PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

MONITOREO REMOTO DE LA IONÓSFERA-TERMÓSFERA: RADAR DE DISPERSIÓN INCOHERENTE

CARRERA: LICENCIATURA EN ASTRONOMÍA – GEOFÍSICA – LICENCIATURA EN METEOROLOGÍA Y CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA
CARGA HORARIA SEMANAL: 8 HORAS DE TEÓRICO-PRÁCTICO
CARÁCTER: SEMESTRAL
PROFESOR A CARGO: ERIKA GULARTE

OBJETIVOS

El principal objetivo del curso es familiarizar al aprendiente con los problemas científicos actuales cuyo estudio fenomenológico puede abordarse mediante el monitoreo remoto de la ionosfera con radares de dispersión incoherente (Incoherent Scatter Radar, ISR). Sus objetivos específicos son la adquisición de conocimientos básicos sobre: i) los procesos físicos y químicos que tienen lugar en la atmosfera superior; ii) las características del instrumento y de la técnica de medición; y iii) los problemas científicos actuales que se atacan con radares de dispersión incoherente.

El estudiante tendrá la oportunidad de aprender una variedad de tópicos, tales como: la física del plasma, las ondas electromagnéticas, el radar, la codificación de una señal, la electrónica y el procesamiento de una señal. Este carácter interdisciplinario, no sólo le permitirá al estudiante ahondar en distintas temáticas, sino que también, le proveerá la capacidad de relación entre las diversas disciplinas. Así, el curso está dirigido a estudiantes que deseen introducirse en esta técnica de medición, es decir, que deseen conocer los aspectos tecnológicos del radar, los procesos físicos involucrados, el diseño de experimentos, el análisis de los datos y sus aplicaciones. Así como también, para aquellos estudiantes que estén interesados en estudios ionosféricos, en estudios atmosféricos y en estudios magnetosféricos, mediante una herramienta terrestre avanzada cuya técnica es extremadamente poderosa.

CONTENIDO TEMÁTICO

El curso se ha distribuido en IX Capítulos, presentados de tal manera que el curso sea auto-consistente. En el Capítulo I, se presenta el significado de ISR junto a su desarrollo histórico y sus proyecciones a futuro. En el mismo, se describen también los distintos tipos de radares existentes. El Capítulo II, esgrime las propiedades físicas y características del escenario objeto de estudio: la atmósfera terrestre, abordando en forma particular a la región ionosférica. Una revisión de las propiedades básicas de la propagación de las ondas electromagnéticas y la radio propagación en un plasma, más relevantes para los estudios ionosféricas, se detallan en el Capítulo III. Luego, el comportamiento de las ondas de radio en la ionosfera y sus efectos, tales como, los procesos de dispersión se abordan en el Capítulo IV, el cual finaliza con la descripción de las antenas y el radar. Debido a las características de las mediciones con el radar, el Capitulo V, aborda las propiedades estadísticas de la dispersión de la señal debida a un plasma junto con sus errores de medición, producidos tanto por la naturaleza aleatoria de la señal recibida como por el ruido inevitable adicionado a

la señal. El Capítulo VI, detalla la técnica propia de medición de un radar: comenzando con la emisión de la señal y los métodos de modulación y siguiendo con la recepción de la señal y el procesamiento de la misma. Para un mayor entendimiento del posterior análisis de los datos y de los resultados esperados, en el Capítulo VII, se profundizan los conceptos, características, modelos y variabilidad de los parámetros medidos por el ISR. Por último, en el Capítulo VIII, ya estamos en condiciones de aplicar todo lo anteriormente visto, para diseñar un experimento con el ISR, seguir sus distintos niveles de procesamiento y la obtención de los parámetros de interés. Dicho capítulo se complementa con las ventajas y desventajas de los datos obtenidos y la comparación con otras técnicas de medición. El curso finaliza con aplicaciones científicas en diversas temáticas de interés, las cuales se desarrollan en el Capítulo IX.

