
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

1. Nombre de la actividad curricular: Sistemas Multiagentes

2. Año Académico: 2020

3. Docente: Dr. Ernesto C. Martínez

4. Fundamentación

En un contexto de toma de decisiones, un agente autónomo acuerda y ejecuta contratos y transacciones en representación de una persona (agente humano) o empresa. Para hacer frente a un entorno incierto y cambiante, el aprendizaje y adaptación de una estrategia o política de actuación es crucial para la efectividad del agente cuando interactúa con otros agentes. La tarea que el agente de software debe realizar consiste en la búsqueda eficiente de alternativas de productos o servicios específicos en distintos sitios web, negociación/elección de la mejor alternativa y eventualmente la compra de un (o varios) producto o servicio en representación de la persona o compañía que le ha delegado la tarea. Para ser exitoso, el agente deberá tener en cuenta las preferencias de la persona o empresa a la que representa, el presupuesto disponible para la operación, y en general todo conocimiento específico disponible acerca del entorno y que el agente debe incorporar en su lógica de actuación. Más importante aún, el agente debe incorporar en sus decisiones todo el conocimiento disponible acerca de las estrategias de los otros agentes en el entorno con los que interactúa: agentes con los que compite y agentes con los que negocia y colabora. Un mundo real o virtual donde ocurren interacciones estratégicas entre agentes como el que acabamos de describir, constituye una sociedad artificial o sistema multiagentes. El correcto funcionamiento de los sistemas multiagentes es clave en áreas tan diversas como la economía, los mercados de energías renovables, la biología, el control de infraestructuras y la asignación óptima de recursos en sistemas de producción y cadenas de suministros. Un adecuado análisis, diseño y desarrollo de sistemas multiagentes demanda la aplicación de técnicas y metodologías que integran disciplinas clásicas de la Teoría de Juegos, comportamiento estratégico e inteligencia artificial con avances recientes en el campo del aprendizaje por refuerzos, el diseño de mecanismos de mercado y la simulación de sociedades artificiales.

5. Objetivos

General:

Enseñanza de técnicas, abstracciones modelos y métodos utilizados en el diseño, programación y validación de sistemas multiagentes.

Específicos:

Al final del curso, el alumno habrá desarrollado la capacidad de comprender y utilizar:

- Métodos y conceptos de la Teoría de Juegos para el diseño de mecanismos de interacción estratégica entre agentes,
- La simulación generativa de sociedades artificiales para evaluar diseños alternativos para mecanismos de interacción en sistemas multiagentes,
- La sinergia entre la Teoría de Juegos y el Aprendizaje por Refuerzos en sistemas multiagentes,

- El role de los juegos de Markov como paradigma de diseño de algoritmos que incorporan el aprendizaje en las políticas de actuación de los agentes interactuantes,
- La importancia de los mecanismos de coordinación, comunicación y cooperación en la formación de coaliciones de agentes.
- La importante aportación de la Teoría de Juegos al diseño de mecanismos de interacción para sistemas multiagentes relacionados con el comercio electrónico, mercados peer-to-peer, sistemas defensivos para detección de amenazas, y la optimización distribuida de sistemas y procesos.
- El empleo de la simulación generativa y conceptos de sistemas adaptivos complejos en la evaluación de comportamientos emergentes de sociedades artificiales donde los agentes interactuantes aprenden, adaptan y evolucionan sus estrategias sobre la base de la experiencia acumulada.

6. Contenidos

Contenidos mínimos:

- Fundamentos de la Teoría de Juegos.
- Juegos secuenciales e incertidumbre.
- Aprendizaje por refuerzos en sistemas multiagentes.
- Sistemas sociales y diseño de mecanismos.
- Coaliciones y estrategias colaborativas.
- Collaborative reinforcement learning.

Contenidos analíticos:

Unidad Temática 1 - Fundamentos de la Teoría de Juegos.

Interacción y estrategia. Ejemplos y casos de estudio. Forma normal. Estrategias. Juegos Zero-sum. Juegos no-cooperativos. Estrategias óptimas y de equilibrio. Óptimo de Pareto. La mejor respuesta y el equilibrio de Nash. Determinación de los equilibrios de Nash. Estrategias Maxmin y Minmax. Dominancia de las estrategias. Equilibrios correlacionados. Estrategias mixtas (Mixed). Equilibrio de Nash. Estrategias evolutivas. Simulación generativa de interacciones estratégicas.

Unidad Temática 2 - Juegos secuenciales e incertidumbre.

Juegos que involucran secuencia de acciones. Forma extensiva de un juego secuencial con información perfecta. Estrategias y equilibrio en juegos secuenciales. Subgame-perfect equilibrium. Backward induction. Juegos con información imperfecta. Juegos estocásticos. Juegos repetidos. Incertidumbre en los payoffs de las estrategias. Juegos Bayesianos. Juegos de Markov. Juegos de Congestión. Representaciones compactas de juegos. Equilibrio de Nash-Bayes.

Unidad Temática 3 - Aprendizaje por refuerzos en sistemas multiagentes.

