



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11)



2-0004350

(51) **B66C 13/00**
2024.01

(13) **Y**

(21) 2-2025-00235

(22) 19/01/2022

(67) 1-2022-00365

(45) 27/10/2025 451

(43) 25/07/2023 424A

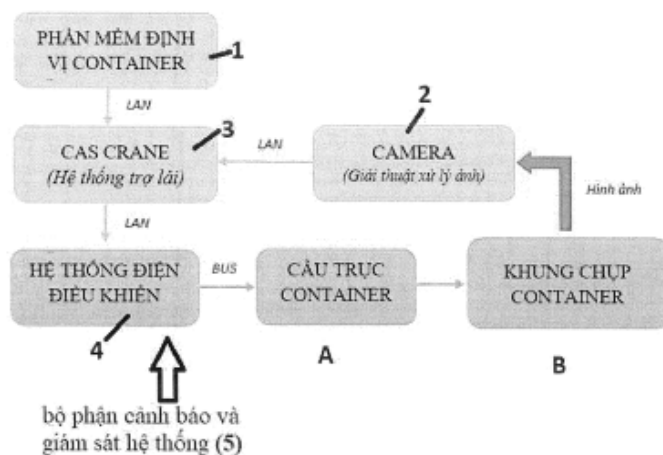
(76) **NGÔ QUANG HIẾU (VN)**

số 180, đường Tú Xương, khu dân cư Hồng Phát, phường An Bình, quận Ninh Kiều,
thành phố Cần Thơ

(54) **HỆ THỐNG TRỢ LÁI CHO CẦU TRỤC**

(21) 2-2025-00235

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục bao gồm: bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ (1) trong đó dựa theo lịch trình côngtenơ cần bốc được chỉ định trước của bộ phận vận hành cảng, bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ (1) thực hiện tối ưu hóa lịch trình và thứ tự bốc dỡ côngtenơ sao cho quãng đường di chuyển của cầu trục ít tốn thời gian nhất; hệ thống cảm biến tích hợp (2) dựa trên giải thuật xử lý ảnh kết hợp với camera công nghiệp tốc độ cao, hệ thống cảm biến tích hợp (2) thực hiện nhận dạng đối tượng, ước lượng vị trí và hướng của đối tượng và gửi về bộ phận trợ lái (3) qua đường truyền tốc độ cao; bộ phận trợ lái (3) có tác dụng phát ra tín hiệu điều khiển chống lắc tới bộ điều khiển (4) điều khiển cầu trục côngtenơ bằng sự kết hợp điều khiển vòng hở và điều khiển vòng kín; bộ điều khiển hệ thống (4) được kết nối với bộ phận trợ lái (3) thông qua chuẩn truyền thông Profinet; bộ phận cảnh báo và giám sát hệ thống (5) thực hiện phát tín hiệu cảnh báo lỗi và tự động dừng hệ thống khi mất kiểm soát.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp đề cập đến hệ thống trợ lái cho cầu trục. Giải pháp thuộc lĩnh vực điều khiển tối ưu được ứng dụng để điều khiển hệ thống cầu trục côngtenơ chuyên dụng (cầu cảng, cầu bờ, cầu cò, cầu RTG, v.v.) tại các cảng biển. Cụ thể là can thiệp vào quá trình điều khiển của cầu trục côngtenơ (container) giúp đơn giản giản quy trình vận hành và tăng năng suất bốc dỡ của cầu trục côngtenơ.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Với nhu cầu lớn về việc phát triển hệ thống điều khiển chống lắc cho cầu trục đặc biệt là cầu trục côngtenơ trên cảng biển tại Việt Nam. Các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực với nhiều hướng tiếp cận khác nhau đã đưa ra một số giải pháp điều khiển như: điều khiển tuyến tính, điều khiển mờ, điều khiển thích nghi... Tuy nhiên, những giải pháp này chỉ được chứng minh bằng mô hình toán và trên mô hình trong phòng thí nghiệm chưa được áp dụng triển khai trên cầu trục công nghiệp. Bên cạnh đó các nhà sản xuất thiết bị điện công nghiệp lớn cũng cho ra đời các thiết bị có tích hợp tính năng chống lắc cho cầu trục, nhưng giá thành rất cao, phải có tính đồng bộ thiết bị khi sử dụng và cần trình độ kỹ thuật cao để vận hành. Đây cũng là lý do mà các thiết bị chuyên dụng vẫn không được áp dụng rộng rãi lên trên cầu trục côngtenơ.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục giải quyết các hạn chế nêu ra ở trên.

Tăng năng suất bốc dỡ cho cầu trục côngtenơ là nhu cầu rất lớn các cảng biển. Nhằm đáp ứng nhu cầu này, các tác giả giải pháp với nhiều hướng tiếp cận khác nhau đã xác định việc phát triển thuật toán khử lắc và điều khiển chuyển động cho

cầu trục côngtenơ mang tính chất quyết định, bao gồm việc phân tích sự tương tác giữa chuyển động của xe giàn và chuyển động của côngtenơ trong quá trình bốc dỡ. Giải thuật điều khiển chống lắc, giải thuật xử lý ảnh đo góc kết hợp cao độ và phần mềm định vị côngtenơ đã được nhóm nghiên cứu phân tích đánh giá và lập trình tích hợp thành hệ thống trợ lái cho cầu trục. Hệ thống theo giải pháp giúp nâng cấp bộ điều khiển cầu trục thông thường thành hệ thống điều khiển bán tự động. Nhờ vào đó, cầu trục côngtenơ hoạt động nhanh hơn và nâng cao năng suất bốc dỡ mà không phụ thuộc vào kinh nghiệm của người vận hành.

