

## PROGRAMA DE CURSO

### Optimización en línea con información estocástica y las Desigualdades del Profeta

#### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Industrial					
Nombre del curso	Optimización en línea con información estocástica y las Desigualdades del Profeta	Código	IN7619		Créditos	6
Nombre del curso en inglés	<i>Online Optimization with Stochastic Information and Prophet Inequalities.</i>					
Horas semanales	Docencia	30	Auxiliares		Trabajo personal/equipo	120
Carácter del curso	Electivo		Electivo		X	
Requisitos	Código: (IN34A/IN3171/IN3701/MA3701/EL4114),(IN3141/IN3242/IN3401/MA3401/MA3402/MA3403/EL3104),AUTOR					

#### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito ofrecer una introducción exhaustiva a la teoría matemática y algorítmica de las desigualdades del profeta y sus aplicaciones en diversas áreas como la optimización combinatoria estocástica, economía, y la toma de decisiones en línea. Exploraremos técnicas avanzadas y sus aplicaciones prácticas en escenarios de subastas, fijación de precios y plataformas de ridesharing.

En la versión clásica del problema de la desigualdad del profeta, un tomador de decisiones ("jugador") se enfrenta a una secuencia de recompensas aleatorias presentadas de forma online. El jugador puede aceptar o rechazar cada recompensa a medida que se presenta. Rechazar una recompensa hace que se pierda para siempre, pero aceptar una recompensa termina el juego inmediatamente. El juego continúa hasta que el jugador elige aceptar una recompensa. La recompensa esperada lograda por el jugador se compara con la recompensa esperada obtenible por un "profeta" que ve toda la secuencia de antemano y puede simplemente elegir la mejor recompensa. Una desigualdad del profeta establece que el jugador puede lograr una cierta fracción de la recompensa esperada del profeta, en el peor de los casos, sobre una clase de distribuciones de recompensas. Este problema y sus generalizaciones han visto un resurgimiento en popularidad en la última década debido a su relevancia en una variedad de aplicaciones, como subastas de anuncios, fijación de precios y servicios de transporte. Esto ha llevado a nuevas perspectivas, y las principales preguntas han evolucionado hacia la comprensión de los aspectos computacionales e informativos de las desigualdades del profeta.

El curso incluye las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1 Comprender el problema clásico de la desigualdad del profeta y sus variantes.  
 CE2 Aplicar técnicas analíticas para resolver problemas de desigualdad del profeta.  
 CE3 Explorar aplicaciones prácticas en subastas combinatorias, fijación de precios y plataformas de ridesharing.  
 CE4 Evaluar algoritmos en términos de su rendimiento relativo y otras métricas.

### C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: El (la) estudiante comprende el problema clásico de la desigualdad del profeta y sus variantes.
CE2	RA2: El (la) estudiante aplica técnicas analíticas para resolver problemas de desigualdad del profeta.
CE3	RA3: El (la) estudiante explora aplicaciones prácticas en subastas combinatorias, fijación de precios y plataformas de ridesharing.
CE4	RA4: El (la) estudiante evalúa algoritmos en términos de su rendimiento relativo y otras métricas.
CE1 a CE4	RA5: El (la) estudiante demuestra la capacidad para desarrollar un proyecto final donde aplicará técnicas aprendidas a un problema real o simulado.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
	RA4: Proponer e implementar proyectos de investigación en su campo de especialización.

### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1	Introducción	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Descripción del problema clásico de la desigualdad del profeta. 1.2. Orígenes y aplicaciones del problema en la optimización combinatoria y economía. 1.3. Relación con otros problemas clásicos de selección/parada en línea (e.g., problema del secretario,		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprende el problema clásico de la desigualdad del profeta y sus variantes.</li> <li>2. Conoce los orígenes y aplicaciones del problema en optimización combinatoria y economía.</li> <li>3. Demuestra la capacidad para relacionar este problema con otros problemas clásicos de selección.</li> <li>4. Conoce el resumen del plan del curso.</li> </ol>	

problema de la caja de Pandora). 1.4. Resumen del plan del curso.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>	Ver al final

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1	La Desigualdad del Profeta Básica	2 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
2.1. Introducción formal al modelo básico de una sola elección con distribuciones independientes. 2.2. Análisis de la política en línea óptima mediante inducción. 2.3. Interpretación económica en términos de utilidad y precios.		El estudiante:  1. Comprende el problema clásico de la desigualdad del profeta y sus variantes.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Ver al final	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1	Otros Modelos de Una Sola Elección	2 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
3.1. Variantes del problema básico de la desigualdad del profeta. 3.2. Modelos i.i.d. y el poder de los algoritmos de umbral único y múltiple. 3.3. Introducción al modelo del secretario profeta y el modelo de orden libre.		El estudiante:  1. Comprende el problema clásico de la desigualdad del profeta y sus variantes.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Ver al final	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1	Desigualdad del Profeta de Múltiples Elecciones	2 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
4.1. Extensión del modelo clásico para seleccionar hasta $k$ recompensas. 4.2. Argumentos basados en concentración y esquemas de resolución de contención en línea. 4.3. Introducción a los matroides		El estudiante:  1. Comprende el problema clásico de la desigualdad del profeta y sus variantes y extensiones.	

y su aplicación en desigualdades del profeta.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>	Ver al final

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA2	Desigualdad del Profeta para Matching	2 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
5.1. Problema de matching en grafos con llegada de aristas y vértices. 5.2. Técnicas de punto fijo y resolución de contención en línea. 5.3. Aproximación equilibrada de precios para grafos bipartitos y generales.		El estudiante:  1. Aplica técnicas analíticas para resolver problemas de desigualdad del profeta.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Ver al final	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA3	Subastas Combinatorias	2 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
6.1. Introducción a las subastas combinatorias con valoraciones complementarias. 6.2. Algoritmos de aproximación y mecanismos de precios publicados. 6.3. Aplicaciones prácticas en mercados electrónicos y comercio en línea.		El estudiante:  1. Explora aplicaciones prácticas en subastas combinatorias, fijación de precios y plataformas de ridesharing.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Ver al final	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
7	RA4	Enfoques Basados en Datos	2 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
7.1. Desigualdades del profeta con información limitada y muestras de distribuciones. 7.2. Modelos i.i.d. con muestras y garantías de rendimiento. 7.3. Aplicaciones en matching bipartito y otros escenarios combinatorios.		El estudiante:  1. Evalúa algoritmos en términos de su rendimiento relativo y otras métricas.	

Bibliografía de la unidad	Ver al final
---------------------------	--------------

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
8	RA4	Otras Formas de Medir el Rendimiento y Aplicaciones Prácticas	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
8.1. Evaluación del rendimiento relativo de algoritmos en línea. 8.2. Benchmarks y análisis de regret. 8.3. Aplicaciones prácticas en fijación de precios, mecanismos de subastas y plataformas de ridesharing.		El estudiante:  1. El (la) estudiante evalúa algoritmos en términos de su rendimiento relativo y otras métricas.	
Bibliografía de la unidad		Ver al final	

#### E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clases expositivas
- Trabajo en equipos y trabajo personal.

## F. Estrategias de evaluación:

El curso considera distintas instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tareas semanales basadas en lecturas y aplicaciones.</li> </ul>	Evalúa RA1 a RA8
<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyecto final donde los estudiantes aplicarán técnicas aprendidas a un problema real o simulado.</li> </ul>	Evalúa RA1 a RA8

*Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre la cantidad y tipo de evaluaciones, así como las ponderaciones correspondientes.*

## G. Recursos bibliográficos:

### Bibliografía obligatoria:

- [1] . Lecturas seleccionadas del libro "Prophet Inequalities: Theory and Applications" de José Correa, Paul Dütting, Michal Feldman, Thomas Kesselheim, y Brendan Lucier.
- [2] . Artículos de referencia y estudios de casos.
- S. Agrawal, J. Sethuraman, X. Zhang. On Optimal Ordering in the Optimal Stopping Problem. Proceedings EC 2020, 187-188, 2020.
- S. Alaei. Bayesian Combinatorial Auctions: Expanding Single Buyer Mechanisms to Many Buyers. Proceedings FOCS 2011, 512-521, 2011. (Also in SICOMP 2014.)
  - S. Alaei, M. Hajiaghayi, V. Liaghat. Online Prophet-Inequality Matching with Applications to Ad Allocation. Proceedings EC 2012, 18-35, 2012.
  - P. Azar, R. Kleinberg, S. M. Weinberg. Prophet Inequalities with Limited Information. Proceedings SODA 2014, 1358-1377, 2014.
  - M. Babaioff, N. Immorlica, B. Lucier, S. M. Weinberg. A Simple and Approximately Optimal Mechanism for an Additive Buyer. Proceedings FOCS 2014, 21-30, 2014. (Also in JACM 2020.)
  - C. Bechtel, S. Dughmi, N. Patel. Delegated Pandora's Box. Proceedings EC 2022, 666-693, 2022.
  - M. Braverman, M. Derakhshan, A. M. Lovett. Max-weight Online Stochastic Matching: Improved Approximations Against the Online Benchmark. Proceedings EC 2022, 967-985, 2022.
  - J. Brustle, J. Correa, P. Dütting, V. Verdugo. The Competition Complexity of Dynamic Pricing. Proceedings EC 2022, 303-320, 2022.
  - C. Caramanis, P. Dütting, M. Faw, D. Fusco, P. Lazos, S. Leonardi, O. Papadigenopoulos, E. Pountourakis, R. Reiffenhäuser. Single-Sample Prophet Inequalities via Greedy-Ordered Selection. Proceedings SODA 2022, 1298-1325, 2022.
  - S. Chawla, J. Hartline, R. Kleinberg. Algorithmic Pricing via Virtual Valuations. Proceedings EC 2007, 243-251, 2007.
  - S. Chawla, J. Hartline, D. L. Malec, B. Sivan. Multi-Parameter Mechanism Design and Sequential Posted Pricing. Proceedings STOC 2010, 311-320, 2010.

- J. Correa, P. Dütting, F. A. Fischer, K. Schewior. Prophet Inequalities for I.I.D. Random Variables from an Unknown Distribution. Proceedings EC 2019, 3-17, 2019. (Also in MOR 2022.)
- J. Correa, A. Cristi. A Constant Factor Prophet Inequality for Online Combinatorial Auctions. Working paper.
- J. Correa, A. Cristi, A. Fielbaum, T. Pollner, S. M. Weinberg. Optimal Item Pricing in Online Combinatorial Auctions. Proceedings IPCO 2022, 126-139, 2022.
- J. Correa, R. Saona, B. Ziliotto. Prophet Secretary through Blind Strategies. Proceedings SODA 2019, 1946-1961, 2019. (Also in Mathematical Programming 2021.)
- J. Correa, A. Cristi, B. Epstein, J. A. Soto. The Two-Sided Game of Googol and Sample-Based Prophet Inequalities. Proceedings SODA 2020, 2066-2081, 2020.
- J. Dickerson, K. Sankararaman, A. Srinivasan, P. Xu. Allocation Problems in Ride-sharing Platforms: Online Matching with Offline Reusable Resources. Proceedings AAAI, 1007-1014, 2018. (Also in TEAC 2021.)
- P. Dütting, M. Feldman, T. Kesselheim, B. Lucier. Prophet Inequalities Made Easy: Stochastic Optimization by Pricing Non-stochastic Inputs. Proceedings FOCS 2017, 540-551, 2017. (Also in SICOMP 2020.)
- P. Dütting, T. Kesselheim, B. Lucier. An  $O(\log \log m)$  Prophet Inequality for Subadditive Combinatorial Auctions. Proceedings FOCS 2020, 306-317, 2020.
- P. Dütting, T. Kesselheim. Posted Pricing and Prophet Inequalities with Inaccurate Priors. Proceedings EC 2019, 111-129, 2019.
- H. Esfandiari, M. Hajiaghayi, V. Liaghat, M. Monemizadeh. Prophet Secretary. Proceedings ESA 2015, 496-508, 2015. (Also in SIAM Journal on Discrete Mathematics 2017.)
- T. Ezra, M. Feldman, N. Gravin, Z.G. Tang. Online Stochastic Max-Weight Matching: Prophet Inequality for Vertex and Edge Arrival Models. Proceedings EC 2020, 769-787, 2020. (Also in MOR 2022.)
- T. Ezra, M. Feldman, N. Gravin, Z.G. Tang. Who Is Next in Line? On the Significance of Knowing the Arrival Order in Bayesian Online Settings. Proceedings SODA 2023, to appear.
- M. Feldman, N. Gravin, B. Lucier. Combinatorial Auctions via Posted Prices. Proceedings SODA 2015, 123-135, 2015.
- M. Feldman, O. Svensson, R. Zenklusen. Online Contention Resolution Schemes with Applications to Bayesian Selection Problems. Proceedings SODA 2016, 1014-1033, 2016. (Also in SICOMP 2021.)
- T. S. Ferguson. Who Solved the Secretary Problem? *Statistical Science*, 4(3):282-289, 1989.
- J. Hartline, T. Roughgarden. Simple versus Optimal Mechanisms. Proceedings EC 2009, 225-234, 2009.
- M. Hajiaghayi, R. D. Kleinberg, T. Sandholm. Automated Online Mechanism Design and Prophet Inequalities. Proceedings AAAI 2007, 58-65, 2007.
- H. Kaplan, D. Naori, D. Raz. Online Weighted Matching with a Sample. Proceedings SODA 2022, 1247-1272, 2022.
- R. Kleinberg, S. M. Weinberg. Matroid Prophet Inequalities. Proceedings STOC 2012, 123-136, 2012. (Also in GEB 2019.)
- J. Kleinberg, R. Kleinberg. Delegated Search Approximates Efficient Search. Proceedings EC 2018, 287-302, 2018.
- U. Krengel, L. Sucheston. How to Bet Against a Prophet. *Notices of the American Mathematical Society*, 24.1(175), 245 (A-159), 1976.
- U. Krengel, L. Sucheston. On Semiamarts, Amarts, and Processes with Finite Value. *Advances in Probability and Related Topics*, 4:197-266, 1978.
- U. Krengel, L. Sucheston. Semiamarts and Finite Values. *Bulletin of the American*

Mathematical Society, 83(4):745-847, 1977.

- E. Lee, S. Singla. Optimal Online Contention Resolution Schemes via Ex-Ante Prophet Inequalities. Proceedings ESA 2018, 57:1-57:14, 2018.
- B. Lehmann, D. Lehmann, N. Nisan. Combinatorial Auctions with Decreasing Marginal Utilities. Proceedings EC 2001, 18-28, 2001. (Also in GEB 2006.)
- B. Lucier. An Economic View of Prophet Inequalities. SIGecom Exchanges, 16(1):24-47, 2017.
- R. Niazadeh, A. Saberi, A. Shameli. Prophet Inequalities vs. Approximating Optimum Online. Proceedings WINE 2018, 356-374, 2018.
- B. Peng, Z. G. Tang. Order Selection Prophet Inequality: From Threshold Optimization to Arrival Time Design. Proceedings FOCS 2022, to appear.
- A. Rubinstein, J. Z. Wang, S. M. Weinberg. Optimal Single-Choice Prophet Inequalities from Samples. Proceedings ITCS 2020, 60:1-60:10, 2020.
- E. Samuel-Cahn. Comparison of Threshold Stop Rules and Maximum for Independent Non-Negative Random Variables. Annals of Probability, 12(4):1213-1216, 1984.
- M. L. Weitzman. Optimal Search for the Best Alternative. Econometrica, 47(3):641-654, 1979.

#### H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera 2024
Elaborado por:	José Correa H.
Validado por:	
Revisado por:	