



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

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

(11)



1-0052696

(51)^{2022.01} G01S 7/04

(13) B

(21) 1-2023-06876

(22) 03/10/2023

(45) 27/10/2025 451

(43) 25/01/2024 430A

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỆN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội.

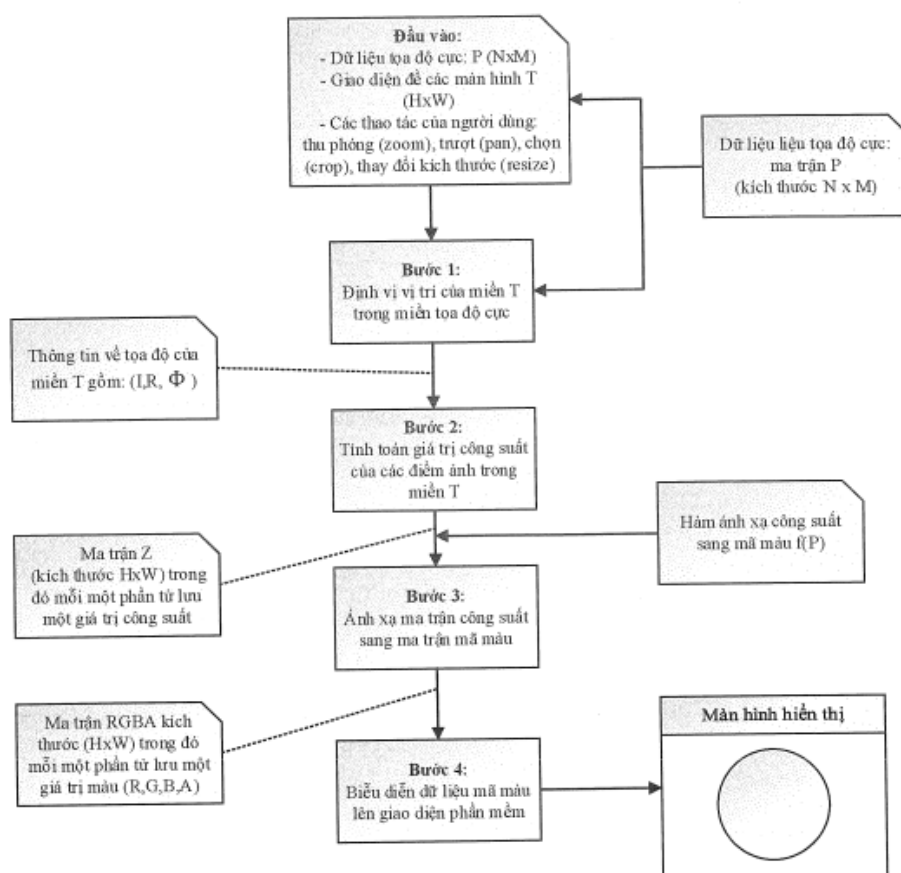
(72) TRẦN TRUNG KIÊN (VN); VŨ TRUNG NGHĨA (VN); NGUYỄN VĂN KHƯƠNG (VN); TRẦN VŨ HỢP (VN); TRẦN QUỐC TUÂN (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP CHUYỂN ĐỔI VÀ HIỂN THỊ DỮ LIỆU QUÉT RA-ĐA ĐỘ PHÂN GIẢI CAO

(21) 1-2023-06876

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp chuyển đổi và hiển thị dữ liệu quét với các đài ra-đa độ phân giải cao, dựa trên ý tưởng cho phép máy tính chỉ cần xử lý tính toán trên không gian dữ liệu của sổ giao diện trên miền đề-các thường rất nhỏ so với không gian dữ liệu tọa độ cực chứa dữ liệu quét ra-đa. Phương pháp đề xuất giúp tăng hiệu năng của chương trình về cả số lượng khung hình trên giây (FPS) cũng như chất lượng hình ảnh biểu diễn dữ liệu quét ra-đa trên tọa độ đề-các, ngoài ra độ chi tiết của hình ảnh hiển thị tự động thay đổi phù hợp với miền quan sát hiện tại của mắt người, tùy theo kích thước khung hình và mức độ thu phóng mà không phụ thuộc vào lưới tọa độ cực rất lớn ban đầu.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề cập tới phương pháp chuyển đổi và hiển thị dữ liệu quét ra-đa độ phân giải cao. Cụ thể, các đài ra-đa phát sóng điện từ ra ngoài không gian và nhận về tín hiệu phản xạ dưới dạng công suất, tín hiệu phản xạ này được số hóa và hiển thị trên phần mềm vận hành ra-đa; sáng chế sau đây đề xuất một phương pháp chuyển đổi dữ liệu, tối ưu chất lượng hiển thị và tốc độ hiển thị dữ liệu quét của các đài ra-đa có độ phân giải tín hiệu cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Một trong những đặc điểm quan trọng của ra-đa là cho phép quan sát mục tiêu theo thời gian thực, để làm được điều này là sự kết hợp của rất nhiều chuyên ngành khác nhau như: cơ khí, điện tử viễn thông, điều khiển tự động, công nghệ thông tin,.... Phạm vi của sáng chế này xét đến khía cạnh xử lý thông tin và hiển thị dữ liệu quét lên phần mềm hiển thị giao diện cho các đài ra-đa có độ phân giải tín hiệu cao. Cụ thể, các đài ra-đa phát sóng điện từ ra ngoài không gian và nhận về tín hiệu phản xạ, tín hiệu phản xạ này được số hóa và hiển thị trên phần mềm vận hành ra-đa, dữ liệu này đến theo từng tia phương vị theo thời gian thực; thể hiện công suất phản xạ tại các giá trị cự ly tăng dần từ cự ly tối thiểu tới cự ly tối đa phát hiện được; tùy theo loại ra-đa, cự ly tối đa có thể từ vài kilomet đến vài trăm kilomet, khi nhận được dữ liệu này, phần mềm xử lý và hiển thị lên giao diện tọa độ đề-các (Cartesian). Dữ liệu địa vật này thường được biểu diễn dưới dạng màu sắc thể hiện mức công suất tại các ô cự ly – phương vị theo miền tọa độ cực. Trong khi đó, cần phải thể hiện dữ liệu đó trên màn hình đồ họa với miền tọa độ đề-các với đơn vị là điểm ảnh (pixel). Từ đây xuất hiện bài toán biểu diễn tọa độ cực (Polar Data - tập các tia phương vị) trên miền đề-các của giao diện cửa sổ máy tính, trong lĩnh vực ra-đa bài toán này có tên là chuyển đổi dữ liệu quét ra-đa (Radar Scan Conversion - RSC).

