

XÂY DỰNG VÀ ÁP DỤNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG LAN TRUYỀN TIẾNG ỒN TRONG MÔI TRƯỜNG LAO ĐỘNG

Lê Trường An, Huỳnh Đức Thắng, Nguyễn Văn Sang, Nguyễn Thị Minh Hoa
Phân viện Khoa học An toàn vệ sinh lao động và Bảo vệ môi trường miền Nam

Tóm tắt:

Dựa vào mối tương quan giữa toán học và âm học, các thuật toán dự đoán lan truyền tiếng ồn trong môi trường lao động đã được phát triển thành phần mềm máy tính noise tool. Để xây dựng bản đồ phân vùng tiếng ồn (hay mô phỏng lan truyền tiếng ồn), phần mềm cần thông tin đầu vào để tính toán, đó là đặc điểm không gian nhà xưởng, độ giảm âm D (dBA/s), công suất nguồn ồn LS (dBA), hệ số định hướng của nguồn ồn Q, vị trí của nguồn ồn, các vật cản và kết cấu ngăn che. Phần mềm đã được ứng dụng để dự đoán lan truyền tiếng ồn trong môi trường lao động tại cơ sở sản xuất bột sơn tĩnh điện. Kết quả dự đoán tại các vị trí có độ lệch chuẩn so với đo đạc thực địa là 2,6dBA, đạt cấp chính xác 3 theo TCVN 12699:2020. Vùng có tiếng ồn > 85dBA chiếm 40% diện tích xưởng, vùng tiếng ồn > 88dBA chiếm 16% diện tích xưởng.

Từ khóa: Tiếng ồn, phân vùng tiếng ồn, thuật toán, noise-tool.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khái niệm “nguồn ồn lớn” được hiểu là nguồn ồn phát ra sóng âm có mức năng lượng lớn và tạo ra một trường âm xung quanh nó. Trường âm có nhiều mức năng lượng khác nhau theo khoảng cách từ nguồn âm và phụ thuộc vào cách sắp xếp, kết cấu nhà xưởng và các máy, thiết bị được bố trí trong không gian nhà xưởng. Nếu các nguồn ồn có mức năng lượng lớn, thì khả năng xuất hiện mức áp suất âm vượt quá giới hạn tiếp xúc (phơi nhiễm) cho phép tại một số vị trí nào đó trong trường âm là điều chắc chắn.

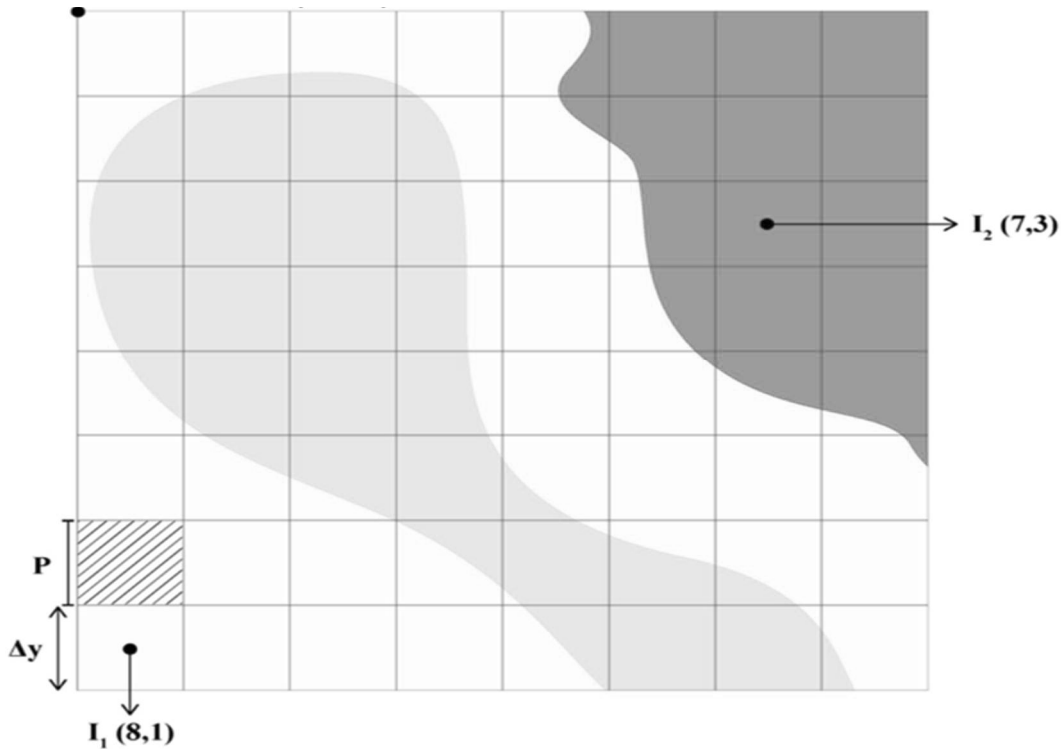
Có thể kiểm soát tiếng ồn bằng nhiều biện pháp khác nhau như các biện pháp kỹ thuật hay sử dụng phương tiện bảo vệ cá nhân, trong đó, các biện pháp kỹ thuật được ưu tiên. Việc xây dựng bản đồ phân vùng mức ồn do các nguồn ồn tạo ra trong nhà xưởng cho phép nhận diện

