



Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Cómputo



Ingeniería en Inteligencia Artificial, Algoritmos bioinspirados
Sem: 2025-1, 5BM1, Fecha: 6-Enero-2025

LA HORMIGA DE LANGTON Y LA INTERACCIÓN ENTRE DIFERENTES HORMIGUEROS

Presenta

Angeles López Erick Jesse¹

Disponible en:
GITHUB

Resumen

Palabras clave:

¹eangeles11700@alumno.ipn.mx

Índice

| | |
|--|----------|
| 1. Introducción | 3 |
| 2. Marco Teórico | 3 |
| 2.1. Funcionamiento de la Hormiga de Langton | 3 |
| 2.2. Clasificación: Agente y Autómata Celular | 4 |
| 3. Objetivo de la Práctica | 5 |
| 4. Metodología | 5 |
| 4.1. Diseño de Software | 5 |
| 4.2. Comportamiento de una sola Hormiga de Langton | 5 |
| 4.3. Interacción de múltiples hormigas en el mismo espacio | 7 |
| 4.4. interacción entre múltiples hormigueros | 8 |
| Referencias | 9 |

1. Introducción

La hormiga de Langton, creada por Chris Langton en 1986, es un modelo computacional sencillo que genera comportamientos emergentes y patrones complejos a partir de reglas simples. Originalmente, la hormiga sigue dos reglas básicas que dan lugar a un comportamiento caótico e impredecible. Este modelo es un excelente ejemplo de sistemas dinámicos en los que reglas locales producen estructuras globales.

En esta práctica, exploramos el comportamiento de la hormiga de Langton bajo diferentes condiciones, como cambios en las reglas, la interacción de múltiples hormigas en un mismo espacio y el establecimiento de colonias. Nuestro objetivo es analizar las dinámicas emergentes y las densidades de los estados en el tablero, así como estudiar la expansión del área inicial ocupada por las hormigas. Para ello, se diseñó un software específico que permite realizar simulaciones personalizadas y graficar los resultados.

2. Marco Teórico

2.1. Funcionamiento de la Hormiga de Langton

La hormiga de Langton se desplaza sobre una cuadrícula bidimensional (teóricamente infinita) en la que cada celda puede tener un estado de 0 o 1. Sigue dos reglas simples:

1. Si la hormiga está en una celda con estado 0:
 - Cambia el estado de la celda a 1.
 - Gira 90° a la derecha y avanza.
2. Si la hormiga está en una celda con estado 1:
 - Cambia el estado de la celda a 0.
 - Gira 90° a la izquierda y avanza.

Esta configuración inicial se conoce como la regla **RL**, donde:

- El tamaño de la regla define el número de estados consecutivos, en este caso $\{0, 1\}$.
- **R** y **L** indican giros a la derecha (**Right**) e izquierda (**Left**), respectivamente.
- El nuevo estado es el consecutivo en el ciclo. Por ejemplo, del estado 0 pasa al estado 1, y del estado 1 regresa al estado 0.

Bajo esta estructura, pueden definirse múltiples reglas, como la regla **LLR**, que sigue estas instrucciones:

- Si el estado es 0, gira a la izquierda.
- Si el estado es 1, gira a la izquierda.
- Si el estado es 2, gira a la derecha.

2.2. Clasificación: Agente y Autómata Celular

La hormiga de Langton puede ser catalogada tanto como un agente como un autómata celular:

- **Agente:** Es una entidad autónoma que toma decisiones individuales basadas en ciertas reglas, lo que coincide con el comportamiento definido anteriormente de la hormiga.
- **Autómata celular:** Un sistema dinámico compuesto por celdas que cambian de estado según una vecindad y una función de transición. Aunque la definición no parece encajar perfectamente, el comportamiento de la hormiga puede replicarse definiendo estados y reglas específicas.

Por ejemplo, para la regla **RL**, el autómata celular equivalente se define de la siguiente manera:

- **Dimensión:** Plano bidimensional.
- **Estados:** Se extienden los estados originales $\{0, 1\}$ para incluir información sobre la dirección de la hormiga: $\{0, 0_U, 0_D, 0_L, 0_R, 1, 1_U, 1_D, 1_L, 1_R\}$, donde el subíndice indica la dirección.
- **Vecindad:** Vecindad de Neumann (los cuatro vecinos ortogonales más cercanos y la celda central).
- **Función de transición:** Las reglas incluyen:

- Si una celda contiene una hormiga, su estado cambia al estado sin hormiga:

$$c(t) = x_y \rightarrow c(t+1) = x$$

- Si una celda vecina contiene una hormiga mirando hacia ella, adquiere el estado correspondiente con la nueva dirección. Por ejemplo, a continuación se define el comportamiento de una celda si su vecina izquierda tiene una hormiga mirando a la derecha:

$$c_{(-1,0)}(t) = x_R, c(t) = 0 \rightarrow c(t+1) = 1_D, \forall x \in \text{Estados iniciales}$$

$$c_{(-1,0)}(t) = x_R, c(t) = 1 \rightarrow c(t+1) = 0_U, \forall x \in \text{Estados iniciales}$$

Este autómata celular está diseñado únicamente para una hormiga.