Cụ thể, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục bao gồm:

- bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ 1 trong đó dựa theo lịch trình côngtenơ cần bốc được chỉ định trước của bộ phận vận hành cảng, bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ 1 thực hiện tối ưu hóa lịch trình và thứ tự bốc dỡ côngtenơ sao cho quãng đường di chuyển của cầu trục là ít tốn thời gian nhất, từ đó cho phép người vận hành định vị côngtenơ cần bốc tự động theo lịch trình đã được tối ưu hóa hoặc được chọn trực tiếp trên giao diện vận hành, tiếp theo bộ phận 1 nêu trên gửi thông tin định vị côngtenơ xuống bộ phận trợ lái 3 nhờ vào thông tin này bộ phận trợ lái 3 sẽ xác định được vị trí côngtenơ cần bốc một cách tự động;

- hệ thống cảm biến tích hợp 2 dựa trên giải thuật xử lý ảnh kết hợp với camera công nghiệp tốc độ cao, hệ thống cảm biến tích hợp 2 xử lý hình ảnh và nhận dạng và ước lượng vị trí và hướng của đối tượng. Trên cơ sở đó, đưa ra thông số vị trí và hướng của đối tượng sẽ gửi về bộ phận trợ lái 3 qua đường truyền tốc độ cao;

- bộ phận trợ lái 3 nhận dữ liệu từ hệ thống cảm biến tích hợp 2 sau đó xử lý và gửi tín hiệu điều khiển chống lắc tới bộ điều khiển 4 điều khiển cầu trục côngtenơ bằng sự kết hợp điều khiển vòng hở và điều khiển vòng kín, trong đó quá trình điều khiển được chia làm hai giai đoạn: giai đoạn một bộ điều khiển vòng hở phát tín hiệu điều khiển phụ thuộc vào tần số dao động riêng được tính toán dựa vào chiều

cao nâng của tải trọng, sao cho xe giàn triệt tiêu dao động ban đầu với tốc độ di chuyển tối đa; giai đoạn hai bộ điều khiển vòng kín, khi vị trí xe giàn đi tới 90% vị trí mong muốn, bộ điều khiển vòng kín tính toán với giá trị hồi tiếp vị trí và góc lắc với mục tiêu điều khiển sai số hướng về không;

- bộ điều khiển hệ thống 4 được kết nối với bộ phận trợ lái 3 thông qua chuẩn truyền thông Profinet;

- bộ phận cảnh báo và giám sát hệ thống 5 thực hiện phát tín hiệu cảnh báo lỗi và tự động dừng hệ thống khi mất kiểm soát.

Theo một phương án khác, giải pháp đề cập tới hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ 1 được vận hành trên cơ sở phần mềm tối ưu hóa quy trình bốc dỡ côngtenơ, trong đó phần mềm này sẽ nhận thông tin đầu vào bao gồm sơ đồ côngtenơ, tiêu chí ưu tiên, tiêu chí cân bằng tàu, kế hoạch định trước, sau đó tính toán và thiết lập thứ tự bốc dỡ các côngtenơ.

Theo một phương án khác, giải pháp đề cập tới hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó hệ thống cảm biến tích hợp 2 bao gồm một camera đơn có tốc độ xử lý nằm trong khoảng từ 20-120 fps, tầm nhìn xa từ 25-50m được lắp đặt lên tâm của xe giàn cầu trục; bộ đèn tín hiệu được lắp đặt lên ngáng chụp côngtenơ làm điểm xác định tọa độ chuẩn; giải thuật xử lý ảnh được cài đặt lên bộ máy tính công nghiệp có chức năng tính toán cao độ và góc lắc của ngáng chụp sau đó gửi về bộ phận trợ lái 3.

Theo một phương án khác, giải pháp hữu ích đề cập tới hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó giải thuật xử lý ảnh được lập trình trên nền tảng máy tính công nghiệp trên cơ sở thu thập dữ liệu liên tục trong quá trình vận hành và nhúng thuật toán Trí tuệ Nhân tạo (Artificial Intelligence).

Theo một phương án khác, giải pháp hữu ích đề cập tới hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó việc vận hành cầu trục được hướng tới hoàn toàn tự động nhờ thuật toán "Machine Learning".

Theo một phương án khác, giải pháp hữu ích đề cập tới hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó giúp triệt tiêu hoàn toàn dao động trong quá trình di chuyển của cầu trục và khi có các tác động nhiễu của môi trường.

Theo một phương án khác, giải pháp hữu ích đề cập tới hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó bộ điều khiển vẫn hoạt động hiệu quả khi chiều dài dây thay đổi trong quá trình di chuyển.

Theo một phương án khác, giải pháp hữu ích đề cập tới hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó còn bao gồm thêm các bộ phận thực hiện chức năng được lựa chọn từ nhóm gồm cảnh báo lỗi, tự động dừng hệ thống khi mất kiểm soát, thống kê xuất báo cáo lịch trình bốc dỡ.

Theo một phương án khác, giải pháp hữu ích đề cập tới hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó camera có tốc độ xử lý 42fps với tầm nhìn xa 35m.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 thể hiện tổng thể hệ thống cầu trục tích hợp bộ phận trợ lái.

Hình 2 là mô hình toán học của hệ thống cầu trục côngtenơ.

Hình 3 là sơ đồ khối bộ điều khiển chống lắc, trong đó biểu diễn nguyên lý điều khiển chống lắc của giải pháp.

Hình 4 là hệ thống camera và đèn tín hiệu tích hợp lên cầu trục.

Hình 5 là sơ đồ giải thuật xử lý ảnh nhận dạng vị trí côngtenơ.

Hình 6 là hình ảnh cầu trục công nghiệp thực nghiệm, thể hiện hệ thống cầu trục thực tế khi thí điểm thực nghiệm.

Hình 7 là đồ thị kết quả góc lắc của tải trọng, thể hiện kết quả phân tích đánh giá số liệu thực tế.

Hình 8 là lưu đồ xử lý tín thông tin của phần mềm tối ưu hóa quy trình bốc dỡ côngtenơ trước khi gửi tín hiệu xuống bộ điều khiển.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích được mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo, các hình vẽ này nhằm mục đích minh họa các phương án của giải pháp mà không làm giới hạn phạm vi bảo hộ giải pháp hữu ích.

Trên Hình 1, các thành phần hiện hữu của hệ thống cầu trục côngtenơ bao gồm cầu trục côngtenơ A, khung chụp côngtenơ B và hệ thống điều khiển 4. Các thành phần được phát triển của giải pháp bao gồm phần mềm định vị côngtenơ 1, camera 2 và hệ thống trợ lái 3. Theo phương án tiếp theo, hệ thống còn bao gồm bộ phận cảnh báo và giám sát hệ thống 5.

