

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊNH VỊ GPS TRÊN SMART PHONE ĐỂ QUẢN LÝ AN TOÀN LAO ĐỘNG TRONG QUẢN LÝ XÂY DỰNG

Phạm Vũ Hồng Sơn^{a,b,*}, Nguyễn Văn Tiến Khởi^{a,b}

^aKhoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh,
268 đường Lý Thường Kiệt, quận 10, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

^bĐại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, phường Linh Trung, quận Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày 25/04/2021, Sửa xong 07/05/2021, Chấp nhận đăng 07/05/2021

Tóm tắt

Ngày nay với sự phát triển bùng nổ trong lĩnh vực công nghệ thông tin, đặc biệt là ứng dụng công nghệ 4.0 vào thực tiễn cuộc sống đang là xu thế của thế giới. Nhằm mục đích giảm thiểu nguy cơ tai nạn lao động xảy ra cho công nhân trên công trường xây dựng, nghiên cứu này nhằm thiết lập một chương trình quản lý an toàn lao động có thể tự động cập nhật vị trí và hành vi của người lao động thông qua hệ thống định vị GPS và chip. Chương trình quản lý an toàn lao động là sự tích hợp các chức năng định vị GPS trên điện thoại thông minh, chip cảm biến được gắn trên trang bị an toàn lao động và một số thiết bị thu thập dữ liệu khác. Với hệ thống này, các nguy cơ mất an toàn lao động do không tuân thủ trang bị an toàn lao động hay do vị trí công nhân đi vào khu vực nguy hiểm sẽ được cảnh báo ngay lập tức đến các bộ phận liên quan. Nghiên cứu này trình bày một ứng dụng hỗ trợ nhà quản lý xây dựng nhằm ngăn chặn và giảm thiểu được tối đa những nguy cơ mất an toàn lao động trên công trường.

Từ khóa: an toàn lao động; GPS; rủi ro an toàn lao động; người quản lý công nhân; trang bị an toàn lao động.

APPLY GPS LOCATION TECHNOLOGY ON SMART PHONES FOR MANAGING SAFETY IN CONSTRUCTION MANAGEMENT

Abstract

Nowadays, with the exploded development in information technology, especially the industrial revolution 4.0 is the world trend. In order to reduce the risk of occupational accidents occurring for workers on the construction site, this study has developed an occupational safety management program that automatically updates worker's location and behavior through the Global Positioning System (GPS), and the sensor chip. The system will integrate the combined data of the GPS on worker's smartphones, sensor chips installed in safety equipment, and some other data collection devices. With this safety system, occupational safety risks caused by not wearing the right safety equipment, standing near, or walking towards dangerous zones will be alerted immediately to persons in charge. This study presents an application assisting managers to prevent accidents and minimize occupational safety risks at the construction site.

Keywords: safety; Global Positioning System; safety risks; worker manager; safety equipment.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(2V\)-12](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(2V)-12) © 2021 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Giới thiệu

Môi trường làm việc trong lĩnh vực xây dựng là môi trường đặc thù, có cùng lúc nhiều hoạt động được thực hiện trên công trường như công tác cung cấp vật tư, lắp đặt hay hoàn thiện các hạng mục thi công xây dựng... Hầu hết các công trường xây dựng đều tồn tại rất nhiều các nguy cơ xảy ra tai

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: pvhson@hcmut.edu.vn (Son, P. V. H.)

nạn đến từ những nguyên nhân khác nhau như trơn trượt, vấp ngã, dị vật rơi từ trên cao... Các nghiên cứu ở khắp nơi trên thế giới đều chỉ ra rằng, lĩnh vực xây dựng là một lĩnh vực rất nguy hiểm vì luôn chiếm tỷ lệ tử vong rất cao trong số tất cả các ngành nghề. Tại Mỹ, số ca tử vong do các vụ tai nạn lao động trong lĩnh vực xây dựng chiếm đến 20% trong tổng số các trường hợp tử vong do tai nạn lao động gây ra [1]; Con số này cho thấy cứ 5 người chết do tai nạn lao động thì có 1 người chết khi đang làm việc trong lĩnh vực xây dựng. Đáng chú ý, ở Hồng Kông, 76% số vụ tử vong trong các ngành công nghiệp trong năm 2017 xảy ra trong ngành xây dựng [2]. Ở các nước đang phát triển tại châu Á, trong đó có Việt Nam, tình hình tai nạn lao động trong xây dựng càng trở nên phổ biến hơn. Có một thực trạng ở đây là các biện pháp an toàn động ít được chú trọng nghiên cứu, điều này dẫn đến tỷ lệ tử vong cao hơn, cũng như thương tích nghiêm trọng hơn cho người lao động trong ngành xây dựng. Số liệu thống kê tại Việt Nam cho thấy, cứ 3 người gặp sự cố tai nạn lao động thì có 1 người bị tai nạn khi đang làm việc trong lĩnh vực xây dựng [3]; trong số đó 65% các vụ tai nạn có liên quan đến vị trí mà các công nhân tham gia thi công xây dựng không an toàn và 10% liên quan đến phương tiện cá nhân [3]. Các vụ tai nạn lao động trong xây dựng thường gây thương tật vĩnh viễn, chết người hay đình trệ công việc... tất cả điều này đều có tác động tiêu cực lâu dài đến nền kinh tế, người sử dụng lao động, người lao động và cả gia đình của họ [3, 4]. Như vậy, tai nạn lao động trong xây dựng là một vấn đề sức khỏe cộng đồng nghiêm trọng trên toàn cầu đáng được chú trọng. Những con số thảm khốc trên đây cho thấy nhu cầu về một hệ thống quản lý lao động an toàn và hiệu quả trong ngành quản lý xây dựng là thật sự cấp thiết.

Mặc dù mục tiêu chính của công tác quản lý an toàn lao động là làm giảm thiểu tối đa số vụ tai nạn, thương tích tại nơi làm việc và thúc đẩy môi trường lao động an toàn hơn, tuy nhiên công tác quản lý an toàn lao động hiện nay vẫn chủ yếu được tổ chức một cách bị động, hình thức, tập trung vào các công tác như giám sát thủ công hay khoanh vùng nguy hiểm trên mặt bằng thi công. Người quản lý an toàn thường giám sát công nhân trong công trường và ghi lại các vi phạm một cách thủ công, bị động [5]; Những điều này không đáp ứng được nhu cầu về tính tự động và liên tục trước những nguy cơ có thể trở thành một vụ tai nạn diễn ra trên công trường xây dựng.

Bài toán đặt ra cho công tác quản lý xây dựng là làm sao để xây dựng được một hệ thống vừa có thể giám sát, quản lý hành vi và vị trí của người công nhân, vừa giúp người công nhân nắm bắt được thông tin cũng như các cảnh báo kịp thời về các nguy cơ tai nạn có thể xảy ra. Việc giám sát của người quản lý hiện nay được thực hiện bị động và thủ công, điều này làm giảm hiệu quả của công tác quản lý an toàn lao động trên công trường xây dựng [6]. Phần lớn những hành vi không tuân thủ trang bị an toàn lao động của công nhân lao động không được giám sát trực tiếp, người công nhân chỉ tuân thủ trang bị đồ bảo hộ một cách đối phó khi tham gia thi công trên công trường [6, 7].

Khi có sự giám sát của người quản lý an toàn thì người công nhân sẽ tuân thủ đầy đủ trang bị đồ bảo hộ lao động. Tuy nhiên, khi không có sự giám sát từ người quản lý thì việc tuân thủ các qui định về an toàn lao động để đảm bảo an toàn trong khi làm việc hoàn toàn phụ thuộc vào ý thức cá nhân của mỗi người công nhân [4, 5]. Việc di chuyển một cách tự do trên công trường cũng gây ra các nguy cơ mất an toàn cho người lao động tại công trường. Khi các công trình xây dựng không tổ chức lối đi an toàn, khoanh vùng những vị trí nguy hiểm và giám sát hành vi tuân thủ trang bị an toàn lao động như nón bảo hộ, dây an toàn... thì nguy cơ xảy ra tai nạn sẽ tăng lên. Trong trường hợp không có hỗ trợ từ thiết bị công nghệ trong việc giám sát các hành vi tuân thủ đồ bảo hộ và vị trí khi lao động thì việc quản lý theo cách thủ công như hiện nay là trở nên kém hiệu quả. Môi trường làm việc tại công trường xây dựng là môi trường rất phức tạp, cùng một lúc phải theo dõi tất cả các đối tượng và hành vi của người lao động nên công tác quản lý an toàn lao động theo cách thủ công không còn hiệu quả [5].