3. Objetivo de la Práctica

El objetivo de esta práctica es estudiar los siguientes aspectos:

- El impacto de diferentes reglas sobre el comportamiento de las hormigas.
- Las interacciones entre múltiples hormigas en un mismo espacio.
- La formación, el comportamiento y la interacción entre colonias independientes.

Durante las pruebas, se analizarán y graficarán las densidades de los estados de las celdas y la expansión desde el punto inicial. Las simulaciones se llevaron a cabo utilizando un software desarrollado específicamente para esta práctica, detallado en la sección de metodología.

4. Metodología

4.1. Diseño de Software

El software fue desarrollado en C++ utilizando el proyecto *Graphic Mode*, que implementa interfaces gráficas mediante la librería SFML. Este programa incorpora múltiples elementos esenciales para la práctica, tales como:

- Creación y manipulación de *frames*.
- Implementación de botones interactivos.
- Campos de texto para la entrada de datos.
- Representación de cuadrículas y gráficas.

Estas herramientas permiten diseñar un entorno visual adecuado para simular, visualizar y analizar el comportamiento de las hormigas de Langton.

4.2. Comportamiento de una sola Hormiga de Langton

Tradicionalmente, la hormiga de Langton se define por la regla **RL**, donde:

- Si el estado de la casilla es 0, la hormiga gira a la derecha.
- Si el estado de la casilla es 1, la hormiga gira a la izquierda.

Este comportamiento genera dos dinámicas principales:

1. Un comportamiento inicial caótico y aparentemente aleatorio.

2. La formación de un patrón cíclico conocido como “carretera”, que permite a la hormiga expandirse de forma infinita en una dirección.

En la Figura 1 se muestra el resultado de una única hormiga tras realizar 10,000 pasos. Posteriormente, en la Figura 2, se observa la construcción de la carretera, que se establece casi inmediatamente después. La gráfica del crecimiento muestra una expansión constante desde ese punto.

Cada gráfico utiliza colores para representar los diferentes estados, donde las casillas negras indican áreas no visitadas y, por lo tanto, sin un estado asignado.

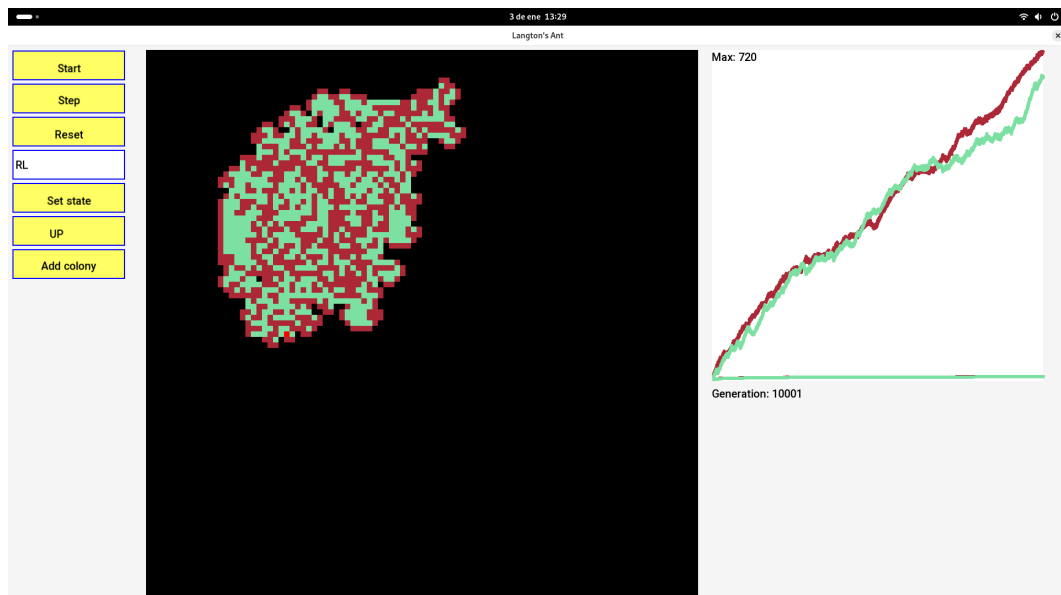


Figura 1: Primeros 10,000 pasos de una hormiga con regla RL.