Nguyên lý cầu trục côngtenơ được minh họa trên hình 2. Khi vận hành di chuyển xe giàn (Trolley) đến một vị trí mong muốn sẽ gây ra dao động lắc lư của tải (côngtenơ). Dao động này sẽ làm chậm quá trình bốc dỡ và phát sinh một số vấn đề như: va chạm cơ khí, hư hại hàng hóa, tai nạn lao động... Bộ điều khiển chống lắc 3 theo giải pháp hữu ích giúp triệt tiêu hoàn toàn dao động này nhờ vào sự kết hợp hài hòa ưu điểm của bộ điều khiển vòng hở và bộ điều khiển vòng kín. Như được mô hình hóa trên hình 3, nguyên lý điều khiển chống lắc của giải pháp được thể hiện. Bộ điều khiển chống lắc 3 theo giải pháp giúp triệt tiêu hoàn toàn dao động này nhờ vào sự kết hợp hài hòa ưu điểm của bộ điều khiển vòng hở và bộ điều khiển vòng kín như được mô hình hóa trên hình 3. Trong đó bộ điều khiển vòng hở và bộ điều khiển vòng kín được phối hợp tác động lên cầu trục côngtenơ. Như được thể hiện trên hình 4, nhóm nghiên cứu đã đề xuất hệ thống cảm biến tích hợp dựa trên giải thuật xử lý ảnh kết hợp với camera công nghiệp tốc độ cao. Hệ

thống cảm biến này sẽ phân tích dữ liệu hình ảnh và gửi về bộ điều khiển khiển qua đường truyền tốc độ cao.

Phần mềm tối ưu hóa quy trình bốc dỡ côngtenơ căn cứ vào lịch trình côngtenơ cần bốc được chỉ định trước của bộ phận vận hành cảng, tính toán lịch trình và thứ tự bốc côngtenơ sao cho quãng đường di chuyển của cầu trục ít tốn thời gian nhất. Phần mềm này cho phép người vận hành định vị côngtenơ cần bốc tự động theo lịch trình tính toán hoặc được chọn trực tiếp trên giao diện vận hành. Từ đó, phần mềm gửi thông tin định vị côngtenơ xuống hệ thống, nhờ vào thông tin này bộ điều khiển sẽ xác định được vị trí côngtenơ cần bốc một cách hoàn toàn tự động.

Giải thuật xử lý ảnh để nhận dạng vị trí côngtenơ bao gồm:

- công đoạn nhận dạng đối tượng thông qua các bước tiền xử lý, phân đoạn, nhận dạng đối tượng;
- công đoạn ước lượng vị trí và hướng thông qua bước truy vấn thông tin 2D, xây dựng tọa độ 3D trên đối tượng, ước lượng vị trí và hướng của đối tượng. Trên cơ sở đó, đưa ra vị trí và hướng của đối tượng.

Để kiểm tra tính hiệu quả của giải pháp khi ứng dụng thực tế, nhóm nghiên cứu đã tích hợp trên cầu trục thực tế và so sánh mức độ hiệu quả với trường hợp hoạt động có áp dụng giải pháp hữu ích và không áp dụng giải pháp trên cầu trục như hình 6. Qua thực nghiệm, thấy được giải pháp hữu ích cải thiện được các khuyết điểm của các hệ thống cầu trục thông thường.

Theo khía cạnh thứ nhất, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục bao gồm:

- bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ 1;
- hệ thống cảm biến tích hợp 2 dựa trên giải thuật xử lý ảnh kết hợp với camera công nghiệp tốc độ cao;

- bộ phận trợ lái 3 có tác dụng phát ra tín hiệu điều khiển chống lắc tới bộ điều khiển hệ thống 4 điều khiển cầu trục côngtenơ bằng sự kết hợp điều khiển vòng hở và điều khiển vòng kín;
- bộ điều khiển hệ thống 4 được kết nối với bộ phận trợ lái 3 thông qua chuẩn truyền thông Profinet;
- bộ phận cảnh báo và giám sát hệ thống 5.

Đặc điểm thứ nhất của hệ thống trợ lái cho cầu trục theo phương án này là bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ 1 trong đó dựa theo lịch trình côngtenơ cần bốc được chỉ định trước của bộ phận vận hành cảng, bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ 1 thực hiện tối ưu hóa lịch trình và thứ tự bốc dỡ côngtenơ sao cho quãng đường di chuyển của cầu trục ít tốn thời gian nhất, từ đó cho phép người vận hành định vị côngtenơ cần bốc tự động theo lịch trình đã được tối ưu hóa hoặc được chọn trực tiếp trên giao diện vận hành, tiếp theo bộ phận 1 nêu trên gửi thông tin định vị côngtenơ xuống bộ phận trợ lái 3, nhờ vào thông tin này bộ phận trợ lái 3 sẽ xác định được vị trí côngtenơ cần bốc một cách tự động. Bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ 1 được vận hành trên cơ sở phần mềm tối ưu hóa quy trình bốc dỡ côngtenơ được nhóm nghiên cứu tự phát triển dựa trên quy trình chuyển côngtenơ từ tàu lên bãi côngtenơ tại các cảng biển. Phần mềm này sẽ nhận thông tin đầu vào như: sơ đồ côngtenơ, tiêu chí ưu tiên, tiêu chí cân bằng tàu, kế hoạch định trước; Sau đó tính toán và thiết lập thứ tự bốc dỡ các côngtenơ. Phần mềm tối ưu hóa quy trình bốc dỡ côngtenơ có nhiệm vụ dựa theo lịch trình côngtenơ cần bốc được chỉ định trước của bộ phận vận hành cảng, tính toán lịch trình và thứ tự bốc côngtenơ sao cho quãng đường di chuyển của cầu trục ít tốn thời gian nhất. Cho phép người vận hành định vị côngtenơ cần bốc tự động theo lịch trình tính toán hoặc được chọn trực tiếp trên giao diện vận hành. Từ đó, gửi thông tin định vị

côngtenơ xuống hệ thống, nhờ vào thông tin này bộ điều khiển sẽ xác định được vị trí côngtenơ cần bốc hoàn toàn tự động.

