

CURSO	:	OPTIMIZACIÓN DINÁMICA
TRADUCCIÓN	:	DYNAMIC OPTIMIZATION
SIGLA	:	ICS3105
CRÉDITOS	:	10 créditos
MÓDULOS	:	Dos módulos de cátedra (LW3) + ayudantía/taller en función de necesidad (V3)
REQUISITOS	:	Optimización (ICS1113) y Modelos Estocásticos (ICS2123)
CARÁCTER	:	optativo
TIPO	:	cátedra
CALIFICACIÓN	:	1.0 a 7.0
DISCIPLINA	:	Ingeniería
PALABRAS CLAVE	:	Investigación de Operaciones, Optimización, Toma de decisiones secuenciales.

I. DESCRIPCIÓN DEL CURSO

En operaciones modernas de ingeniería industrial se registran datos, predicen parámetros y toman acciones correctivas en línea. Este curso capacita al alumno en la modelación, análisis y toma de decisión dinámica. Se estudia como planificar decisiones secuenciales eficientes en contextos con dinamismo e incertidumbre en los parámetros del problema. Se formalizan los conceptos de programación dinámica, se analizan propiedades teóricas y se presentan los desafíos subyacentes en problemas de gran tamaño. Las materias del curso se exponen mediante ejemplos reales de diversas áreas como: sistemas de inventario, mantenimiento de equipos, planificación de tareas y ruteo de vehículos entre otros.

II. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Generales

- Modelar matemáticamente diversos problemas de investigación operativa como una toma de decisión secuencial bajo incertidumbre.
- Valorar la utilidad de optimización dinámica sobre modelos estáticos en contextos con dinamismo e incertidumbre en los datos.

Específicos

- Aplicar el principio de recursión Bellman en diversos contextos.
- Diseñar una "política de decisión óptima" para un problema de optimización dinámica.
- Aplicar propiedades matemáticas para reducir la búsqueda de una política de decisión óptima.
- Comprender las limitaciones de optimización dinámica y la "maldición de la dimensionalidad".
- Conocer los métodos básicos en optimización dinámica aproximada.
- Implementar soluciones computacionales de optimización dinámica en problemas reales.

III. CONTENIDOS

1. Bienvenida e Introducción

2. Introducción a la Optimización Dinámica

1. Toma de decisión secuencial y principio de recursión de Bellman (PB).
2. Conceptos básicos: estado, acción, política de decisión y cost-to-go.
3. Programación Dinámica determinística.
4. Modelación, aplicación y ejemplos.

3. Optimización Dinámica Estocástica con horizonte de tiempo finito

1. Toma de decisión secuencial bajo incertidumbre.
2. Proceso de Decisión Markoviana (MDP) y extensión del PB.
3. Modelación, aplicación y ejemplos

4. Optimización Dinámica Estocástica con horizonte de tiempo infinito (descontado)

1. Tipos de problemas con horizonte infinito
2. Criterio de retorno total descontado y condiciones de optimalidad
3. Iteración de valor, de política y métodos de programación lineal
4. Modelación, aplicación y ejemplos

5. Optimización Dinámica Aproximada

1. Complejidad algorítmica y "maldición de la dimensionalidad".
2. Relajación de Información
3. Evaluación aproximada de una política de decisión dada.
4. Optimización aproximada de una política de decisión:
 1. Políticas Miopes
 2. Lookahead policies, Rollouts, Horizontes rodantes
 3. Value Function Approximation - Reinforcement Learning.
5. Modelación, aplicación y ejemplos

6. Tópicos opcionales (si alcanza el tiempo)

1. Reducción del espacio de búsqueda de una política de decisión óptima.
2. Optimización Dinámica Estocástica con horizonte de tiempo infinito (promedio de largo plazo)
3. Optimización Dinámica Estocástica con decisiones en tiempo continuo
4. Optimización Dinámica Aproximada: Policy Function Approximation.

IV. METODOLOGÍA PARA EL APRENDIZAJE

- Clases expositivas
- Lectura y discusión de textos
- Actividades durante la clase y similares
- Tareas
- Trabajo grupal
- Talleres computacionales en ayudantía

V. EVALUACIÓN DE APRENDIZAJES

El curso tendrá tres tipos de evaluación descritos a continuación:

- | | |
|---|---|
| ○ Interrogación intermedia (<i>I</i>) | 20% (online) |
| ○ Examen (<i>E</i>) | 35% (presencial si las condiciones lo permiten) |
| ○ Tareas (<i>T</i>) | 25% |
| ○ Proyecto (<i>P</i>) | 20% |

✓ **Interrogación y Examen:** La interrogación intermedia y el examen son obligatorios. En caso de una inasistencia forzosa, esta debe ser avisada al profesor vía email antes que comience la evaluación, aprobada por el profesor y justificada posteriormente por medios oficiales ante la DiPre. El profesor (de acuerdo a lo que estime conveniente) solicitará al estudiante que rinda una prueba recuperativa o realice una tarea adicional que reemplace dicha inasistencia. La fecha de dicha prueba será establecida por el profesor al comienzo del próximo semestre y comunicada al alumno vía email.

✓ **Tareas:** Serán tres, en grupos de máximo tres estudiantes. En cada tarea, el grupo resolverá una serie de problemas: teoría, aplicación e implementación computacional. La nota de tareas será calculada como el promedio simple de las tareas.

✓ **Proyecto grupal:** Se realizará un proyecto grupal a lo largo del semestre que consistirá en modelar y resolver un problema real y/o prototipar las ideas de un artículo científico en grupos de máximo tres alumnos. Para ello, deberán presentar un avance, elaborar un informe y hacer una presentación final del proyecto (se dará instrucciones precisas en otro documento).

✓

- ✓ La nota final del curso será calculada como:

$$N = 0,2 \cdot I + 0,35 \cdot E + 0,25 \cdot T + 0,2 \cdot P$$

En caso de no cumplir con unos de los requerimientos de aprobación, la nota máxima del curso será un 3,9. Las notas se calculan con todos los decimales hasta el promedio final.

IV. Aspectos Administrativos

- ✓ Se prohíbe toda comunicación externa y acceso a páginas web (diferentes de CANVAS) durante las pruebas.
- ✓ Ética. Es indispensable que cada alumno tenga un comportamiento ético intachable. Por ello, este curso adscribe el Código de Honor establecido por la Universidad (<http://www.uc.cl/codigodehonor>) el que es vinculante. Si el equipo docente descubre evidencia que uno o más alumnos realizan actitudes deshonestas y/o faltas al Código de Honor, entonces el profesor calificará a los involucrados con nota 1,1 en el curso además de ejecutar todas las medidas disciplinarias pertinentes. Algunos ejemplos de conductas deshonestas son: falsificación de documentos, suplantación de identidad, plagio y/o copia de trabajos y en evaluaciones.
- ✓ Plagio. Todo trabajo evaluado en este curso debe ser propio. Se entiende por plagio “apropiarse de las ideas o palabras de otros y utilizarlas como propias sin dar crédito al autor original”. En caso de que exista colaboración permitida con otros estudiantes, el trabajo deberá referenciar y atribuir correctamente dicha contribución a quien corresponda. El profesor se reserva el derecho a revisar cualquier documento con software de detección de plagio. Se recomienda revisar el siguiente recurso en Siding > Pregrado > Reglamentos > Manual sobre Plagio.
- ✓ Solicitudes de Recorrección. El alumno podrá ejecutar su derecho a recorregir sus evaluaciones si lo estima necesario. Debe ser ejecutada después que la evaluación haya sido puesta a disposición del alumno y ya estando publicada la solución. Por defecto habrá hasta una semana de plazo para solicitar la corrección (a menos que se señale lo contrario). Después de dicha fecha se asumirá que el alumno está conforme con la nota obtenida (no habrá derecho a modificación posterior). Las solicitudes de corrección deberán ser ingresadas electrónicamente en CANVAS. Al recorregir, el corrector podrá rechazar solicitudes sin una buena justificación y re-correr completamente la evaluación que estime conveniente (también podrían variar los puntajes de partes no reclamadas). Si un alumno queda insatisfecho con el resultado del reclamo, puede presentar su caso por escrito al profesor hasta una semana después de entregadas las correcciones. En el caso de la corrección del examen, el equipo docente entregará instrucciones precisas.
- ✓ Grupos. Cada estudiante es responsable de formar grupos para cada tarea y para el proyecto. Se recomienda mantener los grupos, pero podrían ser distintos para cada una de las evaluaciones. Es responsabilidad de cada grupo:
 - ✓ Coordinar reuniones y mantener un trabajo adecuado. Incluye establecer liderazgos dentro del grupo, planificar el trabajo, agendar reuniones, repartir y asignar responsabilidades entre los integrantes y resolver conflictos.
 - ✓ Redistribuir y asumir el trabajo adicional en caso de perder a integrantes del grupo debido a un abandono del curso.

No habrá evaluación de pares. Sin embargo, se puede solicitar la expulsión de un integrante del grupo si la mayoría lo solicita.

VI. FECHAS IMPORTANTES

EVALUACIONES

Evaluación	Fecha	Hora
Interrogación 1	29-sept	18:30
Examen	16-dic	8:30

TAREAS

Tarea 1	11-sept
Tarea 2	15-oct
Tarea 3	05-nov
Preentrega Proyecto	03-nov
Proyecto	29-nov

Las fechas de evaluaciones pueden sufrir cambios si es que son avisados en el momento oportuno.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Puterman, M. L. (2005). **Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming**. New York: Wiley-Interscience (2da edición).
- Powell, W. B. (2011). **Approximate Dynamic Programming: Solving the Curse of Dimensionality**, Hoboken, NJ: Wiley (2da edición).

Complementaria:

- Bellman, R. (1957). **Dynamic programming**. Princeton University Press
- Bertsekas, D.P. (2017). **Dynamic Programming and Optimal Control – Volumen I**. Athena Scientific (4ta edición)
- Bertsekas, D.P. (2012). **Dynamic Programming and Optimal Control: Approximate Dynamic Programming – Volumen II**. Athena Scientific (4ta edición)
- Ulmer, M.W. (2017). **Approximate Dynamic Programming for Dynamic Vehicle Routing**. Springer, Operations research/computer science interfaces series, 61(1)
- Adicional a los textos descritos, se entregará al alumno un conjunto de publicaciones científicas que deberá estudiar como parte de tareas y/o discusión en clase.