



**VNU**  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
Vietnam National University, Hanoi

VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY  
UNIVERSITY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY



# NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN, ĐIỀU KHIỂN PHÂN TÁN CHO HỆ THỐNG ĐA ROBOT DI CHUYỂN THEO BẦY

---

**Sinh viên thực hiện:** Nguyễn Đàm Trường

**Giảng viên hướng dẫn:** TS. Phạm Duy Hưng

# Nội dung

---

1. Giới thiệu
2. Phương pháp luận
3. Phương pháp đánh giá và kết quả
4. Kết luận và hướng phát triển

# 1. GIỚI THIỆU

---

- Tổng quan và mục tiêu
- Vấn đề thực tế

# Tổng quan và mục tiêu

Bầy đàn tự nhiên:



Robot bầy đàn:



# Tổng quan và mục tiêu

## Thuật toán di chuyển theo bầy – Flocking Algorithm

- Flocking là một dạng hành vi tập thể của một số lượng lớn các agents tương tác với nhau với một mục tiêu chung. Trong nhiều thập kỉ, các nhà khoa học từ nhiều lĩnh vực khác nhau bị thu hút bởi cách các thành viên trong bầy chim (flock), cá (school), côn trùng (swarm) tương tác gần với nhau.
- Bản chất của Flocking là các thành viên di chuyển đồng nhất về vận tốc và có thể tránh va chạm và gộp bầy cùng các thành viên khác.





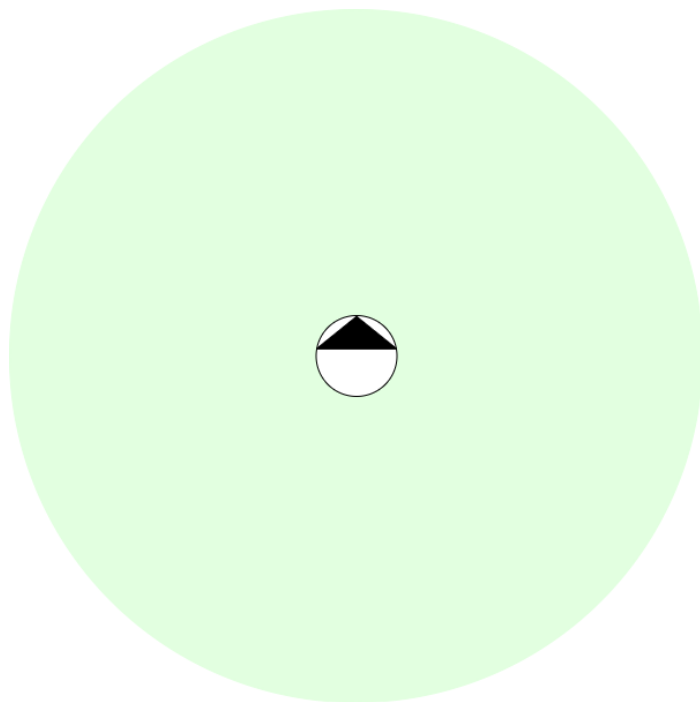
# Tổng quan và mục tiêu

Các nghiên cứu liên quan:

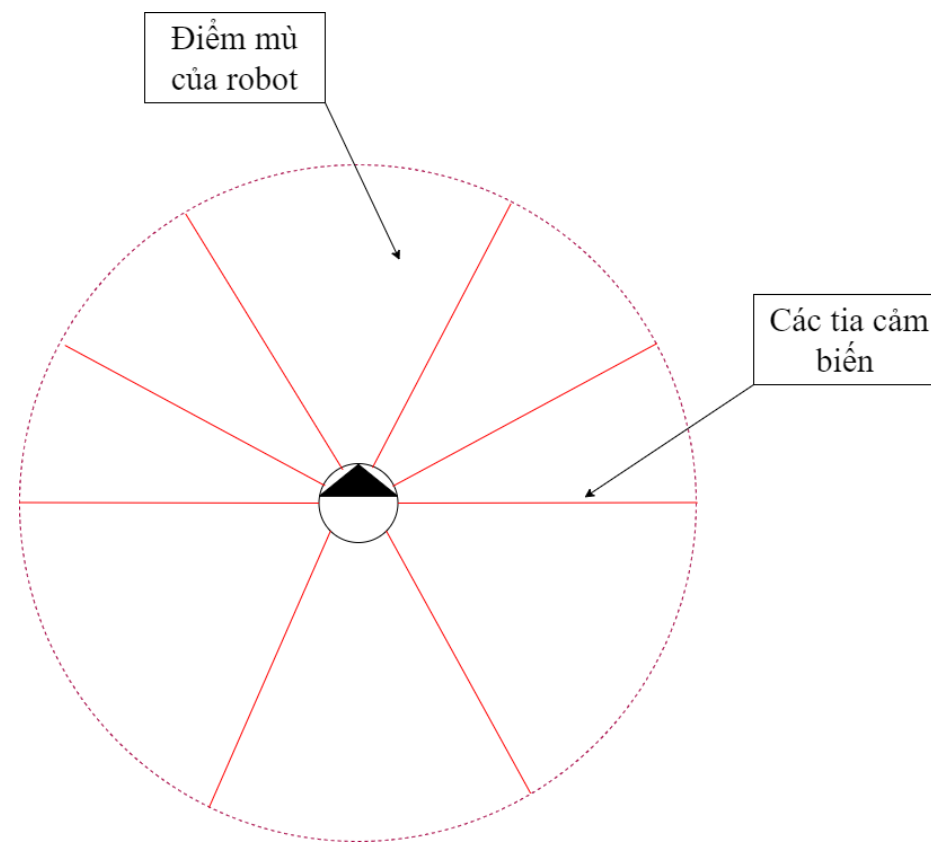
- Mô hình này của Reynolds đã được nghiên cứu và phát triển rất nhiều sau đó. Cộng đồng nghiên cứu hệ thống bầy Robot đã thiết lập một khuôn khổ chính thức [1], [2], [3] và đã được đưa vào thực hiện và mở rộng trong bối cảnh hệ thống đa Robot và Robot bầy đàn [4], [5]. Mô hình “bầy đàn” cổ điển là một cơ sở chính của các nghiên cứu chuyển động tập thể, giả định chuyển động của một tác nhân bao gồm ba thuật ngữ: tập hợp, tránh và liên kết. Mô hình này và nhiều cách triển khai của nó đã được thảo luận trong những công trình nghiên cứu khác nhau [6], [7]