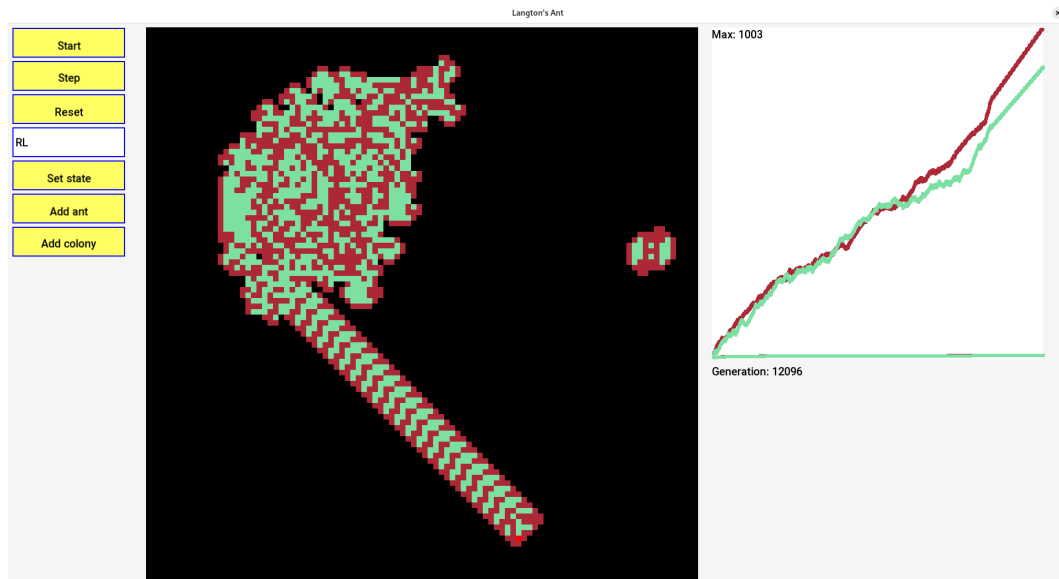


Figura 2: Construcción de la carretera de una hormiga con regla RL.

Como se mencionó anteriormente, las hormigas de Langton pueden adoptar múltiples reglas, lo que permite simular y analizar comportamientos variados en el espacio bidimensional.

A continuación se muestran algunas configuraciones creadas por diferentes reglas.

4.3. Interacción de múltiples hormigas en el mismo espacio

En un espacio que tenga N estados pueden existir todas las hormigas cuya regla tenga la misma longitud.

El comportamiento pseudo-aleatorio de la hormiga de Langton puede volverse mas caótico con la interacción de múltiples hormigas tal como se observa en la figura 3.

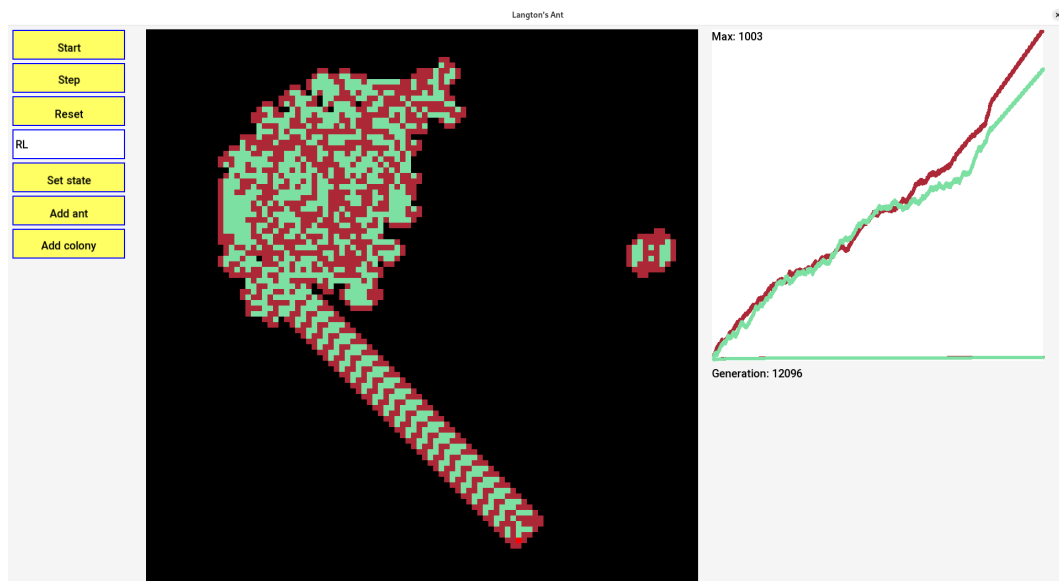


Figura 3: Construcción de la carretera de una hormiga con regla RL.

4.4. interacción entre múltiples hormigueros

Referencias

[1]