

Diseño de un algoritmo de enjambre para el trabajo colaborativo de mini robots para recoger y clasificar piezas de diferentes formas y colores. Propuesta de semillero de investigación SYNAP

Design of a swarm algorithm for collaborative work of mini robots to collect and classify pieces of different shapes and colors. Seed proposal SYNAP Research

Roberto Encarnación Mosquera¹

¹Facultad de Ingenierías, Universidad Cooperativa De Colombia
¹roberto.encarnacion@ucc.edu.co

Resumen— Los enjambres están conformados típicamente por una población de agentes computacionales simples capaces de percibir y modificar su ambiente de manera local. Tal capacidad hace posible la comunicación entre los individuos, que detectan los cambios en el ambiente generado por el comportamiento de sus semejantes. Dentro de esta rama las técnicas principales son: la optimización por enjambre de partículas (Particle Swarm Optimization– PSO) y la optimización por colonia de hormigas (Ant Colony Optimization– ACO). Existen otros algoritmos que pueden ser catalogados dentro de esta rama, como lo son la optimización por enjambre de bacterias (Bacteria Swarm Foraging Optimization– BSFO), la búsqueda por difusión estocástica (Stochastic Diffusion Search– SDS) y el algoritmo de colmena de abejas artificiales (Artificial Bee Hive Algorithm– ABHA) [1]. Es necesario investigar en profundidad para poder encontrar metodologías que permitan el diseño, y la predicción certera de comportamientos de enjambre, partiendo de las características de los agentes individuales del enjambre. Para ello, son esenciales para el estudio sistemático de comportamientos herramientas de seguimiento, como el seguimiento por video. Este proyecto se dedica la investigación sobre el diseño y optimización de reglas de interacción para un grupo de búsqueda y clasificación de piezas por colores, donde los robots tratan de lograr eficiencia temporal en la realización de una tarea de forma colectiva [2].

Palabras claves— Algoritmo, inteligencia enjambre, mini robot.

Abstract— The swarms are typically made up of a population of simple computational agents able to perceive and modify their environment locally. Such capacity makes communication possible between individuals, which detect changes in the environment generated by the behavior of their peers. Within this branch the main techniques are: Particle Swarm Optimization (PSO) and ant colony optimization (ACO). There are other algorithms that can be cataloged within this branch, such as Bacteria Swarm Foraging Optimization (BSFO), Stochastic Diffusion Search (SDS) and Bee Hive Algorithm (Artificial Bee Hive Algorithm- ABHA) [1]. It is necessary to investigate in depth to be able to find methodologies that allow the design, and the accurate prediction of swarming behaviors, starting from the characteristics of the individual agents of the swarm. For this, they are essential for the systematic study of behaviors follow-up tools, such as video monitoring. This project is dedicated to research on the design and optimization of interaction rules for a group of search and classification of pieces by colors, where robots try to achieve temporary efficiency in the accomplishment of a task collectively [2].

Keywords— Algorithm, swarm intelligence, mini robot.

1. Introducción

El presente trabajo tiene como propósito central la inclusión de una nueva línea de investigación para el trabajo del semillero SYNAP, como parte integral del grupo de investigación en ingeniería aplicada de la Universidad Cooperativa de Colombia en la sede

Popayán. Es un proyecto formativo, donde los estudiantes aprende a realizar revisiones sistemáticas de la información relevante a la robótica, modelos de inteligencia de enjambre y trabajo colaborativo. Después de ello, se hace una selección de del tipo de enjambre más apropiado para la clasificación y

categorización de piezas de colores distintos y que determine una optimización en los tiempos de resolución de dicho problemas. Los estudiantes del semillero SYNAP, los cuales se están formando como ingenieros de sistemas, su responsabilidad en el proyecto es apoyar la determinación del algoritmo, más que dedicarse al tema de la construcción electrónica de los mini-robots. En cuyo caso se emplearán desarrollos ya realizados pero que tengan la posibilidad de estructurar inteligencia colectiva para lograr conseguir una base de conocimientos lo suficientemente robusta para la resolución del problema de clasificación y priorización. El artículo está descrito de la siguiente manera: inicialmente se hace el planteamiento de un problema desde lo formativo, seguidamente se dan unas definiciones conceptuales y seguidamente en el desarrollo de la temática central del texto se describen los aspectos de la generación de nuevo conocimiento en esta investigación formativa. Finalmente se describen las conclusiones y las referencias.