# Vấn đề thực tế

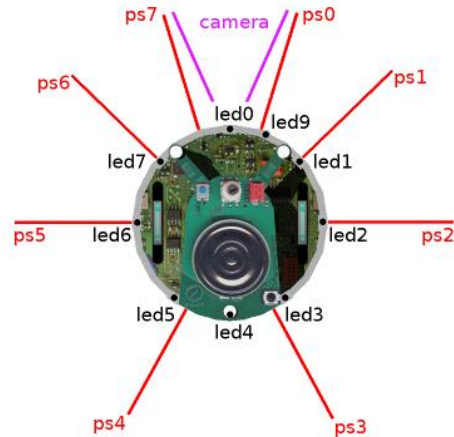


Mô hình cảm biến đĩa tròn

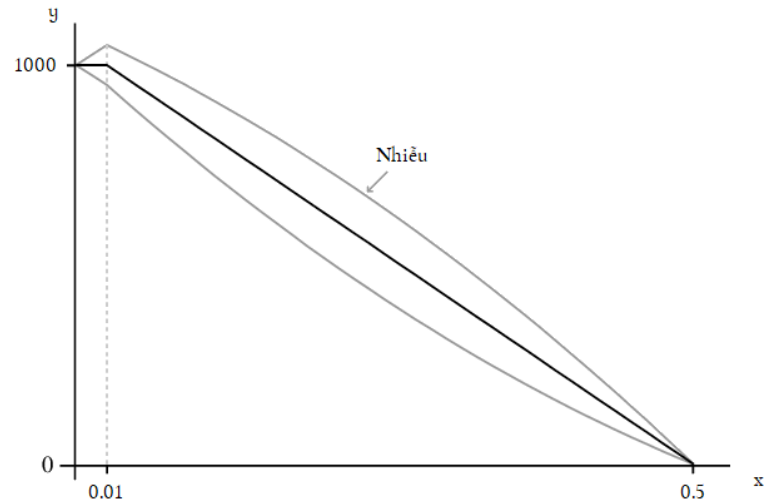


Mô hình cảm biến rời rạc

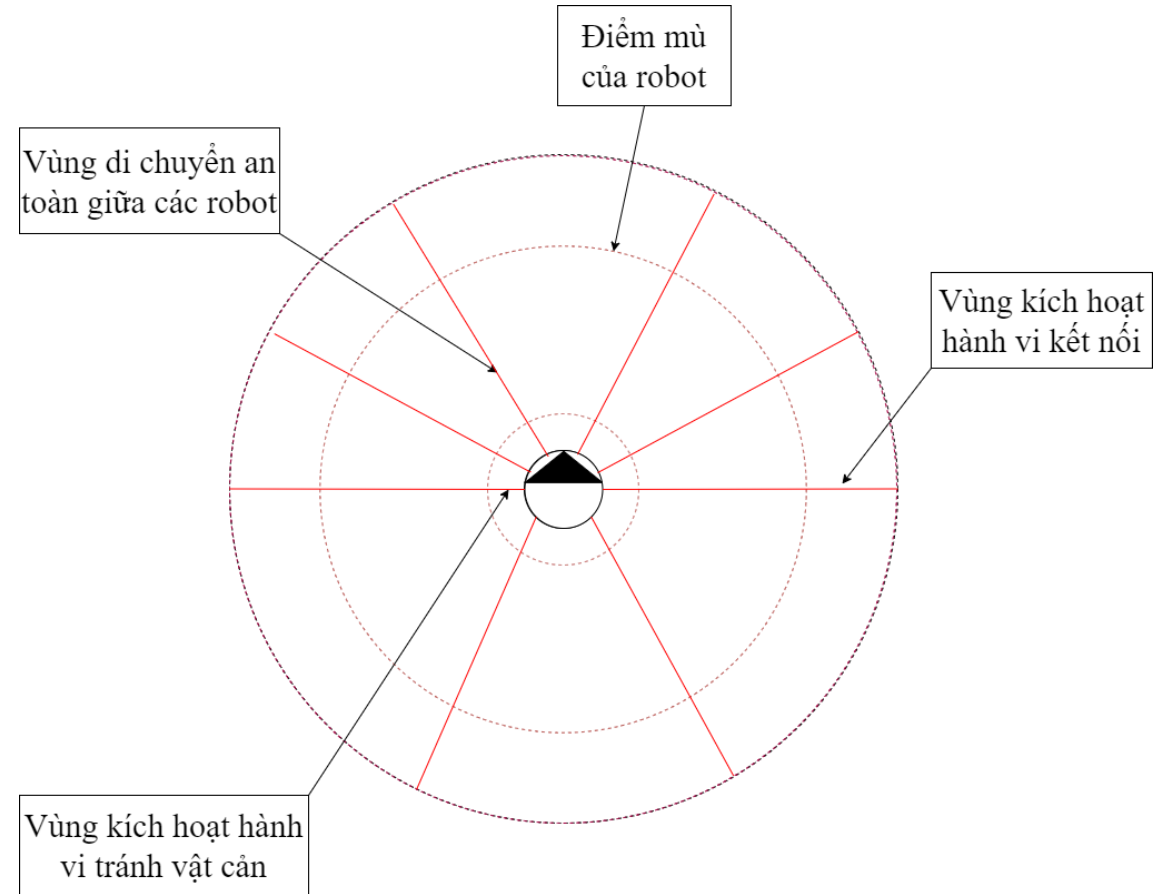
# Vấn đề thực tế



E-puck trong Webots



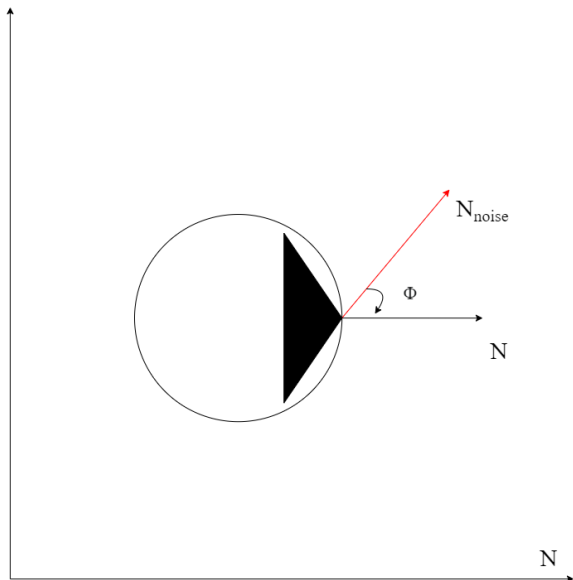
Điều chỉnh nhiều cảm biến khoảng cách của E-puck trong Webots



Vùng biểu diễn mức độ tiếp cận của robot



# Vấn đề thực tế



Nhiều la bàn số

Góc của Robot:

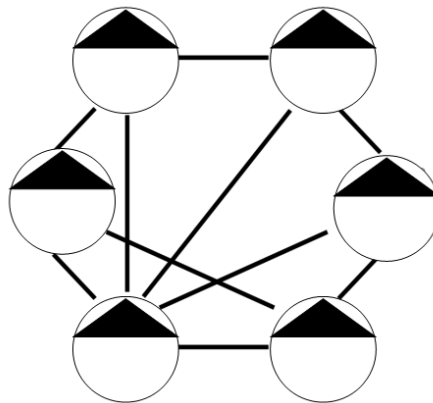
$$\varphi_{robot} = \varphi_{sensor} - \phi$$

Một số góc đặc biệt:

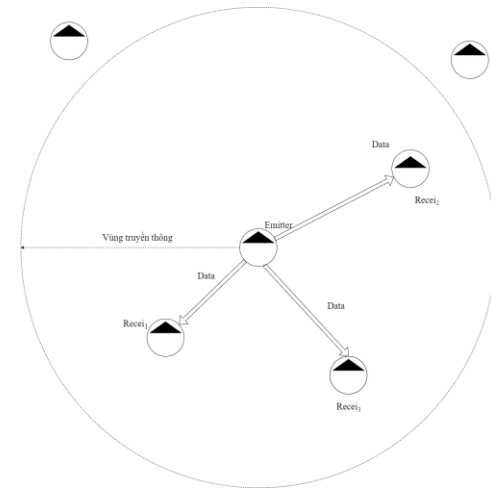
$$\varphi_{robot} = \begin{cases} \varphi_{robot} + 2\pi \\ \varphi_{robot} - 2\pi \end{cases}$$

