

Práctico 2 – Información satelital, variabilidad y predicción

*Se sugiere realizar la resolución desarrollando y probando funciones de cálculo que pueda luego utilizar para el trabajo final. Puede usar el software de su elección (Python, R, Julia, Matlab, Octave o una planilla electrónica). Salvo que se sugiera en la letra de algún ejercicio, pedimos que no utilice software de terceros para calcular las magnitudes necesarias, aunque puede usarlos para verificaciones. El ejercicio final, indicado con *, otorga puntaje extra a efectos de la evaluación.*

Ejercicio 1 - Validación de fuentes de información de radiación

Descargue de los portales correspondientes los estimativos de irradiación solar diaria (GHI) de los modelos Heliosat-4 (CAM5¹) y FLASHFlux (NASA²) para el sitio de Las Brujas ($\phi = -34.67^\circ$, $\psi = -56.34^\circ$, Canelones) para el año 2017. También considere los estimativos del modelo JPTv2³ y los acumulados diarios de las medidas tomadas en el sitio⁴.

- Expresar las medidas y estimativos de irradiación en MJ/m² y halle el desempeño de los tres modelos al compararlos con las medidas de tierra. Observe las series temporales gráficamente y realice los gráficos de dispersión para cada conjunto de estimativos. Discuta los resultados.
- Realice una adaptación al sitio de los estimativos de los tres modelos utilizando un posproceso de regresión lineal. Reporte los coeficientes obtenidos para cada regresión y cuantifique la mejora en los indicadores de desempeño. Discuta los resultados.

Ejercicio 2 - Estimación de GHI horaria con un modelo satelital híbrido

Considere el archivo P2_Ej2_datos.zip. Allí se encuentran las medidas horarias de GHI (en Wh/m²) para la estación de medida de Las Brujas ($\phi = -34.67^\circ$, $\psi = -56.34^\circ$, Canelones) correspondientes a 2017. En el mismo archivo se encuentra además la serie del índice de nubosidad (C), construida a partir de información provista por el canal visible del satélite GOES-East para esa locación. El índice de nubosidad, definido en clase, es una cantidad adimensional con valores truncados en el intervalo [0,1] que se relaciona con la presencia de nubes en el píxel de la imagen. Mayores valores de C se asocian a mayor nubosidad.

- A partir de las medidas de GHI calcule el índice de claridad horario (k_t) y estudie su correlación con el índice de nubosidad (C). Realice un diagrama de dispersión entre k_t y C , e interprete.
- Utilice el modelo de cielo claro ESRA, con valores adecuados de índice de turbidez de Linke (T_L), para generar estimativos de GHI para condiciones de cielo claro (GHI_{ESRA}) simultáneo a las medidas de GHI. Verifique la serie generada realizando los gráficos superpuestos de GHI vs. $\cos\theta_z$ y GHI_{ESRA} vs. $\cos\theta_z$.
- Genere una serie de estimativos de irradiación para toda condición de cielo (GHI_{MOD}) utilizando un modelo de la forma $GHI_{MOD} = GHI_{ESRA} \times F(C)$. Donde $F(C)$ es la función de atenuación por nubosidad, modelada en forma lineal como $F(C) = a \times (1 - C) + b$, con a y b constantes adimensionadas cuyo valor es $a = 0.907$ y $b = 0.082$. Calcule los indicadores de desempeño de los estimativos satelitales GHI_{MOD} al compararla con las mediciones. Muestre el gráfico de dispersión entre las medidas y el modelo, y discuta los resultados.

¹<http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/cams-mcclear>

²<https://power.larc.nasa.gov/>

³Archivo LB_JPTv2_2017.csv

⁴Archivo LB_GHI1_D01_2017.csv

Ejercicio 3 - Inspección y completado de series temporales

Se consideran dos archivos de información de GHI a nivel horario para una ubicación en Artigas ($\phi = -30.3984^\circ$, $\psi = -56.5117^\circ$) y el año 2014. El primero (P2_Ej3_datos_crudos.csv) contiene mediciones corrompidas sin ningún tipo de control de calidad. El segundo (P2_Ej3_JPT.csv) es la serie completa de estimativos satelitales de GHI utilizando el modelo JPTv2. Ambos archivos tienen etiquetas horaria en el centro del intervalo de integración (i.e. la etiqueta de las 10:00 corresponde a la integración entre las 9:30 y las 10:29).