2. Planteamiento del problema

Los procesos de formación en ingeniería hoy en día demandan un aprovechamiento y adquisición de competencias más oportuno por parte de los estudiantes. Cada vez la cantidad de información y las competencias que se deben adquirir tienen una mayor exigencia y demandan una atención prioritaria. No debe esperarse a que estudiantes de últimos semestres sean los que únicamente puedan ver o analizar las temáticas de inteligencia artificial y/o robótica, dado que estas temáticas son de especial interés en la elección de su formación profesional. Desde el punto de vista formativo en la Facultad de Ingenierías de Universidad Cooperativa de Colombia sede Popayán, no se tienen estructurados proyectos relacionados con Inteligencia Artificial y Robótica que promuevan el interés en esta línea por parte de los estudiantes.

El desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial con características de cognición para la resolución de problemas, exigen cada vez más infraestructura tecnológica para su despliegue. Los requerimientos de software y hardware son día a día mayores, requieren de unas inversiones considerables para lograr una apropiada velocidad de respuesta en el rendimiento de los sistemas. No han sido aprovechadas las ventajas que se tienen con el uso de inteligencias de enjambre para la resolución de problemas.

Se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Por medio del diseño de un algoritmo basado en parámetros de inteligencia artificial de enjambre para trabajo colaborativo de mini robots, es posible disminuir el tiempo en la resolución de tareas de clasificación de piezas de diferentes formas y colores?

3. Definiciones conceptuales

3.1 Robótica colaborativa

La necesidad de adaptación de los sistemas al ambiente determina la capacidad de aprendizaje y la colaboración colectiva que se debe tener para lograr la resolución de problemas complejos, es por ello que se busca con la robótica colaborativa obtener la mayor flexibilidad para resolver una gran cantidad de tareas mediante la estructura de un conocimiento colectivo [3]. Con el inicio del desarrollo en robótica colectiva en 1990 se desarrollaron sistemas multi-robot para realizar tareas básicas como dispersarse, reunirse y realizar búsquedas. A partir de estos estudios se determina que la mejor tarea que realizan los robots es empujar objetos. Una de las principales fallas que se presentaron con los sistemas multi-robot fue la comunicación entre individuos, lo que dio origen a la arquitectura de la tolerancia a fallos a nivel de comunicación con el proyecto “Martha” [4]. El MIT inicia sus trabajos incorporando el concepto de “Enjambres robóticos”, donde aplica las conductas animales para incorporarlas a las máquinas. El control de muchos individuos robóticos sin un mando central, se logra creando varios robots simples pero que estén dotados de la capacidad de resolver problemas en conjunto, destacando la simplicidad de las tareas individuales que se realizan. En estos casos el uso de comportamientos animales como el de los rastros que es copiado de las hormigas, permite resolver problemas como los de encontrar la menor distancia con la menor cantidad de obstáculos [5]. Actualmente los robots son utilizados para realizar tareas peligrosas, duras y repetitivas tales como la automoción (soldaduras, pintura, ensamble de piezas). En medicina son utilizados para investigación en ensayos peligrosos y mover objetos. También son usados en exploración en el fondo marino y en el espacio. En la imitación de comportamiento animal tales como las bandadas de pájaros, donde cada robot se rige a cuatro reglas básicas:

1. Evitar la colisión con los otros robots de la bandada.
2. Correspondencia de velocidad: lo cual se refiere a que cada robot intentara mantener la misma velocidad que sus colegas más cercanos.
3. Agrupamiento: Cada robot intentará acercarse a sus colegas sin colisionar.
4. Velocidad de viaje: La banda de robots deberá seguir un rumbo con velocidad constante [6].

3.2 Inteligencia de enjambres

Esta disciplina pertenece a la Inteligencia artificial enfocándose en analizar el comportamiento colectivo de los sistemas que carecen de una coordinación, que son auto-organizados, naturales o artificiales. El término inteligencia de enjambre fue generado por Gerardo Beni y Wang Jing en 1989, en el contexto de los sistemas robóticos móviles [7].

Inspirados por la naturaleza, especialmente por ciertos sistemas biológicos, los sistemas de inteligencia de enjambre están típicamente formados por una población de agentes simples que interactúan localmente entre ellos y con su medio ambiente. Los agentes siguen reglas simples y aunque no existe una estructura de control centralizado que dictamine el comportamiento de cada uno de ellos, las interacciones locales entre los agentes conducen a la emergencia de un comportamiento global complejo. Como ejemplos naturales se incluyen las colonias de hormigas, el alineamiento de las aves en vuelo, el comportamiento de rebaños durante el pastoreo y el crecimiento bacteriano [1].