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là xây dựng một hệ thống quản lý có thể giúp người quản lý an toàn giám sát được vị trí của công nhân một cách tự động, bao quát và chủ động cập nhật kịp thời trước những nguy cơ tai nạn xảy ra trên công trường. Ngoài ra, hệ thống này còn giúp theo dõi các hành vi không tuân thủ trang bị bảo hộ khi tham gia lao động và hỗ trợ ghi nhớ số lần vi phạm của từng công nhân. Hơn nữa, hệ thống quản lý cũng được xây dựng để giúp công tác quản lý chấm công trở nên chính xác hơn nhằm đảm bảo sự công bằng và quyền lợi cho người công nhân và người sử dụng lao động. Nghiên cứu này có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc thiết lập các hệ thống quản lý công nhân hiệu quả trong quản lý xây dựng tại Việt Nam hiện nay.

2. Cơ sở lý luận và thực tiễn đề xuất phương pháp quản lý

2.1. Phân tích các nguyên nhân và tình huống xảy ra tai nạn trên công trình

Tại Hàn Quốc, các vụ tai nạn trong ngành công nghiệp xây dựng đã được nghiên cứu để đánh giá thương tích nghề nghiệp ở người lao động từ năm 2011 đến năm 2015, kết quả của nghiên cứu này chỉ ra rằng số người bị ngã do chênh lệch độ cao và bị dị vật rơi trúng người là các nguyên nhân đứng đầu gây tử vong [7]. Theo một nghiên cứu khác năm 2019, trong tổng số thương tích nghề nghiệp do các loại tai nạn lao động gây ra thì các tai nạn như ngã từ độ cao, trượt chân, ngã trên mặt bằng xây dựng là các nguyên nhân chủ yếu dẫn đến chấn thương và số lượng các vụ tai nạn loại này có xu hướng tăng nhanh nhất trong số các nguyên nhân [2]; Phạm vi công trường tồn tại nhiều nguy cơ nguy hiểm do thay đổi cao độ của mặt bằng và không được rào chắn kỹ càng là nguyên nhân lớn nhất có thể xảy ra các tai nạn như ngã hay dị vật rơi từ trên cao rơi trúng tại Hình 1. Ngoài ra, kết quả phân tích cũng cho thấy, các vụ tai nạn xảy ra do bị va chạm với thiết bị đang thi công tại công trường, tiếp xúc với dây điện hoặc bị phóng điện là những vụ tai nạn có tỷ lệ tử vong cao trong số các tình huống tai nạn của



Hình 1. Mặt bằng công trường có khu vực nguy hiểm do thay đổi cao độ



Hình 2. Mặt bằng công trường có khu vực nguy hiểm do va chạm với thiết bị thi công

công nhân xây dựng [8] như Hình 2. Việc lập kế hoạch an toàn không đầy đủ, không xác định được các mối nguy hiểm và mất an toàn là yếu tố chính tạo ra các nguy cơ cho tai nạn xảy ra trong công trường xây dựng [9].

Hầu hết những tình huống xảy ra tai nạn trên công trình đều có liên quan đến yếu tố vị trí khi di chuyển của người công nhân [8]. Không gian di chuyển an toàn và việc tuân thủ trang bị an toàn lao động khi làm việc cần được giám sát một cách tự động, chính xác và kịp thời để làm giảm nguy cơ xảy ra tai nạn [6]. Việc giám sát tự động và cảnh báo sớm các nguy cơ nguy hiểm trong công trường xây dựng có thể cải thiện đáng kể môi trường làm việc an toàn nhằm giảm thiểu số vụ tai nạn xảy ra trên công trình [8, 9].

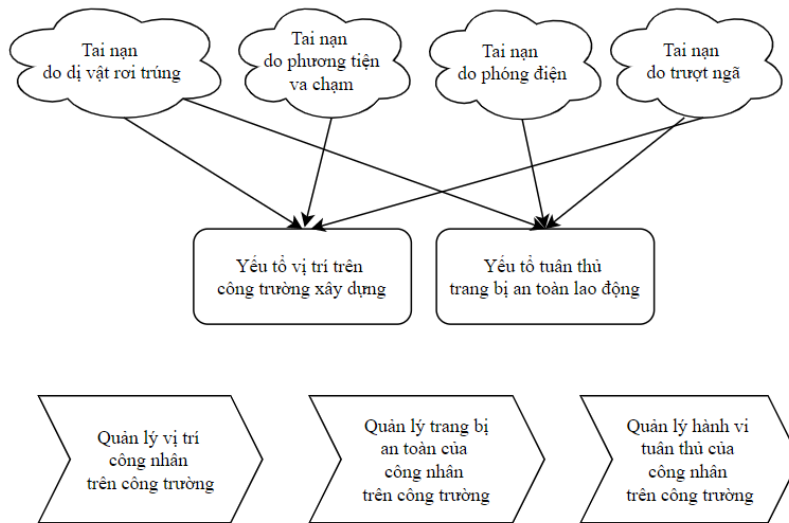
2.2. Xác định mục tiêu, nhiệm vụ để tăng hiệu quả quản lý an toàn lao động

Để nâng cao hiệu quả trong quản lý an toàn lao động, tầm quan trọng của việc thiết lập một hệ thống thu thập và lưu trữ dữ liệu tự động, đồng thời xử lý dữ liệu và ra thông báo cảnh báo nguy hiểm nhanh chóng nhằm giảm thiểu tối đa những nguy cơ gây nguy hiểm xảy ra thành một vụ tai nạn lao động [9]. Từ những phân tích nêu trên, nghiên cứu này xác định ba mục tiêu cần quản lý để tăng tính hiệu quả trong công tác quản lý an toàn lao động trên công trường xây dựng tại Hình 3:

- Quản lý vị trí của công nhân khi đang trong quá trình lao động trên công trường nhằm tránh các tình huống tai nạn do công nhân vô tình di chuyển vào khu vực nguy hiểm tại công trường.

- Quản lý hành vi công nhân có đảm bảo tuân thủ đầy đủ trang bị an toàn lao động khi đi vào công trường; Hạn chế xảy ra trường hợp tai nạn do đồ bảo hộ không tuân thủ qui định an toàn gây tổn thương nặng đến sức khỏe người công nhân.

- Kết hợp quản lý và lưu trữ dữ liệu các hành vi của công nhân trên công trường trong quá trình lao động để hỗ trợ việc theo dõi chấm công và thống kê lỗi vi phạm một cách chính xác để tăng tính hiệu quả trong công tác quản lý công nhân trên công trường.



Hình 3. Các yếu tố quan trọng trong công tác quản lý an toàn lao động

2.3. Nền tảng công nghệ hiện tại có thể áp dụng xây dựng hệ thống

Ứng dụng chức năng của nền tảng Google Zone Color có thể giúp xác định toàn bộ khu vực công trường cũng như khoanh vùng những khu vực nguy hiểm. Google Zone Color là một chức năng hữu ích trong công tác thiết lập mặt bằng công trường thi công. Từ đó, kết hợp với dữ liệu GPS để lập trình và xây dựng hệ thống.

Công nghệ GIS đã được sử dụng phổ biến trong công tác quản lý công trường xây dựng [10, 11], việc kết hợp 2 công nghệ GIS và GPS cho phép thiết lập 1 phạm vi công trường từ dữ liệu thiết kế và nền tảng bản đồ của GIS thành một phạm vi khoanh vùng quản lý của hệ thống [12] để từ đó có thể theo dõi và giám sát các đối tượng di chuyển bên trong điển hình là người công nhân.

