

SEMINARIO DE TOPOLOGÍA; APRENDIZAJE TOPOLÓGICO

DR. P. SUÁREZ-SERRATO

DISCIPLINA EN LA QUE SE INSCRIBE EL CURSO; TOPOLOGÍA

El aprendizaje automático y la topología, dos campos aparentemente dispares, han intersectado recientemente de manera fascinante. El análisis topológico de datos (ATD) ha surgido como una poderosa herramienta para extraer información significativa de conjuntos de datos complejos, y las técnicas de aprendizaje automático se han utilizado para analizar e interpretar características topológicas. Al combinar métodos topológicos con el aprendizaje automático, se están descubriendo nuevas perspectivas sobre estructuras de datos complejas y desarrollando soluciones innovadoras para problemas desafiantes. En este seminario participativo, veremos las recientes interacciones de la Topología con el aprendizaje profundo.

PRE-REQUISITO

Conocer las nociones y conceptos de los cursos de *Topología* (al nivel de la carrera de Matemáticas en la Facultad de Ciencias UNAM) y el primer curso básico de *Topología Algebraica* en el posgrado en Ciencias Matemáticas UNAM. Nociones de programación en Python.

EVALUACIÓN

- (1) Presentar dos artículos de investigación reciente en el área, 40%.
- (2) Implementar y documentar una arquitectura de aprendizaje topológico profundo, 40%.
- (3) Asistencia, 10%.
- (4) Participación, 10%.

TEMARIO

- (1) Introducción:
 - * Conceptos topológicos básicos: espacios topológicos, funciones continuas, homeomorfismos, homotopía.
 - * Complejos simpliciales: símlices, complejos simpliciales, realización geométrica.
 - * Nociones de homología: grupos de homología, números de Betti, característica de Euler.
- (2) Complejos Simpliciales:
 - * Definición y ejemplos de complejos simpliciales.
 - * Homología y cohomología simplicial.
 - * Aplicaciones en topología computacional y modelado geométrico.
- (3) Variedades:
 - * Definición de variedades.
 - * Variedades lisas y estructuras diferenciables.
 - * Espacios tangentes y formas diferenciales.
- (4) Característica de Euler:
 - * Definición y propiedades de la característica de Euler.
 - * Cálculo de la característica de Euler para complejos simpliciales y variedades.
 - * Aplicaciones en análisis de formas y análisis de datos topológicos.
- (5) Variedades Estratificadas:
 - * Definición y ejemplos de variedades estratificadas.
 - * Singularidades y estratificación.
 - * Curvatura de Ricci.
- (6) Redes Neuronales Topológicas:
 - * Diseño de redes neuronales que pueden procesar datos topológicos.
 - * Incorporación de características topológicas en modelos de aprendizaje profundo.
 - * Aplicaciones de redes neuronales topológicas en clasificación de imágenes y procesamiento del lenguaje natural.
- (7) Arquitecturas Transformer y Homología Persistente:
 - * Uso de modelos transformer para procesar y analizar diagramas de persistencia.
 - * Aprendizaje de representaciones de características topológicas.
 - * Aplicaciones en descubrimiento de fármacos, ciencia de materiales y otros campos.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Simplicial Neural Networks
<https://arxiv.org/pdf/2010.03633>
- (2) Weisfeiler and Lehman Go Cellular: CW Networks
<https://arxiv.org/pdf/2106.12575>
- (3) Weisfeiler and Lehman Go Topological: Message Passing Simplicial Networks
<https://arxiv.org/pdf/2103.03212>
- (4) Architectures of Topological Deep Learning: A Survey of Message-Passing Topological Neural Networks
<https://arxiv.org/pdf/2304.10031>
- (5) Papillon et al., A Survey of Topological Machine Learning Methods
<https://www.frontiersin.org/journals/artificial-intelligence/articles/10.3389/frai.2021.68>
- (6) Zia et. al., Topological Deep Learning: A Review of an Emerging Paradigm.
- (7) Khasawneh et al., Chatter Classification in Turning using Machine Learning and Topological Data Analysis.
- (8) Hajij et. al., Topological Deep Learning: Going Beyond Graph Data.
- (9) Wang et. al., SINATRA: A Sub-Image Analysis Pipeline for Selecting Features that Differentiate Classes of 3D Shapes.
- (10) Sehun Kim, xPerT: Extended Persistence Transformer,
<https://arxiv.org/pdf/2410.14193v1>
- (11) Hajij et. al., TopoX: A Suite of Python Packages for Machine Learning on Topological Domains,
<https://arxiv.org/abs/2402.02441>
- (12) Ballester et al. , Attending to Topological Spaces: The Cellular Transformer,
<https://arxiv.org/abs/2405.14094>
- (13) Papillon et al. , TopoTune : A Framework for Generalized Combinatorial Complex Neural Networks,
<https://arxiv.org/abs/2410.06530>

Lugar de Trabajo: Aula Inteligente 1 y Zoom, Instituto de Matemáticas UNAM.

Teléfono: 5622 4748.

Dirección electrónica: pablo@im.unam.mx