3.3 Robótica de enjambres

Se caracteriza por ser tipo de coordinación de sistemas basados en agentes, que en este caso están conformados por muchos robots relativamente simples. El objetivo de esta aproximación es estudiar el diseño de robots (tanto a nivel físico, como de sus conductas de comportamiento), para lograr que se puedan obtener patrones de comportamiento colectivo predeterminados por las interacciones entre robots y de estos con su entorno, siguiendo patrones de comportamiento como los que se observan en los insectos sociales, llamados inteligencia de enjambre.

Se ha descubierto que al mejorar un juego de comportamientos individuales relativamente primitivos mediante sistemas de comunicación, surgirán un amplio conjunto de comportamientos complejos de enjambre. A diferencia de los sistemas de robótica distribuida en

general, la robótica de enjambres enfatiza en el uso de un elevado número de robots, y promueve la escalabilidad, por ejemplo empleando únicamente comunicación local. Dicho tipo de comunicación se consigue mediante utilización de sistemas de transmisión inalámbrica, tanto por Radio Frecuencia como por Infrarrojos.

La aplicación potencial de la robótica de enjambres incluye tareas que exijan, por un lado, la miniaturización extrema (nanorobótica, microrobótica), como por ejemplo sistemas distribuidos de sensores y actuadores en micro maquinaria o el cuerpo humano. Y por otro lado, la robótica de enjambres está indicada para tareas que exijan diseños extremadamente económicos, como por ejemplo para tareas de minería, o para sistemas de medición en agricultura. Artistas de vanguardia se valen de las técnicas relacionadas con la robótica de enjambres para crear nuevas formas de instalaciones de arte interactivo.

Tanto la miniaturización como el coste son factores restrictivos que enfatizan la simplicidad de los agentes individuales que componen el equipo, y por ende, motivan aproximaciones de inteligencia de enjambre para conseguir comportamientos que tengan sentido a ese nivel.

Este tipo de sistemas comparados con sistemas tradicionales, hacen ver que se pueden necesitar componentes complejos o una gran capacidad de procesamiento para conseguir llevar a cabo las tareas que tiene asignadas, el uso de robots simples tiene las siguientes ventajas [8]:

- Los sistemas robóticos de enjambre son tolerantes a fallos y robustos, ya que pueden seguir en funcionamiento ante el fallo de una unidad.
- Son sistemas con una alta escalabilidad, donde el tamaño del enjambre puede ser aumentado o disminuido según la tarea lo requiera.
- Enfatizan el uso del paralelismo, donde un conjunto de robots puede llevar a cabo una tarea más rápido que un único robot, descomponiendo la tarea en sub-tareas y ejecutándolas de manera concurrente.
- Y por regla general los sistemas de enjambre suelen ser más económicos. El coste de estos sistemas permite que sea factible la reparación o sustitución de estos equipos.

La aplicación de los principios enjambre a robots se llama robótica de enjambres, mientras que el término

"inteligencia de enjambre" se refiere al conjunto más general de los algoritmos. 'Predicción de Enjambres' se ha utilizado en el contexto de los problemas de previsión.

3.4 Optimización en la resolución de problemas

Cuando se quiere resolver aspectos relacionados con optimización, desde la interpretación de un problema del contexto real, se debe pensar en la necesidad de estructurar un modelo matemático que permita hacer la abstracción coherente. Este escenario es estudiado desde el dominio de las matemáticas con la ayuda de la investigación de operaciones. Tomando dichos modelos como referencias y al considerar una solución computacional, la inteligencia artificial (IA) permite encontrar la solución óptima en problemas de alta complejidad, tanto en espacios continuos como discretos. Los algoritmos de optimización son procedimientos matemáticos que encierran un valor $\theta_i \in \mathbb{R}^n$, donde \mathbb{R}^n es un espacio n-dimensional de búsqueda, que minimiza o maximiza una función $J(\theta)$ [1], considerando algunas restricciones que están descritas en el modelo matemático inicial. La variable θ_i puede ser un escalar o un vector de valores discretos o continuos llamados funciones factibles, mientras que $J(\theta)$ es llamada función objetivo. De acuerdo a los conceptos de investigación de operaciones, una solución factible que minimiza o maximiza la función objetivo es llamada una solución óptima. Un tipo de problemas de optimización son aquellos que requieren combinaciones de valores, y se le denomina de optimización combinatoria [9]. En este proyecto se deben describir los lineamientos para resolver el problema de recolección y clasificación de piezas teniendo en cuenta las restricciones de color y forma.

