

# Sistemas Multiagentes en Ambientes Dinámicos: Aplicaciones Innovadoras de Agentes Inteligentes en la Industria

Mario Moya

Gerardo Parra

email: {moya.mario,gerardopar}@gmail.com

*Grupo de Investigación en Lenguajes e Inteligencia Artificial*

Departamento de Teoría de la Computación

Facultad de Informática

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Buenos Aires 1400 - (8300)Neuquén - Argentina

## Resumen

Este trabajo se desarrolla en el contexto del proyecto de investigación *Sistemas Multiagentes en Ambientes Dinámicos: Planificación, Razonamiento y Tecnologías del Lenguaje Natural*. Específicamente, en la línea Planificación, estamos intentando aplicar los resultados de nuestra investigación para lograr una implementación de un sistema multiagente en alguna aplicación concreta de la industria regional.

En este trabajo se exploran algunas alternativas de posibles aplicaciones.

**Palabras Clave:** AGENTES INTELIGENTES, SISTEMAS MULTIAGENTES, PLANIFICACIÓN, PLANIFICACIÓN CONTINUA.

## Contexto

Este trabajo está parcialmente financiado por la Universidad Nacional del Comahue, en el contexto del proyecto de investigación *Sistemas Multiagentes en Ambientes Dinámicos: Planificación, Razonamiento y Tecnologías del Lenguaje Natural*. El proyecto de investigación tiene prevista una duración de

tres años, ha comenzado en enero del 2010 y finaliza en diciembre de 2012.

## 1. Introducción

Muchos de los trabajos recientes en planificación dentro de la IA están relacionados con extender la planificación clásica para ambientes dinámicos, e investigar su aplicación en problemas de navegación y exploración, planificación con múltiples robots, o evasión de obstáculos. La aplicación de técnicas de IA para planificación automática está tomando cada vez más relevancia. La razón de esto es que las técnicas de IA no sólo ayudan a automatizar muchas tareas tediosas sino que además proveen mecanismos adecuados para mejorar la calidad de los planes. Hoy en día, estas técnicas son capaces de lidiar con problemas del mundo real que requieren tareas manuales, que tienen costos asociados de ejecución, uso de recursos, criterios de optimización, etc.

En problemas del mundo real pueden ocurrir eventos inesperados durante la realización del plan o durante su ejecución. Cualquier plan generado tiene la desventaja de

que al momento de su ejecución puede estar obsoleto. Mientras se está diseñando el plan y hasta que se pueda ejecutar, probablemente el mundo ya no será el mismo que se percibió en un principio. Es probable que muchas de las acciones ya no sean viables o que conduzcan a una solución equivocada, y de este modo, seguramente el plan fallará.

Puede ocurrir que cuando se ejecute una acción, ésta no tenga el resultado esperado, o bien, que no se pueda ejecutar debido a que las precondiciones que permitían su ejecución ya no se verifiquen para el estado actual.

Para abordar el problema de la planificación en ambientes reales proponemos trabajar con *planificación continua*[10]. En esta aproximación, se presenta un agente que persiste indefinidamente en un entorno, es decir, que no se detiene al alcanzar un meta determinada, sino que sigue ejecutándose en una serie de fases que se repiten e incluyen la formulación de metas, planificar y actuar. En trabajos anteriores, mostramos un framework para el desarrollo de sistemas multiagentes que operen en ambientes complejos y una arquitectura de control que soporte tanto capacidades reactivas como deliberativas, lo que permite un mejor adaptación del agente a un ambiente en particular.

## 2. Líneas de Investigación y Desarrollo

Esta línea de trabajo tiene como objetivo diseñar una aplicación, en el contexto de nuestra industria regional, del framework desarrollado, de manera tal que colabore a solucionar de manera eficiente y beneficiosa, un problema determinado. En esta sección se proponen algunas alternativas para analizar y decidir a cuál de ellas adaptamos nuestro agente. La adaptación del agente a una de estas posibles aplicaciones dependerá, entre otros factores como la disponibilidad de colaboración experta en el problema particular, de la disponibilidad de un robot físico que soporte las capacidades requeridas para

resolver el problema.

Una de estas alternativas intenta solucionar un problema actual en las agroindustrias, como es el control de malezas. Esta alternativa es explorada en la sección 2.1.

En la sección 2.2, se exponen otros problemas en los que se abren puertas para investigar posibles implementaciones.

### 2.1. Control de malezas en agricultura

Desde hace mucho tiempo se ha venido tomando conciencia, sobre el uso de los recursos naturales. Queda claro que el uso indebido de los agroquímicos perjudica directamente la salud de las personas y demás seres vivos, así como también la preservación de los recursos naturales como el agua. Para minimizar estas consecuencias se requiere de conocimiento y toma de conciencia, así como mecanismos de control en la sociedad y de maquinaria cada vez más eficiente.

Dentro de las plagas más importantes a combatir, podemos mencionar a las malezas. En [1], se exponen ideas e investigaciones realizadas sobre el control de malezas con maquinarias autónomas. En este trabajo se da a conocer que, con altos grados de enmalezamiento, las pérdidas en el rendimiento de los cultivos son muy significativas. Por ejemplo, para el cultivo de girasol se pudieron determinar pérdidas en el rendimiento de entre un 4% y un 78%, con un promedio del 38% [3]. Otro indicio de la importancia económica del control de las malezas, está dado por el alto uso de herbicidas en los cultivos, lo que impacta directamente en una alta inversión en los productos actuales.

Numerosos trabajos indican que en toda la superficie de lotes a cultivar, las malezas no poseen una distribución homogénea. Es así como se presentan mediante manchones irregulares, pudiendo existir pocas áreas con elevada densidad y muchas otras con niveles poblacionales bajos o nulos [5]. Por otra parte, se define a los manchones como “poblaciones (de malezas) que aparecen localizadas

en forma más o menos estable durante un período variable, superior a un año”.

En la investigación de Slaughter, Giles y Downey [11] se señala que un robot autónomo para el control de malezas, debe contar, al menos, con los siguientes tres componentes:

- Guiado automático: este componente permite planificar la ruta o recorrido del robot. Este recorrido podrá ser eventual o permanente según las necesidades del esquema de producción.
- Detección automática de las malezas, pudiendo, de alguna manera, diferenciarla de los cultivos.
- Un mecanismo de respuesta, asociado como consecuencia del punto anterior, que genere la remoción o destrucción de la maleza.

Las capacidades para el primer punto, se pueden alcanzar con la representación del problema para el planificador continuo desarrollado en [9, 8, 10]. El segundo punto es claramente un problema de clasificación. Al agente presentado en [10], se le puede desarrollar un módulo de clasificación para diferenciar entre malezas y cultivos. El tercer punto puede ser llevado a cabo mediante el uso de los efectores del robot físico. Podría consistir en la aplicación de la dosis adecuada de herbicida, o bien, en algún otro mecanismo para eliminar la maleza.

Otros estudios confirman esta distribución de las malezas en “manchones” o “parches” y postulan que el desarrollo de tecnologías que permitan la aplicación exclusiva en esos sitios, en el momento y en la dosis más apropiada, debería conducir, en el corto o mediano plazo, a una disminución de los costos y del riesgo ambiental y a una mayor aceptación social de los métodos de producción. Esto contribuye tanto al ahorro en el uso del herbicida, como a menor contaminación ambiental.

## 2.2. Planificación en el Control de Recursos

Cuando el dominio del problema implica a un número de entidades diferentes, que están física o lógicamente distribuidas y que necesitan interactuar con otras entidades para resolver el problema, la tecnología de agentes puede proveer una solución efectiva [4].

En tales casos, los agentes proveen una forma natural de modelar el problema: las entidades del mundo real y sus interacciones pueden ser mapeadas directamente en agentes autónomos con sus propios recursos y conocimiento y que, además, son capaces de interactuar con otros agentes para cumplir con sus tareas.

Otras aplicaciones posibles se pueden orientar hacia la planificación para la optimización de una cadena de suministros, con el fin de maximizar los recursos y minimizar los costos. Están implícitas, en este proceso de planificación, las suposiciones acerca del proceso de producción y la demanda. El plan de producción se desarrolla asumiendo que la previsión es correcta y que no cambiará. Dentro del proceso de producción, los requisitos se generan suponiendo que los plazos de producción son deterministas. Estas hipótesis de un mundo benevolente no siempre coinciden con la realidad. Inevitablemente, los pronósticos fallan, surgen las incertidumbres en el proceso de producción y dan como resultado desviaciones al plan. Para responder a todos estos cambios, es necesario que nuestro planificador continuo[10] pueda adaptar el plan generado oportunamente.

Una de las posibles aplicaciones en la industria provincial puede enfocarse en la cadena de distribución del petróleo crudo, tal como se plantea en [13]. La operación con crudo implica la descarga en las estaciones de almacenamiento en tanques de distribución y el abastecimiento de refinerías a través de tuberías. Como las refinerías constantemente consumen petróleo, las operaciones deben garantizar que en todos los movimientos, la

cantidad de crudo en las refinerías esté sobre un nivel mínimo, mientras se minimiza el costo de la distribución.

Por otro lado, nuestra región cuenta con varias represas hidroeléctricas y a esto se suma, la pronta construcción de una nueva represa sobre la cuenca del río Neuquén, denominada Chihuido. El proyecto de la presa Chihuido I fue ideado en la década del '70 por la empresa estatal Agua y Energía Eléctrica (AyEE), con el fin de aprovechar el curso medio del río Neuquén para generar energía hidroeléctrica. En el año 2008, se retomó el proyecto, se ampliaron los objetivos y se transformó en uno de “aprovechamiento multipropósito” [2].

Todo esto nos motiva a investigar una potencial aplicación en este área. En principio, se podría aplicar un monitoreo estructural, que se basa principalmente en dos tareas: chequeos regulares de las condiciones de la represa y evaluaciones periódicas de las condiciones de seguridad [7].

### 3. Resultados y Objetivos

Como objetivos principales de nuestro trabajo de investigación, nos planteamos estudiar y analizar con mayor detalle los dominios descriptos en la sección anterior. Esto nos permitirá evaluar una potencial aplicación de una solución mediante agentes inteligentes a los problemas planteados.

Para ello es necesario contactar a personal experto en cada una de estas áreas y analizar la factibilidad de una aplicación real a largo plazo, teniendo en cuenta costos, tecnología e inversiones.

El análisis del problema consiste en obtener los requerimientos y plasmarlos en un modelo UML[12]. Asimismo, el modelado del dominio se realizará mediante el lenguaje PDDL (*Planning Domain Definition Language*)[6] En la actualidad, PDDL es soportado por muchos planificadores y es considerado el *standard de-facto* de los lenguajes de representación de dominios de planificación.

Nuestro planificador continuo tomará esta representación en PDDL para trabajar en las soluciones viables.

## 4. Formación de Recursos Humanos

A partir de las líneas de trabajo aquí planteadas y en el contexto general de nuestro proyecto de investigación, se tratará de dar inicio a, por lo menos, dos nuevas tesis de Licenciatura en Ciencias de la Computación.

Además, se espera el inicio de la consolidación como investigadores de los miembros más recientes del grupo.

## Referencias

- [1] R. Cid. El camino hacia una agricultura con maquinarias autónomas: el control de malezas. Technical report, INTA, Instituto de Ingeniería Rural, 2005.
- [2] EMHIDRO. Aprovechamiento multipropósito Chihuido I. <http://www.emhidro.com.ar/>.
- [3] M. Gries. Malezas en el cultivo de girasol. Conclusiones Taller ASAGIR, 2003.
- [4] N. R. Jennings and M. Wooldridge. Applications of intelligent agents, 1998.
- [5] E. Leguizamón. El monitoreo de malezas en el campo. *Revista Agromensajes*, 17:1–5, 2005. Facultad de Ciencias Agrarias. UNR.
- [6] D. McDermott. PDDL, the Planning Domain Definition Language. Technical report, Yale Center for Computational Vision and Control, 1998.
- [7] I. Mittrup and D. Hartmann. Structural monitoring of dams using software agents. In *Computing in Civil Engineering*, 2005.

- [8] M. Moya and C. Vaucheret. Planificador continuo como controlador de agentes robots. In *X Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, General Pico, La Pampa, Argentina, 2008. Universidad Nacional de la Pampa.
- [9] M. Moya and C. Vaucheret. Un planificador continuo concurrente para agentes robots. In *V Workshop de Inteligencia Artificial aplicada a la Robótica Móvil*, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina, 2008. Universidad Nacional del Comahue.
- [10] M. Moya and C. Vaucheret. Agentes deliberativos basados en planificación continua. In *X Workshop Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI)*, Martiarena esquina Italia - S.S. de Jujuy, Octubre 2009. Universidad Nacional de Jujuy - Facultad de Ingeniería.
- [11] D. C. Slaughter, D. K. Giles, and D. Downey. Autonomous robotic weed control systems: A review. *Comput. Electron. Agric.*, 61:63–78, April 2008.
- [12] The Unified Modeling Language. <http://www.uml.org/>.
- [13] T. S. Vaquero, F. Sette, J. R. Silva, and J. Beck. Planning and scheduling of crude oil distribution in a petroleum plant. In *ICAPS'09 Workshop on Scheduling and Planning Applications (SPARK)*, Thessaloniki, Greece, 2009.