Sự phát triển của công nghệ truyền tải viễn thông đang diễn ra nhanh chóng ở khắp nơi trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Với công nghệ viễn thông 5G sắp được triển khai ở hầu hết các thành phố lớn tại Việt Nam trong thời gian tới, đây chính là cơ hội để cải thiện tốc độ đường truyền và tăng tính kết nối cho các thiết bị di động hiện nay.

Các ứng dụng phổ biến như Google map hay Google Earth sẽ cập nhật chính xác tọa độ từ thiết bị đến người dùng. Sai số của chức năng cập nhật định vị thuộc các ứng dụng trên điện thoại sẽ được cải thiện đáng kể trong thời gian tới [12].

Công nghệ A-GPS là sự kết hợp định vị GPS và các cảm biến tín hiệu của mạng viễn thông, từ đó suy ra vị trí hiện tại của thiết bị. Đây là công nghệ giúp gia tăng tốc độ tính toán vị trí và làm cho chức năng định vị trên thiết bị di động trở nên chính xác hơn cũng như khả năng cập nhật vị trí một cách tương đối khi thiết bị đi vào vùng mất tín hiệu vệ tinh GPS [10].

Các công nghệ điện toán đám mây cho phép thu thập, xử lý và cập nhật dữ liệu tình huống theo thời gian thực tế đến tất cả các thiết bị người dùng. Công nghệ này cho phép xây dựng phần mềm thu thập dữ liệu và xử lý để ra thông báo nhanh chóng đến người dùng để đáp ứng tính kịp thời trong công tác quản lý công nhân trên công trường xây dựng.

Quá trình phát triển hệ thống sẽ liên tục cập nhật phát triển phần mềm để kết hợp đa phương tiện trên các thiết bị thu thập dữ liệu hơn. Các thiết bị này sẽ có giá thành rẻ, dễ kiểm hơn và thuận tiện

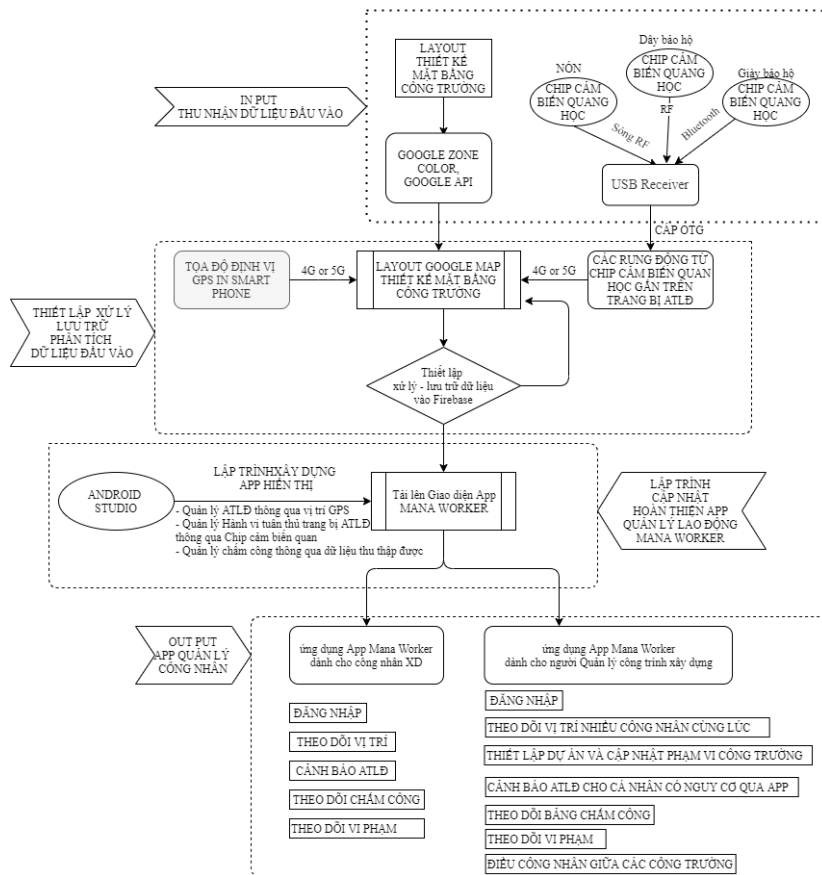
mang theo cho người công nhân như vòng đeo tay hay đồng hồ có định vị GPS . . . hiện đã thương mại hóa trên thị trường.

3. Xây dựng hệ thống quản lý An toàn lao động tự động

Bài báo nghiên cứu này phát triển một hệ thống quản lý an toàn lao động Mana Worker để ứng dụng trong quản lý công nhân trong xây dựng. Hệ thống được phát triển trên nền tảng Android Studio với các tính năng thu thập phân tích dữ liệu tình huống trên công trường theo thời gian thực, đưa ra các cảnh báo nguy hiểm và cung cấp các dữ liệu thống kê hữu ích cho người quản lý. Hệ thống cũng sẽ giúp cho người quản lý dự án xây dựng kiểm soát và ngăn chặn tai nạn lao động trên công trường xây dựng hiệu quả hơn. Đây cũng là một xu thế mới trong việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo AI vào công tác quản lý dự án xây dựng trong thời buổi công nghệ 4.0 hiện nay.

3.1. Mô hình của Hệ thống quản lý Mana Worker

Mô hình quản lý an toàn lao động của hệ thống Mana Worker được phát triển gồm hai phần chính là phần cứng và phần mềm. Phần cứng là các trang thiết bị bảo hộ an toàn lao động và phần mềm được viết trên nền tảng Android Studio để vận hành thông qua App và Web trên các thiết bị di động. Hệ thống quản lý Mana Worker với dữ liệu được thu thập và xử lý thông qua nền tảng đám mây. Mô hình tổng quan của hệ thống quản lý Mana Worker được thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Sơ đồ vận hành mô hình quản lý Mana Worker

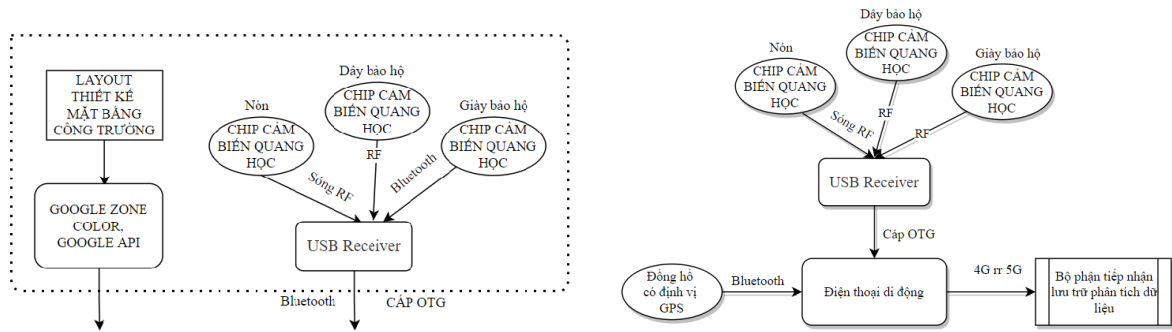
3.2. Quy trình vận hành của hệ thống quản lý Mana Worker

Quy trình vận hành gồm 4 bước như sau:

- Thu nhận dữ liệu đầu vào từ các thiết bị phần cứng;
- Lưu trữ, phân tích và chọn lọc dữ liệu đầu vào đã được thu thập;
- Thiết kế, lập trình, phân tích dữ liệu của hệ thống quản lý Mana Worker;
- Mã hóa, xuất các dữ liệu để phục vụ quản lý an toàn cho công nhân xây dựng.