Las evoluciones en los métodos de optimización combinatoria evolucionan vertiginosamente desde la resolución por búsquedas locales hasta el uso de algoritmos de poblaciones de múltiples agentes. Estos últimos son muy populares actualmente puesto que proveen buenas soluciones al utilizar un método constructivo para la obtención de la población inicial, y una técnica de búsqueda local para mejorar la solución de la población. Los métodos basados en poblaciones tienen la ventaja adicional de ser capaces de combinar buenas soluciones en orden de obtener unas mejores, ya que se considera que las buenas soluciones comparten

componentes con las soluciones óptimas. Este concepto es denominado computación evolutiva y en el contexto de este trabajo es fundamental su aporte, dado que para el caso de algoritmos de enjambre se tiene como referencia su propia taxonomía.

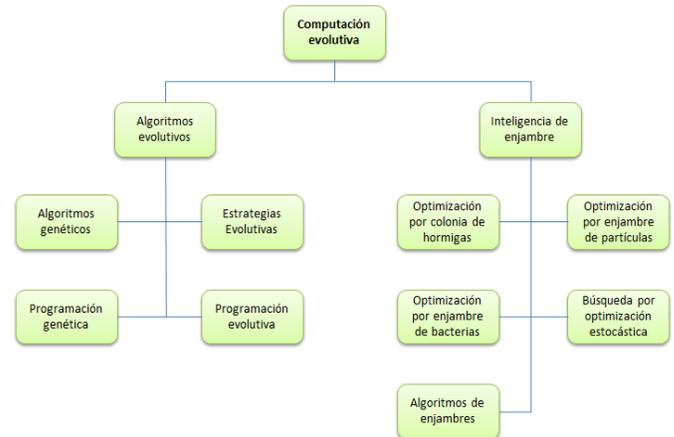


Figura 1. Computación evolutiva ([1]).

En el desarrollo de este proyecto se revisarán los lineamientos de cada uno de estos métodos de optimización combinatoria que permitirán al final determinar los parámetros necesarios para el algoritmo de enjambre

4. Resultados esperados

Con el desarrollo de este proyecto se pretende dar inicio al trabajo en la línea de investigación de inteligencia artificial en el semillero de investigación SYNAP, el cual está adscrito al Grupo de investigación en ingeniería aplicada de la universidad cooperativa de Colombia sede Popayán. Seguidamente se pretende obtener las competencias de los estudiantes en el análisis sistemático de información por parte de los estudiantes que conforman el semillero. También se espera documentar dos (2) artículos de investigación aplicada que estén relacionados con robótica de enjambre e inteligencias de enjambre. Finalmente se pretende obtener un producto de nuevo conocimiento como lo es el algoritmo de recolección y clasificación por colores de las piezas distribuidas en un espacio bidimensional y acotado.

5. Actividades metodológicas propuestas

Algunas actividades metodológicas propuestas se centran en:

- Fundamentar teóricamente los métodos que emplean inteligencia artificial para implementación de algoritmos de enjambre.
- Fundamentar teóricamente los métodos que establecen el trabajo colaborativo para la solución de problemas.
- Categorizar y analizar las variables involucradas en los métodos que integran el diseño de algoritmos de enjambre.
- Identificar las variables que intervienen en el marco de trabajo basado en trabajo colaborativo.
- Realizar un Match entre los métodos de diseño de algoritmos de enjambre y trabajo colaborativo basado en inteligencia artificial.
- Determinar el método que más se ajusta de acuerdo a las variables identificadas.
- Sistematizar y analizar la información recopilada en matrices de análisis
- Elaborar un informe del trabajo realizado.
- Establecer los lineamientos de la prueba de clasificación de piezas.
- Formalizar el diseño y ensamble de los mini robots Arduino en motorización.
- Formalizar los procedimientos de comunicación para los mini robots.
- Montaje de instrumentos para la detección de piezas a clasificar.
- Diseño de instrumento que permita evaluar la efectividad de la aplicación del algoritmo de enjambre en la resolución del problema de clasificación de piezas por color y forma.
- Validación del algoritmo de enjambre para trabajo colaborativo de los mini robots.
- Socializar los resultados de la experiencia en campo frente a los actores involucrados de manera directa e indirecta en el proceso.