trực quan mức ồn tại các vị trí làm việc và áp dụng các biện pháp kỹ thuật cần thiết để can thiệp vào nguồn ồn và điều chỉnh chúng xuống mức thấp hơn mức tiếp xúc cho phép nhằm chủ động bảo vệ người lao động.

Bài báo này đề cập tới việc xây dựng phần mềm mô phỏng sự lan truyền tiếng ồn và dự báo mức ồn trong môi trường lao động dựa trên các số liệu khảo sát, đo đạc thực tế nguồn âm, kết cấu nhà xưởng và cách bố trí các máy, thiết bị trong không gian nhà xưởng.

2. XÂY DỰNG PHẦN MỀM

Áp dụng phương pháp chia lưới phẳng để phân vùng màu sắc và không gian. Vùng không gian hình ảnh là tập hợp các vùng không gian nhỏ hơn hay gọi là ô lưới. Càng chia nhỏ ô lưới thì độ chính xác của dữ liệu ảnh càng cao và các



Hình 1. Mô tả phương pháp chia lưới phẳng

đường đồng mức càng mịn, nhưng thời gian tính toán càng nhiều. Các đường đồng mức trong bản đồ thể hiện mức ồn ở các khu vực [1], [2], [3]. Phương pháp chia lưới phẳng được

Trên không gian hình ảnh có diện tích S_h có $S_h^{m,n}$ không gian con không trùng nhau.

$$S_h = \sum_{m=1}^M (\sum_{n=1}^N S_h^{m,n}) \quad (1)$$

Trong đó, $m = 1, 2, \dots, M$ và $n = 1, 2, \dots, N$ là tổng số hàng và cột của lưới phẳng. Đặt (x_0, y_0) là góc của không gian ảnh, kích thước ô lưới $(\Delta x, \Delta y)$; gọi tâm của ô lưới $S_h^{m,n}$ là $I_{m,n}$ có tọa độ (x_m, y_n) , diện tích và vị trí của của ô lưới $S_h^{m,n}$ trong không gian ảnh được thể hiện như sau:

$$S_h^{m,n} = (x_m - \Delta x/2; x_m + \Delta x/2) \times (y_n - \Delta y/2; y_n + \Delta y/2) \quad (2)$$

Với: (x, y) thỏa điều kiện $(x_m - \Delta x/2 < x < x_m + \Delta x/2; y_n - \Delta y/2 < y < y_n + \Delta y/2)$

Tại mỗi ô lưới sẽ có mức áp suất âm được tính nội suy theo công thức (3)

$$L_{\bar{p}}(S_h^{m,n}) = \sum L_{pi}(I_{m,n} \in S_h^{m,n}) \quad (3)$$

Trong đó:

$$p^i(I_{m,n}) = \frac{A(\omega)}{r_i} Q_i(\theta, \varphi) e^{j(\omega t - kr_i)} \quad (4)$$

Với p_i là áp suất âm của phần tử thứ i tại điểm $I_{m,n} \in S_h^{m,n}$; r_i là khoảng cách đến tâm nguồn; A là biên độ áp suất; Q_i là hệ số định hướng theo góc phương vị và góc nâng (θ, φ) ; ω là tần số góc theo thời gian t ; k là số sóng.

Từ công thức (3), (4); mức áp suất âm $L_{\bar{p}}(S_h^{m,n})$ được dự đoán bằng công thức:

$$L_{\bar{p}}(S_h^{m,n}) = L_{td} = 10 \times \log(\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{tti}} + 10^{0.1L_{px}}) \quad (5)$$

Trong đó:

Kết quả nghiên cứu KHCN

L_{tti} là mức áp âm tới trực tiếp của nguồn thứ i

L_{px} là âm tới do phản xạ phụ thuộc vào các bề mặt, không gian, tất cả các nguồn tạo ra theo công thức:

$$L_{px} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{Si}} \right] - 10 \log V - 10 \log D + 31,7 \quad (6)$$

Với V : thể tích không gian dự đoán (m^3); D : độ giảm âm (dBA/s); L_{Si} : mức công suất âm của nguồn phát ồn thứ i (dBA),

Mức áp âm trực tiếp của nguồn thứ i truyền tới tâm $I_{m,n} \in S_h^{m,n}$ được tính theo công thức:

$$L_{tti} = L_{Si} - 10 \log r_i^2 + 10 \log Q_i - 11 + \Delta K \quad (7)$$

Trong đó, $r_i = \sqrt{(x_m - x_i)^2 + (y_m - y_i)^2}$, (m) là khoảng cách từ tâm nguồn ồn thứ i đến tâm $I_{m,n}$.

