

Planificación de la Asignatura: Señales y Sistemas - Bioinformática

Fecha: 23/10/2024 13:02

Código: L1324

Carrera: Licenciatura en Bioinformática

Departamento Académico: Bioingeniería

Docente a cargo:

Correo del docente a cargo: cesar.martinez@uner.edu.ar

Régimen de Dictado: Cuatrimestral 2º Cuatrimestre

Carga Horaria Semanal: 6 horas semanales

Carga Horaria Total: 84 horas

Contenidos Mínimos:

Señales: concepto y clasificación. Espacios de señales. Análisis lineal y estacionario de señales. Sistemas: concepto y clasificación. Sistemas lineales e invariantes en el tiempo. Respuesta al impulso y respuesta en frecuencia. Convolución discreta. Transformada Z. Modelado de señales. Introducción al análisis no estacionario. Aplicaciones a señales y sistemas biomédicos. Convolución bidimensional, Transformada de Fourier bidimensional, discretización y muestreo.

Competencias Genéricas:

CT1: Identificación, formulación y resolución de problemas de la disciplina Bioinformática. Nivel de dominio 2.

CT4: Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la disciplina Bioinformática. Nivel de dominio 2.

Competencias Específicas:

CE3: Desarrollar estudios en metodologías estadísticas, matemáticas y computacionales para analizar el genoma y la expresión génica. Nivel de dominio 2.

CE9: Participar en el desarrollo y la implementación de la tecnología de GeneChips, expresión génica, mapeo, rastreo de polimorfismos, descubrimiento de genes y desarrollo de algoritmos diagnósticos. Nivel de dominio 3.

Argumentación de aportes marcados en la matriz de competencias:

La asignatura aborda la aplicación de técnicas de procesamiento digital de señales clásicas (CT4) al contexto de señales genómicas y proteómicas, donde es posible (CT1) diseñar y generar soluciones computacionales a problemas de detección de patrones en las secuencias de ADN y ARN (CE3) para identificación de genes, regiones codificantes de proteínas, regiones regulatorias y marcadores genéticos asociados con enfermedades (CE9); entre muchas otras tareas de interés del Lic. en Bioinformática.

Correlativas Regulares para cursar:

Probabilidad y Estadística

Correlativas Aprobadas para cursar:

Fundamentos de Programación

Ecuaciones Diferenciales

Correlativas Aprobadas para promocionar o rendir el examen final:

Fundamentos de Programación

Ecuaciones Diferenciales

Probabilidad y Estadística

Insercion de la Asignatura en el plan de Estudios:

Los temas de la asignatura se centran en el procesamiento de señales generadas principalmente por sistemas de tiempo discreto y sus aplicaciones a la bioinformática.

Las siguientes asignaturas aportan las bases para el desarrollo de la materia:

- "Cálculo en una variable", "Álgebra lineal y geometría analítica", "Cálculo vectorial" y "Ecuaciones diferenciales": aportan la base formal para la descripción matemática de los sistemas físicos y las herramientas aplicables al tratamiento de señales y sistemas.
- "Fundamentos de programación" y "Algoritmos y estructura de datos": permiten la implementación computacional de los modelos o técnicas desarrollados.
- "Biología molecular y celular": es el ámbito de aplicación de estos modelos y técnicas; razón por la que es necesario que se tenga dominio sobre estos temas.
- "Inglés I" y "Inglés II": Una parte importante de la bibliografía está disponible en idioma Inglés, por lo cual es necesario que los alumnos posean una capacidad suficiente para la lectura y comprensión de textos en este idioma.
- "Probabilidad y estadística" y "Métodos Estadísticos": presenta las nociones básicas para comprender los procesos y modelos estocásticos.

Objetivo General:

Que el alumno:

- adquiera conceptos teóricos sobre señales y sistemas discretos y sus aplicaciones en bioinformática,
- realice trabajos experimentales que reflejen situaciones reales típicas,
- desarrolle su capacidad de análisis aplicando diversas estrategias para la resolución de problemas,
- aumente su creatividad para proponer nuevas soluciones o técnicas alternativas a las existentes.