Khi:  $\varphi_{robot} < -\pi$

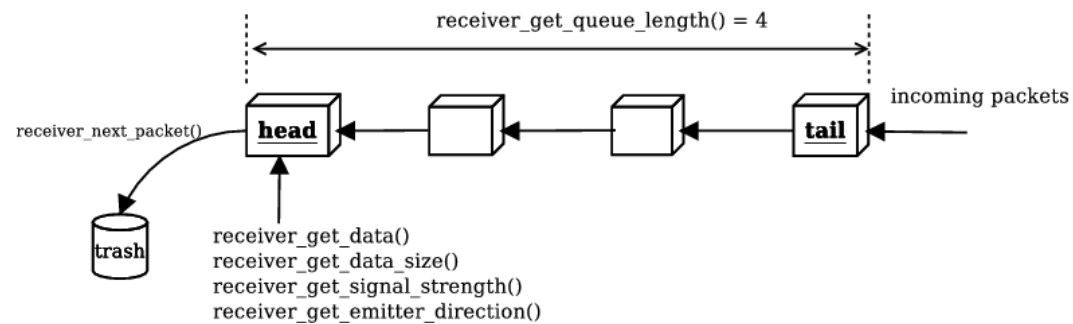
Khi:  $\varphi_{robot} > \pi$



Cấu trúc truyền thông trong bầy



Vùng truyền thông tin

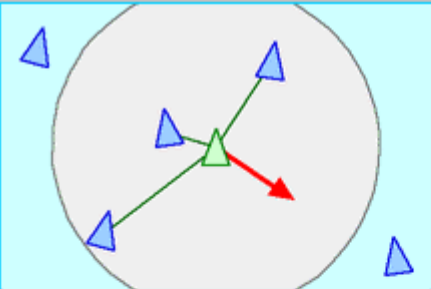
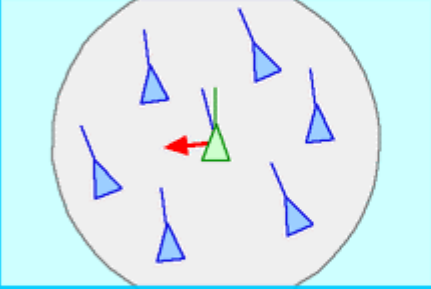
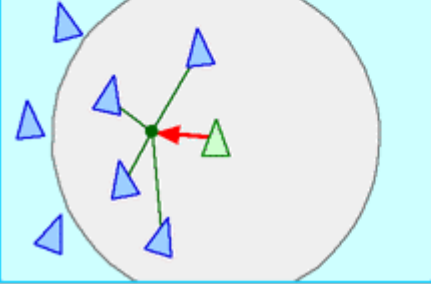


Cấu trúc bản tin nhận

## 2. Phương pháp luận

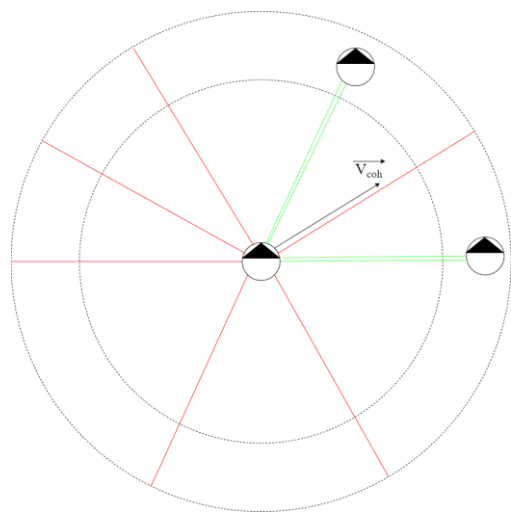
---

# A. MÔ PHỎNG BOIDS CỦA REYNOLDS

	<b>Separation:</b> steer to avoid crowding local flockmates	$\mathbf{v}_{separation} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\mathbf{r}.position - \mathbf{obs}.position}{\ \mathbf{r}.position - \mathbf{obs}.position\ } \right)$
	<b>Alignment:</b> steer towards the average heading of local flockmates	$\mathbf{v}_{alignment} = \frac{\mathbf{r}_1.velocity + \mathbf{r}_2.velocity + \dots + \mathbf{r}_n.velocity}{n}$
	<b>Cohesion:</b> steer to move toward the average position of local flockmates	$\mathbf{C} = \frac{\mathbf{r}_1.position + \mathbf{r}_2.position + \dots + \mathbf{r}_n.position}{n}$ $\mathbf{v}_{cohesion} = \frac{\mathbf{C} - \mathbf{r}.position}{\ \mathbf{C} - \mathbf{r}.position\ }$

# B. THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN HÀNH VI

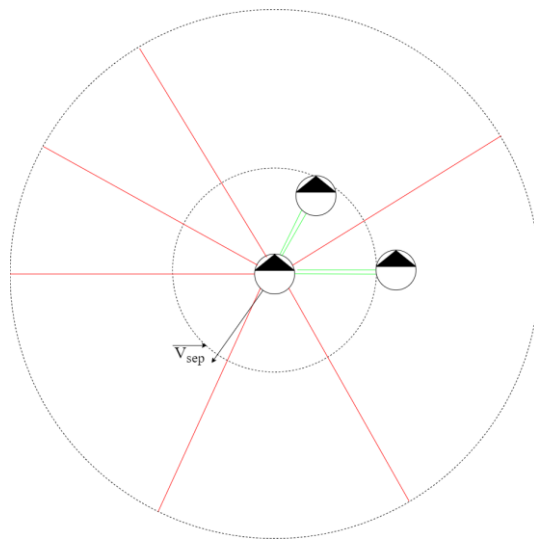
$$V_{robot} = f_1 \cdot V_{coh} + f_2 \cdot V_{obs} + f_3 \cdot V_{ali}$$



$$V_{coh} = \frac{1}{n} \sum_k (f_1 e^{i\theta_k})$$

$$f_1() = \begin{cases} 0 & \text{Nếu không phát hiện robot trong vùng kết nối} \\ \frac{(O_k - O_{robot})^2}{C_{coh}} & \text{Nếu phát hiện robot trong vùng kết nối} \end{cases}$$

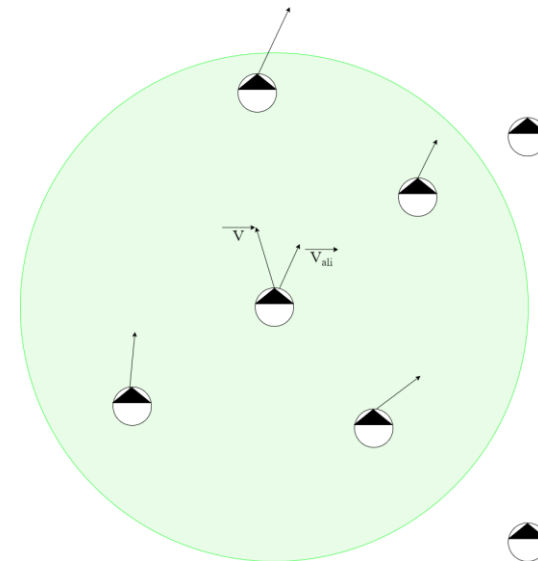
Trong đó  $C_{coh}$  là một tham số có thể điều chỉnh.



$$V_{sep} = \frac{1}{n} \sum_k (f_2 e^{i\theta_k})$$

$$f_2() = \begin{cases} 0 & \text{Nếu không phát hiện vật trong vùng kết nối} \\ \frac{-(O_k - O_{robot})^2}{C_{sep}} & \text{Nếu phát hiện vật trong vùng kết nối} \end{cases}$$

Trong đó  $C_{sep}$  là một tham số có thể điều chỉnh.