Đặc điểm thứ hai của hệ thống trợ lái cho cầu trục theo phương án này là hệ thống cảm biến tích hợp 2 dựa trên giải thuật xử lý ảnh kết hợp với camera công nghiệp tốc độ cao, hệ thống cảm biến tích hợp (2) thực hiện nhận dạng đối tượng, ước lượng vị trí và hướng của đối tượng và gửi về bộ phận trợ lái (3) qua đường truyền tốc độ cao. Hệ thống cảm biến là thành phần quan trọng quyết định tốc độ và độ chính xác của bộ điều khiển cũng như quá trình vận hành tự động của hệ thống cầu trục. Trên thị trường có nhiều cảm biến chuyên dụng sử dụng các giải thuật đo khác nhau, tuy nhiên chỉ đo được một thông số cấu hình sẵn, giá thành cao và cấu trúc kỹ thuật kết nối phức tạp. Nhằm chủ động về mặt công nghệ, nhóm nghiên cứu đã thiết kế và lập trình một hệ thống cảm biến tích hợp dựa trên giải thuật xử lý ảnh kết hợp với camera công nghiệp tốc độ cao (Hình 4). Trong khi các cảm biến thông thường chỉ truyền đi các thông số sơ cấp làm cho bộ điều khiển tốn thời gian trong việc tính toán, nhóm tác giả giải pháp đã sử dụng camera công nghiệp và giải thuật xử lý ảnh tự phát triển hệ thống cảm biến với tốc độ và độ chính xác cao giúp hệ thống hoạt động hiệu quả mà không phụ thuộc vào cảm biến chuyên dụng trên thị trường. Hệ thống cảm biến tích hợp 2 bao gồm một camera đơn có tốc độ xử lý nằm trong khoảng từ 20-120 fps, tầm nhìn xa từ 25-50m được lắp đặt lên tâm của xe giàn cầu trục; bộ đèn tín hiệu được lắp đặt lên ngáng chụp côngtenơ làm điểm xác định tọa độ chuẩn; giải thuật xử lý ảnh được cài đặt lên bộ máy tính công nghiệp có chức năng tính toán cao độ và góc lắc của ngáng chụp sau đó gửi về bộ phận trợ lái 3. Theo phương án ưu tiên tốt hơn là camera có tốc độ xử lý 42fps với tầm nhìn xa 35m.

Bên cạnh đó, giải thuật được lập trình trên nền tảng máy tính công nghiệp nhóm tác giả giải pháp cũng đã thu thập dữ liệu liên tục trong quá trình vận hành và nhúng thuật toán Trí tuệ Nhân tạo (Artificial Intelligence) để tối ưu quá trình vận hành.

Đặc điểm thứ ba của hệ thống trợ lái cho cầu trục theo phương án này là bộ phận trợ lái (3) nhận dữ liệu từ hệ thống cảm biến tích hợp (2) sau đó xử lý và gửi tín hiệu điều khiển chống lắc tới bộ điều khiển 4 điều khiển cầu trục côngtenơ bằng sự kết hợp điều khiển vòng hở và điều khiển vòng kín, trong đó quá trình điều khiển được chia làm hai giai đoạn: giai đoạn một bộ điều khiển vòng hở phát tín hiệu điều khiển phụ thuộc vào tần số dao động riêng được tính toán dựa vào chiều cao nâng của tải trọng, sao cho xe giàn triệt tiêu dao động ban đầu với tốc độ di chuyển tối đa; giai đoạn hai bộ điều khiển vòng kín, khi vị trí xe giàn đi tới 90% vị trí mong muốn, bộ điều khiển vòng kín tính toán với giá trị hồi tiếp vị trí và góc lắc với mục tiêu điều khiển sai số hướng về không.

Xét nguyên lý cầu trục côngtenơ được minh họa trên hình 2. Khi vận hành di chuyển xe giàn (Trolley) đến một vị trí mong muốn sẽ gây ra dao động lắc lư của tải (côngtenơ). Dao động này sẽ làm chậm quá trình bốc dỡ và phát sinh một số vấn đề như: va chạm cơ khí, hư hại hàng hóa, tai nạn lao động... Bộ điều khiển chống lắc 3 theo giải pháp giúp triệt tiêu hoàn toàn dao động này nhờ vào sự kết hợp hài hòa ưu điểm của bộ điều khiển vòng hở và bộ điều khiển vòng kín như được thể hiện trong hình 3. Quá trình điều khiển được chia làm hai giai đoạn, đầu tiên khi xuất phát, bộ điều khiển vòng hở gửi tín hiệu điều khiển đến bộ điều khiển, tín hiệu này phụ thuộc vào tần số dao động riêng được tính toán dựa vào chiều cao nâng của tải trọng, sao cho xe giàn triệt tiêu dao động ban đầu với tốc độ di chuyển tối đa. Tiếp theo khi vị trí xe giàn đi tới 90% vị trí mong muốn thì bộ điều khiển vòng kín gửi tín hiệu điều khiển được tính toán với giá trị hồi tiếp vị trí và góc lắc với mục tiêu điều khiển sai số hướng về không. Kết quả điều khiển được thí nghiệm trên cầu trục thực tế chứng minh được tính khả thi và hiệu quả của giải thuật điều khiển. Hệ thống cảm biến là thành phần quan trọng quyết định tốc độ và độ chính xác của bộ điều khiển cũng như quá trình vận hành tự động của hệ thống cầu trục. Trên thị trường có nhiều cảm biến chuyên dụng sử dụng các giải thuật đo khác nhau, tuy nhiên chỉ

đo được một thông số cấu hình sẵn, giá thành cao và cấu trúc kỹ thuật kết nối phức tạp. Nhằm chủ động về mặt công nghệ, nhóm nghiên cứu đã thiết kế và lập trình một hệ thống cảm biến tích hợp dựa trên giải thuật xử lý ảnh kết hợp với camera công nghiệp tốc độ cao (Hình 4).

Đặc điểm thứ tư của hệ thống trợ lái cho cầu trục theo phương án này là bộ điều khiển hệ thống 4 được kết nối với bộ phận trợ lái 3 thông qua chuẩn truyền thông Profinet, nhờ đó, cầu trục côngtenơ hoạt động nhanh hơn và nâng cao năng suất bốc dỡ mà không phụ thuộc vào kinh nghiệm của người vận hành. Hệ thống theo giải pháp được kết nối với hệ thống điều khiển cầu trục hiện hữu một cách dễ dàng với tiêu chuẩn truyền thông công nghiệp Profinet, giúp nâng cấp bộ điều khiển cầu trục thông thường thành hệ thống điều khiển bán tự động (hình 1). Nhờ vào đó, cầu trục côngtenơ hoạt động nhanh hơn và nâng cao năng suất bốc dỡ mà không phụ thuộc vào kinh nghiệm của người vận hành.