Đầu vào của RSC là một ma trận $P_{N \times M}$ trong đó:

- N là số tia phương vị trên một vòng quét ra-đa 360 độ, tương ứng với độ phân giải phương vị của đài ra-đa.
- M là số ô cự ly trên một tia phương vị, tương ứng với độ phân giải cự ly của đài ra-đa.
- $P_{i \times j}$ là giá trị công suất của tia phương vị thứ i tại cự ly j

$$P_{N \times M} = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & \dots & P_{0M} \\ P_{10} & P_{11} & \dots & P_{1M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N0} & P_{N1} & \dots & P_{NM} \end{bmatrix}$$

Ánh xạ góc phương vị (0-360 độ) sang số tia phương vị, và cự ly sang số ô cự ly, tùy vào độ chính xác của đài ra-đa thì sẽ có số tia phương vị và số ô cự ly khác nhau. Như vậy với một đài ra-đa có độ phân giải N tia phương vị và M ô cự ly trên mỗi tia phương vị thì độ lớn của ma trận là N x M (phần tử). Giả sử với một đài ra-đa độ phân giải cao, có độ phân giải phương vị là 14 bit, cự ly tối đa là 360 km và độ phân giải 2,5 mét trên một ô cự ly thì sẽ có N = 16383 và M = 144000 => Độ lớn của ma trận P rất lớn là ~ 2,4 tỷ điểm.

Đầu ra là hiển thị được dữ liệu tọa độ cực trên lên một giao diện tọa độ đề-các có kích thước $T_{H \times W}$, trong đó:

- W là chiều rộng của cửa sổ giao diện, đơn vị điểm ảnh.
- H là chiều cao của cửa sổ giao diện, đơn vị điểm ảnh.
- T_{ixj} là giá trị màu của điểm ảnh ở hàng i và cột j; giá trị màu thể hiện mức công suất phản xạ tại ô cự ly – phương vị đó; có hai loại thể hiện giá trị màu: đơn sắc (cùng một kênh màu, công suất lớn sẽ hiển thị màu đậm hơn), đa sắc (nhiều kênh màu dựa theo sắc độ).

Ngoài việc thể hiện lượng dữ liệu rất lớn lên màn hình, để thuận tiện trong việc quan sát dữ liệu quét ra-đa, còn phải hỗ trợ một số các thao tác để thuận tiện cho người sử dụng bao gồm: phóng to (zoom in), phóng nhỏ (zoom out), trượt (pan), chọn xem một vùng bất kì (crop) mà vẫn phải đảm bảo hiệu năng hiển thị.

Có nhiều phương án khác nhau để giải quyết bài toán RSC, tuy nhiên một đặc điểm chung của các phương pháp này là sử dụng các biện pháp xấp xỉ biên dạng địa vật tại các ô cự ly - phương vị theo hình thang và tận dụng khả năng tính toán song song của đồ họa GPU. Các phương pháp này thường chia miền đề-các thành các miền tứ giác với số lượng các miền này càng nhiều thì sự xấp xỉ càng chính xác, sau đó tìm ra các điểm ảnh ứng với các đỉnh, tính tọa độ cực của các đỉnh này và lấy ra giá trị công suất tương ứng, giá trị công suất của các điểm ảnh trong miền tứ giác sau đó được tính thông qua các đỉnh nhờ vào một phép nội suy tuyến tính (linear interpolation, bilinear interpolation, ...) hoặc không tuyến tính (cubic interpolation, bicubic interpolation, ...). Điều này làm giảm độ chính xác của dữ liệu trên miền tọa độ đề-các.

Một điểm quan trọng khác của các phương pháp kể trên là miền đề-các là miền vô cùng lớn và luôn chứa đủ dữ liệu tọa độ cực, điều này có nghĩa là các phương pháp này phải xử lý trên toàn bộ dữ liệu của tọa độ cực trong khi thực tế chỉ cần xử lý trên tổng số điểm ảnh của cửa sổ giao diện, con số này là một hằng số và thường bé hơn rất nhiều so với kích thước của dữ liệu tọa độ cực, thường độ phân giải màn hình hiện tại là 1920x1080, tương đương với 2073600 điểm ảnh. Việc phải xử lý trên toàn bộ dữ liệu như vậy khiến cho chương trình chạy chậm, giập khung hình và tốn hiệu năng của máy tính và không đảm bảo hiển thị dữ liệu theo thời gian thực.

Để giải quyết vấn đề trên, sáng chế đề xuất một phương pháp mới cho phép máy tính chỉ cần xử lý trên miền dữ liệu quét địa vật đề-các bằng với kích thước của cửa sổ giao diện và nhỏ hơn rất nhiều so với dữ liệu quét trong miền tọa độ cực ban đầu, phương pháp cũng cho phép xác định chính xác giá trị công suất của từng điểm ảnh hiển thị mà không cần phải thông qua các phép xấp xỉ, từ đó giúp cho hình ảnh biểu diễn chính xác hơn cũng như biểu diễn được biên dạng địa vật dạng hình thang cong chính xác đến từng điểm ảnh và từng ô phân giải ra-đa khi thao tác thu phóng, ngoài ra độ chi tiết của hình ảnh hiển thị tự động thay đổi phù hợp với miền quan sát hiện tại của mắt người, tùy theo kích thước khung hình và mức độ thu phóng mà không phụ thuộc vào lưới tọa độ cực rất lớn ban đầu.