a. Thu nhận dữ liệu đầu vào

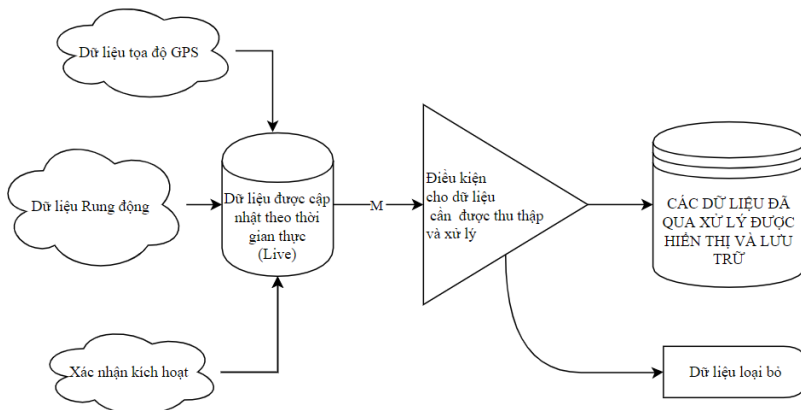
Dữ liệu đầu vào được thu thập gồm vị trí định vị GPS (vị trí công nhân) và các xung động từ Chip cảm biến điện tử tại Hình 5. Các dữ liệu này sẽ cung cấp cho hệ thống tọa độ vị trí của thiết bị di động và các cảm biến rung động từ chip cảm biến trên các trang bị an toàn được mang theo trên người công nhân. Các dữ liệu này sẽ được thu nhận và chọn lọc để cung cấp dữ liệu đầu vào cho việc lập trình xây dựng nên hệ thống quản lý an toàn cho người lao động trên công trường xây dựng mà có thể đáp ứng được các mục tiêu ban đầu đã đặt ra.



Hình 5. Thu nhận dữ liệu đầu vào

b. Lưu trữ dữ liệu trên nền tảng ứng dụng đám mây (Firebase)

Các dữ liệu đầu vào sẽ được lưu trữ và xử lý trên nền tảng điện toán đám mây Firebase. Với chức năng Realtime Database có sẵn trên nền tảng Firebase, các dữ liệu vị trí và hành vi của công nhân tại công trường được lưu trữ và cập nhật theo thời gian thực (Realtime Database) đến toàn bộ các thiết bị



Hình 6. Kết nối chọn lọc dữ liệu trên nền tảng điện toán đám mây

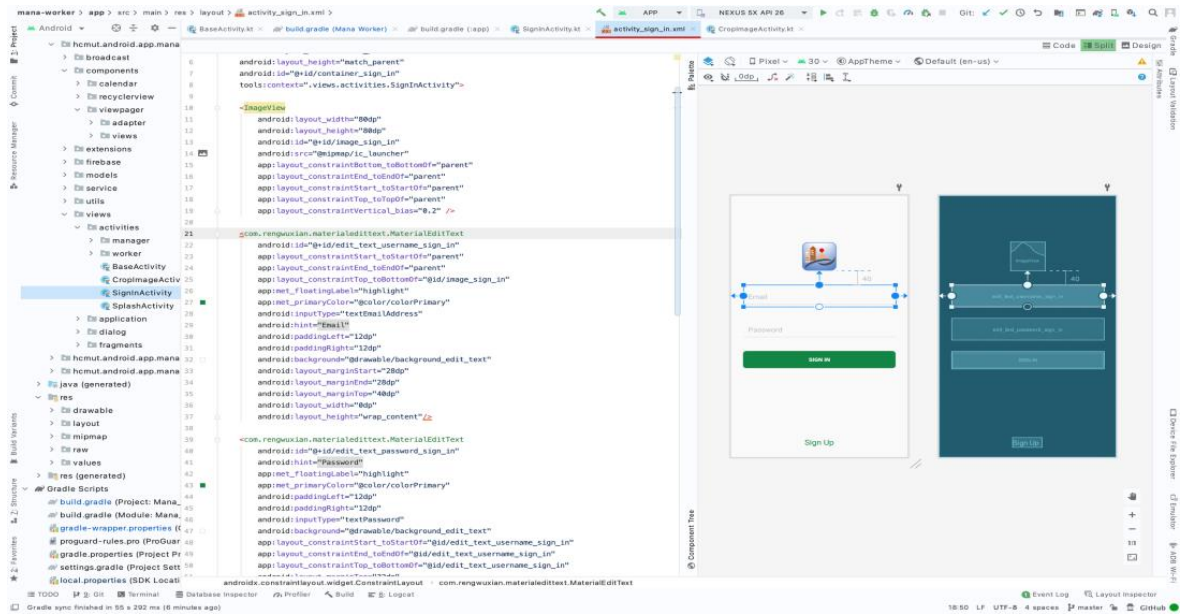
người dùng. Các dữ liệu này sẽ được chọn lọc, lưu trữ và trích xuất thông qua hệ thống Mana Worker tại Hình 6.

c. Thiết kế phần mềm cho hệ thống quản lý Mana Worker

Phần mềm của hệ thống quản lý Mana Worker được xây dựng chủ yếu bằng cách lập trình thông qua ứng dụng lập trình Android Studio. Việc thiết kế phần mềm cho hệ thống quản lý Mana Worker nhằm cung cấp đến người quản lý an toàn các dữ liệu cần thiết để làm tăng hiệu quả công tác quản lý an toàn cho người công nhân trên công trường xây dựng.

Việc thiết kế phần mềm cho hệ thống quản lý bao gồm các nhiệm vụ:

- Thiết kế hệ thống xử lý các dữ liệu đầu vào (vị trí và hành vi của công nhân) để xuất ra các dữ liệu thông tin hữu ích cho công tác quản lý an toàn trong xây dựng;
- Thiết kế hệ thống hiển thị, giao diện và tương tác người dùng cho phần mềm của hệ thống (bao gồm cả trên App và Web) như ở Hình 7 để người quản lý và người công nhân có thể sử dụng hệ thống quản lý như một ứng dụng thông thường trên điện thoại hay máy tính.
- Thiết kế hệ thống lưu trữ dữ liệu cho phép truy cập và trích xuất các dữ liệu thống kê như lỗi vi phạm hay thời gian lao động của công nhân trên công trường.



Hình 7. Thiết kế giao diện App thông qua ứng dụng lập trình Android Studio

d. Lập trình, phân tích và cấu trúc của hệ thống quản lý Mana Worker

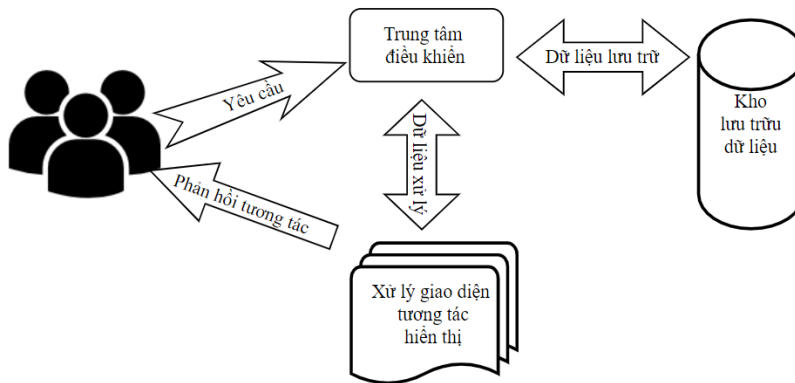
Phần mềm của hệ thống quản lý Mana Worker được lập trình trên nền tảng của các ứng dụng lập trình như Android Studio, Visual Studio Code và Adobe XD, trong đó:

- Chức năng của Android Studio là cung cấp công cụ để xây dựng hệ thống giao diện và xử lý dữ liệu cho App trên hệ điều hành Android. Android Studio giúp tạo dựng ứng dụng và xử lý phần lớn các dữ liệu tương tác của hệ thống quản lý Mana Worker. Đồng thời, Android Studio sẽ cấp quyền truy cập vào Android SDK cho các thiết bị của hệ thống hệ thống Mana Worker (xây dựng App, thu nhận dữ liệu, xử lý và truyền các thông báo, cảnh báo đến người dùng). Ngoài ra, Android Studio cũng cho phép liên kết đến các chức năng của nền tảng công nghệ như GSI và GPS [10, 11] cho phép

thiết lập xây dựng phạm vi công trường để thực hiện công tác giám sát và thu thập dữ liệu một cách tự động.