ΔK là độ giảm âm khi gặp vật cản hay tường chắn có mật độ khối lượng bề mặt lớn hơn 10 kg/m^2 , dBA

Sự suy giảm do vật chắn là sự nhiễu xạ qua các cạnh trên và xung quanh của vật cản, được tính toán dựa theo nguyên lý Huygens – Fresnel theo công thức tính gần đúng sau:

$$\Delta K = -3 + 10 \log[(0.5 - x_w)^2 + (0.5 - y_w)^2] \quad (8)$$

Với x_w, y_w là trị số Fresnel phụ thuộc vào hàm số $f(W)$ được tính như sau:

$$f(W) = (H - 1.5) \sqrt{\frac{2}{\lambda} \sqrt{\frac{1}{a} + \frac{1}{b}}} \quad (9)$$

minh họa cụ thể như Hình 1.

Trong công thức (9) thì a : khoảng cách từ nguồn đến vật cản; b : khoảng cách từ điểm nhận đến vật cản; H : chiều cao của vật cản; λ : độ dài bước sóng.

Từ quy trình tính toán lan truyền tiếng ồn trong môi trường lao động đã tổng hợp thành sơ đồ thuật toán như Hình 2.

Dữ liệu đầu vào:

- Kích thước của không gian: chiều dài (m),

chiều rộng (m), chiều cao (m)

- Vị trí của nguồn ồn, công suất nguồn ồn, hệ số định hướng của nguồn

- Độ giảm âm trung bình của không gian

- Vị trí, chiều cao của vật cản

Dữ liệu tính toán: âm phản xạ (L_{px}), âm trực tiếp (L_{tt}), độ giảm âm do vật cản (ΔK)

Dữ liệu đầu ra: mức ồn tổng (L_{td})

Tính toán độ giảm âm do vật cản (Hình 3) được kiểm tra điều kiện và thực hiện qua nhiều bước. Vì vậy, thuật toán dự đoán ΔK được đưa vào thành thuật toán con, chỉ tính khi vật cản thỏa mãn các điều kiện của công thức.

Từ các sơ đồ thuật toán trên, phần mềm máy tính được viết bằng ngôn ngữ lập trình Javascript.

3. ÁP DỤNG PHẦN MỀM

Phần mềm được áp dụng tại nhà máy sản xuất bột sơn tĩnh điện tại khu công nghiệp Nhơn Trạch, huyện Nhơn Trạch, tỉnh Đồng Nai.

3.1. Phương pháp xác định các thông số đầu vào

- Xác định độ giảm âm D (dBA/s) theo TCVN 10615-2:2014

- Xác định công suất nguồn âm tại hiện trường theo TCVN 9228:2012, ISO 3744:2010

- Xác định tọa độ bằng thước đo khoảng cách và tính theo Pythagoras.

- Dữ liệu tiếng ồn được ghi lại bằng trọng số A ở độ cao 1,5m. Hiệu chuẩn thiết bị trước và sau khi sử dụng bằng chuẩn ồn Rion NC-74.