Bản chất kĩ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất một phương pháp biểu diễn dữ liệu tọa độ cực trên miền đề-các để tối ưu hiển thị dữ liệu quét ra-đa trong các hệ thống ra-đa độ phân giải cao, sáng chế có hai cải tiến như sau:

- Phương pháp đề xuất chỉ cần xử lý hiển thị dữ liệu trên miền đề-các có kích thước $H \times W$ (H: độ cao khung hình, đơn vị điểm ảnh; W: độ rộng khung hình, đơn vị điểm ảnh; khoảng một triệu điểm ảnh (pixels) với màn hình độ phân giải HD) trong khi các phương pháp trước xử lý toàn miền tọa độ cực có kích thước $N \times M$ (N: số ô cực ly, M: số ô phương vị).
- Độ chi tiết của hình ảnh dữ liệu công suất tự động thay đổi phù hợp với miền quan sát hiện tại của mắt người (tùy theo kích thước khung hình và mức độ thu phóng) mà không phụ thuộc vào lưới tọa độ cực rất lớn ban đầu.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất bao gồm: khối định vị dữ liệu, khối tính toán giá trị công suất, khối ánh xạ công suất sang mã màu và khối hiển thị. Trong đó:

Khởi định vị: thực hiện định vị vị trí của miền đề-các $T_{H \times W}$ trong miền tọa độ cực dữ liệu ra-đa, nhận đầu vào là dữ liệu tọa độ cực dữ liệu quét ra-đa ma trận $P_{N \times M}$, khung giao diện màn hình $T_{H \times W}$ và các thao tác của người dùng, đầu ra là bộ tham số định vị vị trí của $T_{H \times W}$;

Khởi tính toán giá trị công suất: thực hiện tính toán giá trị công suất của các điểm ảnh trong miền $T_{H \times W}$, nhận đầu vào là thông tin vị trí của $T_{H \times W}$ trong tọa độ cực và dữ liệu tọa độ cực từ khởi định vị, đầu ra là một ma trận kích thước HxW trong đó mỗi điểm ảnh lưu một giá trị công suất tương ứng;

Khởi ánh xạ công suất sang mã màu: thực hiện ánh xạ công suất sang mã màu, nhận đầu vào là ma trận công suất từ khởi tính toán giá trị công suất, kèm theo hàm ánh xạ màu từ giá trị công suất sang mã màu, đầu ra là một ma trận hai chiều trong đó mỗi phần tử lưu bốn giá trị (R, G, B, A) thể hiện mã màu tương ứng;

Khởi hiển thị: thực hiện biểu diễn ma trận mã màu lên giao diện.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế thực hiện theo bốn bước sau, bao gồm: bước 1: định vị vị trí của khung hình đề-các $T_{H \times W}$ trên miền tọa độ cực; bước 2: tính toán giá trị công suất của từng điểm ảnh trong miền $T_{H \times W}$ dựa trên vị trí của khung hình trong tọa độ cực ra-đa; bước 3: ánh xạ ma trận công suất sang ma trận mã màu; bước 4: biểu diễn dữ liệu mã màu lên giao diện.

Trong sáng chế này tại bước 1, vị trí của khung hình $T_{H \times W}$ được định vị trên tọa độ cực là một khung hình chữ nhật, tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều dài của $T_{H \times W}$ là không đổi, tuy nhiên tùy theo mức độ thu phóng và trượt của người dùng mà vị trí cũng như kích thước của khung hình $T_{H \times W}$ trên tọa độ cũng thay đổi theo, bước này sẽ mô tả cách định vị vị trí của $T_{H \times W}$ theo thao tác của người dùng. Ở bước thứ 2, sau khi đã định vị được chính xác vị trí của $T_{H \times W}$, lần lượt từng điểm ảnh trong $T_{H \times W}$ được tính toán ra giá trị công suất tương ứng, việc tính toán này là một phép tính hình học dựa trên các đỉnh và tâm của $T_{H \times W}$. Tại bước 3 và bước 4, các dữ liệu công suất được ánh xạ sang mã màu để vẽ lên giao diện, việc ánh xạ màu như nào là tùy người dùng sau này quyết định giúp tăng tính linh hoạt cũng như phù hợp với từng hàm ánh xạ màu cho từng loại ra-đa khác nhau.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: là sơ đồ phương pháp chuyển đổi và hiển thị dữ liệu quét ra-đa độ phân giải cao được đề cập trong sáng chế;

Hình 2: là hình vẽ định vị vị trí của miền đề-các màn hình trong hệ tọa độ cực ra-đa;

Hình 3: là hình vẽ ánh xạ miền tọa độ cực ra-đa vào hệ tọa độ màn hình ở tỉ lệ gốc;

Hình 4: là hình vẽ một số kịch bản sử dụng và sự thay đổi tương ứng của miền T trong tọa độ cực;

Hình 5: là hình vẽ xác định tọa độ cực của đỉnh A, B, C, D của miền T;

Hình 6: là hình vẽ xác định tọa độ cực của một điểm ảnh bất kỳ trên một đoạn thẳng khi biết tọa độ cực của 2 đầu mút;

Hình 7: là hình vẽ xác định tọa độ cực của toàn bộ điểm ảnh trên miền T.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau đây mô tả chi tiết về phương pháp tối ưu hiển thị dữ liệu địa vật trên các đài ra-đa dựa trên hình vẽ (Hình 1 là sơ đồ tổng thể của phương pháp), kèm theo diễn giải.

Hệ tọa độ được sử dụng: hệ tọa độ được sử dụng để biểu diễn dữ liệu quét ra-đa là hệ tọa độ cực, có tâm là vị trí đài ra-đa, góc 0 độ theo phương thẳng đứng, chiều quay theo chiều thuận kim đồng hồ. Trong thực tế, chiều quay của ra-đa là thuận chiều kim đồng hồ do đó việc chọn hệ tọa độ như trên giúp thuận tiện hơn trong quá trình tính toán và lập trình sau này.

Hệ tọa độ đề-các màn hình: hệ tọa độ được sử dụng trên phần mềm máy tính, có gốc tọa độ là góc trên bên trái, chiều x sang phải, chiều y xuống dưới.