Sistemas multiagentes y distribuidos. Enseñanza y aprendizaje de estrategias. Juegos de Stackelberg. Aprendizaje por refuerzos. Procesos de decisión Markoviana. Iteración de la función de Valor. Q-learning. Entornos observables y estados ocultos. Utilidades y metas de los agentes. Juegos de Markov. Aprendizaje independiente. Aprendizaje acoplado: Individual Q-learning. Minimax Q-learning. Aprendizaje distribuido. Heterogeneidad en las curvas de aprendizaje. Juegos ficticios. Nash Q-learning. Experimentos en juegos tipo "grid-world." Nash Q-values. Correlated Q-learning. Friend-or-foe Q-learning. Aprendizaje desacoplado.

Unidad Temática 4 – Información privada y diseño de mecanismos.

Sistemas de votación. Funciones sociales. Modelos formales. Selección social y funciones sociales. Protocolos para interacciones estratégicas. Votación estratégica. Principio de revelación. Preferencias con y sin restricciones. Preferencias cuasi-lineales. Mecanismos eficientes. Mecanismos de Groves. El mecanismo VCG. Racionalidad en VCG. Eficiencia y balance. Mecanismo AVG. Eficiencia y restricciones en el diseño de mecanismos. Subastas simples y combinatorios.

Unidad Temática 5 - Coaliciones y estrategias grupales.

Juegos de coordinación. Juegos de coaliciones. Utilidad transferible. El valor de Shapley. El rol del núcleo. Weighted majority games and weighted voting games. Juegos super-aditivos. Conceptos avanzados de solución. Mecanismo de división. Aprendizaje colectivo.

Unidad Temática 6 – Teoría de la Mente y Aplicaciones.

Teoría de la Mente. Aprendizaje por refuerzos con modelos. Enfoque Bayesiano. Negociación Automatizada. Modelos del Oponente. Mercados Peer-to-peer. Mecanismos de Matching. Monitoreo de Sistemas Multiagentes. Scheduling distribuido.

7. Metodología de Enseñanza y Formación práctica

El curso se llevará a cabo por medio de clases teórico-prácticas, donde se expondrán los conceptos teóricos y se presentarán ejemplos detallado de aplicación de los métodos desarrollados. Los conceptos, metodologías y algoritmos se enfatizarán usando Casos de Estudio utilizando artículos recientes de revistas internacionales. Algunos casos como los mercados Peer-to-Peer de Energías Renovables, Economía Colaborativas y el problema de Scheduling Distribuido se usarán en proyectos integradores de los conocimientos del curso para conformar una línea argumental sustentada en aplicaciones de interés práctico.

8. Carga horaria total

Carga horaria teórica	Carga horaria práctica	Carga horaria total
40 horas	20 horas	60 horas

9. Modalidad de Evaluación

Se asignarán a los alumnos 4 (cuatro) trabajos prácticos sobre los temas más importantes del curso, que los alumnos deberán resolver individualmente y entregar sus resultados para su evaluación. Los trabajos prácticos se entregarán a los alumnos durante el cursado y en clase se discutirán las distintas alternativas para resolver la situación planteada.

10. Requisitos de aprobación y promoción

El curso se evaluará por medio de los 4 (cuatro) trabajos prácticos asignados y un examen escrito final individual de tipo opciones múltiples. El mismo constará de 50 ejercicios y un tiempo total de realización de 70 minutos. Para la aprobación del curso los alumnos deberán obtener una ponderación mínima del 70 % en cada una de las instancias de evaluación. La calificación se expresará en escala numérica de cero (0) a diez (10) sin decimales. Para la promoción se requerirá la norma mínima de siete (7) en el examen final (Ordenanza N° 1313).

11. Infraestructura y equipamiento

Las clases utilizarán diapositivas que los alumnos deberán disponer con anterioridad para su seguimiento en forma presencial o remota. Cada alumno deberá disponer de una PC o Notebook.

12. Bibliografía

Diamantaras, D. y otros. *A Toolbox for Economic Design*. Palgrave Macmillan, 2009.

Haeringer, G. *Market Design: Auctions and Matching*. The MIT Press, 2018.

Holt, C. A. *Markets, Games, and Strategic Behavior*. Princeton University Press, 2019.

Kulkarni, A. J., Kang Tai, et al. *Probability Collectives: A Distributed Multi-agent System Approach for Optimization*, Springer; 2015.

Leyton-Brown K. y Shoham Y., *Essentials of Game Theory*. Morgan & Claypool publishers, 2008.

Narahari, Y. *Game Theory and Mechanism Design*, World Scientific, 2014.

Maschler, M., E. Solan, S. Zamir. *Game Theory*, Cambridge University Press, 2013

Shoham Y. y K. Leyton-Brown, *Multiagent Systems-Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations*. Cambridge University Press (2009).

Vlassis, N. *A Concise Introduction to Multiagent Systems and Distributed Artificial Intelligence*. Morgan & Claypool publishers, 2007.