



*1821 Universidad de Buenos Aires*

## **Resolución Consejo Directivo**

**Número:**

**Referencia:** EX-2024-03914522- -UBA-DMESA#FCEN - POSTGRADO - Sesión  
26/08/2024

---

**VISTO:**

La nota presentada por la Dirección del Departamento de Computación, mediante la cual eleva la información del curso de posgrado **Métodos en Inferencia Bayesiana Causal** para el año 2024,

**CONSIDERANDO:**

lo actuado por la Comisión de Doctorado,

lo actuado por este Cuerpo en la sesión realizada el día 26 de agosto de 2024,

en uso de las atribuciones que le confiere el Artículo 113° del Estatuto Universitario,

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD**

**DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1°:** Aprobar el nuevo curso de posgrado **Métodos en Inferencia Bayesiana Causal** de 50 horas de duración, que será dictado por el Dr. Matías López-Rosenfeld, con la colaboración del Dr. Gustavo Landried.

**ARTÍCULO 2°:** Aprobar el programa del curso de posgrado **Métodos en Inferencia Bayesiana Causal** que como anexo forma parte de la presente Resolución, para su dictado en el segundo cuatrimestre de 2024.

**ARTÍCULO 3°:** Aprobar un puntaje máximo de dos y medio (2,5) puntos para la Carrera del Doctorado.

**ARTÍCULO 4°:** Establecer un arancel de **CATEGORÍA BAJA**, estableciendo que dicho arancel estará sujeto a los descuentos y exenciones estipulados mediante la Resolución CD N.º 1072/19. Disponer que los fondos recaudados ingresen en la cuenta presupuestaria habilitada para tal fin, y sean utilizados de acuerdo a la Resolución 072/03

**ARTÍCULO 5°:** Disponer que, de no mediar modificaciones en el programa, la carga horaria y el arancel, el presente Curso de Posgrado tendrá una vigencia de cinco (5) años a partir de la fecha de la presente Resolución.

**ARTÍCULO 6°:** Comuníquese a todos los Departamentos Docentes, a la Dirección de Estudiantes y Graduados, a la Biblioteca de la FCEyN y a la Secretaría de Posgrado con copia del programa incluida. Cumplido, pase COMPUTACION#FCEN y resérvese.

## ANEXO

### PROGRAMA

Esta materia está enfocada en la evaluación de argumentos causales alternativos mediante (aproximaciones a) el sistema de razonamiento de las ciencias con datos: la aplicación estricta de las reglas de la probabilidad. El objetivo principal es revisar los métodos desarrollados en las últimas décadas para: especificar matemáticamente los argumentos causales expresados en lenguaje natural mediante métodos gráficos intuitivos; precisar cómo la estructura causal influye en el flujo de inferencia entre las variables del modelo; identificar el efecto causal entre variables de un modelo causal en base a datos observacionales; diseñar experimentos que permitan evaluar modelos causales alternativos; y tomar decisiones óptimas en contextos de incertidumbre.

Temario:

#### 1. Modelos gráficos y evaluación de modelo causal en contextos constantes

- Validación de proposiciones. Reglas de probabilidad: preservación de la creencia. Previa y predicción con todas las hipótesis. Especificación gráfica con redes bayesianas. Evaluación de modelos causales.
- Taller: Generación de bases de datos sintéticas y evaluación de modelos causales alternativos.
- Bibliografía sugerida: Samaja (cap 3.1-4), Klimovsky (cap 4), Bishop [6] (sec 1-4).

#### 2. Aplicación estricta de las reglas de la probabilidad

- Distribuciones conjugadas. Ejemplos: modelos de recomendación; Monty Hall extendido; modelo de habilidad. Estimaciones en línea en series temporales. Inferencia exacta en modelos de regresión lineal.
- Taller: Implementación de modelos recomendación Beta-Binomial, Monty Hall Categórica-Dirichlet, habilidad-desempeño Gaussiana-Gaussiana. Estimación temporal en-línea y regresión lineal bayesiana.
- Bibliografía sugerida: Bishop [2] (cap 2.1-3).

### 3. Emergencia del sobreajuste por selección y el balance natural por evaluación

- Problemas computacionales de las reglas de probabilidad. Evaluación de modelos lineales y sobreajuste. Procesos Gaussianos.
- Taller: Evaluación de modelos lineales y predicción con ensambles de modelos. Implementación de procesos gaussianos.
- Bibliografía sugerida: Bishop [2] (sec 1.1-3, 3.3-4, 6.4.1-2).

### 4. Sorpresa: el problema de la comunicación con la realidad

- Comunicación con la realidad, función de costo, entropía y sorpresa. Distribuciones de probabilidad máxima entropía.
- Taller: Simulación numérica de apuestas, optimización de apuesta, minimización de divergencia KL.
- Bibliografía sugerida: Klimovsky (cap 2), Samaja (sec 3.5-3.6), MacKay (sec 1.1, 2.4-6, 4.1), Kelly.

### 5. Especificación de modelo por Factor Graph e inferencia por pasaje de mensajes

- Modelos causales probabilísticos con factor graph, sum-product algorithm, estimador ELO bayesiano.
- Taller: Implementación de mensajes en modelo de habilidad y algoritmo suma-producto.
- Bibliografía sugerida: Bishop (sec 8.2.1-2), Neal (cap 3).

### 6. Teorías causales

- Modelos  $A \rightarrow B$  y  $B \rightarrow A$  en contextos dinámicos, teorías causales con gates, simulación de datos.
- Taller: Generación de datos sintéticos y evaluación de teorías causales alternativas.

- Bibliografía sugerida: Neal (sec 2.1, 4.1), Winn.

## 7. Niveles de razonamiento causal y estimación de efecto causal

- Paradoja de Yule-Simpson, razonamiento causal, backdoor criterion, estimación del efecto causal.
- Taller: Inferencia del efecto causal en modelos causales lineales.
- Bibliografía sugerida: Neal (cap 4), Cinelli.

## 8. Semana disponible para prácticas, exámenes o compensación por retrasos o feriados.

## 9. Series temporales e inferencia en modelos de historia completa

- Propagación de información forward-backward, loopy belief propagation, estimación de habilidad.
- Taller: Implementación de algoritmo forward-backward, estudio de bases de datos de tenis, estimación de sesgo en Monty Hall temporal.
- Bibliografía sugerida: Dangauthier, Bishop [2] (sec 13.2.2-4).

## 10. Inferencia causal en series temporales

- Series de tiempo jerárquicas, teorías alternativas de aprendizaje, evaluaciones contrafactuales.
- Taller: Implementación y evaluación de teorías de aprendizaje, evaluación del efecto causal de intervenciones.
- Bibliografía sugerida: Brodersen, Bishop [2] (sec 13.3).

## 11. Aproximación de la inferencia por paseos al azar en el espacio de hipótesis

- Generadores de números pseudo-aleatorios, Monte Carlo, Metropolis Hasting, nociones de Gibbs Sampling y Hamiltonian Monte Carlo. Lenguajes de programación probabilística.
- Taller: Implementación de sampling, Monte Carlo, modelos gráficos en lenguaje probabilístico.
- Bibliografía sugerida: Bishop [2] (sec 11.1-3), Stan user (ejemplos), Martin (ejemplos)

## 12. Aproximadores de eventos raros por algoritmos de Monte Carlo

- Simulación de eventos raros, Sequential Monte Carlo, importance sampling y resampling, filtrado de partículas.
- Taller: Experimentos en modelos State-Space, estimación de evidencia.
- Bibliografía sugerida: Chopin (cap 10).

## 13. Evaluación de modelos mediante algoritmos de Monte Carlo

- Evaluación numérica de modelos alternativos, predicción en modelos de historia completa, SMC combinado con MCMC, Ibis.
- Taller: Evaluación de modelos causales temporales, estimación de evidencia.
- Bibliografía sugerida: Chopin (cap 12, 17).

## 14. Isomorfismo probabilidad-evolución y apuestas óptimas

- Procesos de selección probabilística y evolutiva, criterio Kelly, fractional kelly, diversificación, cooperación, especialización, otras.
- Taller: Simulación de apuestas binario, evaluación de estrategias y criterios de apuesta.
- Bibliografía sugerida: Czegel, Peters, Kelly, Koller (cap 23).

## 15. Hackatón "apuestas de vida": un problema de acción-percepción

- Ciclos de acción-percepción, problema similar al Monty Hall extendido, competencia de inferencia.
- Taller: Hackatón.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Halpern JY. Reasoning about uncertainty. 2nd ed. MIT press; 2017.

Bishop CM. Pattern recognition and machine learning. Springer; 2006.

Winn J. Causality with gates. In: Artificial Intelligence and Statistics. PMLR; 2012. p. 1314–1322.

Samaja J. Epistemología y metodología: elementos para una teoría de la investigación científica. EUDEBA; 1999.

Klimovsky G. Las desventuras del conocimiento científico; 1994.

Bishop CM. Model-based machine learning. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2013;371(1984):20120222.

MacKay DJ. Information theory, inference and learning algorithms. Cambridge university press; 2003.

Kelly Jr JL. A New Interpretation of Information Rate. Bell System Technical Journal. 1956.

Neal B. Introduction to causal inference. Course Lecture Notes (draft). 2020.

Cinelli C, Forney A, Pearl J. A crash course in good and bad controls. Sociological Methods & Research. 2022; p. 00491241221099552.

Dangauthier P, Herbrich R, Minka T, Graepel T. Trueskill through time: Revisiting the history of chess. In: Advances in Neural Information Processing Systems; 2008. p.

337–344.

Brodersen KH, Gallusser F, Koehler J, Remy N, Scott SL. Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models. *The Annals of Applied Statistics*. 2015.

Team SD. *Stan User's Guide*.

Martin OA, Kumar R, Lao J. *Bayesian Modeling and Computation in Python*. CRC Press; 2022.

Chopin N, Papaspiliopoulos O, et al. *An introduction to sequential Monte Carlo*. vol. 4. Springer; 2020.

Czégel D, Giaffar H, Tenenbaum JB, Szathmáry E. Bayes and Darwin: How replicator populations implement Bayesian computations. *BioEssays*. 2022; p. 2100255.

Peters O. The ergodicity problem in economics. *Nature Physics*. 2019;15(12):1216–1221.

Koller D, Friedman N. *Probabilistic graphical models: principles and techniques*. MIT press; 2009.

Jaynes ET. *Bayesian methods: General background*; 1984.

McElreath R. *Statistical rethinking: A Bayesian course with examples in R and Stan*. CRC press; 2020.

Pearl J. *Causality*. Cambridge university press; 2009.1956.