Giao diện vận hành được thiết kế ngôn ngữ tiếng việt, đơn giản thân thiện và tận dụng lại hoàn toàn các phím chức năng, tay điều khiển có sẵn của cầu trục giúp người vận hành dễ thao tác và tiếp nhận nhanh chóng trong việc chuyển giao công nghệ mới. Vì vậy, giải pháp hệ thống trợ lái cho cầu trục không phụ thuộc vào kinh nghiệm và trình độ kỹ thuật của người vận hành.

Đặc điểm thứ năm của hệ thống trợ lái cho cầu trục theo phương án này là bộ phận cảnh báo và giám sát hệ thống 5 thực hiện phát tín hiệu cảnh báo lỗi và tự động dừng hệ thống khi mất kiểm soát. Bên cạnh đó, bộ phận này cũng có chức năng thống kê xuất báo cáo lịch trình bốc dỡ. Với những chức năng này tạo nền tảng cho việc phát triển các giải thuật lấy côngtenơ tự động với hành trình tối ưu nhất.

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ 1 được vận hành trên cơ sở phần mềm

tối ưu hóa quy trình bốc dỡ côngtenơ, trong đó phần mềm này sẽ nhận thông tin đầu vào bao gồm sơ đồ côngtenơ, tiêu chí ưu tiên, tiêu chí cân bằng tàu, kế hoạch định trước, sau đó tính toán và thiết lập thứ tự bốc dỡ các côngtenơ.

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó hệ thống cảm biến tích hợp 2 bao gồm một camera đơn có tốc độ xử lý nằm trong khoảng từ 20-120 fps, tầm nhìn xa từ 25-50m được lắp đặt lên tâm của xe giàn cầu trục; bộ đèn tín hiệu được lắp đặt lên ngang chụp côngtenơ làm điểm xác định tọa độ chuẩn; giải thuật xử lý ảnh được cài đặt lên bộ máy tính công nghiệp có chức năng tính toán cao độ và góc lắc sau đó gửi về bộ phận trợ lái 3.

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó giải thuật xử lý ảnh được lập trình trên nền tảng máy tính công nghiệp trên cơ sở thu thập dữ liệu liên tục trong quá trình vận hành và nhúng thuật toán Trí tuệ Nhân tạo (Artificial Intelligence).

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó việc vận hành cầu trục được hướng tới hoàn toàn tự động nhờ thuật toán học máy "Machine Learning".

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó hệ thống giúp triệt tiêu hoàn toàn dao động trong quá trình di chuyển của cầu trục và khi có các tác động nhiễu của môi trường.

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó bộ điều khiển vẫn hoạt động hiệu quả khi chiều dài dây thay đổi trong quá trình di chuyển.

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó còn bao gồm thêm các bộ phận thực hiện chức năng được lựa chọn từ nhóm gồm cảnh báo lỗi, tự động dừng hệ thống khi mất kiểm soát, thống kê xuất báo cáo lịch trình bốc dỡ.

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp đề xuất hệ thống trợ lái cho cầu trục trong đó camera có tốc độ xử lý 42fps với tầm nhìn xa 35m.

Hệ thống trợ lái cho cầu trục bao gồm bộ điều khiển chống lắc, giải thuật xử lý ảnh thông minh và phần mềm tối ưu hóa quy trình bốc dỡ côngtenơ được đóng gói tích hợp lên bộ máy tính công nghiệp có khả năng kết nối với hệ thống điều khiển thông qua chuẩn truyền thông Profinet (tiêu chuẩn được thế giới công nhận và tích hợp lên thiết bị trong công nghiệp). Giải pháp bao gồm bộ điều khiển chống lắc được cài đặt trong máy tính công nghiệp, hệ thống camera cảm biến và giao diện vận hành, được nhóm nghiên cứu lập trình đóng gói theo dạng mô đun có thể lắp đặt thêm lên cầu trục đang hoạt động với nhiều chức năng công nghệ mới như sau:

- + Triệt tiêu hoàn toàn dao động trong quá trình di chuyển của cầu trục và khi các tác động nhiễu của môi trường. Bộ điều khiển vẫn hoạt động hiệu quả khi chiều dài dây thay đổi trong quá trình di chuyển, đây là chức năng mới của giải thuật mà trên thị trường chưa được áp dụng.

- + Sử dụng camera công nghiệp và giải thuật xử lý ảnh tự phát triển hệ thống cảm biến với tốc độ và độ chính xác cao giúp hệ thống hoạt động hiệu quả mà không phụ thuộc vào cảm biến chuyên dụng trên thị trường. Đây là tính mới của giải pháp.

- + Giao diện vận hành được thiết kế ngôn ngữ tiếng việt, đơn giản thân thiện và tận dụng lại hoàn toàn các phím chức năng, tay điều khiển có sẵn của cầu trục giúp người vận hành dễ thao tác và tiếp nhận nhanh chóng trong việc chuyển giao công nghệ mới. Vì vậy, giải pháp hữu ích được thực hiện không phụ thuộc vào kinh nghiệm và trình độ kỹ thuật của người vận hành.

- + Bên cạnh các chức năng kỹ thuật đã nêu thì những chức năng cảnh báo, giám sát hệ thống cũng được thiết kế tích hợp như: cảnh báo lỗi, tự động dừng hệ thống khi mất kiểm soát, thống kê xuất báo cáo lịch trình bốc dỡ,... Với những chức năng

này tạo nền tảng cho việc phát triển các giải thuật lấy côngtenơ tự động với hành trình tối ưu nhất sau này.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Để kiểm tra tính hiệu quả của giải pháp khi ứng dụng thực tế, nhóm nghiên cứu đã tích hợp trên cầu trục thực tế và so sánh mức độ hiệu quả với trường hợp hoạt động có áp dụng giải pháp và không áp dụng giải pháp trên cầu trục như hình 6. Nhóm dự án vận hành cầu trục mang tải 500kg, chiều dài của dây cáp treo 3,3 mét, di chuyển hành trình 12 mét với tốc độ tối đa 2m/s và mỗi lần thực hiện từ 8 đến 10 chu kỳ di chuyển liên tục. Việc này được thực hiện nhiều lần, kết quả tiêu biểu được thể hiện ở bảng 1 và hình 7. Qua thực nghiệm, thấy được giải pháp hữu ích có kết quả thành công, cải thiện được các khuyết điểm của các hệ thống cầu trục thông thường. Giải pháp được thiết kế và tích hợp các thiết bị công nghiệp phổ biến và giải thuật điều khiển đơn giản, dễ cài đặt. Hệ thống hỗ trợ cho hoạt động bốc dỡ côngtenơ một cách hiệu quả. Tính ổn định trong thời gian vận hành cầu côngtenơ được đánh giá sau nhiều giờ làm việc liên tục.