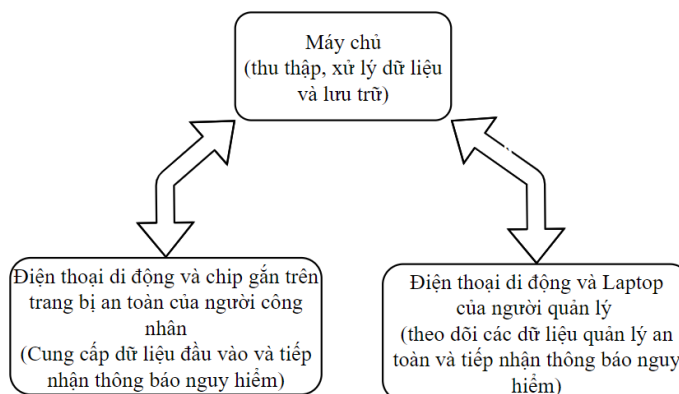
- Chức năng của Visual Studio Code và Adobe XD: Cho phép việc lập trình xây dựng nên trang Web cho hệ thống quản lý Mana Worker, nhằm mục đích xử lý và hiển thị dữ liệu theo giao diện phù hợp trên máy tính và laptop để phục vụ công tác quản lý công nhân lao động tại công trường (lưu trữ và trích xuất dữ liệu vi phạm hay hỗ trợ ghi nhớ chấm công của hệ thống).

Cấu trúc của hệ thống quản lý công nhân Mana Worker được xây dựng theo mô hình MVC (Model - View - Controller), bằng cách chia tách phần giao diện và phần Code cho phần mềm của hệ thống, người quản lý xây dựng có thể tự tạo lập dự án, quản lý và bảo trì hệ thống dễ dàng sau này (xem Hình 8).



Hình 8. Mô hình MVC (Model-View-Controller) được ứng dụng để lập trình hệ thống quản lý Mana Worker

Mô hình MVC giúp xây dựng giao diện hiển thị cho hệ thống quản lý Mana Worker, từ đó giúp cho người quản lý và công nhân dễ dàng truy cập vào các dữ liệu của hệ thống quản lý như một ứng dụng thông thường trên thiết bị di động và có thể chỉnh sửa trong quá trình phát triển hệ thống quản lý Mana Worker.



Hình 9. Cấu trúc liên kết trong hệ thống quản lý công nhân Mana Worker

Cấu trúc chính của hệ thống quản lý công nhân Mana Worker là sự liên kết các dữ liệu vị trí, hành vi của công nhân trên công trường và người quản lý an toàn thông qua hệ thống máy chủ trên nền tảng

lưu trữ điện toán đám mây (như Hình 9) như sau:

- Các trang bị an toàn lao động và điện thoại di động (có chức năng định vị GPS) trên người công nhân, được kết nối đến hệ thống thông qua kết nối internet để cung cấp dữ liệu đầu vào từ việc khai phá nền tảng GPS kết hợp GIS cho hệ thống [10], đồng thời tiếp nhận các thông báo và cảnh báo nguy hiểm đến người công nhân khi đang làm việc trên công trường [13].

- Máy chủ là bộ phận tiếp nhận, lưu trữ dữ liệu và xử lý các dữ liệu cần quản lý trên nền tảng lưu trữ điện toán đám mây Firebase.

- Thiết bị di động của người quản lý cho phép truy cập vào hệ thống quản lý Mana Worker thông qua internet để cập nhật dữ liệu quản lý an toàn cho người công nhân (App trên di động và Web trên Laptop).

e. Xây dựng chức năng thiết lập dự án cho hệ thống quản lý Mana Worker

Chức năng thiết lập dự án cho hệ thống được xây dựng dựa trên nền tảng của ứng dụng Google Zone Color và kết hợp với Layer thiết kế mặt bằng công trường đã được duyệt, để xác định toàn bộ khu vực công trường cũng như khoanh vùng những khu vực nguy hiểm theo từng giai đoạn của dự án.

Người quản lý vấn đề an toàn tại công trường sẽ được cấp quyền quản lý để được tiếp cận chức năng thiết lập dự án, chức năng này sẽ cho phép người được phân quyền cập nhật các vị trí nguy hiểm tại công trường theo từng giai đoạn của dự án. Thông qua việc cập nhật tọa độ các điểm thuộc đường bao quanh phạm vi nguy hiểm của công trường, chức năng của Google Zone Color sẽ cho phép hiển thị phạm vi nguy hiểm theo đúng tình trạng thực tế của công trường. Các cá nhân là cán bộ quản lý an toàn sẽ phối hợp với các cán bộ kỹ thuật thi công để xác định phạm vi thi công có nguy cơ nguy hiểm và cập nhật các vị trí này lên hệ thống, thông qua chức năng thiết lập dự án này trên App Mana Worker.

Việc cập nhật phạm vi nguy hiểm của công trường sẽ được thực hiện khi vị trí khu vực an toàn thay đổi theo từng giai đoạn của dự án. Tuy nhiên quá trình thay đổi phạm vi nguy hiểm trên công trường là một quá trình không diễn ra thường xuyên đến mức phải cập nhật liên tục, vậy nên sau khi hoàn thiện hạng mục và thay đổi phạm vi nguy hiểm trên công trường thì cán bộ quản lý an toàn hoàn toàn có đủ thời gian để phối hợp với cán bộ kỹ thuật thi công để cập nhật khu vực này lên hệ thống Mana Worker và tiếp tục quản lý an toàn như bình thường.

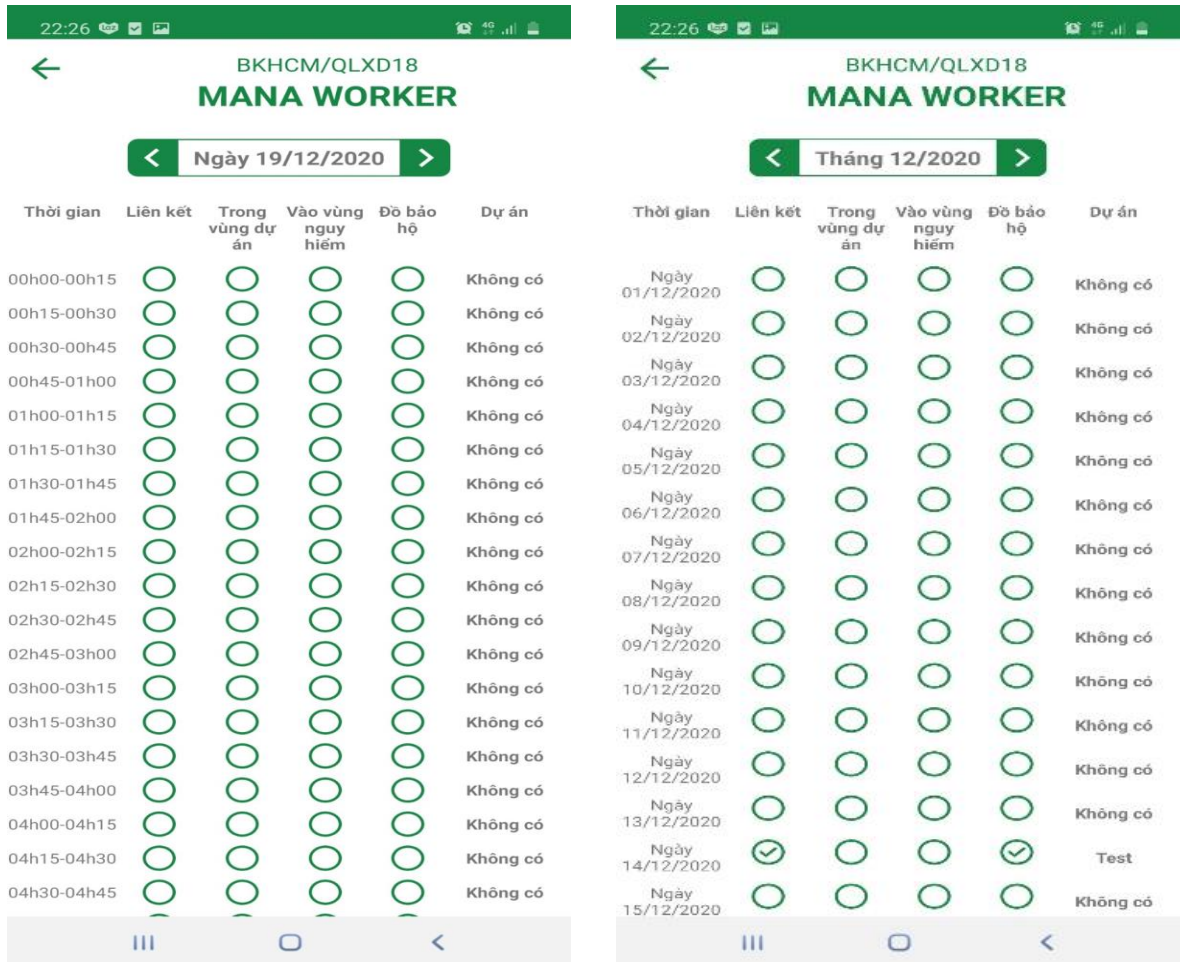
Chức năng thiết lập dự án trên App Mana Worker được thiết kế để người quản lý an toàn có thể cập nhật phạm vi công trường hay phạm vi nguy hiểm bằng cách nhập lên hệ thống các tọa độ điểm của những khu vực trên và phần mềm sẽ tham chiếu các tọa độ này lên bề mặt bản đồ nền với chức năng tương tự công cụ GIS [13, 14].

Vị trí của mỗi công nhân được xác định bởi 2 giá trị (x, y) chính là kinh độ và vĩ độ điểm của cá nhân được cập nhật bởi hệ thống định vị GPS. Thuật toán đối chiếu so sánh tọa độ (x, y) với 1 khu vực có diện tích được bao quanh bởi một đường bao được nối từ các điểm là tọa độ phạm vi công trường hay tọa độ phạm vi nguy hiểm. Từ việc sử dụng thuật toán so sánh đối chiếu này, công tác giám sát theo dõi người lao động sẽ được thực hiện một cách tự động ngay tại công trường mà không phải theo dõi trực tiếp hay thủ công. Từ đó, công tác quản lý và gửi cảnh báo mất an toàn đến cho người công nhân khi họ di chuyển đến gần khu vực nguy hiểm trên công trường xây dựng sẽ diễn ra tự động, nhanh chóng và chính xác.

3.3. Phân quyền truy cập vào cơ sở dữ liệu của hệ thống Mana Worker

Giao diện của hệ thống Mana Worker được nghiên cứu phát triển để hiển thị trên 2 nền tảng (Platform) gồm: App Android và Web và được phân quyền truy cập vào cơ sở dữ liệu của hệ thống tùy đối tượng là người quản lý an toàn hay người công nhân trên công trường.

Hệ thống Mana Worker chia người dùng làm 2 nhóm đối tượng sử dụng khác nhau gồm người quản lý an toàn và người công nhân lao động. Các tương tác vào hệ thống của các đối tượng khác nhau cũng được lập trình để hiển thị tùy mục đích và chức năng sử dụng.



Hình 10. Hình ảnh giao diện trên App Mana Worker bảng dữ liệu chấm công và thống kê lỗi vi phạm theo từng ngày, từng tháng của công nhân

a. Người dùng là công nhân

Hệ thống quản lý Mana Worker được xây dựng để cho phép người công nhân truy cập trên nền tảng App Android với các tương tác trên App như đăng nhập và kết nối vào hệ thống. Khi người công nhân lao động trên công trường và kết nối đến hệ thống thì dữ liệu sẽ được tự động thu thập dữ liệu và sẽ hiển thị các thông báo nguy hiểm của hệ thống cho người công nhân khi xuất hiện nguy cơ nguy hiểm. Ngoài ra, giao diện của hệ thống trên App dành cho người công nhân cũng hỗ trợ việc truy cập các dữ liệu lưu trữ như lỗi vi phạm hay bảng chấm công tự động của người công nhân đó.

Các tương tác với App Mana Worker trên giao diện của công nhân gồm:

- Đăng kí, đăng nhập vào App Mana Worker trên hệ thống;
- Tham gia dự án thông qua sự chấp thuận của quản lý;
- Liên kết đến hệ thống trong thời gian lao động trên công trình;

- Tiếp nhận các thông báo về nguy cơ nguy hiểm của vị trí công nhân trên công trường;
- Theo dõi dữ liệu lịch trình lao động được lưu trữ và cập nhật hàng ngày, hàng tháng;
- Cập nhật các thông kê vi phạm do không tuân thủ trang bị an toàn lao động;
- Đăng ký thông tin cá nhân.

b. Người dùng là quản lý công nhân

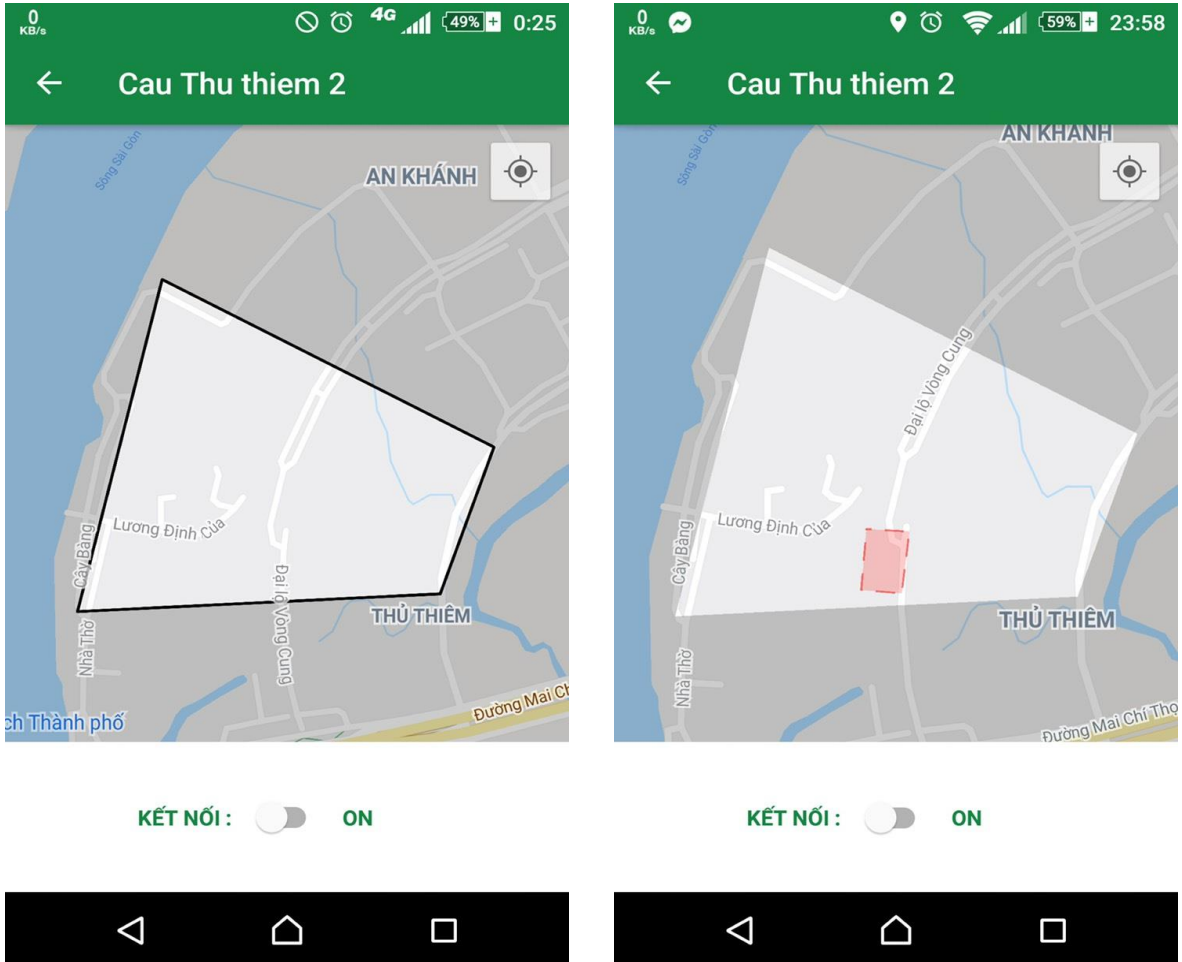
Hệ thống quản lý Mana Worker cho phép người quản lý an toàn có thể truy cập trên cả 2 nền tảng bao gồm App trên điện thoại di động và Web trên máy tính. Khi đăng nhập vào hệ thống Mana Worker, người quản lý có thể theo dõi tất cả các di chuyển của công nhân trên công trường, danh sách các công nhân đã được phân loại theo nhiệm vụ cũng được cung cấp. Chức năng theo dõi công trình của hệ thống cho phép người quản lý có thể quan sát thấy toàn bộ di chuyển bên trong phạm vi công trường, phát hiện sự di chuyển đi vào khu vực nguy hiểm và thông báo đến người công nhân đó. Những dữ liệu liên quan đến hành vi không tuân thủ đồ bảo hộ an toàn cũng được hệ thống cung cấp đến người quản lý một cách tự động. Đồng thời, chức năng thiết lập dự án của hệ thống sẽ cho phép người quản lý công nhân có thể thiết lập nên các dữ liệu của một hệ thống, điều chỉnh hay cập nhật các dữ liệu phạm vi dự án theo đúng tình hình thực tế từng giai đoạn của công trường. Ngoài ra, người quản lý cũng có thể truy cập được toàn bộ các dữ liệu thống kê của hệ thống gồm các thống kê vi phạm khi đi vào khu vực nguy hiểm, các thống kê vi phạm không tuân thủ trang bị an toàn khi thi công và bảng chấm công thời gian làm việc của các công nhân trên công trường. Giao diện của hệ thống cũng được thiết kế để người quản lý có thể dễ dàng theo dõi các thống kê theo từng ngày, từng tháng của từng công nhân.

Nền tảng Web cho phép người quản lý truy cập và trích xuất các dữ liệu thống kê như lỗi vi phạm hay bảng chấm công để công tác quản lý trở nên hiệu quả hơn như Hình 10.

4. Đánh giá chương trình

Trong quá trình thực hiện xây dựng hệ thống quản lý Mana Worker, hệ thống này đã được xây dựng dựa trên các tình huống xử lý thực tiễn tại các đội nhóm chuyên thi công hạ tầng xây dựng các công trình giao thông tại Thủ Thiêm, Thành phố Thủ Đức – thành phố Hồ Chí Minh như Hình 11, các mục tiêu đặt ra ban đầu như cảnh báo các công nhân di chuyển trong phạm vi nguy hiểm, theo dõi các hành vi không tuân thủ an toàn lao động của người công nhân và quản lý thống kê giờ công lao động của người công nhân trên công trường đã được nghiên cứu để lập trình và xây dựng trên hệ thống quản lý Mana Worker. Người công nhân lao động được trang bị nón bảo hộ hay dây đeo an toàn có gắn chip và được cài đặt App Mana Worker trên điện thoại trong quá trình lao động tại công trường. Người quản lý cũng được cài đặt App để theo dõi kết quả và hoàn thiện hệ thống Mana Worker.

Sau khi hệ thống Mana Worker được xây dựng hoàn thiện, hệ thống quản lý được đưa vào chạy thử và kiểm tra độ chính xác. Quá trình chạy thử giúp nhóm nghiên cứu tiếp tục hoàn thiện hệ thống, đồng thời áp dụng thực tiễn trên quy mô rộng hơn trong quá trình quản lý công nhân tại các công ty như Công ty cổ phần đầu tư xây dựng cầu đường A, Công ty TNHH TMDV thi công xây dựng cầu đường B và Công ty cổ phần Công trình giao thông C tại thành phố Hồ Chí Minh. Ở giai đoạn chạy thử, hệ thống quản lý Mana Worker được cung cấp gồm toàn bộ các trang bị của hệ thống và điện thoại di động có cài sẵn App Mana Worker đến các tổ đội thi công để kiểm tra quá trình vận hành, phát hiện lỗi và hoàn chỉnh hệ thống. Các nhóm công nhân lao động tại những công ty này hoạt động trong lĩnh vực thi công hạ tầng giao thông nên các thông số về độ chính xác ở thời điểm thử nghiệm cho kết quả trong phạm vi cho phép, trong điều kiện hạ tầng truyền dẫn viễn thông hiện nay.



Hình 11. Hình ảnh thi công công trình tại Thủ Thiêm trên hệ thống Mana Worker

Quá trình chạy thử được thực hiện tại 4 tổ đội của 3 công ty để thu thập dữ liệu và đánh giá kết quả. Các tổ đội được chia làm 2 nhóm chính là thi công hạ tầng thoát nước và thi công thảm bê tông nhựa cho các dự án tại Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả của hệ thống cho thấy các nhóm tổ đội được trang bị hệ thống quản lý Mana Worker cho công nhân ở cả hai lĩnh vực thi công hạ tầng cấp thoát nước và thi công thảm nhựa đều cải thiện đáng kể ý thức về nguy cơ tai nạn, số vụ tai nạn do va chạm với thiết bị thi công cũng giảm mạnh và các vụ tranh chấp trong công tác chăm công của tổ trưởng và công nhân gần như bằng không.

Quá trình chạy thử được thực hiện tại 4 nhóm tổ đội của 3 công ty thi công hạ tầng xây dựng hạ tầng công trình giao thông ở Tp. Hồ Chí Minh được thống kê trong Bảng 1.

Mỗi tổ đội sẽ thực hiện cung cấp trang bị nón, dây đeo an toàn có gắn chip và cài đặt app Mana Worker cho nhóm 1/2 số công nhân trong khi nhóm 1/2 số công nhân còn lại vẫn tiếp tục lao động như bình thường, kết quả được thống kê sau một thời gian trực tiếp tại công trường theo tình hình thực tế triển khai công việc và các kết quả được thống kê lại tại Bảng 2.

Sau khi chạy thử, kết quả cho thấy sự hiệu quả trong công tác quản lý công nhân bằng hệ thống quản lý Mana Worker so với cách quản lý nhân công bình thường hiện nay:

- Số lượt cảnh báo đến công nhân khi có nguy cơ nguy hiểm xảy ra là: 1018 lượt.

Bảng 1. Bảng dữ liệu quá trình chạy thử đánh giá hệ thống Mana Worker

Nhóm	Đơn vị	Số công nhân/tổ đội	Số dự án	Số ca lao động	Lĩnh vực chính	Thời gian thực hiện	Ghi chú
Nhóm 1	Công ty cổ phần đầu tư xây dựng cầu đường A	8	14	488	Thảm Bê tông nhựa	8 tuần	
Nhóm 2	Công ty cổ phần đầu tư xây dựng cầu đường A	8	12	672	Duy tu đường bộ	12 tuần	(*)
Nhóm 3	Công ty TNHH TMDV thi công xây dựng cầu đường B	8	6	448	Thi công xây dựng kè	8 tuần	(*)
Nhóm 4	Công ty Cổ phần Công trình giao thông C	10	1	840	Dự án thoát nước đô thị	12 tuần	(*)

Bảng 2. Bảng thống kê dữ liệu chạy thử đánh giá hệ thống quản lý Mana Worker

Nội dung	Đơn vị	Nhóm 1		Nhóm 2		Nhóm 3		Nhóm 4	
		Bình thường	Mana Worker	Bình thường	Mana Worker	Bình thường	Mana Worker	Bình thường	Mana Worker
Số lần được cảnh báo nguy hiểm	Lượt	0	150	0	224	0	224	0	420
Số lần bị phát hiện tháo trang bị bảo hộ	Lượt	10	80	11	200	15	100	8	180
Số lần công nhân đi làm trễ	Lượt	68	50	70	48	49	45	85	40
Số vụ tai nạn tại công trường do va chạm với thiết bị thi công	Vụ	28	2	42	5	27	6	96	8
Số lần mâu thuẫn do công tác chăm công	Lượt	14	0	21	0	14	0	21	0
Tổng thời gian quản lý công nhân	Ca	56	8	84	12	56	8	84	12
Tổng số dự án thực hiện trong thời gian chạy thử	DA	14	14	12	12	6	6	1	1
Tỷ lệ hoàn thành công việc theo tiến độ được giao	%	87	92	81	96	80	100	75	90

- Số phần phát hiện công nhân không tuân thủ trang bị (áo, nón ...) tăng 12,72 lần.

- Tỷ lệ công nhân đi làm trễ tại các nhóm được quản lý bằng hệ thống Mana Worker bằng 67,27% so với nhóm công nhân đi làm bình thường.

- Số vụ tai nạn xảy ra trên công trường là 193 vụ ở nhóm công nhân lao động bình thường so với 21 vụ tại nhóm được quản lý bằng hệ thống Mana Worker.

- Mâu thuẫn trong công tác chăm công là 70 vụ ở nhóm công nhân lao động bình thường và 0 vụ

tại nhóm công nhân lao động được quản lý bằng hệ thống Mana Worker.

- Tổng số lần chấm công cho công tác quản lý công nhân là 280 lượt/1224 ca cho người quản lý nhóm công nhân lao động bình thường so với 40 lượt/1224 ca cho người quản lý nhóm công nhân lao động được quản lý bằng hệ thống quản lý Mana Worker.

- Tỷ lệ hoàn thành công việc theo tiến độ được giao là 80,75% ở nhóm công nhân lao động bình thường so với 94,5% tại nhóm công nhân lao động được quản lý bằng hệ thống Mana Worker.

Các dữ liệu thu thập cũng cho thấy các xu hướng thích nghi làm quen và cải thiện các chỉ số an toàn với hệ thống quản lý Mana Worker được diễn ra chậm và càng cải thiện qua thời gian dài chạy thử. Các kết quả thu thập trong 2 tuần đầu cho thấy sự cải thiện không đáng kể giữa việc quản lý công nhân bình thường so với quản lý bằng hệ thống Mana Worker, tuy nhiên kết quả được ghi nhận sau tuần từ thứ 6 đến tuần thứ 8 tại các công trường đã cho thấy sự hiệu quả rõ rệt ở các chỉ số như số lần đi làm trễ của công nhân và giảm số vụ va chạm với thiết bị thi công tại công trường.

Các yếu tố liên quan đến tải và sử dụng App Mana Worker trên nền tảng Android sẽ được phát hành miễn phí trên CH Play trong thời gian sắp tới, các nhà quản lý đang làm việc trong lĩnh vực thi công xây dựng ở Việt Nam có thể tải về và sử dụng đồng thời đóng góp thêm ý kiến để hoàn thiện thêm về hệ thống quản lý trước khi được phát triển mở rộng trên nền tảng iOS.

5. Kết luận

Kết quả của nghiên cứu này là tạo ra một ứng dụng thực tiễn cho quản lý công nhân, đưa công nghệ 4.0 vào quản lý an toàn trong môi trường xây dựng, tạo lập được một hệ thống quản lý có tính ứng dụng ngay vào thực tiễn công tác quản lý an toàn lao động trong quản lý xây dựng tại Việt Nam. Sau khi hệ thống được chấp thuận đăng tải trên nền tảng Android qua CH Play dưới tên gọi Mana Worker, tất cả các thiết bị di động sử dụng hệ điều hành Android đều có thể tải và sử dụng miễn phí. Các đóng góp về hệ thống quản lý Mana Worker sẽ được ghi nhận và hoàn thiện trước khi được giới thiệu đến các công ty xây dựng tại Việt Nam.

Nghiên cứu này cũng đã hoàn thiện được một hệ thống quản lý an toàn tự động giúp cho người lao động nhận biết nguy hiểm và có cách phòng tránh kịp thời, đồng thời giúp người quản lý an toàn kiểm soát và nắm bắt kịp thời các dữ liệu về vị trí và hành vi của người công nhân hoạt động trong công trường. Nghiên cứu cũng giúp nhà quản lý kiểm soát chấm công một cách tự động đồng thời tạo tiền đề cho các nghiên cứu sau phát triển ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý xây dựng sau này.

Tài liệu tham khảo

- [1] OSHA (Occupational Safety and Health Administration) (2017). *Commonly Used statistics*.
- [2] Shafique, M., Rafiq, M. (2019). *An Overview of Construction Occupational Accidents in Hong Kong: A Recent Trend and Future Perspectives*. *Applied Sciences*, 9(10):2069.
- [3] Bộ Lao Động - Thương Binh và Xã Hội. *Cổng Thông Tin Điện Tử*.
- [4] Zhou, W., Whyte, J., Sacks, R. (2012). *Construction safety and digital design: A review*. *Automation in Construction*, 22:102–111.
- [5] Lin, K.-Y., Tsai, M.-H., Gatti, U. C., Lin, J. J.-C., Lee, C.-H., Kang, S.-C. (2014). *A user-centered information and communication technology (ICT) tool to improve safety inspections*. *Automation in Construction*, 48:53–63.
- [6] Golparvar-Fard, M., Peña-Mora, F., Arboleda, C. A., Lee, S. (2009). *Visualization of Construction Progress Monitoring with 4D Simulation Model Overlaid on Time-Lapsed Photographs*. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 23(6):391–404.
- [7] Jo, B., Lee, Y., Kim, J., Khan, R. (2017). *Trend Analysis of Construction Industrial Accidents in Korea from 2011 to 2015*. *Sustainability*, 9(8):1297.

- [8] Abdelhamid, T. S., Everett, J. G. (2000). [Identifying Root Causes of Construction Accidents](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(1):52–60.
- [9] Kasirossafar, M., Shahbodaghlu, F. (2013). [Building information modeling or construction safety planning](#). *ICSDEC 2012: Developing the Frontier of Sustainable Design, Engineering, and Construction*, 1017–1024.
- [10] Deng, Y., Gan, V. J. L., Das, M., Cheng, J. C. P., Anumba, C. (2019). [Integrating 4D BIM and GIS for Construction Supply Chain Management](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(4):04019016.
- [11] Madi, N., Srour, I. (2019). [Managing emergency construction and demolition waste in Syria using GIS](#). *Resources, Conservation and Recycling*, 141:163–175.
- [12] Jiang, S., Zong, Q., Deng, X. (2019). [Application Analysis of GPS Positioning Technology and GIS Based on Metamaterial in Forestry Engineering](#). *E3S Web of Conferences*, 118:03059.
- [13] Tuyên, N. V., Dương, T. Q. (2017). [Ứng dụng công nghệ GIS trong việc quản lý sau quy hoạch làng cổ Đường Lâm, Sơn Tây, Hà Nội](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*, 8(2): 102–105.
- [14] Hiệp, Đ. V., Hùng, T. M., Tuyên, N. V., Hân, H., Huy, V. V. (2020). [Đánh giá nguyên nhân và đề xuất khung giải pháp tổ chức giao thông nhằm giảm thiểu ùn tắc khu vực cổng trường học vào giờ cao điểm trong nội thành Hà Nội](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*, 14(4V):67–76.