6. Coherencia con el área estratégica elegida

El proyecto de investigación se enmarca dentro del área estratégica de “Educación e investigación y desarrollo”, en educación por ser uno de los factores que más influye en el avance y progreso de personas y sociedades. Además de proveer conocimientos, la educación enriquece la cultura, el espíritu, los valores y todo

aquello que nos caracteriza como seres humanos, es uno de los pilares fundamentales de la formación universitaria; la educación impartida a los Ingenieros de Sistemas de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Popayán es una formación en donde se requiere de apoyo, acompañamiento, y asesoría, constante, etc. durante todo el proceso de aprendizaje, para que el alumno descubra el sentido a su vida, se trace metas, actúe con disciplina, visión, pasión y conciencia, de igual manera el cuerpo profesoral actúa como verdaderos gestores del conocimiento, al corriente de lo que ocurre y puede ocurrir en el mundo, adaptando su enseñanza a esa comprensión del mundo real. La formación profesional y técnica que se brinda se articula al entorno de las realidades socioeconómicas locales, regionales y nacionales, en el contexto actual, el cual está enmarcado en el contexto mundial de la gestión de las tecnologías de la información y de las comunicaciones. En la investigación por que se genera nuevo conocimiento, además de generar un círculo virtuoso de opiniones, permite mejorar el tema a investigar, ya que ayuda a establecer contacto con la realidad a fin de que se conozca y se entienda mejor, ayuda a desarrollar una creatividad y los dos “educación e investigación” aportan al desarrollo de la región y de la nación.

7. Conclusiones

Dado que el proyecto hasta ahora es un proceso formativo, cabe resaltar que desde ya ha generado impacto en el interés de los estudiantes por pertenecer al semillero de investigación SYNAP y comenzar su proceso de aprendizaje en inteligencia artificial.

Se comienza a la inclusión de una nueva línea de investigación para el semillero.

Este artículo aporta un primer paso en la estructuración de la manera como se debe abordar un proyecto de inteligencia artificial relacionado con conocimiento colectivo.

8. Agradecimiento

En esta oportunidad se agradece la oportunidad de publicación a la Universidad Cooperativa de Colombia, por el tiempo autorizado para el trabajo con el semillero de investigación SYNAP y poder así pertenecer al Grupo de investigación en Ingeniería Aplicada. También agradece a la Red Temática en Inteligencia Ambiental y Tecnologías de la Información y

Comunicaciones – AmiTIC, porque en el marco del 4to. Congreso Internacional AmITIC 2017 abrió el espacio para realizar esta publicación. Agradecer a la Universidad Tecnológica de Panamá por la conformación del equipo de trabajo colaborativo e interinstitucional.

9. Referencias

- [1] Mario A Muñoz, Jesus A López, and Eduardo F Caicedo, "Inteligencia de enjambres: Sociedad para la solución de problemas (Una revisión)," *Revista ingeniería e investigación*, vol. 28, no. 2, pp. 119-130, Apr. 2008.
- [2] (2017) Bristol Robotics Laboratory. [Online]. <http://www.brl.ac.uk/research/researchthemes/swarmrobotics/swarmroboticsystems.aspx>
- [3] A Apolo and A Velasco, "Desarrollo de un sistema de robótica cooperativa entre dos elementos robots tipo robonova," Salgolqui, 2013.
- [4] F ALAMI, "Multi Robot cooperation in the MARTHA project," *Autom mag.*, 1998.
- [5] E Naone. (2001, June) MIT Technologic Review. [Online]. www.technologyreview.esrobotica+cooperativa
- [6] Proyect - Robot. (2014) Barcelona Moon Team. [Online]. www.barcelonamoonteam.com
- [7] Gerardo Beni and Jing Wang, "Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems," Springer, vol. 102, pp. 703-712, 1993.
- [8] SAmpere Tortosa, "Agentes y enjambres artificiales: modelo de comportamientos para sistemas de enjambre robóticos," *El taller digital*, 2013.
- [9] Hamdy Taha, "Modelado con programación lineal," in Taha, Hamdy. Mexico, Mexico: Pearson, 2012, ch. 2, pp. 13-24.