Capítulo I-Introducción de ISR. Conceptos básicos. Reseña histórica. Generalidades de las facilidades de ISR. Diferencias entre radares tradicionales de antena única y radares de tecnología avanzada mediante un arreglo modular de antenas.
Capítulo II-Generalidades de la ionosfera-termosfera. La atmósfera terrestre. Regiones atmosféricas según su temperatura, su composición y su contenido de plasma. La atmósfera y la interfaz espacio-tierra. La ionosfera. Reseña histórica y técnicas de medición. Fuentes de ionización ionosférica. Mecanismos de formación de capas ionosféricas. Características de las regiones ionosféricas: capas D, E y F. Variabilidad ionosférica.
Capítulo III-Propiedades de las ondas electromagnéticas y radio propagación en un plasma. El espectro radioeléctrico. Ruido eléctrico e interferencia de radio frecuencia. Propiedades de ondas electromagnéticas y su interacción con la materia. Propagación de ondas de radio en un plasma no magnetizado. Propagación de ondas de radio en un plasma magnetizado.
Capítulo IV-Procesos de dispersión y el radar. Consideraciones generales. Transformadas de Fourier y variables aleatorias. Dispersión de una distribución aleatoria de electrones. Dispersión de un medio continuo. Potencia de la señal y función de autocorrelación. Sección de cruce. Factores de polarización de la onda. Dispersión ionosférica coherente e incoherente de ondas de radio. Generación de transmisión de grandes potencias. Parámetros de una antena de radar. Patrón de radiación de una antena parabólica. Arreglos de antenas. El radar, conceptos básicos. Ecuación del radar. Radar monoestático y multiestático.
Capítulo V-Estadísticas de las señales del radar. Escenario y conceptos generales. Estimadores de la potencia de la señal. Estimador de la función de autocorrelación no normalizada. Estimador de la función de autocorrelación normalizada. El efecto del ruido en los estimadores de correlación. Errores de correlación. Mediciones de ángulo de fase. Efectos de cuantización.
Capítulo VI-Técnicas de medición. Señal de emisión del radar. Ancho de banda. Métodos de modulación. Generación. Codificación de la señal emitida. Códigos. Códigos de Barker y Alternados. Eficiencia de los códigos. Señal de recepción del radar. Procesamiento de la señal. La señal y su transformada de Fourier. La función de autocorrelación y el espectro de potencia. Función de autocorrelación y espectro de potencias de una señal compleja. Funciones de ambigüedad.
Capítulo VII-ISR: Descripción de los parámetros medidos. Densidad electrónica. Temperatura electrónica e iónica. Corrimiento Doppler. Composición iónica. Mediciones de la línea de plasma: densidad electrónica, temperatura electrónica y componente de la velocidad paralela al campo magnético. Otras mediciones y subproductos elaborados a partir de las mediciones del radar.
Capítulo VIII-ISR: Diseño de experimentos, reducción de datos y análisis. Experimentos estándar: información del sistema y características del experimento. Nivel de procesamiento_0: generalidades y obtención de estimadores -espectro estimado-. Nivel de procesamiento_1: obtención de estimadores -ajuste espectral-. Nivel de procesamiento_2: productos derivados. Acceso a AMISR: base de datos, herramientas de programación y herramientas para el procesamiento de datos. Ventajas y desventajas de los parámetros obtenidos: precisión. Comparación de los parámetros obtenidos con otras técnicas de medición.
IX-Aplicaciones científicas. Eficacia de las tormentas y subtormentas terrestres. Acoplamiento Magnetosfera-ionósfera. Acoplamiento Ionósfera-termósfera. Electrodinámica y Energética. Estructuras y formas del plasma. Ondas gravitatorias. Acoplamiento con la baja atmósfera.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:
SCHUNK, Robert and NAGY, Andrew - Ionospheres: Physics, Plasma Physics, and Chemistry. Cambridge University Press, 2nd edition, 2009.
KELLEY, Michael C. - The Earth's Ionosphere, Volume 96, Second Edition: Plasma Physics & Electrodynamics. Academic Press, 2nd edition, 2009.
NYGREN, Tuomo - Introduction to Incoherent Scatter Measurements. Invers Oy, P.O. Box 105, FIN-99601 Sodankylä, Finland, 1996.
HUNSUCKER, R.D. - Radio Techniques for Probing the Terrestrial Ionosphere. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
Journal of Atmospheric and Solar-Terrestial Physics, Volume 71, May 2009. U.R.S.I & ELSEVIER.

Complementaria:
ANDREWS, David G., An Introduction to Atmospheric Physics. Cambridge University Press, 2nd edition, 2010.
HARGREAVES, J.K., The solar-terrestrial environment. Cambridge University Press, 1992.
RICHARDS, Mark A. - Principles of Modern Radar: Basic Principles. SciTech Publishing Inc., 2010.
RICHARDS, Mark A. - Fundamentals of Radar Signal Processing. Mac Graw-Hill Companies Inc., 2005.