Objetivos Particulares:

Que el alumno logre:

- Comprender conceptos fundamentales de sistemas y procesamiento de señales discretas y su aplicación en genómica y proteómica.
- Comprender el concepto de espacio de señales y su importancia para la interpretación de transformaciones de señales.
- Comprender y aplicar los conceptos más importantes del análisis de Fourier en señales discretas.
- Comprender los conceptos y propiedades fundamentales de los sistemas lineales y sus aplicaciones.
- Comprender conceptos fundamentales de la Transformada Z y utilizarla para el análisis de sistemas discretos y para el diseño de filtros digitales.
- Comprender el problema de identificación de sistemas y los métodos básicos para la estimación de parámetros de sistemas lineales.
- Aplicar todos estos métodos citados a casos de interés en bioinformática.
- Adquirir criterios para estimar la complejidad computacional de un sistema de filtrado digital.

Programa Analítico:

Programa:

Unidad 1: Señales

Introducción a señales: concepto de señal y ruido. Clasificación de las señales y las técnicas de procesamiento digital. Operaciones básicas en señales. Digitalización de señales: muestreo, retención y cuantización, alias de muestreo en el dominio del tiempo. Caracterización de señales aleatorias: correlación, estacionariedad, ergodicidad. Espacio de señales: señales como vectores, normas y medidas de distancia, espacios vectoriales y espacios de señales, producto interno.

Unidad 2: Transformaciones

Independencia lineal, bases y transformaciones, ortogonalidad y ortonormalidad, el producto interno en las transformaciones, ejemplos de transformaciones lineales. Forma Compleja de la Serie de Fourier. Espectro de amplitud y fase. Propiedades. Transformada discreta de Fourier y su inversa, alias de muestreo en el dominio de la frecuencia, propiedades. Algoritmos de cálculo: transformada rápida de Fourier (FFT).

Unidad 3: Sistemas

Concepto y clasificación de los sistemas. Ecuaciones diferenciales y en diferencias, diagramas en bloque y respuesta al impulso. Sistemas lineales e invariantes en el tiempo: propiedades, principio de superposición. Respuesta en frecuencia de sistemas modelizados por ecuaciones diferenciales ordinarias lineales. Transformada de Laplace. Función Transferencia. Respuesta al impulso. Relación entre la Transformada de Fourier y Laplace. Los sistemas como transformaciones lineales. Los sistemas como filtros. Convolución: definición e interpretación física, propiedades, métodos de cálculo. Deconvolución: definición, aplicación al control y la identificación de sistemas, métodos de cálculo. Transformada Z: definiciones, inversa, relación con la transformada de Laplace y la transformada de Fourier. Análisis de sistemas de tiempo discreto: transformaciones conformes, teorema del desplazamiento, diagramas en bloque.

Unidad 4: Identificación de sistemas lineales

Concepto y clasificación, predicción lineal mediante sistemas auto-regresivos, ecuaciones de Wiener-Hopf, algoritmo de Levinson-Durbin, estimación del orden, método adaptativo de Widrow.

Unidad 5: Filtros digitales

Filtrado de una señal. Respuesta en frecuencia. Filtro Ideal: características de magnitud, fase y retardo de

grupo. Funciones de aproximación: normalización. Aproximaciones de Butterworth, Chebyshev, Bessel y Elípticos, propiedades. Transformaciones frecuencia pasabajos – pasabajos, pasabajos-pasabanda, pasabajos – pasaaltos, pasabajos - rechazabanda. Estructura de sistemas digitales, formas canónicas. Respuesta en frecuencia de filtros digitales. Diseño de filtros tipo IIR digitales a partir de filtros analógicos, Transformaciones de Euler, Bilineal e Invariante al impulso. Diseño de filtros tipo FIR. Métodos de muestreo frecuencial y funciones de ponderación. Algoritmos de implementación, estimación del costo computacional.

Metodología Didáctica:

La metodología propuesta comprende:

- clases de teoría
- clases de trabajos prácticos
- consultas

Las clases de teoría son exposiciones descriptivas de cada uno de los temas, destacando los conceptos fundamentales, sus alcances y presentando brevemente sus raíces históricas o desarrollo científico.

Las clases de trabajos prácticos proveen un espacio inicial para revisión teórica y posterior aplicación de los conceptos en problemas cerrados y abiertos de interés en la disciplina bioinformática.

Se proveen además horarios de consulta que permiten aclarar las dudas que pudieran surgir.

Se toma un examen parcial teórico y se realiza un Trabajo de Aplicación final donde se aplican los conceptos aprendidos a un problema real de interés actual. La discusión grupal de cada guía de ejercicios, la resolución de problemas numéricos y las evaluaciones de trabajos prácticos son también instancias de consolidación de los conceptos trabajados con anterioridad.