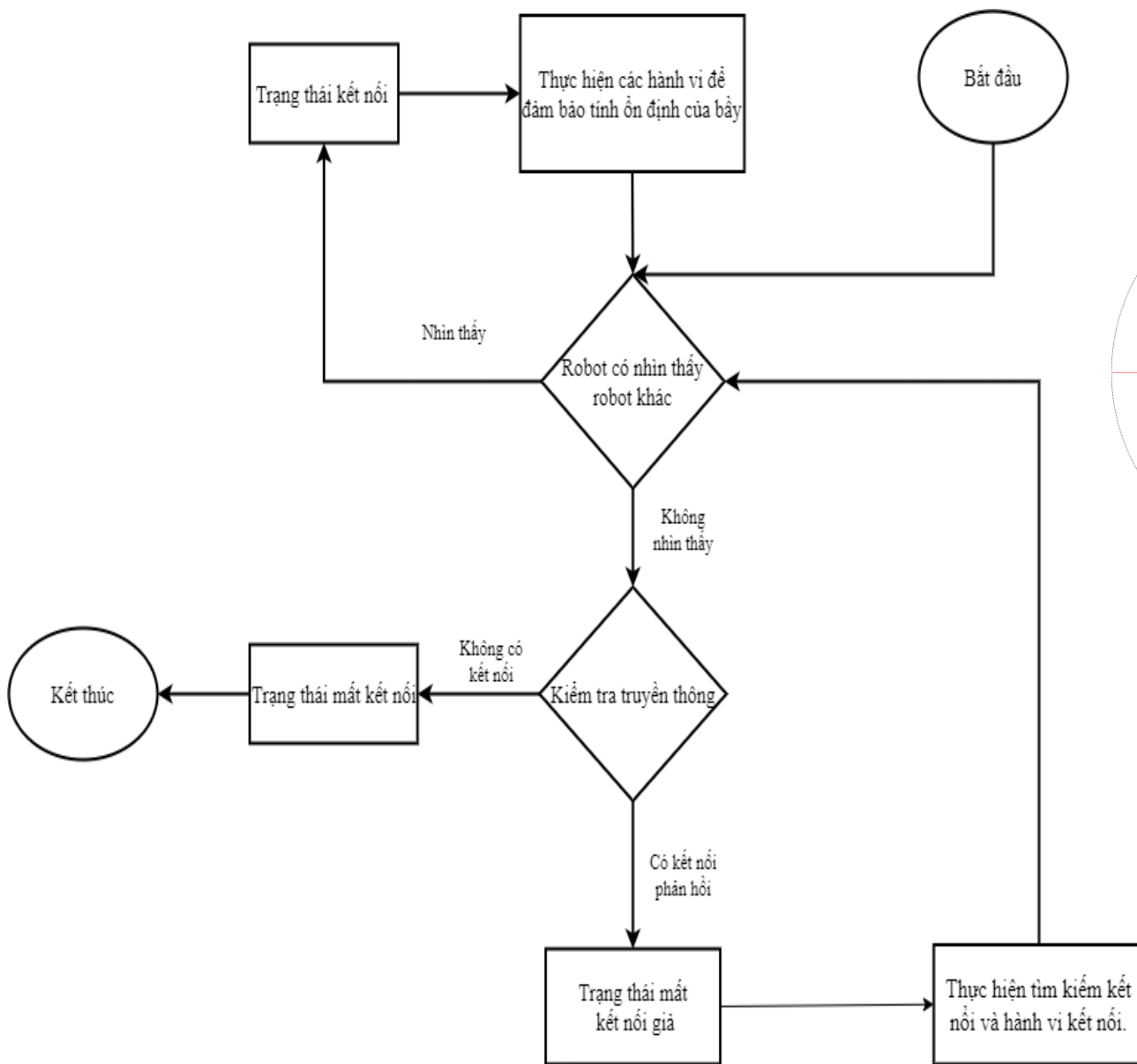


$$V_{ali} = \frac{1}{n} \sum_k (f_3 V_k) + V_{mg}$$

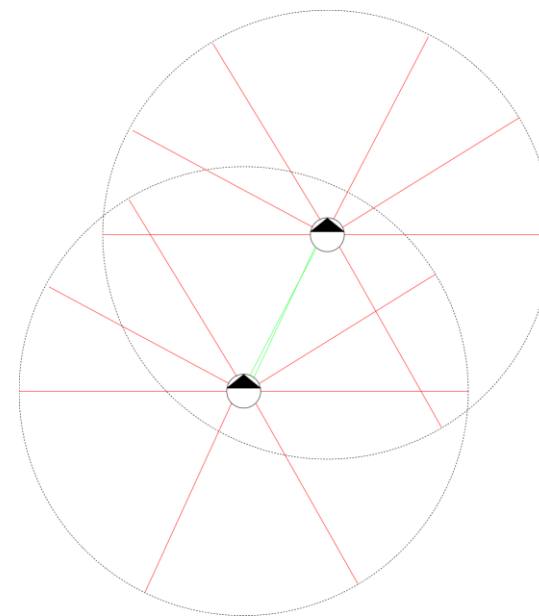
$$f_3() = \begin{cases} 0 & \text{Nếu không có robot trong vùng truyền thông} \\ a_{ali} & \text{Nếu có robot xuất hiện trong vùng truyền thông} \end{cases}$$

Trong đó  $a_{ali}$  là một tham số có thể điều chỉnh.