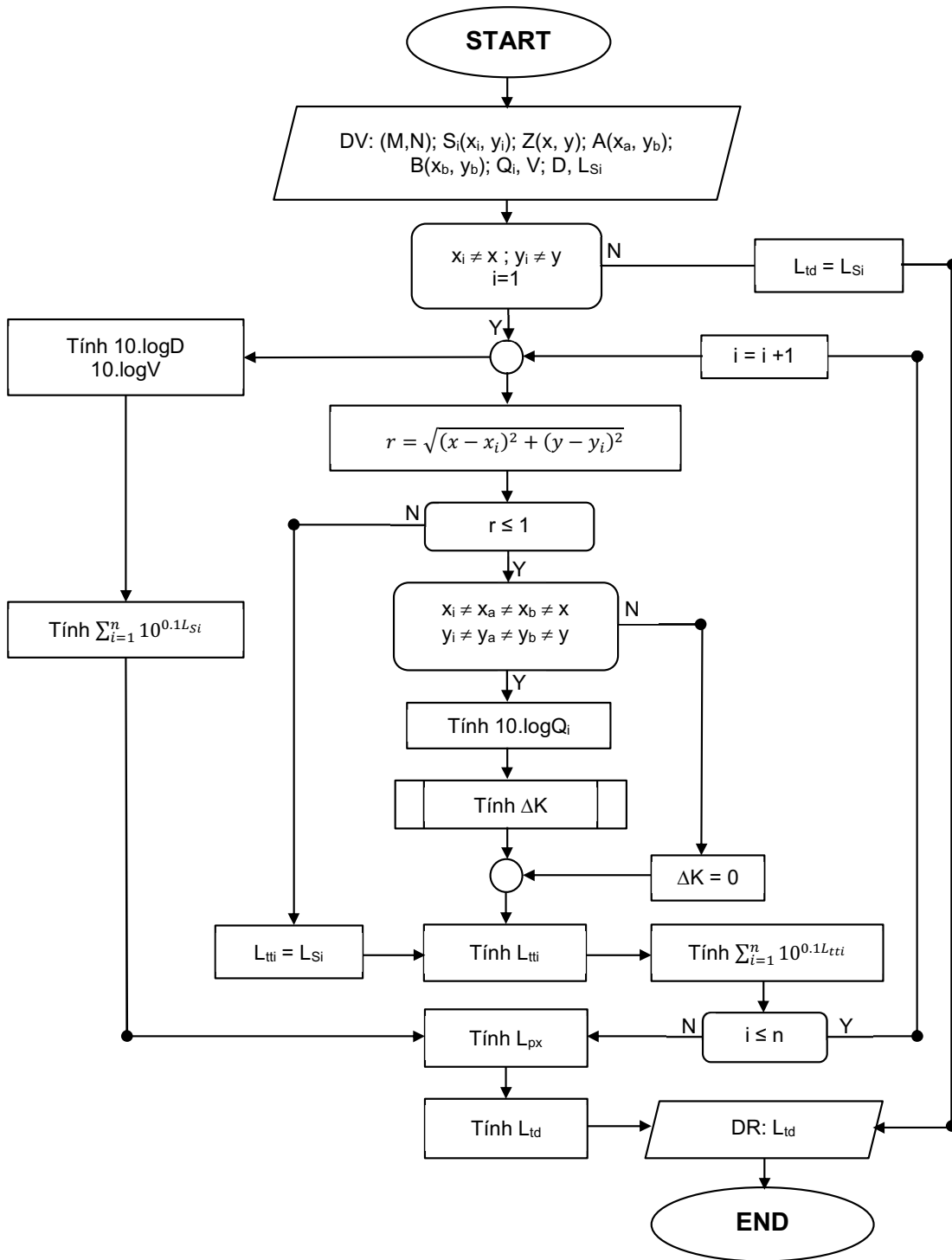
- Mô phỏng và phân vùng màu sắc bằng thuật toán nội suy trọng số theo khoảng cách.

3.2. Thiết bị đo

- Máy đo mức áp suất âm Rion NL-42 Type 2 và phần mềm phân tích FFT NX-42FT

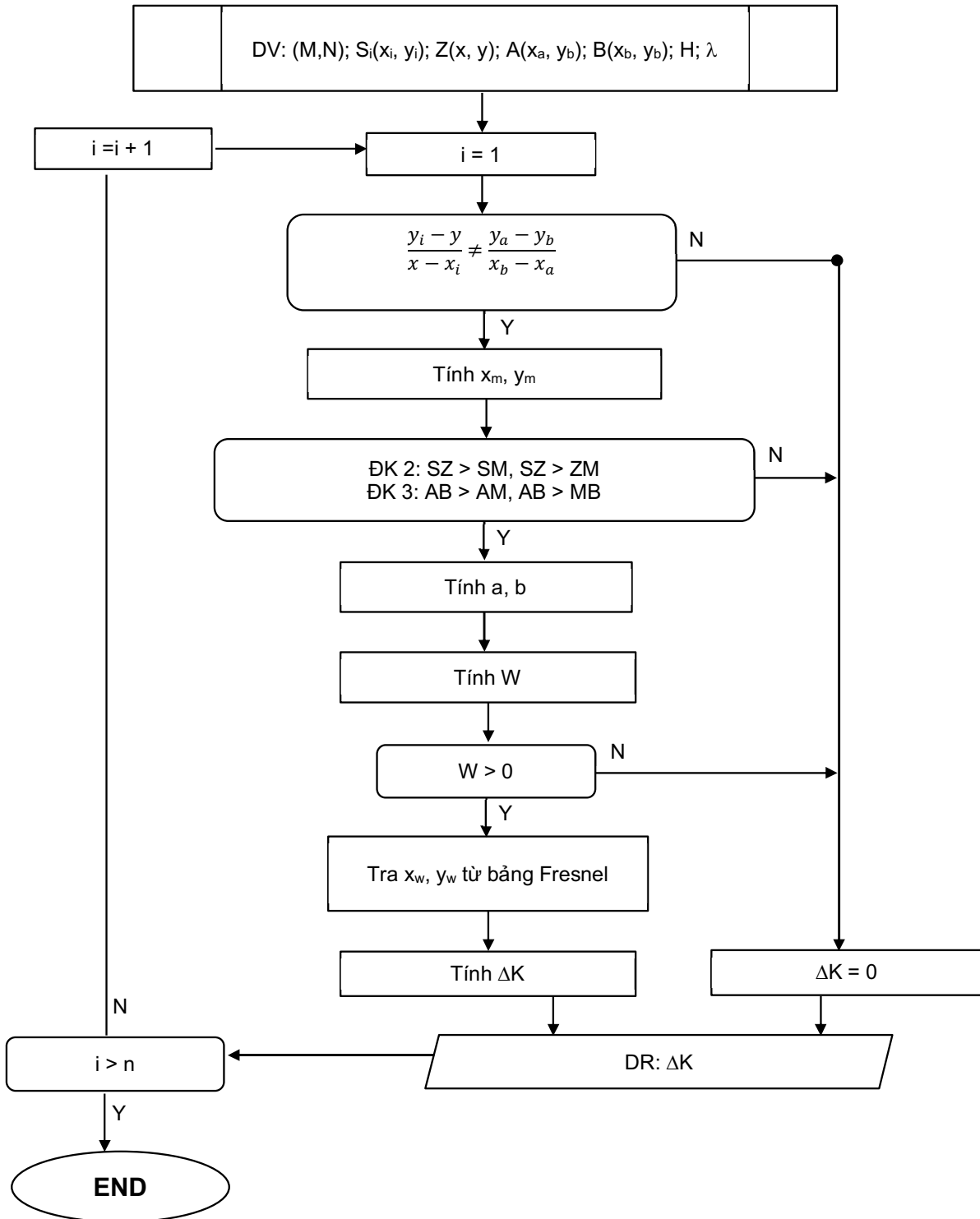
- Chuẩn ồn Rion NC-74

- Thước đo khoảng cách Bosch DLE 70 professional.



Hình 2. Sơ đồ thuật toán mô phỏng lan truyền tiếng ồn

Kết quả nghiên cứu KHCN



Hình 3. Sơ đồ thuật toán dự đoán độ giảm âm qua vật cản

3.3. Kết quả áp dụng

Nhà máy sản xuất bột sơn tĩnh điện (sơ đồ Hình 4) có diện tích mặt sàn 1200m², được xây bằng thép tiền chế, tường gạch trát vữa xi măng, nền bê tông. Kích thước nhà xưởng: rộng 26,4m; dài 45,6m; cao trung bình 11,2m. Các bề mặt chủ yếu là bề mặt kim loại của các máy/thiết bị (máy nghiền, sàn rây, trục vít máy ép, động cơ kéo băng tải của máy ép, máy bonding).

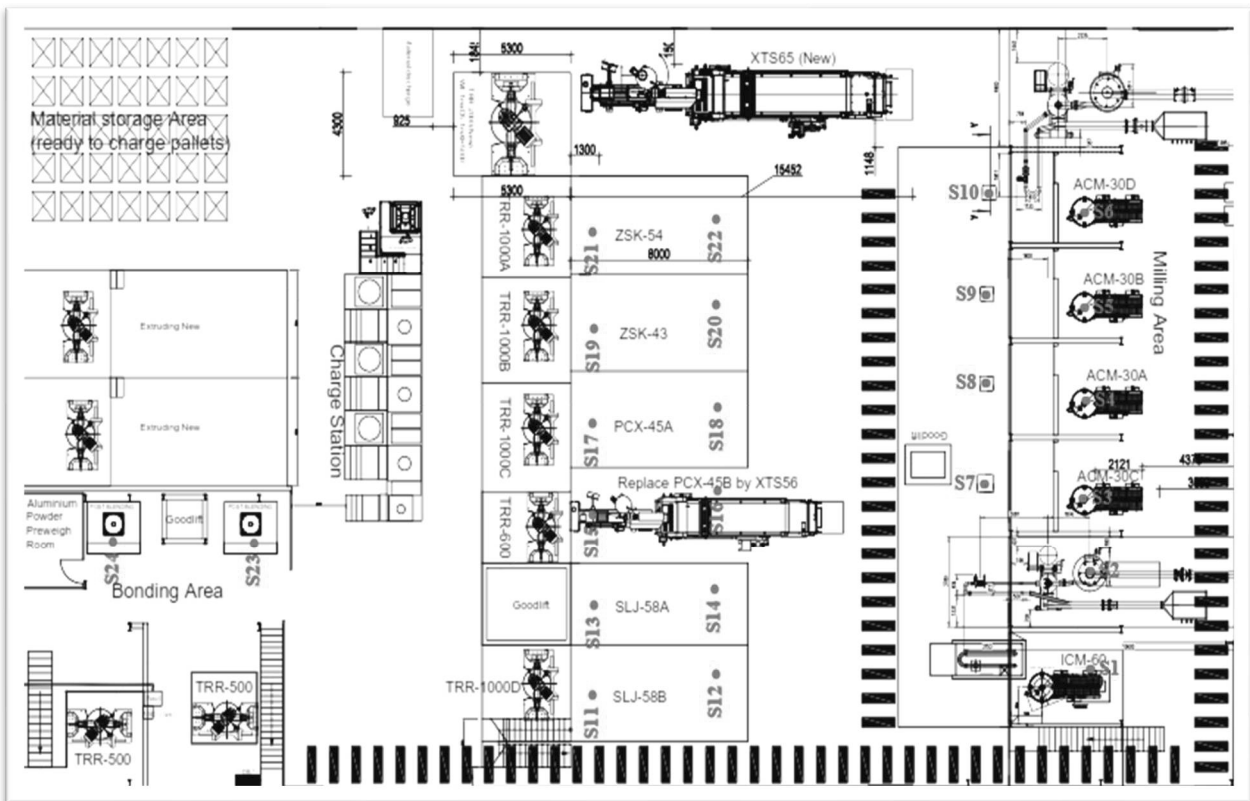
Các công đoạn sản xuất được bố trí nối liền với nhau theo thứ tự, như trên Hình 5a, 5b là 2 khu vực trục vít máy ép và các máy trộn chỉ phân nhau bởi tấm nhựa với mục đích là ngăn sự khếch tán của bụi.