Metodologías a emplear en relación a los siguientes objetivos académicos:

Aumentar el uso de ejemplos y casos de aplicación en la enseñanza de la asignatura: En el trabajo de aplicación final se realiza anualmente un relevamiento del estado del arte de PSD aplicado a problemas de bioinformática, con el ánimo principal de combatir el concepto de que “no saben para qué puede ser útil SyS” o “no entienden cómo aplicarlo en problemas reales”. Los artículos más relevantes se reparten entre los grupos de alumnos, quienes deben estudiarlos, explicarlos al resto del curso y en lo posible implementar y experimentar lo presentado. Esta actividad permite a los alumnos entrar en contacto con investigaciones y desarrollos de actualidad (sólo se consideran publicaciones del último año). Para citar ejemplos: en cursados recientes se presentaron trabajos de búsqueda de mutaciones génicas en presencia de cáncer, identificación de secuencias de virus COVID-19 y otros que constituyen aplicaciones novedosas.

Fortalecer las instancias curriculares orientadas al desarrollo de habilidades de expresión oral y

escrita: se mantiene la exposición oral del trabajo de aplicación (20 minutos) + informe (máx. 4 páginas), en formato congreso. Este trabajo tiene una elaboración de 3 semanas, donde deben presentar 2 instancias de avance, una con la explicación sintética del trabajo y experimentación preliminar, y la segunda con un borrador del informe.

Fortalecer la articulación horizontal y vertical de contenidos de las asignaturas de la carrera: las prácticas se realizan en Python y sus paquetes científicos (procesamiento de señales y bioinformática). Anteriormente se utilizaba Matlab pero la implementación de las guías de TPs fue cambiada en favor de utilizar los conocimientos de programación que aprendieron los alumnos en años previos, y que a la vez le serán de utilidad en los años siguientes.

Formación Práctica:

Las clases de trabajos prácticos consisten en la implementación en computadora de métodos de análisis de sistemas, señales y modelos, así como la resolución de numerosos ejercicios y ejemplos. Al principio de cada clase se explican las características del trabajo a realizar por los alumnos, asociado al tema desarrollado previamente en la clase teórica. Los prácticos son intensivos, por lo que los alumnos reciben orientación y apoyo durante la clase práctica, pero deben desarrollar también actividad en forma autónoma en el contexto de un equipo de 2 o 3 miembros. Además de los ejercicios resueltos durante la práctica se proponen problemas adicionales para fomentar el autoaprendizaje. Para ello se indica el grado de dificultad relativo de cada uno. La incorporación paulatina de conceptos básicos a través de las sucesivas guías de trabajos prácticos permite lograr una visión integradora de todos los temas.

Detallar en particular las instancias de formación práctica en relación al siguiente objetivo académico:

Incrementar las actividades de proyecto y diseño

Se dedican 17 horas a la actividad del trabajo final, ya que ese tiempo se divide en estudio del problema, búsqueda de datos, diseño de solución, implementación, pruebas y ajustes, etc., a lo largo de 3 semanas. Anteriormente, a esta actividad se dedicaban 6 horas (a lo largo de 1 semana).

Listado de Actividades de Formación Práctica:

GTP : Guía de Trabajos Prácticos

GTP1: "Introducción a señales"

GTP2: "Operaciones con señales discretas - Espacios de señales"

GTP3: "Transformada discreta de Fourier"

GTP4: "Sistemas discretos"

GTP5: "Convolución"

GTP6: "Transformada Z"

GTP7: "Identificación de sistemas lineales"

GTP8: "Filtros digitales"

Intensidad de la formación práctica

Detalle de la carga horaria total prevista para cada una de las siguientes actividades:

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 1: 0 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 2: 25 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 3: 20 horas

Horas totales de actividades de formación práctica: 45 horas

Metodología de Evaluación Durante el cursado:

Las condiciones de regularidad y de promoción se determinarán mediante las calificaciones obtenidas en tres instancias de evaluación:

- El examen de trabajos prácticos (oral, en grupo) evalúa las resoluciones propuestas y las implementaciones logradas de los ejercicios planteados en las guías de trabajos prácticos.
- El examen parcial teórico (escrito, individual) pretende comprobar que el alumno comprende y es capaz de relacionar e integrar los conceptos teóricos discutidos.
- El Trabajo Final (escrito y oral, en grupo) integra los conceptos de señales, sistemas y filtrado a una aplicación de interés para el Licenciado. Aquí se solicita que los alumnos propongan una solución a un problema real, la implementen y realicen un informe escrito y una presentación oral tipo congreso al resto del alumnado. En las 2 instancias de avance (experimentación preliminar y borrador de informe), se realizará una devolución coloquial a modo de discusión sobre lo producido y realimentación sobre el resto del trabajo.

Metodología de Evaluación en Exámenes Finales:

Alumno regular: rinde examen final teórico (promoción parcial de práctica), oral.

Alumno libre: debe completar un examen final con las 3 instancias de trabajo requeridas

- Trabajo final: resolución del problema de aplicación, elaboración de informe y defensa previa al resto del examen. Puede ser realizado con anterioridad a la fecha de examen.
- Examen de trabajos prácticos: duración 3 hs, a libro abierto y con computadora para resolver un problema basado en las actividades prácticas dadas en clase.
- Examen teórico: oral, sólo en caso de aprobar las 2 instancias previas de examen.

Condiciones de Regularidad :

Condiciones de Regularidad y Promoción:

Alumno regular:

Para acceder a la condición de regularidad, el alumno deberá obtener un promedio de 50/100 puntos en cada una de las instancias de evaluación, con un mínimo de 40/100 puntos en cada una. En caso de no haberlo logrado, el alumno tendrá derecho a recuperar sólo el examen teórico y el examen de trabajos prácticos al final del cursado, ya sea para alcanzar el mínimo de 40/100 puntos o el promedio de 50/100 puntos. El Trabajo Final, al ser un trabajo dirigido y revisado parcialmente durante 3 semanas, no tiene previsto una fecha de recuperatorio per se.

El alumno rinde examen final teórico.

Alumno promovido:

Logrará la condición de alumno promovido aquel que haya alcanzado los requisitos exigidos para la regularidad y que además haya obtenido un promedio de 80/100 puntos en los exámenes, con un mínimo de 70/100 puntos en cada uno de ellos.

El alumno aprueba la asignatura.

Cronograma de parciales durante el primer Cuatrimestre:

Cronograma de parciales durante el segundo Cuatrimestre:

Primer Examen Parcial: 17 de Octubre de 2024

Segundo Examen Parcial: 24 de Octubre de 2024

Recuperatorio 01: 05 de Noviembre de 2024

Recuperatorio 02: 31 de Octubre de 2024

Bibliografía Principal:

Se debe mencionar que no existe un libro que cubra por completo los contenidos presentados y es por ello que se debe recurrir a varios títulos que cubren aspectos parciales y varias veces desde ópticas y con aplicaciones diferentes. Esto es especialmente cierto para el bloque que corresponde a las técnicas de modelización. En general este bloque debe completarse con aplicaciones y ejemplos tomados de artículos de revistas especializadas ya sea del tipo tutorial o de investigación. Para el bloque de señales y sistemas existe numerosa bibliografía de reciente aparición, sobre todo en el caso digital.

Como se apuntó anteriormente, buena parte de la bibliografía está disponible en inglés, por lo cual es necesario que los alumnos posean una capacidad suficiente para la lectura y comprensión de textos en este idioma.

A continuación se presenta la lista de libros ordenada por temas. La bibliografía básica se ha remarcado en negrita para separarla de la complementaria.

Señales y sistemas:

- "Introducción a las señales y los sistemas discretos", MILONE, RUFINER, ACEVEDO, DI PERSIA, TORRES, Eduner, 2006.
- "Señales y sistemas". 2ª Ed. en Español. OPPENHEIM, A.; WILLSKY, A.; NAWAB, S.; MATA HERNÁNDEZ, G.; SUÁREZ FERNÁNDEZ, A. Prentice-Hall Hispanoamericana, 1998.
- "Tratamiento digital de señales. Principios, algoritmos y aplicaciones". 3ª Ed. PROAKIS, MANOLAKIS. Prentice Hall, 1995.
- "The Fast Fourier Transform and its applications". BRIGHAM, E. Prentice Hall, 1988.
- "Transformadas de Laplace para ingenieros en electrónica". HOLBROOK, J. Limusa, 1987.
- "Fundamentos de Señales y Sistemas, (usando la web y MATLAB)". KAMEN E., PEARSON, 2008.

Aplicaciones en la bioinformática (libros y artículos seleccionados):

- E. Dougherty, I. Shmulevich, J. Chen and Z. J. Wang. Genomic Signal Processing and Statistics. Hindawi Publishing Corporation, 2005.
- D. Anastassiou. Genomic Signal Processing, IEEE Signal Processing Magazine, July 2001.
- P. P. Vaidyanathan and Byung-Jun Yoon. Digital filters for gene prediction applications. Proc. IEEE Conf. Signals, Systems and Computers, 2002, Monterrey, CA.
- P. P. Vaidyanathan and Byung-Jun Yoon. The role of signal-processing concepts in genomics and proteomics. Journal of the Franklin Institute, special issue on Genomics, 2004.
- J. V. Lorenzo-Ginori, A. Rodríguez-Fuentes, R. Grau Ábalo, R. Sánchez Rodríguez. Digital Signal Processing in the Analysis of Genomic Sequences. Current Bioinformatics, 2009, 4, 28-40.

Publicaciones periódicas

- EURASIP Journal on Bioinformatics and Systems Biology:
<http://www.hindawi.com/journals/bsb/contents/>

Bibliografia Complementaria:

Equipo de Cátedra:

Prof. Adjunto a cargo:

Dr. César Martínez

Docentes colaboradores:

Dr. Rubén Acevedo

Mag. Carlos Pais

Mg. Juan Manuel Reta

Dr. Leonardo Rufiner

Las actividades de la cátedra tendrán los siguientes días y horarios:

Clases teóricas: Martes de 09:00 a 12:00 hs.

Clases de trabajos prácticos: Jueves 13:30 a 16:30 hs.

Reunión de cátedra: 1 vez al mes o cuando se requiera.

Horarios de consultas: a coordinar con cada docente.

Actividades de Investigación Gestión y Extensión:

El dictado de la asignatura obliga al grupo docente a una continua actualización bibliográfica y metodológica debido a las características especiales de los temas tratados, su actualidad y novedad.

Los integrantes de la asignatura integran/dirigen proyectos de investigación relacionados con la materia, lo que favorece la realimentación de las experiencias recogidas hacia los alumnos y facilita el intercambio de ideas y la producción de material teórico/práctico para el cursado. Las actividades se realizan en el Laboratorio de Cibernética, el LIRINS y el Centro de Prototipado.

Se fomenta la participación de los integrantes en actividades de docencia de postgrado, los cursos de la Maestría en Ingeniería Biomédica dictados son:

1. "Análisis y procesamiento avanzado de señales"
2. "Procesamiento digital y análisis de imágenes"
3. "Fundamentos de procesamiento digital de señales"
4. "Fundamentos de electrofisiología clínica".

Además, los docentes desarrollan sus actividades de investigación en tres laboratorios de la Facultad.

En gestión, los docentes tuvieron y tienen funciones en Departamentos, Comités de Posgrado, Consejo Directivo, entre otras estructuras (no se realiza enumeración por ser variable año a año).

Requisitos de admisión para alumnos oyentes:

Los alumnos oyentes podrán concurrir normalmente a todas las clases de la asignatura. En algunas de las actividades se dará prioridad a los alumnos en condición de regulares, especialmente en aquellas en que los recursos de la cátedra estén limitados. Los alumnos oyentes podrán rendir parciales y serán evaluados en los trabajos prácticos, haciéndose efectiva la nota en su expediente académico una vez que cumplan con las correlativas exigidas.

Infraestructura, equipamiento y recursos necesarios:

Laboratorio: Computadoras tipo PC (al menos 1 cada 2 alumnos) c/ posibilidad de lectura/almacenamiento

de datos para transporte (preferentemente Pendrive o CD-RW). Sistema operativo Linux o Windows (con los controladores correspondientes) con conexión a internet durante todo el cursado

Proyector de cañón con entrada SVGA /HDMI: durante todo el cursado

Marcadores de color de borrado en seco, pizarra blanca: durante todo el cursado

Biblioteca y hemeroteca: durante todo el cursado

Espacio físico para tareas de cátedra (aprox. 10 m2) con: 1 computadora PC, 1 impresora láser, 2 escritorios, 1 armario, 1 archivero, 3 sillas, 1 pizarra, consumibles varios. Durante todo el cursado

Otros: