

IELE4311: Sistemas No Lineales

Nicanor Quijano
email: nquijano@uniandes.edu.co
Oficina: ML-215
Horas de Oficina: Por Definir

Miércoles 14:00-15:20, Salón ML-508
Viernes 14:00-15:20, Salón ML-508

1. Descripción y Objetivos

1.1. Descripción

En la actualidad, el área de sistemas y control utiliza de forma recurrente técnicas para el análisis de sistemas no lineales que modelan el comportamiento dinámico a analizar. En este curso, se proveerán las herramientas básicas para que el estudiante entienda el comportamiento de dichos sistemas. Técnicas tales como *phase-plane*, métodos numéricos, análisis de estabilidad de Lyapunov, y la introducción de métodos utilizados en sistemas de control no lineal tales como *feedback linearization*, son algunos de los temas tratados en esta clase.

1.2. Objetivos

1. Desarrollar herramientas para el análisis de sistemas no lineales por intermedio de ejemplos teóricos. El uso de herramientas asistidas por computador (e.g., Matlab) será uno de los puntos requeridos durante el desarrollo del curso.
2. Proveer un tratamiento extensivo de la teoría de estabilidad según Lyapunov.
3. Introducir conceptos básicos tales como *phase plane*.
4. Proveer herramientas para el diseño de sistemas no lineales de control vía *feedback linearization*.
5. Proveer ejemplos para el modelamiento de todo tipo de sistemas, e.g., sistemas biológicos.

1.3. Textos

El instructor proveerá notas de clase que serán colocadas en la página *web* del curso, y cuyo texto básico es:

H.H Khalil, Nonlinear Systems (3rd edition), Prentice Hall, 2002.

Si bien este es un texto útil, a lo largo del curso se utilizarán otros libros como referencia, entre los cuales se mencionan:

S.Sastry, Nonlinear Systems. Analysis, Stability, and Control. Springer Verlag, 1999

M. Vidyasagar, Nonlinear Systems Analysis (2nd edition), Prentice Hall 1993

M.W. Hirsch and S. Smale, Differential Equations, Dynamical Systems and Linear Algebra, Academic Press, 1974.

W.J. Rugh, Linear Systems Theory, Prentice Hall, 1996.

The Student Edition of MATLAB, by The Math Works Inc., Prentice Hall, 1992.

Computational Aids in Control Systems Using MATLAB, by H. Saadat, McGraw-Hill 1993.

2. Tópicos

1. Introducción de sistemas no lineales: se presenta una reseña del comportamiento de los sistemas no lineales vs. lineales; se analizan los puntos de equilibrio múltiples, *limit cycles*, y *finite escape times*.
2. Requisitos matemáticos: revisión de *normed vector spaces*, *induced norms*, *Gronwall-Bellman inequality*, *Lipschitz condition*.
3. Propiedades fundamentales: definición de la existencia local o global de un punto de equilibrio (además de definir si es único). Se analiza qué sucede cuando las condiciones iniciales cambian.
4. *Phase plane analysis*: Comportamiento de sistemas autónomos bidimensionales. Clasificación de los puntos de equilibrio; órbitas periódicas; criterio de Bendixon; *index theory*.
5. Propiedades geométricas: *flow of a vector field*; *invariant sets*; *asymptotic behavior of solutions*; *limit sets* y el teorema de Poincaré-Bendixon.
6. Teoría de estabilidad de sistemas autónomos: estabilidad de un punto de equilibrio; estabilidad en el sentido de Lyapunov; estabilidad asintótica global (GAS); principio de invarianca de LaSalle; estabilidad de sistemas lineales; estabilidad vía linearización.
7. Teoría de estabilidad de sistemas no autónomos: *Comparison functions*; estabilidad uniforme; teoremas de Lyapunov; estabilidad de sistemas lineales variables en el tiempo; estabilidad vía linearización.
8. Introducción de *feedback stabilization*: Condiciones suficientes y necesarias; sistemas pasivos
9. *Feedback linearization*: *Local relative degree*; *Lie derivatives*; *Lie bracket of vector fields*; *invariant and involutive distributions*; *zero-dynamics*; *linearization by feedback*; *input/output linearization*.

3. Información General

Tareas: Este es un curso que requiere un esfuerzo importante por parte de los estudiantes. Si bien en clase se verán casi todos los temas descritos previamente, el estudiante tendrá que aplicar estos conceptos por intermedio de tareas. Estas requerirán del uso de técnicas modernas (e.g., Matlab, Maple) y de la investigación en artículos de actualidad. Los estudiantes tendrán que resolver dichos problemas de forma PERSONAL, y sólo podrán recurrir a la ayuda del instructor o de las bases de datos y artículos disponibles en la red. Cualquier tipo de ayuda recibida debe ser mencionada. Aquello que no sea expuesta por parte del estudiante, será calificada como una violación del reglamento.

Plagio: El plagio es inadmisibles en esta clase. Cualquier violación de esta norma tendrá las consecuencias propias establecidas en el reglamento de la universidad.

4. Requisitos y Evaluación

Se requiere que todos los estudiantes:

1. Tengan un conocimiento básico de variables de estado, ecuaciones diferenciales, introducción de sistemas lineales.
2. Lean el material correspondiente de cada semana.
3. Entreguen la tarea asignada al principio de la clase. Esta tarea se realizará de forma independiente. En caso contrario, el estudiante tendrá que someterse a las reglas de la universidad en caso de plagio. No se aceptarán tareas entregadas de forma tardía, ni vía electrónica.

El curso será evaluado de la siguiente forma:

1. 1 examen parcial: 25 % de la nota final. Este examen se realizará el 19 de Sept. y cubrirá todo el tema tratado hasta una semana antes de dicho examen. El estudiante podrá traer una hoja (por ambos lados) con la información que él/ella considere pertinente.
2. Tareas: 25 % de la nota final. Se realizarán 5 tareas en el transcurso del semestre. En cada tarea habrá una serie de preguntas/ejercicios que el estudiante tendrá que realizar de forma individual. Sin embargo, a la hora de la evaluación, se calificarán de manera aleatoria únicamente dos puntos.
3. Crítica de un artículo: 20 % de la nota final. El profesor colocará una serie de artículos en SICUA, de los cuales los estudiantes tendrán que escoger uno de ellos para realizar una crítica del mismo. Para ello, el/la estudiante deberá traer una propuesta en orden descendente de 3 artículos que estaría interesado(a) en leer el día 20 de Agosto. No podrá haber más de 5 personas criticando el mismo artículo. La crítica se compone de varias partes:
 - Un resumen de las contribuciones hechas por los autores, donde se explica clara y detalladamente cada uno de los elementos fundamentales que se resaltan en el artículo.
 - Réplica de los resultados. En los artículos que se proponen, existen una serie de resultados que pueden ser simulados y replicados por el/la estudiante. Para ello, se espera que se utilice la herramienta de simulación Matlab. Cualquier figura que se coloque en la crítica tendrá que ser original y desarrollada por el estudiante. NO se permitirán fotocopias o elementos escaneados o copiados de los artículos.
 - Propuesta de futuros proyectos con relación a lo que se plantea en el artículo. Finalmente, una vez se haya entendido qué se quiso hacer, cómo se hizo, y qué resultados se obtuvieron, el/la estudiante se dará a la tarea de pensar qué se pudo haber hecho diferente, y cómo. En otras palabras, deberá ser capaz de pensar en posibles proyectos futuros que involucren el uso de las ideas expuestas en dichos artículos. A su vez, sería sumamente útil si se pudiesen ligar los resultados/conceptos expuestos con ideas de investigación en las diversas ramas de la ingeniería.

Esta crítica deberá no podrá contener más de 4 páginas en formato IEEE de dos columnas. La evaluación tendrá en cuenta el contenido, la redacción, la presentación, y los resultados desarrollados. Se sugiere que los estudiantes utilicen LaTeX. Los archivos los pueden obtener en

<https://css.paperplaza.net/conferences/scripts/start.pl>

La entrega de la crítica será el 10 de Octubre.

4. 1 proyecto final: La evaluación se compone de cuatro partes.
 - El día 27 de Agosto, el/la estudiante deberá entregar un abstract que contenga la propuesta del proyecto final que desee realizar. Este proyecto busca fomentar la investigación que esté realizando el estudiante utilizando técnicas de sistemas no lineales.
 - El día 26 de Septiembre, el/la estudiante deberá entregar un reporte de máximo dos hojas en donde muestre los progresos que ha realizado hasta la fecha. Esta entrega corresponderá al 2 % de la nota final.
 - El día 12 de Noviembre, el/la estudiante deberá entregar un artículo de máximo 6 páginas en formato IEEE de dos columnas donde explique detalladamente la bibliografía obtenida, el procedimiento seguido, los resultados de su proyecto, así como una amplia discusión de lo obtenido. Se sugiere que los estudiantes utilicen LaTeX. La evaluación tendrá en cuenta el contenido, la redacción, la presentación, y la discusión de los resultados. Esta entrega corresponderá al 10 % de la nota final.

- En una fecha por establecer, el/la estudiante deberá presentar sus resultados en forma de POSTER. La realización del poster queda abierta a cada estudiante, aunque un panel de personas estará evaluando su calidad y contenido. Además, se evaluará la claridad de la presentación de los resultados por parte del estudiante. Esta entrega corresponderá al 18% de la nota final.