Bảng 1: So sánh kết quả thực nghiệm (*giá trị trong bảng được tính trung bình trên nhiều lần thí nghiệm*):

Tiêu chuẩn so sánh	Có giải pháp	Không Giải pháp
Biên độ lớn nhất khi xuất phát (cm)	32	38
Biên độ lớn nhất khi dừng (cm)	25	41
Thời gian khi biên độ nhỏ hơn 10cm (s) tính từ lúc xuất phát.	12	31

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Giải pháp kỹ thuật theo giải pháp hữu ích giúp hỗ trợ cho hoạt động bốc dỡ côngtenơ một cách hiệu quả. Tính ổn định trong thời gian vận hành cầu côngtenơ được đánh giá sau nhiều giờ làm việc liên tục.

Mặc dù các mô tả nêu trên chứa nhiều chi tiết cụ thể, chúng không được coi là giới hạn về phương án thực thi giải pháp hữu ích, mà chỉ nhằm mục đích minh họa một số phương án thực thi được ưu tiên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống trợ lái cho cầu trục bao gồm:

- bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ (1) trong đó dựa theo lịch trình côngtenơ cần bốc được chỉ định trước của bộ phận vận hành cảng, bộ phận tối ưu hóa lịch trình bốc dỡ côngtenơ (1) thực hiện tối ưu hóa lịch trình và thứ tự bốc dỡ côngtenơ sao cho quãng đường di chuyển của cầu trục ít tốn thời gian nhất, từ đó cho phép người vận hành định vị côngtenơ cần bốc tự động theo lịch trình đã được tối ưu hóa hoặc được chọn trực tiếp trên giao diện vận hành, tiếp theo bộ phận (1) nêu trên gửi thông tin định vị côngtenơ xuống bộ phận trợ lái (3) nhờ vào thông tin định vị này bộ phận trợ lái (3) sẽ xác định được vị trí côngtenơ cần bốc một cách tự động;

- hệ thống cảm biến tích hợp (2) dựa trên giải thuật xử lý ảnh kết hợp với camera công nghiệp tốc độ cao; hệ thống cảm biến tích hợp (2) thực hiện nhận dạng đối tượng, ước lượng vị trí và hướng của đối tượng và gửi dữ liệu về bộ phận trợ lái (3) qua đường truyền tốc độ cao;

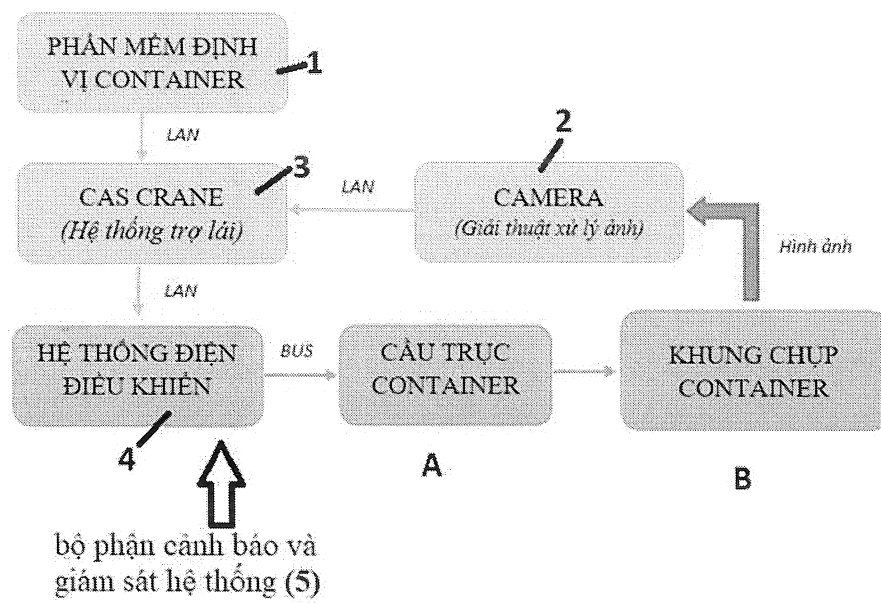
- bộ phận trợ lái (3) nhận dữ liệu từ hệ thống cảm biến tích hợp (2) sau đó xử lý và gửi tín hiệu điều khiển chống lắc tới bộ điều khiển hệ thống (4) điều khiển cầu trục côngtenơ bằng sự kết hợp điều khiển vòng hở và điều khiển vòng kín, trong đó quá trình điều khiển được chia làm hai giai đoạn: giai đoạn một bộ điều khiển vòng hở phát tín hiệu điều khiển phụ thuộc vào tần số dao động riêng được tính toán dựa vào chiều cao nâng của tải trọng, sao cho xe giàn triệt tiêu dao động ban đầu với tốc độ di chuyển tối đa, tiếp theo giai đoạn hai bộ điều khiển vòng kín, khi vị trí xe giàn đi tới 90% vị trí mong muốn, bộ điều khiển vòng kín tính toán với giá trị hồi tiếp vị trí và góc lắc;

- bộ điều khiển hệ thống (4) được kết nối với bộ phận trợ lái (3) thông qua chuẩn truyền thông Profinet;

