

Formulario de aprobación de curso de posgrado/educación permanente

Asignatura: Fundamentos de lenguajes de programación cuánticos

Modalidad:

Posgrado

☒

Educación permanente

☐

Profesor de la asignatura ¹: Dr. Alejandro Díaz-Caro, Grado 4, Instituto de Computación

¹ Agregar CV si el curso se dicta por primera vez.

Programa(s) de posgrado: Doctorado y maestría en Informática

Instituto o unidad: Instituto de Computación

Departamento o área: CENUR Colonia

Horas Presenciales: 24

Nº de Créditos: 4

Público objetivo:

Cupos: Mínimo: 1

Objetivos: Este curso pretende llegar hasta los avances más recientes en el estudio de la correspondencia de Curry-Howard-Lambek para computación cuántica. La correspondencia de Curry-Howard-Lambek, en computación clásica, es la existente entre los lenguajes de programación tipados, la lógica, y la teoría de categorías.

Conocimientos previos exigidos: Se requiere conocimiento básico de lógica matemática y teoría de la computación, incluyendo nociones de lógica proposicional y razonamiento formal. Asimismo, se asume familiaridad con lenguajes de programación funcionales. También se requiere manejo de álgebra lineal a nivel introductorio, incluyendo espacios vectoriales, matrices y transformaciones lineales.

Conocimientos previos recomendados: Se recomienda familiaridad con conceptos fundamentales del cálculo lambda, sistemas de tipos y teoría de categorías. Sin embargo, estos temas serán introducidos durante el curso y no constituyen requisitos indispensables para su seguimiento.

Metodología de enseñanza:

Descripción de la metodología: El curso contempla encuentros semanales durante 8 semanas. Tres de esos encuentros serán clases teóricas, tres prácticas y dos teórico-prácticas.

Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico): 12hs
- Horas de clase (práctico): 12hs
- Horas de clase (laboratorio):

- Horas de consulta:
- Horas de evaluación:
 - Subtotal de horas presenciales: 24
- Horas de estudio: 12
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 12
- Horas proyecto final/monografía: 12
 - Total de horas de dedicación del estudiante: 60

Forma de evaluación:

La evaluación se realizará mediante la resolución de ejercicios prácticos y la elaboración de un trabajo final individual sobre alguno de los temas abordados en el curso.

Los ejercicios prácticos tendrán como objetivo verificar la comprensión de los conceptos fundamentales desarrollados en las clases teóricas y prácticas, y representarán el 50% de la calificación final.

El trabajo final consistirá en el estudio y presentación escrita de un artículo científico o tema de investigación relacionado con los contenidos del curso, pudiendo incluir desarrollos teóricos, resolución de ejercicios avanzados o una revisión bibliográfica guiada. Este trabajo representará el 50% de la calificación final.

Temario:

1. Lógica, teoría de tipos y correspondencia de Curry–Howard: Lógica proposicional intuicionista en deducción natural. Reglas de introducción y eliminación. Cut-elimination. Cálculo lambda simplemente tipado. Semántica operacional. Sistemas de tipos. Correspondencia de Curry–Howard entre demostraciones y programas. Introducción a la lógica lineal y motivación desde la computación cuántica.
2. Semántica denotacional y teoría de categorías: Introducción a la teoría de categorías. Categorías cartesianas cerradas. Productos y exponenciales. Funtores y transformaciones naturales. Adjunciones. Semántica categórica del cálculo lambda tipado. Correspondencia de Curry–Howard–Lambek.
3. Fundamentos matemáticos de la computación cuántica: Reconto histórico del desarrollo del área. Espacios de Hilbert de dimensión. Qubits y sistemas compuestos. Producto tensorial. Operadores unitarios. Medición. Entrelazamiento. Teorema del no-clonado. Protocolos cuánticos elementales: teleportación y codificación superdensa. Ejemplo de algoritmo cuántico: Búsqueda de Grover.
4. Lenguajes para computación cuántica: Restricciones impuestas por la mecánica cuántica sobre los lenguajes de programación. Control clásico y control cuántico. Sistemas de tipos lineales. Cálculos lambda cuánticos. Relación entre lógica lineal, semántica categórica y computación cuántica.
5. Avances recientes en fundamentos de lenguajes cuánticos: Extensiones algebraicas del cálculo lambda. Conectivos lógicos para superposición y combinación lineal. Modelos categóricos para computación cuántica. Panorama de líneas actuales de investigación y problemas abiertos.

Bibliografía:

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

Tema	Básica	Complementaria
Lógica, teoría de tipos y Curry–Howard	1, 2	6, 7
Semántica denotacional y teoría de categorías	3	8, 9
Fundamentos matemáticos de la computación cuántica	4	10
Lenguajes para computación cuántica	5	11, 12
Avances recientes en fundamentos de lenguajes cuánticos	5	13, 14

6.1 Básica

1. Lectures on the Curry-Howard Isomorphism - Morten H. B. Sørensen y Paweł Urzyczyn - Elsevier - ISBN: 978-0-444-52077-7 - 2006
2. Lambda Calculi with Types - Henk Barendregt, Wil Dekkers y Richard Statman - Cambridge University Press - ISBN: 978-1-139-03263-6 - 2013
3. Basic Category Theory for Computer Scientists - Benjamin C. Pierce – The MIT Press - ISBN: 978-0262660716 - 1991
4. Quantum Computation and Quantum Information (10th Anniversary Edition) - Michael A. Nielsen y Isaac L. Chuang - Cambridge University Press - ISBN: 978-1-107-00217-3 - 2010
5. Picturing Quantum Processes: A First Course in Quantum Theory and Diagrammatic Reasoning - Bob Coecke y Aleks Kissinger - Cambridge University Press - ISBN: 978-1-316-21931-7 - 2017

6.2 Complementaria

6. Proofs and Types - Jean-Yves Girard, Paul Taylor y Yves Lafont - Cambridge University Press - ISBN: 978-0-521-37181-0 - 1989
 7. Introduction to the Theory of Programming Languages - Gilles Dowek y Jean-Jacques Lévy - Springer - ISBN: 978-0-857-29075-5 - 2011
 8. Categories for Types - Roy L. Crole - Cambridge University Press - ISBN: 978-1-139-17270-7 - 1993
 9. Introduction to Higher Order Categorical Logic - Joachim Lambek y Philip J. Scott - Cambridge University Press - ISBN: 978-0-521-35653-4 - 1988
 10. Quantum Computing for Computer Scientists - Noson S. Yanofsky y Mirco A. Mannucci - Cambridge University Press - ISBN: 978-0-511-81388-7 - 2008
 11. Towards a Quantum Programming Language - Peter Selinger - Mathematical Structures in Computer Science 14(4):527-586 - ISSN: 0960-1295 - 2004
 12. A Lambda Calculus for Quantum Computation with Classical Control - Peter Selinger y Benoît Valiron - Mathematical Structures in Computer Science 16(3):527-552- ISSN: 0960-1295 - 2006
 13. A Quick Overview on the Quantum Control Approach to the Lambda Calculus - Alejandro Díaz-Caro - Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science 357:1-17- ISSN: 2075-2180 - 2021
 14. A New Connective in Natural Deduction, and Its Application to Quantum Computing - Alejandro Díaz-Caro y Gilles Dowek - Theoretical Computer Science 957(C):113840 - ISSN: 0304-3975 - 2023
-

Datos del curso

Fecha de inicio y finalización: Inicio: 8 de septiembre. Finalización 10 de noviembre.

Horario y Salón:

Los encuentros serán a las 16hs, en modalidad virtual a través de zoom, los siguientes martes:

Septiembre: 8 y 15

Octubre: 6, 13, 20 y 27

Noviembre: 3 y 10.

Arancel: No corresponde

Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad posgrado:

Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad educación permanente:
