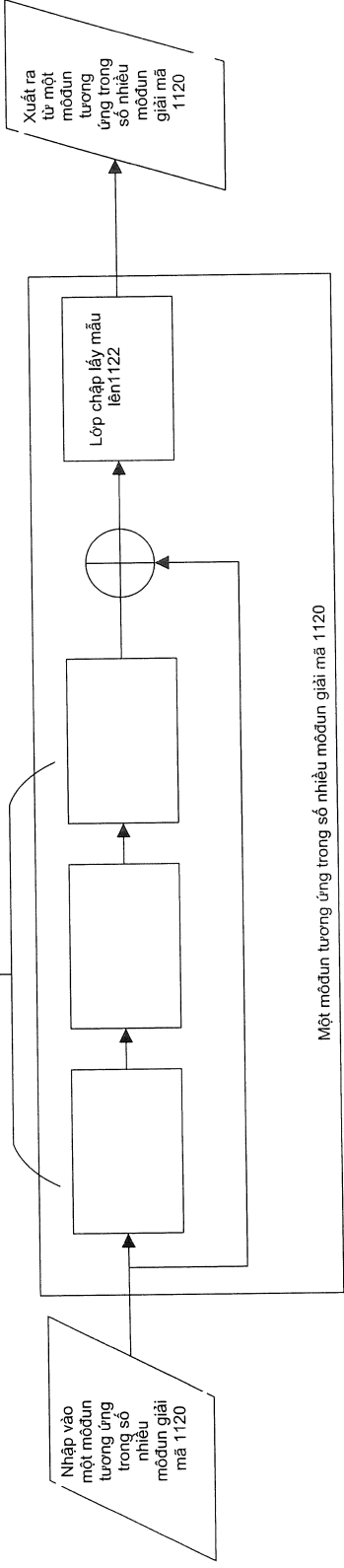


Fig.7

6/10



Fig.8A

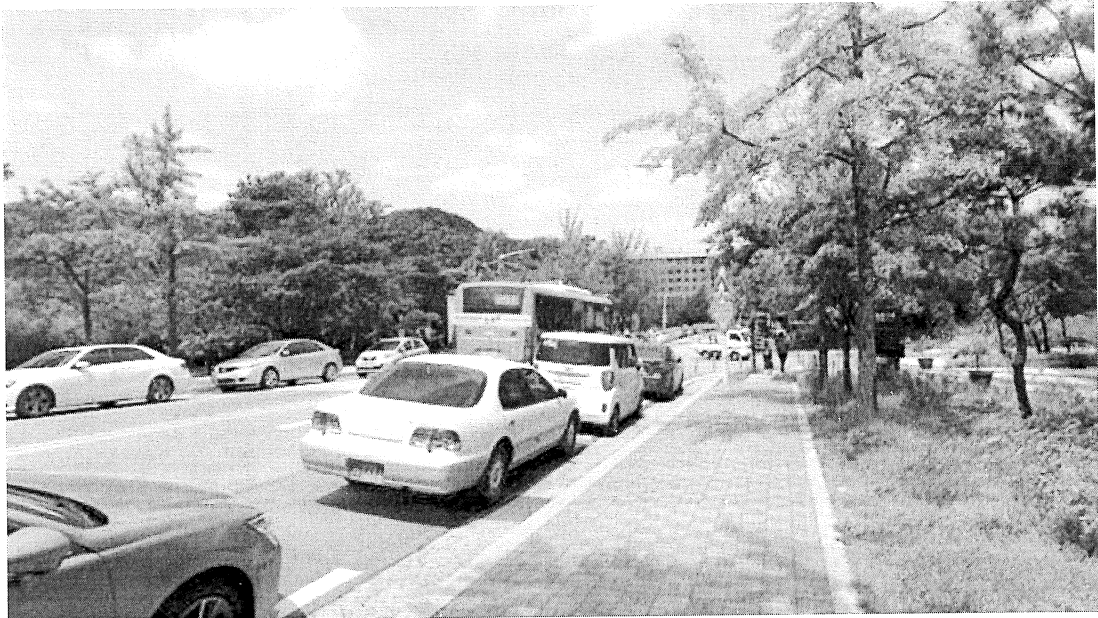


Fig.8B

7/10

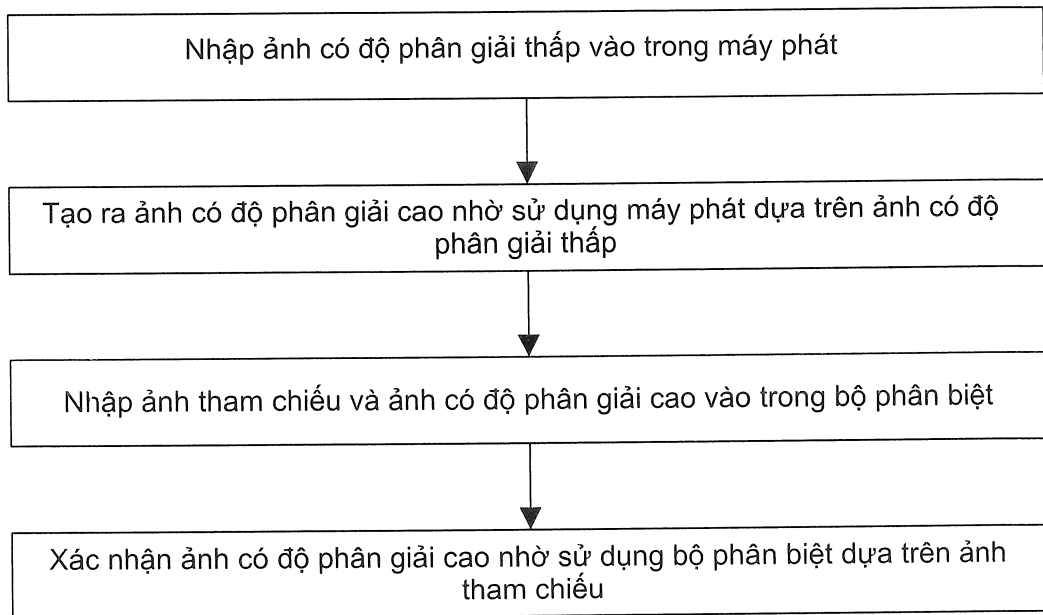


Fig.9

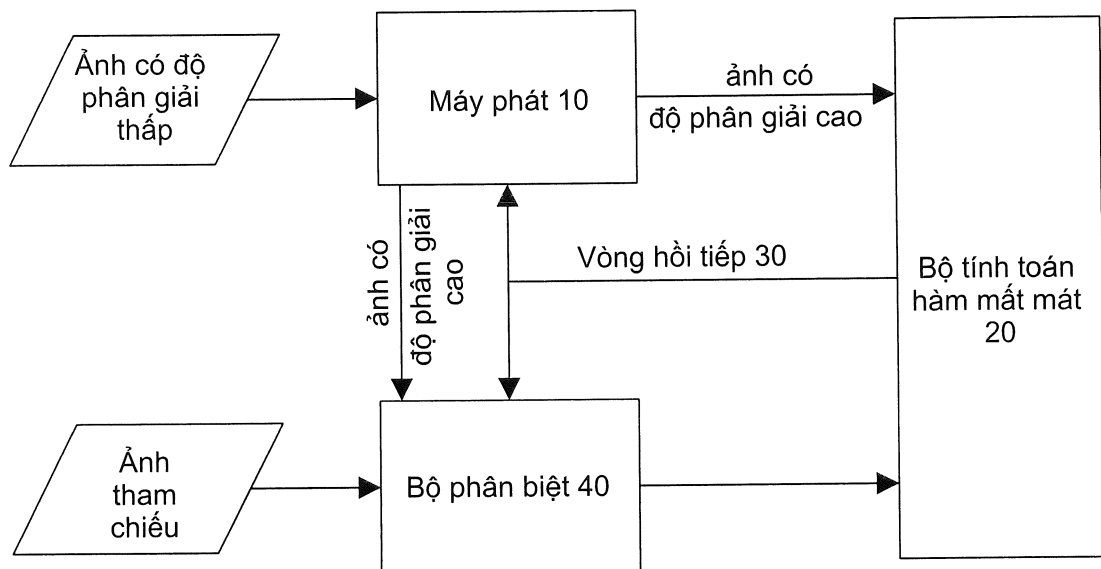


Fig.10

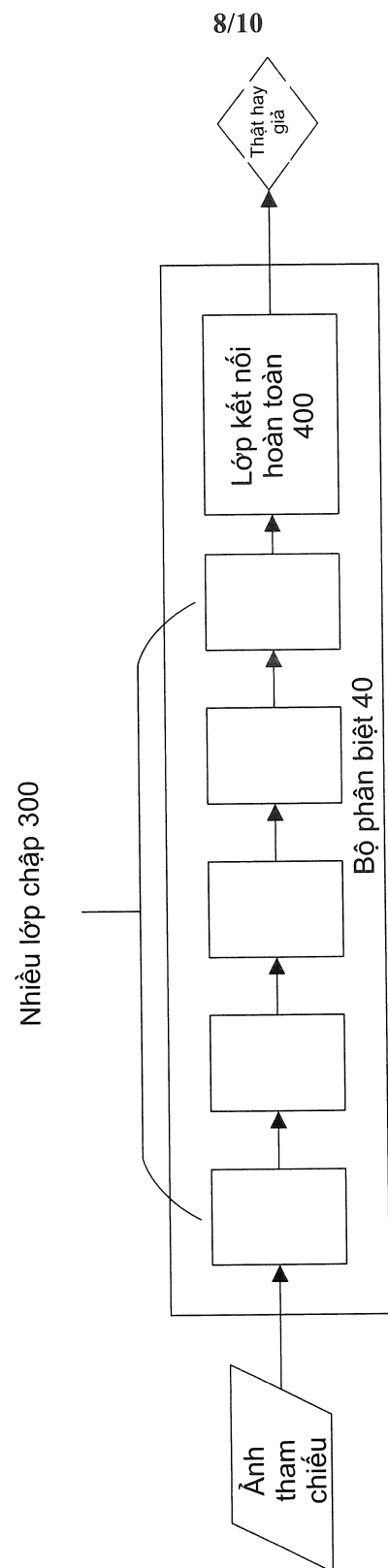


Fig.11

9/10



Fig.12C



Fig.12B



Fig.12A



Fig.13C



Fig.13B

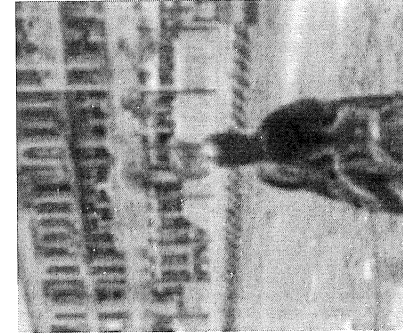


Fig.13A

10/10

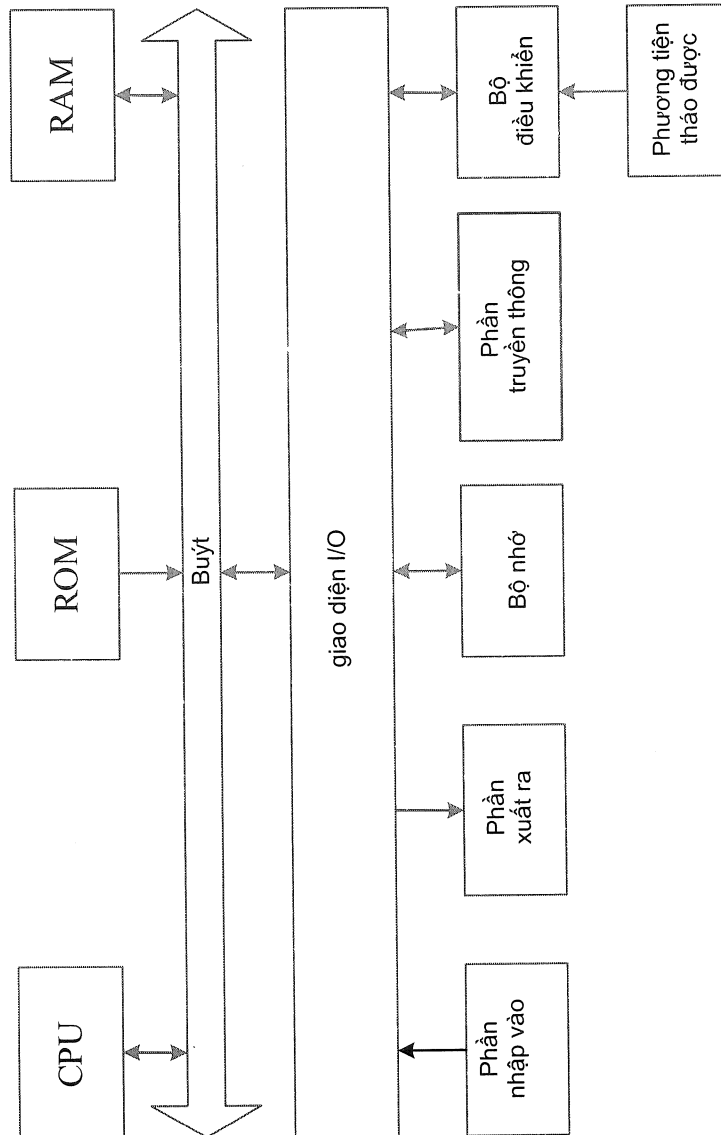


Fig.14