Bước 1: định vị vị trí của khung hình đề-các $T_{H \times W}$ trên miền tọa độ cực ra-đa;

Xét trong hệ tọa độ đề-các, T là một hình chữ nhật có kích thước $H \times W$ và số lượng điểm ảnh mà D biểu diễn là $S_T = H \times W$ là hằng số không đổi khi không có các thao tác thay đổi khung hình hiển thị (Hình 2). Xét trong tọa độ cực thì dữ liệu ra-đa gửi về là một hình tròn có bán kính là $R_0 = M$ (M là cự ly phát hiện tối đa của đài ra-đa đó), lúc này T là một hình chữ nhật có tỷ lệ chiều dài và chiều rộng không đổi và có thể phóng to/thu nhỏ cũng như dịch chuyển tự do trên toàn miền. Như vậy vấn đề là làm sao để ánh xạ được các điểm ảnh trong T với các ô phân giải trong tọa độ cực ra-đa của P, để làm được điều đó cần một cách để xác định vị trí chính xác của T trong tọa độ cực. Vị trí của T được biểu thị thông qua ba tham số (I, R, Φ) với:

- I: tâm của T trên miền tọa độ cực là (r_I, φ_I) với r_I là cự ly từ tâm đặt đài O tới tâm I (đơn vị mét) và φ_I là góc phương vị từ tâm đặt đài O tới tâm I thuận chiều kim đồng hồ (đơn vị radian).
- R: độ dài 1/2 đường chéo của T xét trong miền tọa độ cực ra-đa.
- Φ : góc của T, góc này chỉ thay đổi khi người dùng thực hiện thao tác khung hình hiển thị.
- Các thông tin về góc và khoảng cách của các đỉnh (A, B, C, D) có thể được suy ra từ ba thông số (I, R, Φ) .

Dựa trên cách biểu diễn trên, tại thời điểm ban đầu hệ tọa độ cực toàn miền ra-đa được ánh xạ nên màn hình hiển thị trên miền T với tỉ lệ góc (Hình 3) thì tâm I của T có tọa độ $(0, 0)$;

$$\Phi = \arctan\left(\frac{H}{W}\right) \text{ và } R = \frac{R_0}{\sin(\Phi)}.$$

Khi người dùng thực hiện thao tác thu phóng khung hình hiển thị (zoom in/zoom out) thì cần tính toán lại tham số R; khi thực hiện trượt màn hình (pan) thì cần tính toán lại tâm I; khi chọn (crop) một vùng trên màn hình thì cần tính toán lại I và R; khi thực hiện thay đổi khung hình hiển thị (resize) thì cần tính toán lại cả ba tham số (I, R, Φ) .

Hình 4 mô tả sự thay đổi của T trong tọa độ cực theo một số thao tác thực hiện của người dùng. Có thể thấy tại thời điểm ban đầu, tỷ lệ phóng to/thu nhỏ là tỉ lệ góc (1.0), sau khi người dùng thực hiện thao tác phóng to, lúc này miền $T_{H \times W}$ thu nhỏ lại trên miền P làm phóng to vùng cần theo dõi lên. Điều này xảy ra là bởi dù có thực hiện bất kì thao tác nào đi nữa thì số lượng điểm ảnh biểu diễn trên màn hình trong miền T vẫn là $S_T = H \times W$ và không đổi, do đó khi miền T thu nhỏ trên miền P thì số lượng điểm ảnh biểu diễn cho một vùng dữ liệu của P được tăng lên, điều này không chỉ làm phóng to lên mà còn đảm bảo là khi người dùng phóng to một vùng nào đó càng nhiều thì biểu diễn trên T của vùng đó càng chính xác, đồng thời thời gian xử lý được giảm đi rất nhiều vì chỉ cần ánh xạ dữ liệu trong miền T chứa trong miền P, không phải ánh xạ dữ liệu trên toàn miền dữ liệu quét.

Ngược lại khi người dùng thực hiện thao tác thu nhỏ, khi đó số lượng điểm ảnh trên T là không đổi nhưng số lượng ô phân giải ra-đa cần được biểu diễn lại tăng lên dẫn đến giảm độ chính xác của dữ liệu cần biểu diễn. Tuy nhiên dù trong bất kì trường hợp nào thì chương trình chỉ cần tính ra được các ánh xạ tương ứng của $S_T = H \times W$ điểm ảnh trong miền T và không cần

tính toán trên toàn miền dữ liệu P, điều này giúp cho tăng hiệu năng của chương trình, giúp cho tốc độ biểu diễn dữ liệu tăng lên.

Như vậy độ chi tiết của dữ liệu quét ra-đa tự động thay đổi phù hợp với miền quan sát của mắt người (tùy theo kích thước khung hình và mức độ thu phóng) mà không phụ thuộc vào lưới tọa độ cực ra-đa rất lớn ban đầu, đồng thời giảm thời gian tính toán và hiển thị, đáp ứng thời gian thực.

Bước 2: tính toán giá trị công suất của từng điểm ảnh trong miền T dựa trên vị trí của khung hình trong tọa độ cực ra-đa;

Trong bước trước đã trình bày cách để định vị vị trí của miền T trong tọa độ cực ra-đa, bước này mô tả chi tiết cách để ánh xạ từ các điểm ảnh trong T sang các ô phân giải trong P từ đó lấy ra các giá trị công suất tương ứng. Quá trình ánh xạ gồm ba bước chính:

Bước 2.1: tính toán tọa độ của bốn đỉnh của miền T (A, B, C, D) trên hệ tọa độ cực ra-đa từ ba tham số (I, R, Φ) thông qua phép tính hình học trong tọa độ cực.

Như đã trình bày, để xác định tọa độ cực của các điểm ảnh (pixels) trước tiên cần xác định tọa độ cực của bốn đỉnh (A, B, C, D). Một tọa độ cần xác định hai tham số chính là (r, φ) , xét trường hợp xác định cho đỉnh A (Hình 5), dựa theo các công thức tính toán hình học được tạo ra trong sáng chế này, cách xác định như sau:

$$\begin{aligned}\bar{\angle}OE &= \varphi_I - \pi \\ \bar{\angle}IE &= \frac{\pi}{2} - \bar{\angle}OE = \frac{3\pi}{2} - \varphi_I \\ \bar{\angle}IO &= \pi - \Phi - \bar{\angle}IE = \varphi_I - \Phi - \frac{\pi}{2} \\ \Rightarrow \begin{cases} r_A = AO = \sqrt{R^2 + r_I^2 - 2r_I R \cos(\bar{\angle}IO)} \\ \varphi_A = \varphi_I + \arccos\left(\frac{r_I^2 + r_A^2 - R^2}{2r_I r_A}\right) \end{cases}\end{aligned}$$

Các đỉnh (B, C, D) được làm hoàn toàn tương tự như cách tính toán trên

Bước 2.2: tiến hành tính toán tọa độ của toàn bộ điểm ảnh trên miền T trên hệ tọa độ cực ra-đa dựa trên tọa độ điểm A và điểm D được tính từ bước 2.1.

Việc tính tọa độ của các điểm ảnh trong miền T có thể được quy về như trường hợp xác định tọa độ cực của một điểm ảnh X bất kỳ nằm trên đoạn thẳng AD khi biết trước tọa độ cực

của A và D (Hình 6). Đầu vào là tọa độ cực các điểm A, D, vị trí tương đối của điểm X trên đoạn thẳng là $p = \frac{AX}{AD}$, đầu ra cần tính được tọa độ cực của điểm ảnh X trên miền T, dựa theo các công thức tính toán hình học được tạo ra trong sáng chế này, cách xác định như sau:

$$\begin{aligned}\varphi_{DA} &= \varphi_D - \varphi_A \\ L_{AD} &= \sqrt{r_A^2 + r_D^2 - 2r_A r_D \cos(\varphi_{DA})} \\ L_{AX} &= p \cdot L_{AD} \\ \delta &= \arccos\left(\frac{r_A^2 + L_{AD}^2 - r_D^2}{2r_A L_{AD}}\right) \\ \Rightarrow \begin{cases} r_X = \sqrt{r_A^2 + L_{AX}^2 - 2r_A L_{AX} \cos(\delta)} \\ \varphi_X = \arccos\left(\frac{r_A^2 + r_X^2 - L_{AX}^2}{2r_A r_X}\right) \end{cases}\end{aligned}$$

Khi đã biết tọa độ cực của 4 đỉnh (A, B, C, D) trên miền T, lần lượt từ trái sang phải xác định cặp tọa độ biên trên và dưới của hình chữ nhật là X (r_X, φ_X), Y (r_Y, φ_Y) trên miền T (Hình 7) theo công thức tính toán trên. Từ tọa độ cực của 2 điểm biên trên và dưới X, Y, lần lượt xác định tọa độ cực của các điểm ảnh trên đoạn XY từ trên xuống dưới cũng theo công thức tính toán trên. Sau khi tính toán tọa độ cực của toàn bộ điểm ảnh trên toàn miền T, khi đó sẽ có kết quả là ma trận tọa độ cực của miền T như sau:

$$C = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{01} & \dots & C_{0W} \\ C_{10} & C_{11} & \dots & C_{1W} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{H0} & C_{H1} & \dots & C_{HW} \end{bmatrix} \text{ với } C_{ij} = (r_{ij}, \varphi_{ij})$$

Bước 2.3: tiến hành ánh xạ dữ liệu tọa độ cực sang tọa độ trong miền P dưới dạng ô phân giải (cell) theo phương pháp lấy ô phân giải gần nhất.

Với N là số ô phân giải phương vị và M là số ô phân giải cự ly của đài ra-đa; λ là độ phân giải ô cự ly (đơn vị mét), N_{ij} và M_{ij} lần lượt là số ô phân giải phương vị và cự ly tại ô điểm ảnh (i, j), thực hiện tiến hành ánh xạ về miền $P_{N \times M}$ như sau:

$$N_{ij} = \text{round}\left(\frac{2\pi N}{\varphi_{ij}}\right); M_{ij} = \text{round}\left(\frac{r_{ij}}{\lambda}\right)$$

Do N_{ij} và M_{ij} phải là số nguyên, việc làm tròn thực hiện bằng cách làm tròn gần nhất (lấy ô phân giải gần nhất). Sau khi tìm được N_{ij} và M_{ij} tại từng ô điểm ảnh, thực hiện truy vấn giá trị công suất tại ma trận $P_{N \times M}$ là P_{ij} , thực hiện với tất cả các điểm ảnh trong miền T ta được ma trận công suất tương ứng như sau:

$$Z_{H \times W} = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & \dots & P_{0W} \\ P_{10} & P_{11} & \dots & P_{1W} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{H0} & P_{H1} & \dots & P_{HW} \end{bmatrix}$$

Bước 3: ánh xạ ma trận công suất sang ma trận mã màu;

Sau khi xử lý qua hai bước trên, lúc này thu được ma trận $Z_{H \times W}$ chứa các giá trị công suất của từng điểm ảnh, tiếp theo cần ánh xạ các giá trị công suất này sang mã màu để biểu diễn lên giao diện phần mềm. Mã màu được sử dụng bốn kênh màu (RGBA), xây dựng hàm mã màu $RGBA_{ij} = f(P_{ij})$ để ánh xạ từ dữ liệu công suất sang mã màu.

Có nhiều cách để ánh xạ sang mã màu, trong phạm vi sáng chế này trình bày phương pháp sử dụng mã màu đơn sắc để thể hiện công suất. Lựa chọn một kênh màu để thể hiện, mã màu của một kênh thể hiện bằng giá trị từ 0 tới 255. Với điểm ảnh (pixel) có giá trị công suất lớn thì giá trị mã màu lớn và ngược lại. Trong phạm vi sáng chế này, hàm $f(P_{ij})$ sẽ có dạng như sau:

$$\begin{cases} R(red), B(blue) = 0 \\ G(green) = P_{ij} / 255 \\ A(alpha) = 255 \end{cases}$$

Thực hiện ánh xạ tất cả giá trị công suất của ma trận $Z_{H \times M}$ sẽ thu được ma trận mã màu của từng điểm ảnh cần hiển thị.

$$RGBA_{H \times W} = \begin{bmatrix} f(P_{00}) & f(P_{01}) & \dots & f(P_{0W}) \\ f(P_{10}) & f(P_{11}) & \dots & f(P_{1W}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(P_{H0}) & f(P_{H1}) & \dots & f(P_{HW}) \end{bmatrix}$$

Bước 4: biểu diễn dữ liệu mã màu lên giao diện;

Qua bước này đã thu được giá trị màu của tất cả các điểm ảnh cần hiển thị, sau đó sử dụng thư viện đồ họa OpenGL để biểu diễn lên giao diện phần mềm. Với thư viện OpenGL sẽ dùng hàm `glDrawPixel()` để hiển thị lên phần mềm.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp chuyển đổi và hiển thị dữ liệu quét ra-đa độ phân giải cao, bao gồm các bước:

bước 1: định vị vị trí của khung hình đề-các $T_{H \times W}$ trên miền tọa độ cực ra-đa:

với T là một hình chữ nhật có kích thước $H \times W$ và số lượng điểm ảnh mà T biểu diễn là $S_T = H \times W$ không đổi, $P_{N \times M}$ là ma trận chứa dữ liệu quét ra-đa (với N là số tia phương vị trên một vòng quét ra-đa, tương ứng với độ phân giải phương vị của đài ra-đa và M là số ô cự ly trên một tia phương vị, tương ứng với độ phân giải cự ly của đài ra-đa; vị trí của T trên miền tọa độ cực ra-đa được biểu thị thông qua ba tham số (I, R, Φ) với:

I : tâm của T trên miền tọa độ cực là (r_I, φ_I) với r_I là cự ly từ tâm đặt đài O tới tâm I (đơn vị mét) và φ_I là góc phương vị từ tâm đặt đài O tới tâm I thuận chiều kim đồng hồ (đơn vị radian);

R : độ dài 1/2 đường chéo của T xét trong miền tọa độ cực ra-đa;

Φ : góc của T , góc này chỉ thay đổi khi người dùng thực hiện thao tác khung hình hiển thị;

tại thời điểm ban đầu hệ tọa độ cực toàn miền ra-đa được ánh xạ nên màn hình hiển thị trên miền T với tỉ lệ góc thì tâm I của T có tọa độ $(0, 0)$; $\Phi = \arctan\left(\frac{H}{W}\right)$ và $R = \frac{R_0}{\sin(\Phi)}$;

khi người dùng thực hiện thao tác thu phóng khung hình hiển thị (zoom in/zoom out) thì cần tính toán lại tham số R ; khi thực hiện trượt màn hình (pan) thì cần tính toán lại tâm I ; khi chọn (crop) một vùng trên màn hình thì cần tính toán lại I và R ; khi thực hiện thay đổi khung hình hiển thị (resize) thì cần tính toán lại cả ba tham số (I, R, Φ) ;

bước 2: tính toán giá trị công suất của từng điểm ảnh trong miền T dựa trên vị trí của khung hình trong tọa độ cực ra-đa.

bước này mô tả chi tiết cách để ánh xạ từ các điểm ảnh trong T sang các ô phân giải trong P từ đó lấy ra các giá trị công suất tương ứng; quá trình ánh xạ gồm ba bước chính:

bước 2.1: tính toán tọa độ của bốn đỉnh của miền T (A, B, C, D) trên hệ tọa độ cực ra-đa từ ba tham số (I, R, Φ) thông qua phép tính hình học trong tọa độ cực; để xác định tọa độ cực của

các điểm ảnh trước tiên cần xác định tọa độ cực của bốn đỉnh (A, B, C, D); một tọa độ cần xác định hai tham số chính là (r, φ) , xét trường hợp xác định cho đỉnh A, cách xác định như sau:

$$\begin{aligned}\bar{\angle}OE &= \varphi_I - \pi \\ \bar{\angle}IE &= \frac{\pi}{2} - \bar{\angle}OE = \frac{3\pi}{2} - \varphi_I \\ \bar{\angle}IO &= \pi - \Phi - \bar{\angle}IE = \varphi_I - \Phi - \frac{\pi}{2} \\ \Rightarrow \begin{cases} r_A = AO = \sqrt{R^2 + r_I^2 - 2r_I R \cos(\bar{\angle}IO)} \\ \varphi_A = \varphi_I + \arccos\left(\frac{r_I^2 + r_A^2 - R^2}{2r_I r_A}\right) \end{cases}\end{aligned}$$

bước 2.2: tiến hành tính toán tọa độ của toàn bộ điểm ảnh trên miền T trên hệ tọa độ cực ra-đa dựa trên tọa độ điểm A và điểm D được tính từ bước 2.1.

việc tính tọa độ của các điểm ảnh trong miền T có thể được quy về như trường hợp xác định tọa độ cực của một điểm ảnh X bất kỳ nằm trên đoạn thẳng AD khi biết trước tọa độ cực của A và D; đầu vào là tọa độ cực các điểm A, D, vị trí tương đối của điểm X trên đoạn thẳng là $p = \frac{AX}{AD}$, đầu ra cần tính được tọa độ cực của điểm X trên miền T, cách xác định như sau:

$$\begin{aligned}\varphi_{DA} &= \varphi_D - \varphi_A \\ L_{AD} &= \sqrt{r_A^2 + r_D^2 - 2r_A r_D \cos(\varphi_{DA})} \\ L_{AX} &= p \cdot L_{AD} \\ \delta &= \arccos\left(\frac{r_A^2 + L_{AD}^2 - r_D^2}{2r_A L_{AD}}\right) \\ \Rightarrow \begin{cases} r_X = \sqrt{r_A^2 + L_{AX}^2 - 2r_A L_{AX} \cos(\delta)} \\ \varphi_X = \arccos\left(\frac{r_A^2 + r_X^2 - L_{AX}^2}{2r_A r_X}\right) \end{cases}\end{aligned}$$

khi đã biết tọa độ cực của 4 đỉnh (A, B, C, D) trên miền T, lần lượt từ trái sang phải xác định cặp tọa độ biên trên và dưới của hình chữ nhật là X (r_X, φ_X) , Y (r_Y, φ_Y) trên miền T trong hình 7 theo công thức tính toán trên. Từ tọa độ cực của 2 điểm biên trên và dưới X, Y, lần lượt xác định tọa độ cực của các điểm ảnh trên đoạn XY từ trên xuống dưới theo công thức tính toán trên. Sau khi tính toán tọa độ cực của toàn bộ điểm ảnh trên toàn miền T, , khi đó sẽ có kết quả là ma trận tọa độ cực của miền T như sau:

$$C = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{01} & \dots & C_{0W} \\ C_{10} & C_{11} & \dots & C_{1W} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{H0} & C_{H1} & \dots & C_{HW} \end{bmatrix} \text{ với } C_{ij} = (r_{ij}, \varphi_{ij})$$

bước 2.3: tiến hành ánh xạ dữ liệu tọa độ cực sang tọa độ trong miền P dưới dạng ô phân giải (cell) theo phương pháp lấy ô phân giải gần nhất;

với N là số ô phân giải phương vị và M là số ô phân giải cự ly của đài ra-đa; λ là độ phân giải ô cự ly (đơn vị mét), N_{ij} và M_{ij} lần lượt là số ô phân giải phương vị và cự ly tại ô điểm ảnh (i, j) , thực hiện tiến hành ánh xạ về miền $P_{N \times M}$ như sau:

$$N_{ij} = \text{round}\left(\frac{2\pi N}{\varphi_{ij}}\right); M_{ij} = \text{round}\left(\frac{r_{ij}}{\lambda}\right)$$

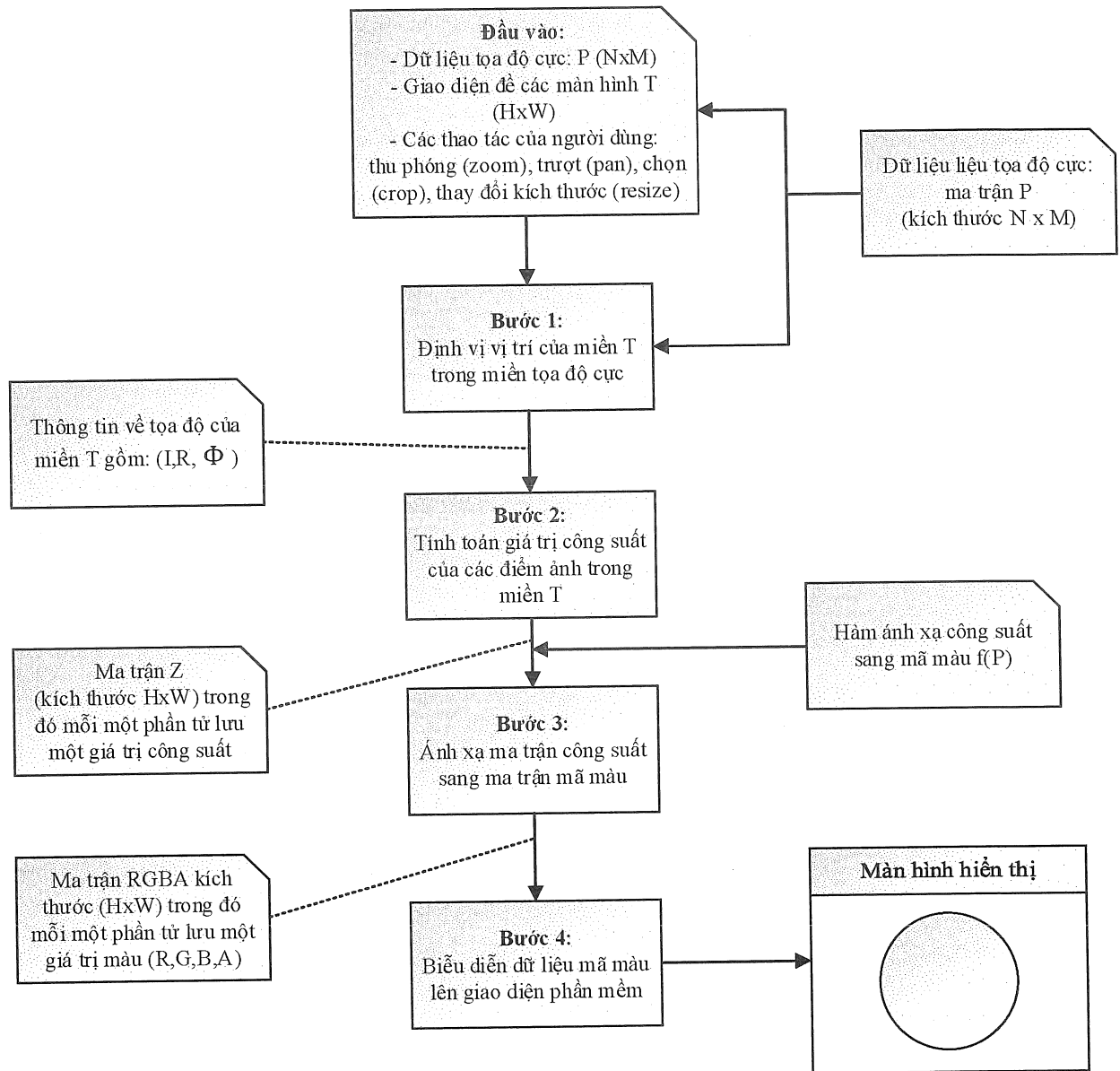
do N_{ij} và M_{ij} phải là số nguyên, việc làm tròn thực hiện bằng cách làm tròn gần nhất (lấy ô phân giải gần nhất); sau khi tìm được N_{ij} và M_{ij} tại từng ô điểm ảnh, thực hiện truy vấn giá trị công suất tại ma trận $P_{N \times M}$ là P_{ij} , thực hiện với tất cả các điểm ảnh trong miền T ta được ma trận công suất tương ứng như sau:

$$Z_{H \times W} = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & \dots & P_{0W} \\ P_{10} & P_{11} & \dots & P_{1W} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{H0} & P_{H1} & \dots & P_{HW} \end{bmatrix}$$