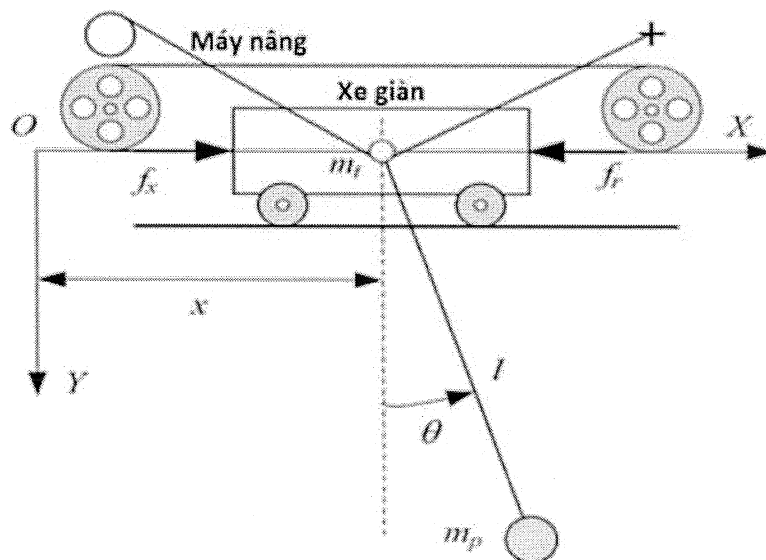
- bộ phận cảnh báo và giám sát hệ thống (5) thực hiện phát tín hiệu cảnh báo lỗi và tự động dừng hệ thống khi mất kiểm soát, thống kê và xuất báo cáo lịch trình bốc dỡ.

2. Hệ thống trợ lái cho cầu trục theo điểm 1, trong đó hệ thống cảm biến tích hợp (2) bao gồm một camera đơn có tốc độ xử lý nằm trong khoảng từ 20-120 fps, tầm nhìn xa từ 25-50m được lắp đặt lên tâm của xe giàn cầu trục.

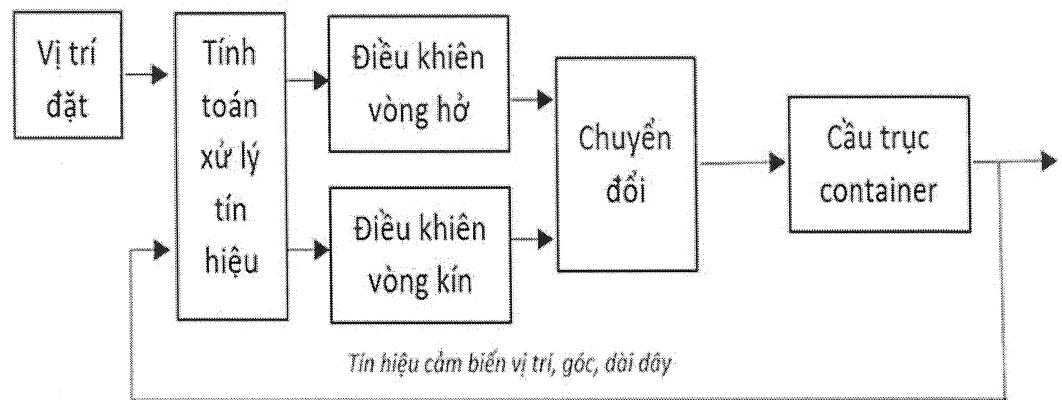
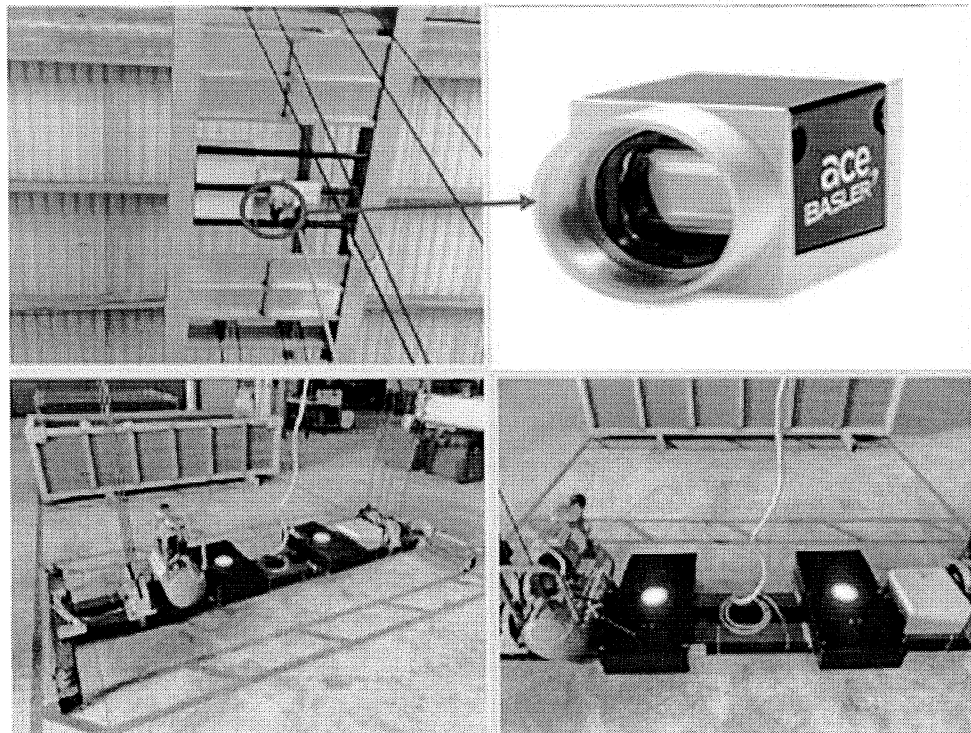
3. Hệ thống trợ lái cho cầu trục theo điểm 1 hoặc 2, trong đó camera có tốc độ xử lý 42fps với tầm nhìn xa 35m.

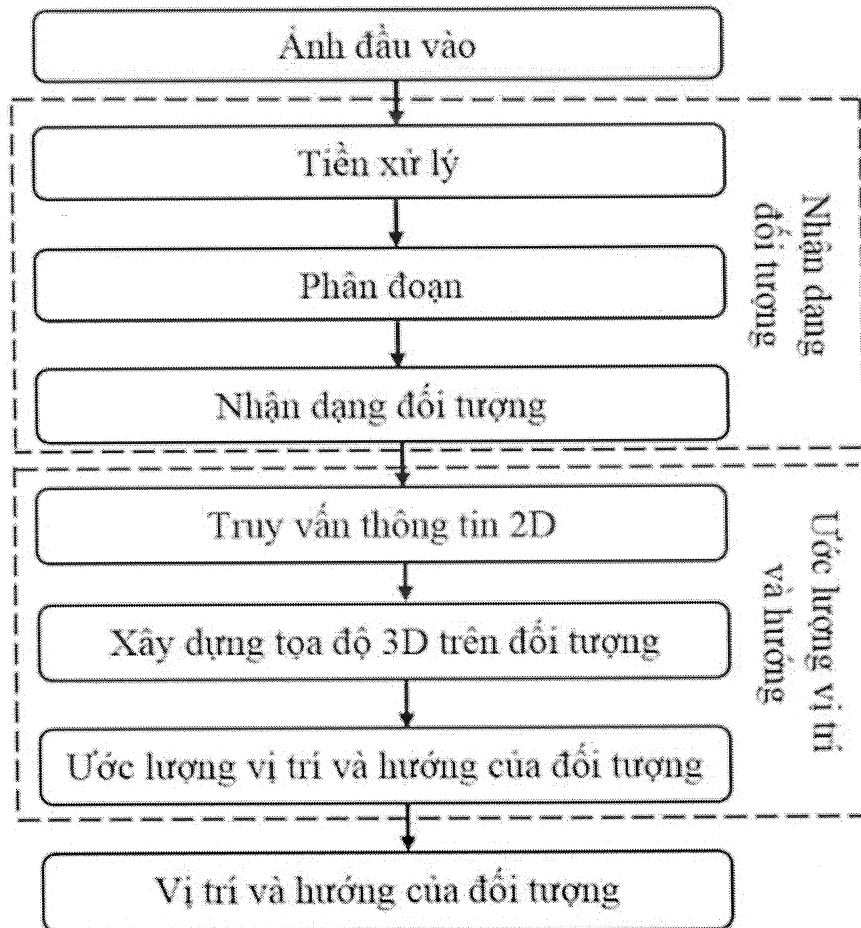


Hình 1

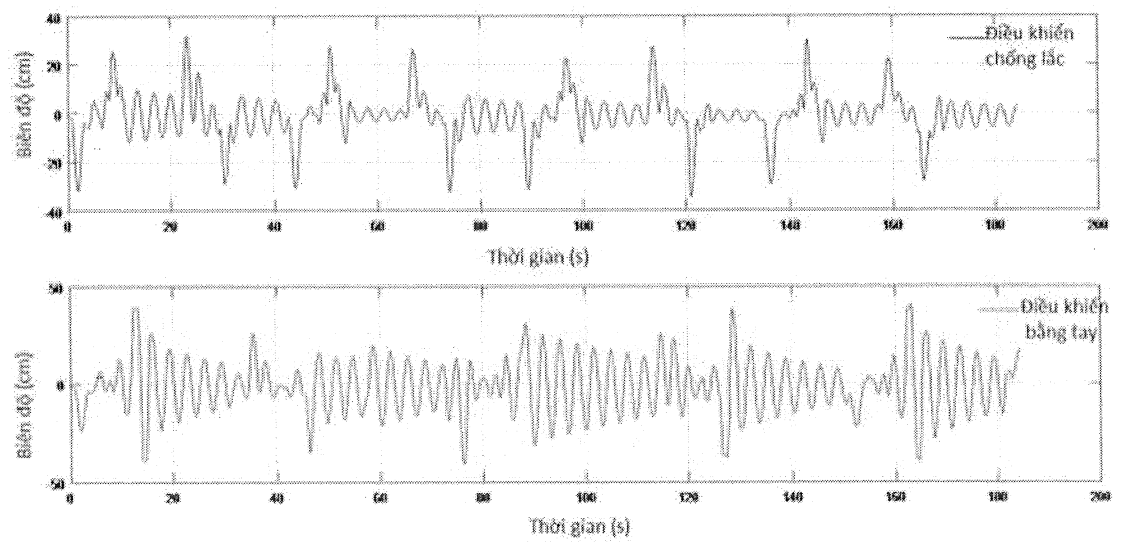


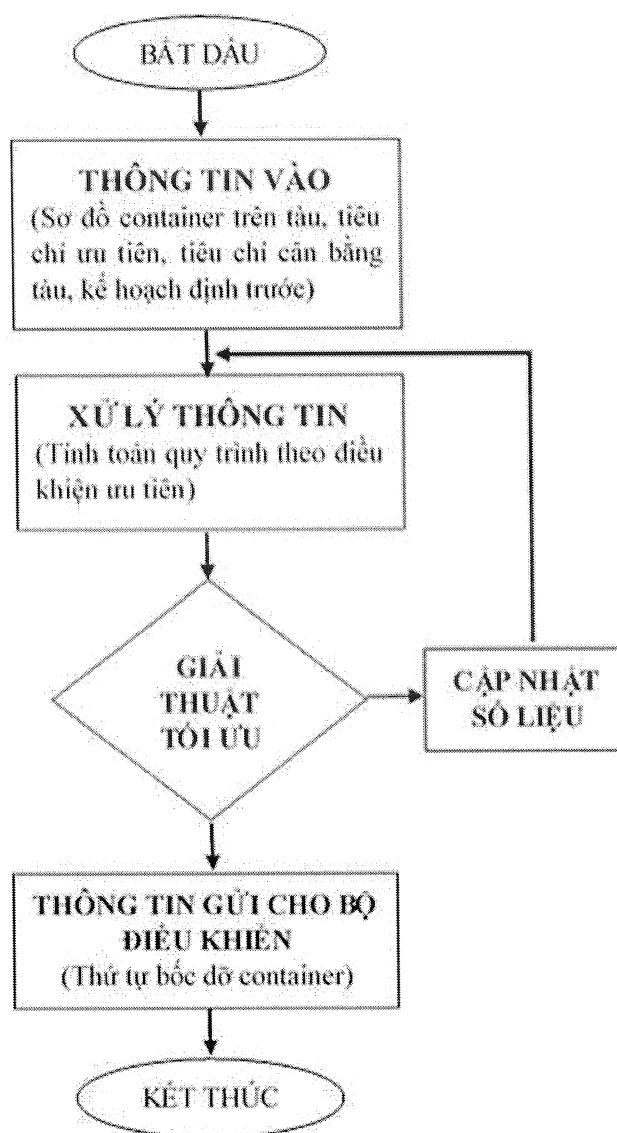
Hình 2

**Hình 3****Hình 4**



Hình 5

**Hình 6****Hình 7**



Hình 8