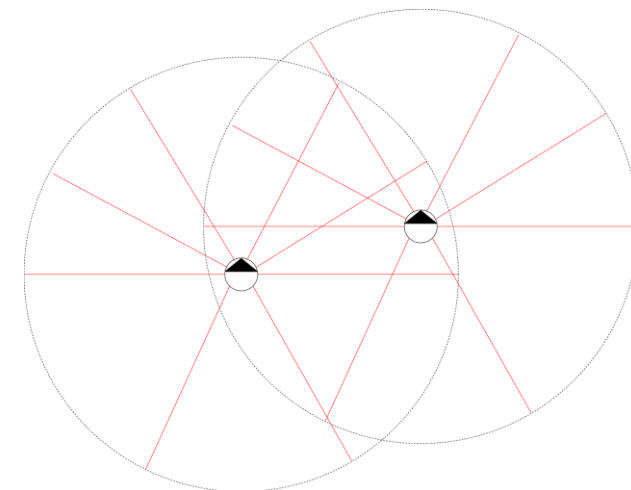
### C. TRẠNG THÁI ĐIỀU KHIỂN HÀNH VI



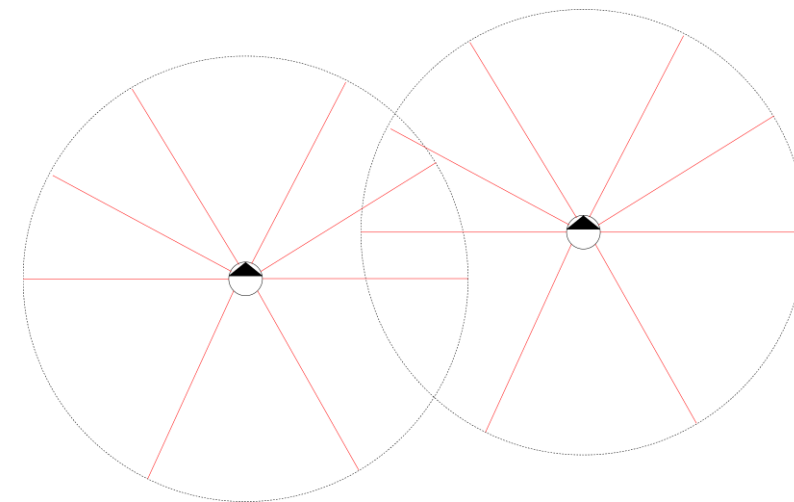
Sơ đồ chuyển đổi trạng thái



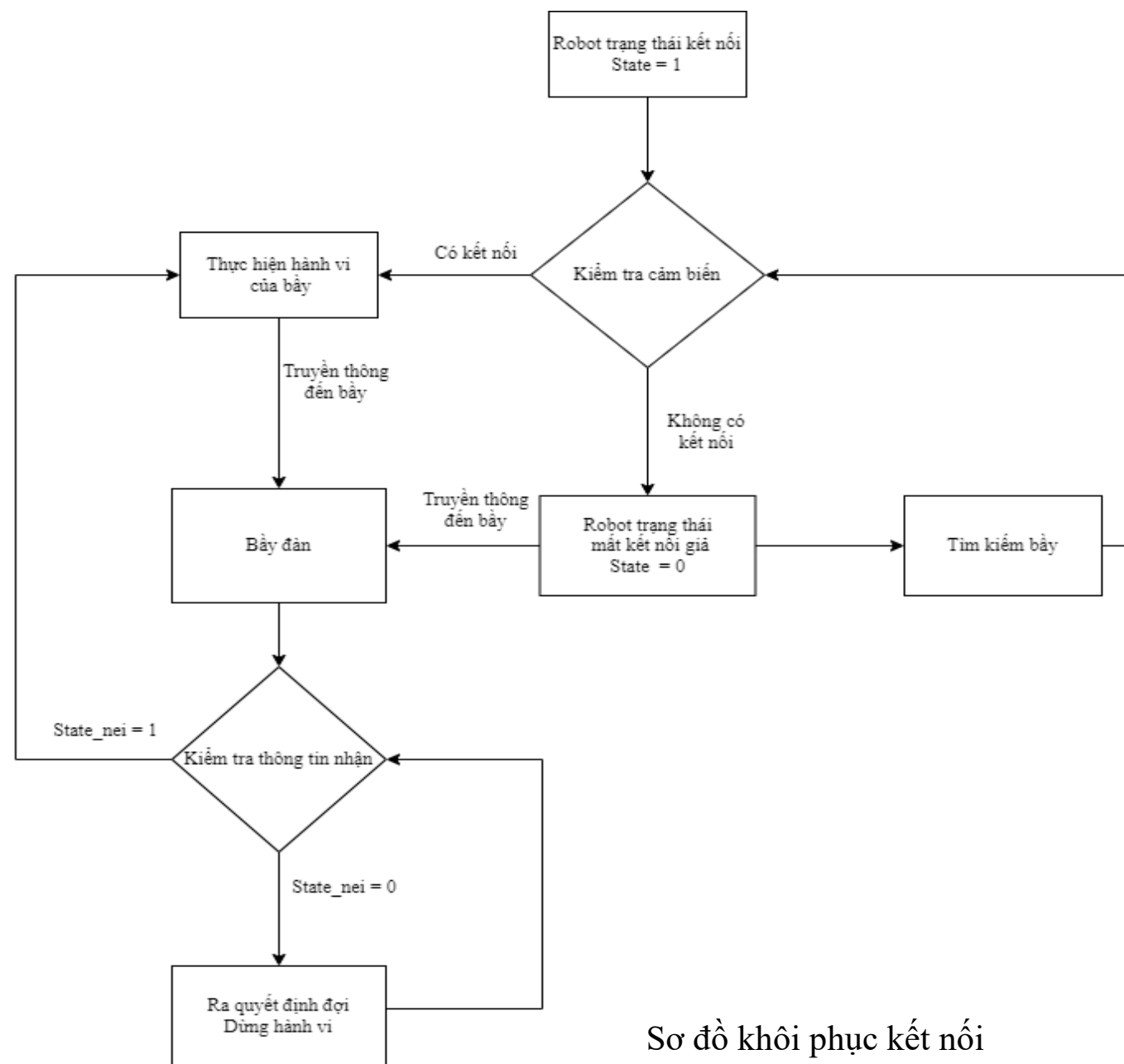
Trạng thái kết nối



Trạng thái mất kết nối giả



Trạng thái mất kết nối



Sơ đồ khôi phục kết nối



### 3. Phương pháp đánh giá và kết quả

## A. Phương pháp đánh giá

Mức độ đồng nhất hướng – Order [8]

$$\psi(t) = \frac{1}{N} \left| \sum_{k=1}^N (e^{i\theta_k}) \right|$$

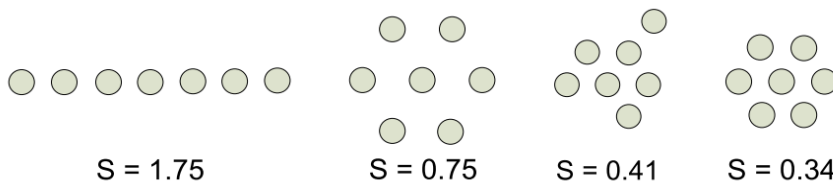
Trong đó,  $N$  là số lượng robot trong bầy,  $\theta_k$  là hướng góc lệch c trong khoảng thời gian  $t$ .

Mức độ trật tự của bầy – Entropy [9]

$$H(h) = \sum_{k=1}^M (p_k \log 2(p_k))$$

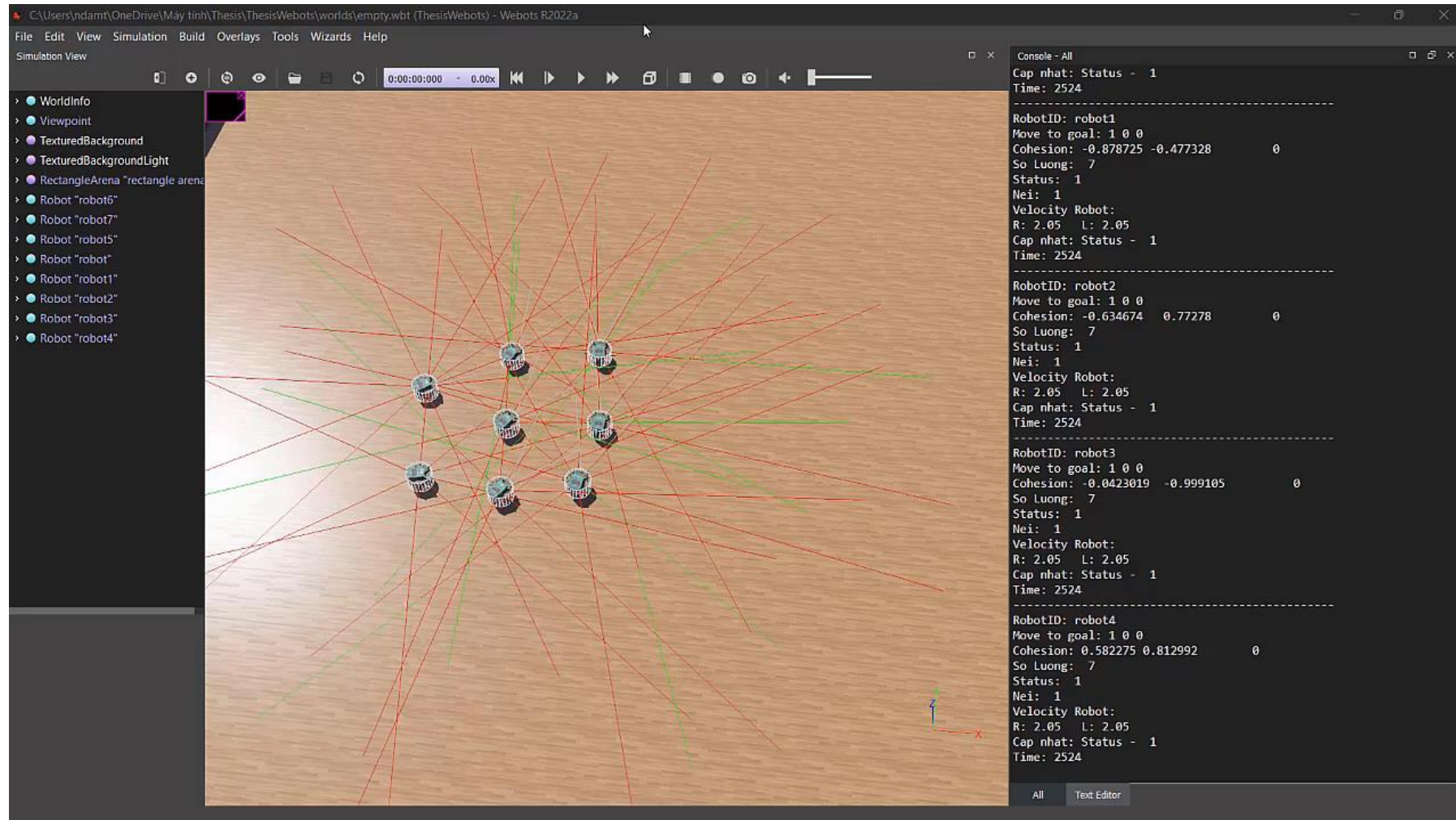
Trong đó  $p_k$  là tỷ lệ của các cá thể trong bầy thứ  $k$  và  $M$  là số lượng bầy cho một  $h$  nhất định.

$$S = \int_0^{\infty} H(h) dh$$



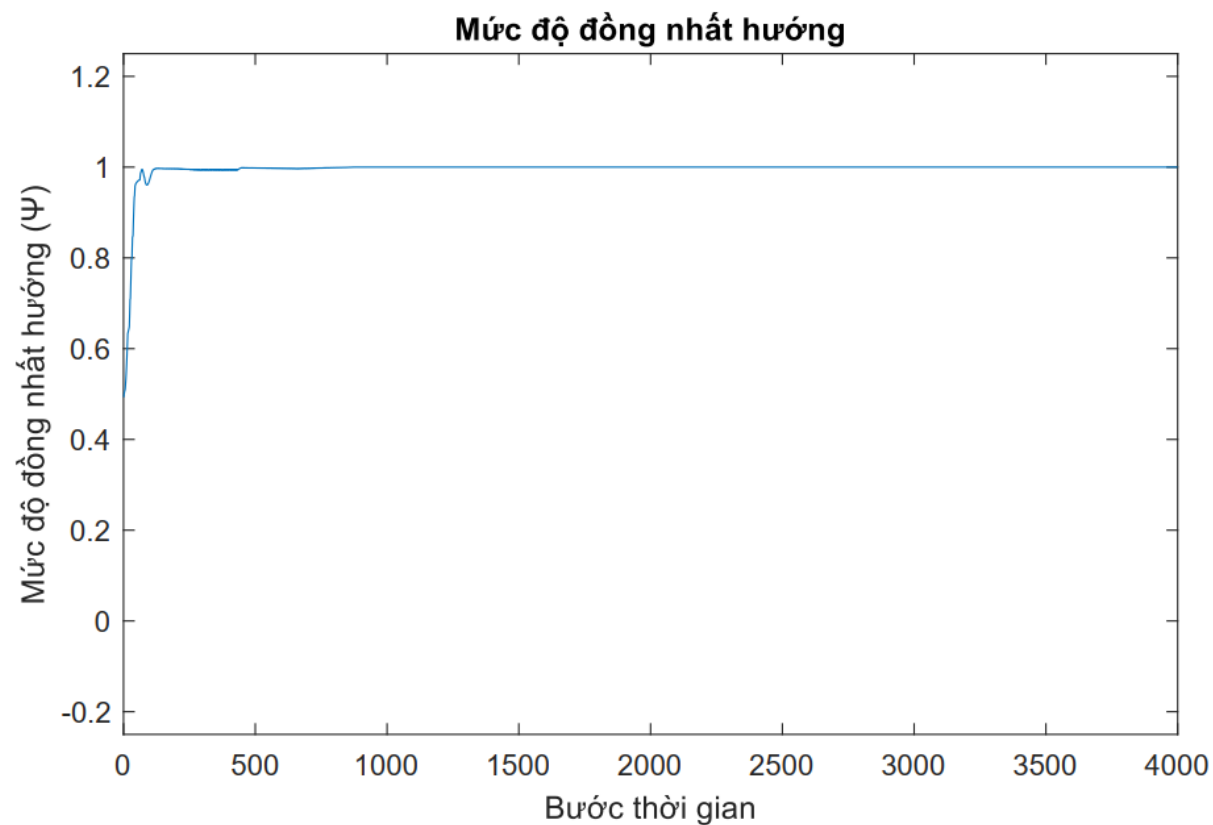
# VIDEO MÔ PHỎNG

## Thí nghiệm 1: Trường hợp bầy di chuyển thẳng

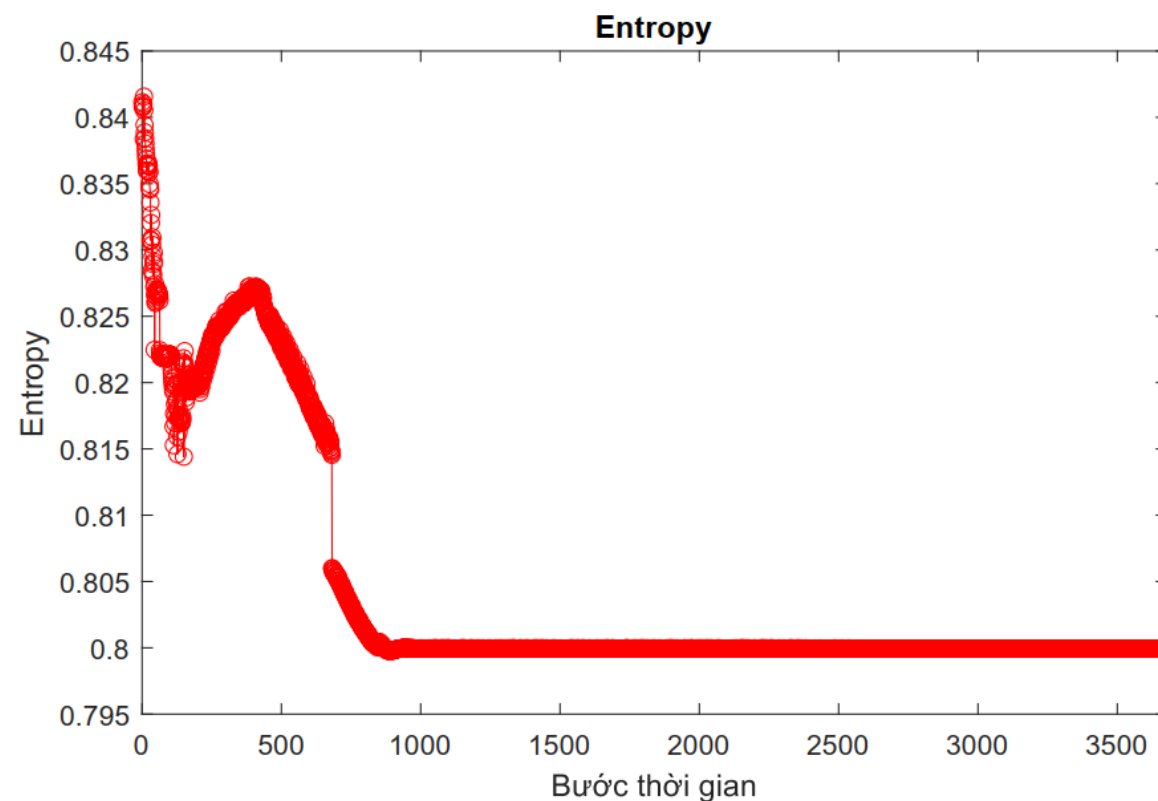


# Kết quả đánh giá – TN1

Mức độ đồng nhất hướng của bầy - Order

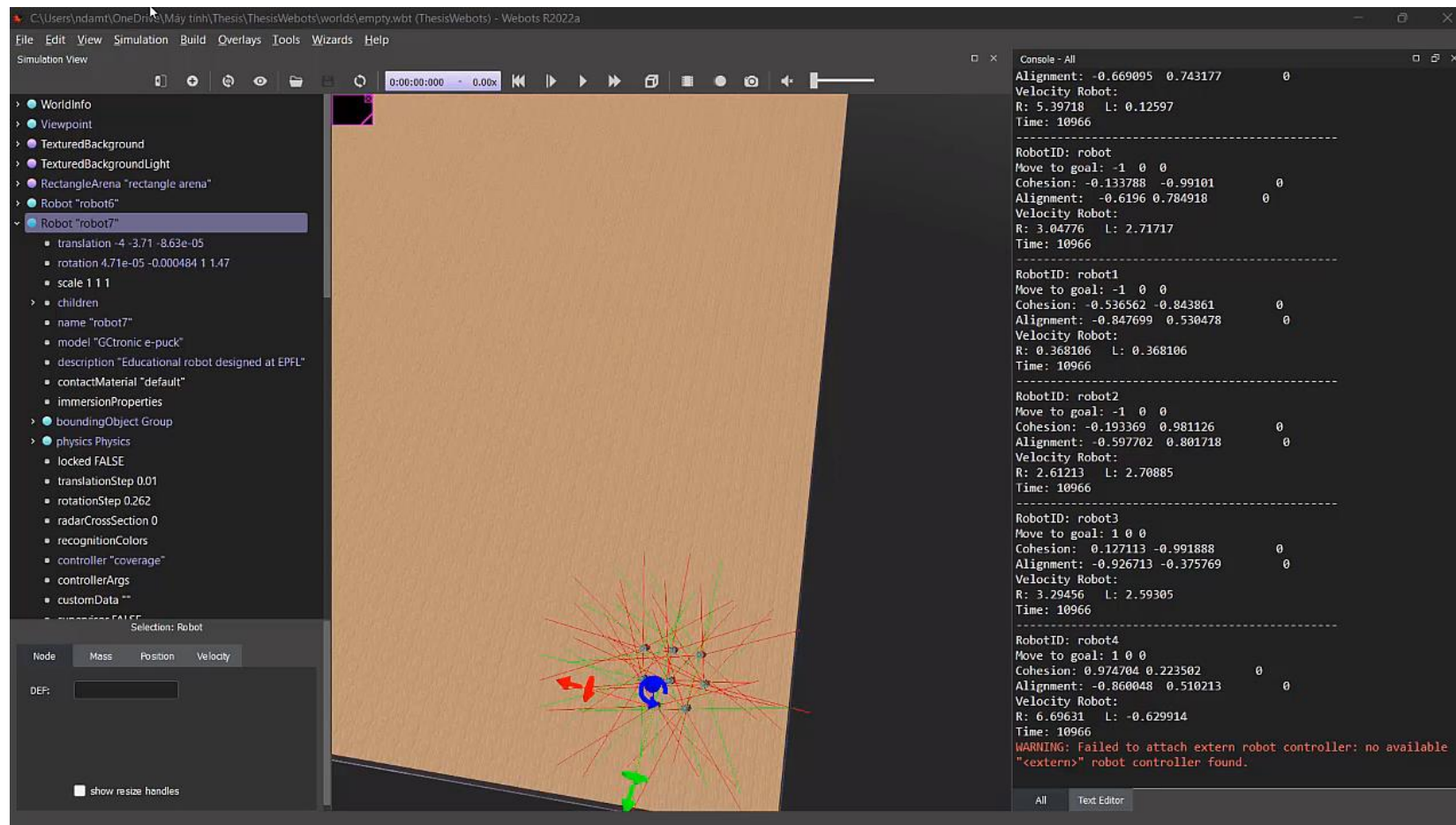


Mức độ trật tự của bầy - Entropy



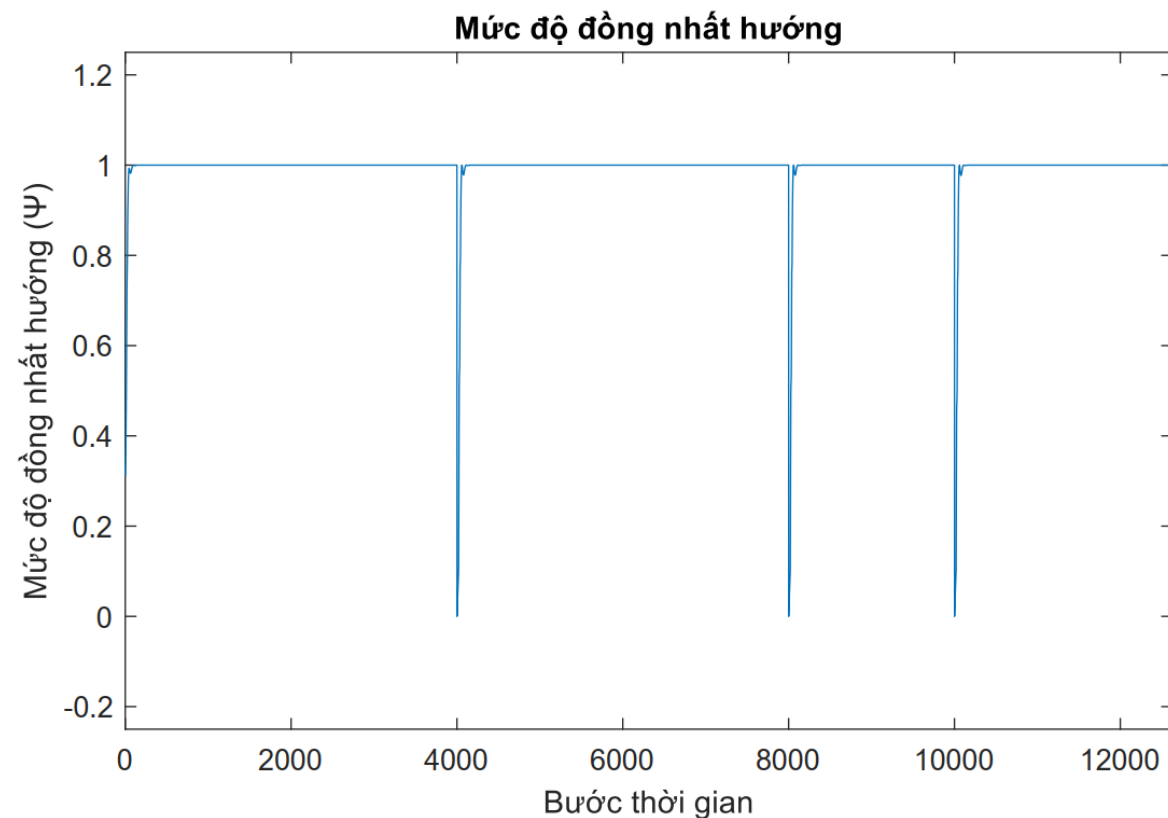
# VIDEO MÔ PHỎNG

## Thí nghiệm 2: Trường hợp bày di chuyển theo hình vuông

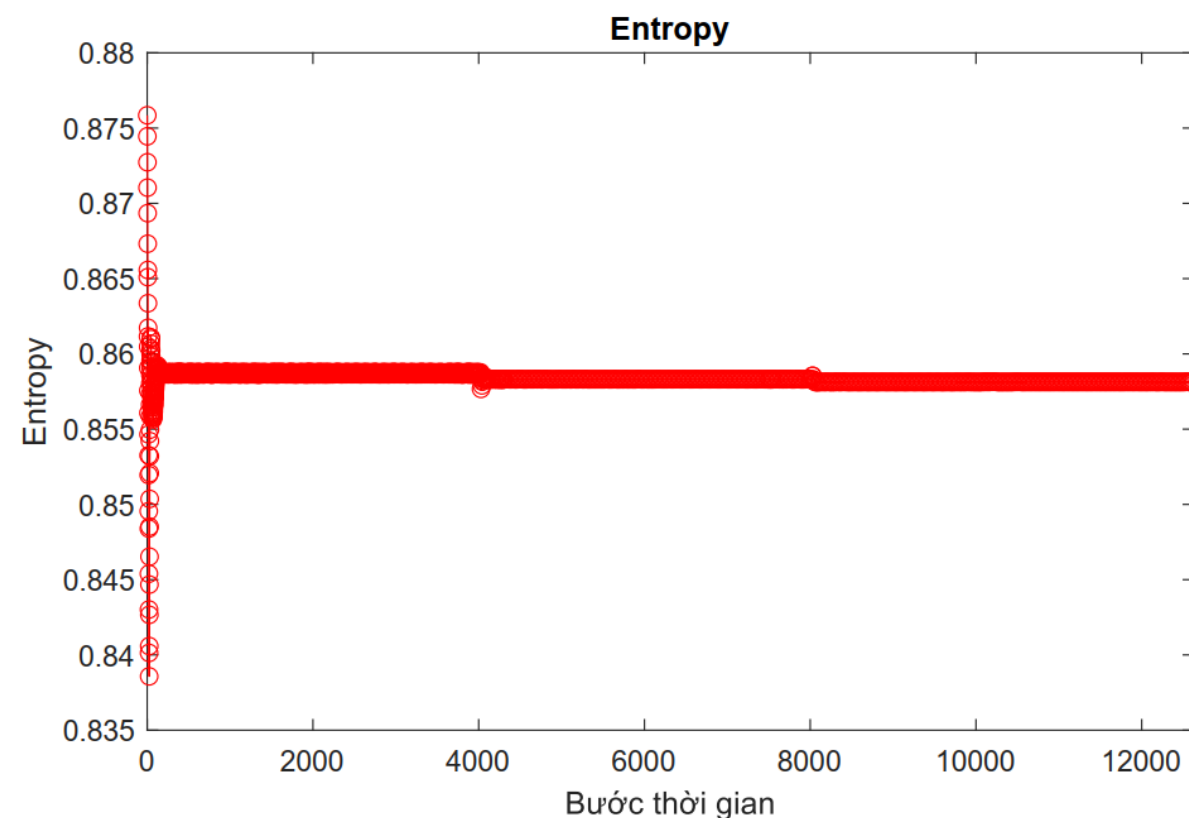


# Kết quả đánh giá – TN2

Mức độ đồng nhất hướng của bầy – Order



Mức độ trật tự của bầy - Entropy





## 4. Kết luận và hướng phát triển

---

## 4. Kết luận

---

Đồ án đã hoàn thành các mục tiêu đề ra và đạt được các kết quả cụ thể.

- + Đồ án đã thực hiện điều khiển hành vi trên mô hình mô phỏng BOIDS của Reynolds
- + Đồ án đề xuất 3 trạng thái mới giúp bày tránh mất thành viên và ổn định khi di chuyển.

=> Phù hợp với mô hình hệ thống bày đàn với các thành viên với thành viên thực tế với nhiều.

## 4. Hướng phát triển

- + Cải thiện thuật toán để đưa các thành viên trong bầy có kết nối trở lại một cách trơn tru.
- + Phát triển để các thành viên mất kết nối có thể có kết nối trở lại.
- + Có thể dựa vào, các mô hình học sâu hoặc học tăng cường để từ đó tìm ra các hệ số điều khiển.

# Tài liệu đề cập được trích dẫn

- [1] Reza Olfati-Saber, J Alex Fax và Richard M Murray (2007), “Consensus and cooperation in networked multi-agent systems”. Proceedings of the IEEE, tập 95, số 1, tr. 215–233.
- [2] Wei Ren và Randal W Beard (2008), Distributed consensus in multi-vehicle cooperative control, tập 27 (Springer).
- [3] Ali Jadbabaie, Jie Lin và A Stephen Morse (2003), “Coordination of groups of mobile autonomous agents using nearest neighbor rules”. IEEE Transactions on automatic control, tập 48, số 6, tr. 988–1001.
- [4] Manuele Brambilla, Eliseo Ferrante, Mauro Birattari và Marco Dorigo (2013), “Swarm robotics: a review from the swarm engineering perspective”. Swarm Intelligence, tập 7, số 1, tr. 1–41.
- [5] Ali E Turgut, Hande C, elikkanat, Fatih Gökçe và Erol Sahin (2008), “Selforganized flocking in mobile robot swarms”. Swarm Intelligence, tập 2, số 2, tr. 97–120.
- [6] Tamás Vicsek và Anna Zafeiris (2012), “Collective motion”. Physics reports, tập 517, số 3-4, tr. 71–140
- [7] Craig W Reynolds (1987), “Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model”. Trong “Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques”, tr. 25–34
- [8] Tamás Vicsek, András Czirók, Eshel Ben-Jacob, Inon Cohen và Ofer Shochet (1995), “Novel type of phase transition in a system of self-driven particles”. Physical review letters, tập 75, số 6, tr. 1226.
- [9] Tucker Balch (2000), “Hierarchic social entropy: An information theoretic measure of robot group diversity”. Autonomous robots, tập 8, số 3, tr. 209–238.

**CẢM ƠN VÌ ĐÃ THEO DÕI**