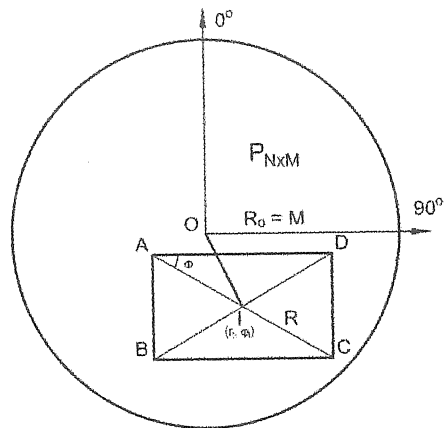
bước 3: ánh xạ ma trận công suất sang ma trận mã màu; lúc này thu được ma trận $Z_{H \times M}$ chứa các giá trị công suất của từng điểm ảnh, tiếp theo cần ánh xạ các giá trị công suất này sang mã màu để biểu diễn lên giao diện phần mềm; mã màu được sử dụng bốn kênh màu (RGBA), xây dựng hàm mã mẫu $RGBA_{ij} = f(P_{ij})$ để ánh xạ từ dữ liệu công suất sang mã màu; có nhiều cách để ánh xạ sang mã màu, trong phạm vi sáng chế này trình bày phương pháp sử dụng mã màu đơn sắc để thể hiện công suất; lựa chọn một kênh màu để thể hiện, mã màu của một kênh thể hiện bằng giá trị từ 0 tới 255; với điểm ảnh (pixel) có giá trị công suất lớn thì giá trị mã màu lớn và ngược lại; thực hiện ánh xạ tất cả giá trị công suất của ma trận $Z_{H \times M}$ sẽ thu được ma trận mã màu của từng điểm ảnh cần hiển thị;

$$RGBA_{H \times W} = \begin{bmatrix} f(P_{00}) & f(P_{01}) & \dots & f(P_{0W}) \\ f(P_{10}) & f(P_{11}) & \dots & f(P_{1W}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(P_{H0}) & f(P_{H1}) & \dots & f(P_{HW}) \end{bmatrix}$$

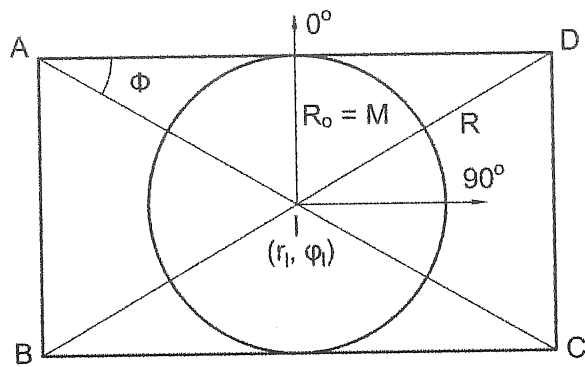
buớc 4: biểu diễn dữ liệu mã màu lên giao diện; tại bước này sử dụng thư viện đồ họa OpenGL để biểu diễn lên giao diện phần mềm; với thư viện OpenGL sẽ dùng hàm `glDrawPixel()` để hiển thị.



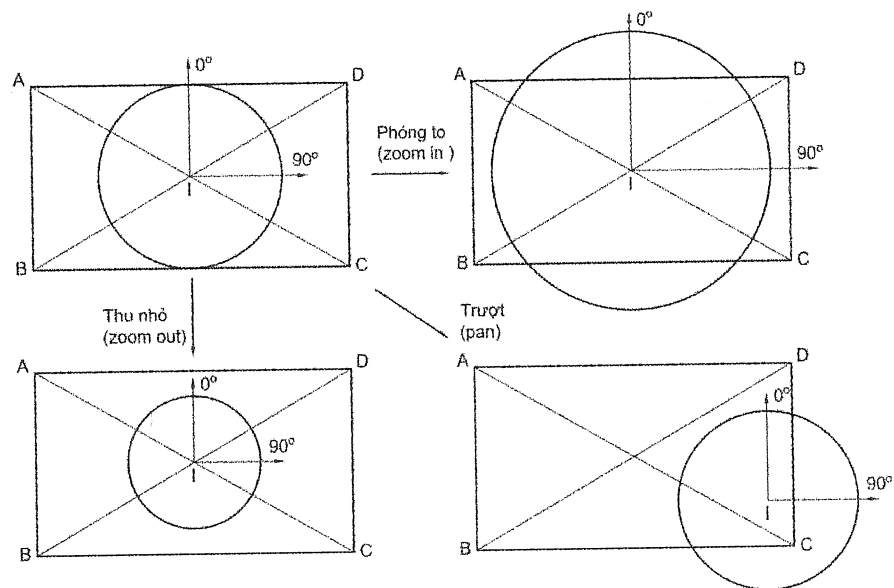
Hình 1



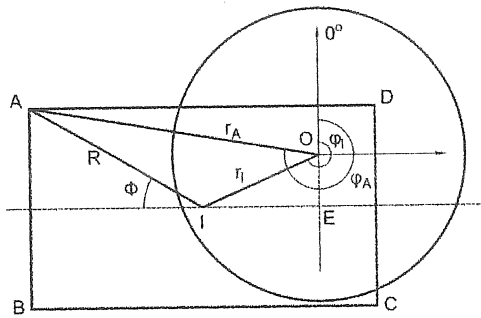
Hình 2



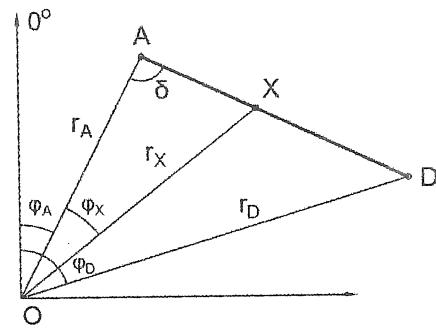
Hình 3



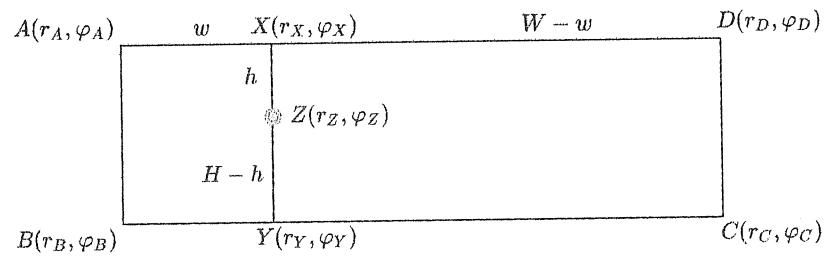
Hình 4



Hình 5



Hình 6



Hình 7