Khu vực rây và nghiền được ngăn cách với nhau bởi bức tường gạch trát xi măng. Khu vực nghiền có trần thấp (cao 2m), bên trên là vị trí của phễu nạp liệu. Tại khu vực này công nhân ít

làm việc trực tiếp nhưng nó tiếp giáp với đầu ra băng tải máy ép, nơi có nhiều công nhân làm việc. Trên Hình 6a, vị trí đo tiếng ồn là vị trí làm việc đóng gói và cách nguồn ồn (sàn rây) 2m, mỗi sàn rây được đặt trong khoảng không gian hẹp (chiều rộng 2m), trần thấp (cao 2,5m).

Độ giảm âm được đo trong khoảng giảm RT20, đo độ giảm âm bằng cách đặt nguồn âm lần lượt tại vị trí tọa độ NR1: (16, 2); NR2: (32, 2); NR3: (42, 2) và vị trí đo cách nguồn lần lượt 3m, 12m, 16m theo chiều rộng của nhà xưởng thể hiện tại Bảng 1.

Độ giảm âm trong nhà máy sản xuất bột sơn tĩnh điện tương đối thấp chứng tỏ thời gian âm vang lớn. Điều này là do không gian nhà xưởng rộng không có ngăn cách cứng giữa các khu vực, trần nhà cao và các vật liệu có trong nhà máy có tính phản xạ, tán xạ sóng âm cao.



Hình 4. Sơ đồ mặt bằng nhà máy sản xuất bột sơn tĩnh điện

Kết quả nghiên cứu KHCVN



Hình 5a. Khu vực nạp liệu và trộn



Hình 5b. Khu vực máy ép



Hình 6a. Khu vực rây và đóng gói



Hình 6b. Khu vực máy nghiền

Bảng 1. Kết quả đo độ giảm âm

Vị trí nguồn	Vị trí đo	Độ giảm âm (dBA/s)
NR1: (16, 2)	Cách 3 m	31
	Cách 12m	36
	Cách 16m	33
NR2: (32, 2)	Cách 3 m	28
	Cách 12m	32
	Cách 16m	30
NR3: (42, 2)	Cách 3 m	36
	Cách 12m	37
	Cách 16m	34
Độ giảm âm trung bình (dBA/s)		33

Nhà máy có 24 nguồn phát sinh tiếng ồn được xác định công suất : 6 sàn rung rây, 4 máy nghiền, 6 trục vít ép, 6 băng tải, 2 máy bonding; vị trí của các khu vực sản xuất và nguồn ồn được kí hiệu trên Hình 4. Kết quả xác định đặc tính nguồn ồn được thể hiện trong Bảng 2.

Sai số dự đoán của thuật toán được đánh giá dựa vào số liệu đo thực tế, kết quả dự đoán và đo tiếng ồn thực địa tại các vị trí định trước thể hiện trong Bảng 3.

Tổng độ lệch chuẩn của thuật toán dự đoán so với kết quả đo thực địa là 2,6dBA theo TCVN 12966:2020 thì độ lệch chuẩn của thuật toán dự đoán đạt cấp chính xác là 3.

Dựa trên kết quả khảo sát thực địa và phần mềm noise tool do nhóm nghiên cứu phát triển đã lập bản đồ tiếng ồn cho nhà máy sản xuất bột sơn tĩnh điện.

Từ bản đồ phân vùng tiếng ồn ở Hình 7, ta thấy được sự phân vùng tương đối rõ rệt. Khu vực có tiếng ồn > 85dBA chiếm 40% diện tích xưởng từ đầu ra băng tải đến hết khu vực nghiền, trong đó khu vực có tiếng ồn > 88dBA chiếm 16% diện tích xưởng và phần còn lại từ

khu vực trộn đến khu vực trục vít của máy ép có tiếng ồn < 85dBA.

Đối với các công nhân làm việc tại khu vực nghiền – rây, đóng gói chỉ nên bố trí làm việc trong 2 giờ/ngày và luân chuyển sang vị trí lao động có mức tiếng ồn < 85dBA. Công nhân làm việc với máy ép (tiếng ồn 85 – 88dBA) thì bố trí làm việc 4 giờ/ngày. Còn các khu vực có tiếng ồn lớn hơn 94dBA (gần máy nghiền, sàn rây) thì nên đặt cảnh báo khu vực làm việc hạn chế.

4. KẾT LUẬN

Kết quả áp dụng phần mềm mô phỏng lan truyền tiếng ồn tại nhà máy sản xuất bột sơn tĩnh điện cho thấy, chỉ cần đo đạc một số dữ liệu ban đầu, phần mềm cho phép dự đoán nhanh và tương đối chính xác (độ chính xác cấp 3 theo TCVN 12699:2020) mức ồn tại tất cả các vị trí làm việc trong nhà xưởng. Độ chính xác của kết quả dự đoán phụ thuộc vào độ chính xác của kết quả đo đạc dữ liệu ban đầu.

Phần mềm có thể được sử dụng như một công cụ quản lý trong quá trình lập kế hoạch/ chương trình kiểm soát và giám sát tiếng ồn trong môi trường lao động tại các cơ sở sản xuất.

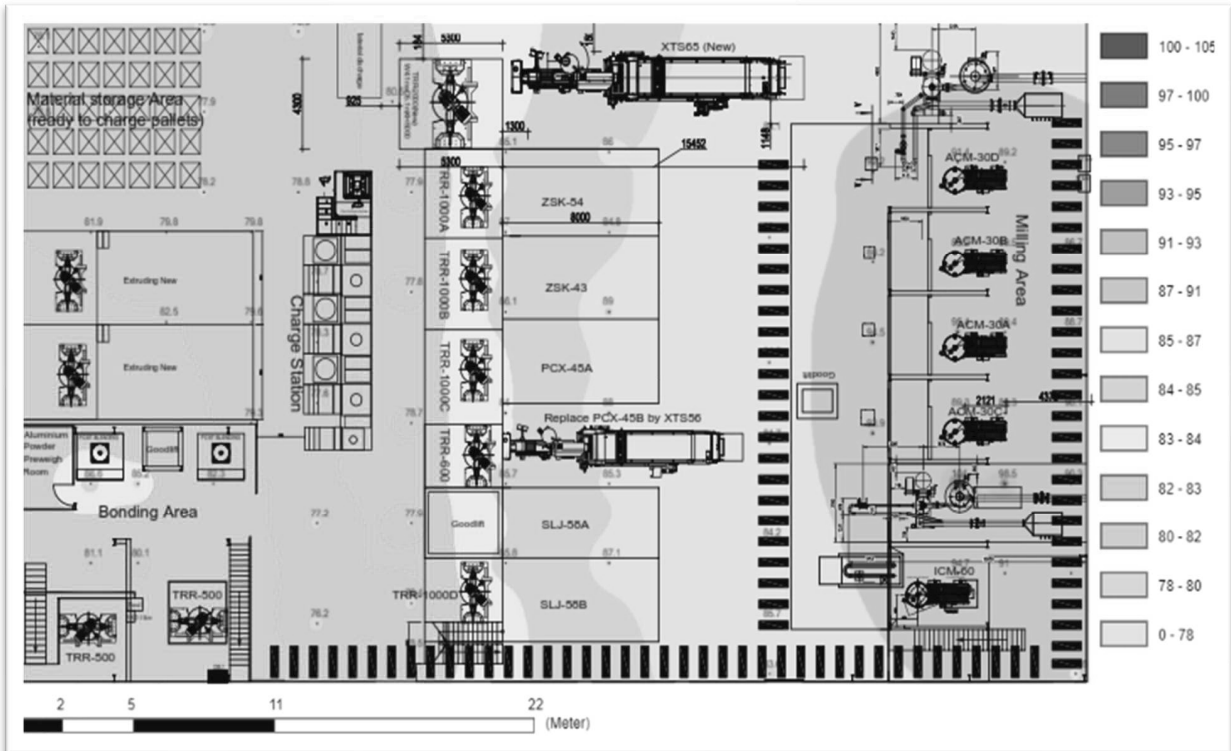
Kết quả nghiên cứu KHCVN

Bảng 2. Kết quả xác định đặc tính nguồn ồn trong nhà máy sơn tĩnh điện

Kí hiệu	Tên máy	Ls (dBA)	Q	Tọa độ	
				x (m)	y (m)
S1	Sàn rây ICM-60	94,7	8	40	22
S2	Sàn rây Than Chì	104	8	40	18,4
S3	Sàn rây ACM-30C	89,3	8	40	15,6
S4	Sàn rây ACM-30A	95,4	8	40	12,4
S5	Sàn rây ACM-30B	89,2	8	40	9,2
S6	Sàn rây ACM-30D	91,4	8	40	5,6
S7	Máy nghiền ACM-30C	93,9	4	36,4	16,4
S8	Máy nghiền ACM-30A	94,5	4	36,4	12,8
S9	Máy nghiền ACM-30B	88,2	4	36,4	9,6
S10	Máy nghiền ACM-30D	92,2	4	36,4	6
S11	Trục vít máy ép SLJ-58B	85,8	1	20,8	21,6
S12	Đầu ra băng tải SLJ-58B	87,1	1	25,2	21,6
S13	Trục vít máy ép SLJ-58A	85,7	1	20,8	18,4
S14	Đầu ra băng tải SLJ-58A	85,3	1	25,2	18,4
S15	Trục vít máy ép PCX-45B	84	1	20,8	15,6
S16	Đầu ra băng tải PCX-45B	88	1	25,2	15,6
S17	Trục vít máy ép PCX-45A	86,1	1	20,8	11,6
S18	Đầu ra băng tải PCX-45A	89	1	25,2	11,6
S19	Trục vít máy ép ZSK-43	87	1	20,8	8,4
S20	Đầu ra băng tải ZSK-43	84,8	1	25,2	8,4
S21	Trục vít máy ép ZSK-54	85,1	1	20,8	5,2
S22	Đầu ra băng tải ZSK-54	86	1	25,2	5,2
S23	Bonding - sàn rây 1	86,6	2	3,2	18,4
S24	Bonding - sàn rây 2	82,3	2	8,4	18,4

Bảng 3. Kết quả tiếng ồn dự đoán và đo đạc thực địa tại các vị trí

Kí hiệu	Vị trí		Kết quả đo (dBA)	Kết quả dự đoán (dBA)	Sai số (dBA)	Độ lệch chuẩn (dBA)
	X (m)	Y (m)				
I1	44,8	15,6	90,1	88,4	1,7	1,2
I2	32	13,6	84,8	85,5	-0,7	0,5
I3	16	3,2	78,0	76,5	1,5	1,1
I4	12,8	15,2	77,6	76,6	1	0,7
I5	4	3,6	76,8	74,1	2,7	1,9
Độ lệch tổng cộng (dBA)						2,6



Hình 7. Bản đồ phân vùng tiếng ồn nhà máy sản xuất bột sơn tĩnh điện

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Claudio Guarnaccia, Joseph Quartieri, Alessandro Ruggiero (2014), "Acoustical Noise Study of a Factory: Indoor and Outdoor Simulations Integration Procedure", International Journal Of Mechanics, Volume 8, pp. 298-307.

[2]. Daniel Fern and ez Comesana, Steven Steltenpool, Graciano Carrillo Pousa, HansEliade Bree and Keith Holland (2013), "Scan & Paint: Theory and Practice of a SoundField Visualisation Method", ISRN Mechanical Engineering, Vol. 2013, Article ID 241958, 11 pages

[3]. Han LM, Haron Z, Yahya K, Bakar SA, Dimon MN (2015), "A Stochastic Simulation Framework for the Prediction of Strategic Noise Mapping and Occupational Noise Exposure Using the Random Walk Approach", PLoS ONE

10(4): e0120667. doi: 10.1371/journal.pone.0120667;

[4]. TCVN 12966:2020: âm học – tiếng ồn phát ra từ máy và thiết bị - Xác định mức áp suất âm phát ra tại vị trí làm việc và tại các vị trí quy định áp dụng các hiệu chỉnh môi trường gần đúng

[5]. TCVN 10615-2:2014: Âm học – đo các thông số âm thanh phòng – Phần 2: thời gian âm vang trong phòng bình thường.

[6]. TCVN 9228:2012: Âm học – Xác định mức công suất âm của nguồn phát ồn bằng áp suất âm – phương pháp đo so sánh tại hiện trường.

[7]. ISO 3744:2010 : Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane.