



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Contenidos de la asignatura:

Capítulo 1: Sistemas dinámicos no lineales y caóticos.

- Dinámica clásica no lineal y teorica del caos.
- Divergencia exponencial.
- Aplicaciones iterativas caóticas.
- Logistic map y Baker's map.
- Caos en sistemas dinámicos continuos.
- El efecto mariposa y las ecuaciones caóticas de Edward Lorenz.
- Atractores extraños.
- Métodos computacionales para simular sistemas dinámicos no lineales y caóticos.
- Simulación de aplicaciones iterativas caóticas.
- Método "Runge-Kutta 4 con paso adaptativo".

Capítulo 2: Redes complejas: Modelos y medidas topológicas

- Introducción a la topología de redes complejas. Medidas topológicas básicas.
- Distribución de grados, coeficientes de agregación y definiciones de distancia.
- Componentes y el componente gigante.
- Correlaciones y la distribución grado-grado.
- Asortatividad y disortatividad.
- Modelos clásicos: "Random Networks", de Erdős y Renyi; "Small-world networks", de Watts y Strogatz; "Scale-Free networks", de Barabasi y Albert.
- Modelos específicos: redes espaciales o geográficas, redes correladas, redes "por mutación", etc.
- Estructura de comunidades.
- Introducción a los procesos dinámicos en redes complejas.
- Modelos epidemiológicos (SIR y SIS) y vacunación en estos modelos.
- Redes dinámicas.
- Métodos computacionales para la generación de redes complejas con propiedades específicas.
- Algoritmos para la generación de redes correladas.
- Simulaciones de procesos epidemiológicos en redes con una topología dada.

Capítulo 3: Sistemas Complejos: Conceptos y modelos basados en reglas subyacentes.

- Conceptos clásicos de sistemas complejos.
- Escala, interdependencia y emergencia.
- Autómata celular (determinista y estocástico).
- Patrones emergentes en el contexto de autómatas celulares.
- Aplicaciones de los autómatas celulares.
- Modelos basados en agentes.
- Formación de patrones en el contexto de modelos basados en agentes.
- Dinámica urbana como ejemplo de modelos basados en agentes.
- Técnicas computacionales para la simulación de autómatas celulares y dinámica de agentes.

Capítulo 4: Técnicas, formalismos y herramientas estadísticas frecuentemente utilizadas en el campo de sistemas complejos.

- Introducción a la Teoría de la Comunicación de Claude Shannon. Entropía.
- Entropía relativa. Información mutua.
- Técnicas estadísticas para la validación de modelos.
- Criterio de información de Akaike.
- Criterio de información bayesiano.
- Algoritmos frecuentemente utilizados para la estimación de medidas como la entropía, la información mutua, o los criterios de información.

Prácticas de laboratorio / Ejercicios:

1. Implementación numérica de los métodos computacionales explicados en el capítulo 1 para simular sistemas dinámicos no lineales y caóticos. Ejercicios teóricos para afianzar los conocimientos sobre sistemas dinámicos no lineales.
2. Implementación numérica de algoritmos de generación de redes y de procesos dinámicos en redes. Algoritmos para la computación de medidas topológicas de redes. Algoritmos para el análisis básico de redes. Manejo de algunos paquetes de software comerciales para la visualización de redes.
3. Implementación de técnicas computacionales para el estudio de patrones y para la simulación de autómatas celulares y modelos basados en agentes. Ejercicios para afianzar los conceptos básicos de sistemas complejos.
4. Implementación computacional de los algoritmos frecuentemente utilizados para la estimación de medidas de la teoría de la información. Implementación de los algoritmos utilizados para seleccionar modelos. Ejercicios sobre la teoría de la información.

Bibliografía básica

1. Differential equations, dynamical systems, and an introduction to chaos. Morris W. Hirsch, Stephen Smale, and Robert L. Devany.
2. The structure and function of complex networks. Mark E. J. Newman (SIAM reviews, 2003).
3. Dynamics of complex systems. Yaneer Bar-Yam.
4. Elements of information theory. T. M. Cover and J. A. Thomas.

Bibliografía complementaria

1. Chaos: Making a new science. James Gleick.
2. Chaos in dynamical systems. Edward Ott.
3. Chaos: The science of predictable random motion. Richard Kautz.
4. The Lorenz equations: bifurcations, chaos, and strange attractors. Colin Sparrow.
5. Deterministic chaos: An Introduction. H. G. Schuster and W. Just.
6. Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology and chemistry. Steven H. Strogatz.
7. The structure and dynamics of complex networks. Mark E. J. Newman, Albert-László Barabási, and Duncan J. Watts.
8. Dynamical processes on complex networks. A. Barrat, M. Marthelemy, and A. Vespignani.
9. Evolution and structure of the Internet: A statistical physics approach. R. Pastor-Satorras and A. Vespignani.
10. Analysis of biological networks. B. H. Junker and F. Schreiber.
11. Cellular automata and complexity: Collected papers. S. Wolfram.
12. Cellular automata modeling of physical systems. B. Chopard and M. Droz.
13. Agent-based models. N. Gilbert.
14. Cities and complexity: Understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals. M. Batty.
15. The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration. R. M. Axelrod.
16. Complexity and postmodernism: Understanding complex systems. P. Cilliers.
17. A mathematical theory of communication. C. E. Shannon.
18. An introduction to information theory: symbols, signals, and noise. John R. Pierce.
19. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. K. P. Burnham and D. A. Anderson.