- Realice el control de calidad de los datos (incluyendo inspección visual) y estime que porcentaje de los datos son confiables. Explícite los criterios utilizados. Muestre los resultados gráficamente.
- Utilice la serie estimada (modelo JPTv2) para completar la serie de datos luego del filtro de calidad. En la serie temporal y en un gráfico de GHI vs. $\cos\theta_z$ muestre la serie de datos completados, diferenciando el color de los puntos de la serie original y los datos satelitales. Calcule el total anual de irradiación en base a la serie completada.

Ejercicio 4 - Variabilidad de corto plazo

Los archivos AZ_GHIe10_201903.csv y LB_GHIe10_201903.csv contienen datos 10-minutales del mes de Marzo de 2019 para las estaciones de FING (AZ, $\phi = -34.92^\circ$, $\psi = -56.17^\circ$) y Las Brujas (LB, $\phi = -34.67^\circ$, $\psi = -56.34^\circ$), respectivamente. Estas estaciones se encuentran en el Sur del país, separadas unos 30 km entre sí. Las primeras 6 columnas de los archivos refieren a datos de la etiqueta temporal, cuyo valor coincide con el inicio del intervalo 10-minutal. En la columna 7 se incluye el cálculo de $\cos\theta_z$ y en la columna 8 la medida de irradiancia global horizontal (promedio en los 10 minutos, expresada en W/m^2).

- Utilizando el modelo de cielo claro ESRA, calcule el índice de cielo claro $k_c = \text{GHI}/\text{GHI}_{\text{ESRA}}$, y grafique para ambos sitios la serie temporal de sus variaciones, $\Delta k_c(t)$, considerando los datos con altura solar mayor a 10° . Calcule la variabilidad 10-minutal, σ , para cada conjunto de datos. Puede utilizar $T_L = 2.9$ para el modelo de cielo claro para todo el mes.
- Considere las variaciones del recurso conjunto en ambos sitios, modelado por la serie $\Delta k_c^{\text{conj}}(t)$, con $k_c^{\text{conj}}(t) = (k_c^{\text{AZ}}(t) + k_c^{\text{LB}}(t))/2$ (el promedio de ambas). Grafique la serie de variaciones del recurso conjunto y compare cualitativamente con la parte (a). Calcule la variabilidad del recurso conjunto, σ^{conj} , y muestre que se cumple aproximadamente que $\sigma^{\text{conj}} = \sigma/\sqrt{2}$, siendo σ el promedio entre σ^{AZ} y σ^{LB} . ¿Es esto razonable? ¿Por qué?

Ejercicio 5 - Variabilidad de largo plazo

Considere los datos anuales del archivo LES_A01_2000-2017.csv generados por satélite con el modelo JPTv2. El archivo contiene información para cada año entre el 2000 y 2017 del promedio anual de los valores diarios de GHI, DNI y GTI (orientación Norte, $\beta = 20^\circ$), expresados en $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{día}$. La ubicación es el LES en Salto, Uruguay.

- En base a esta información, construya la Función de Probabilidad acumulada (CDF) para cada variable (estimación de las CDFs del recurso en el sitio) y discuta los resultados. Calcule el valor medio y el valor P50 para cada variable ¿coinciden estos valores? Explique.
- Calcule las anomalías porcentuales año a año respecto al valor medio de la serie e ilustre los valores en un gráfico de barras. Encuentre el rango de variación de las anomalías porcentuales de cada variable y comente los resultados.

- (c) Asumiendo una distribución de probabilidad Gaussiana para las anomalías porcentuales, y sabiendo que los datos satelitales anuales presentan una incertidumbre de 2 % para GHI, 3 % para GTI y 6 % para DNI, calcule:
- Los valores P90 y P95 de irradiación anual informados para cada variable en este sitio.
 - La diferencia porcentual entre el valor P50 y P90 para los estimativos en este sitio, e indique si la estimación califica en cada variable con la mayor calificación de riesgo.
 - El rango de variación en cada variable para el cual se estima que se encuentren el 95 % y el 99 % de los años.

Ejercicio 6* - Predicción determinística de irradiación solar

El modelo numérico de atmósfera ECMWF es conocido como un modelo de buen desempeño para la predicción de irradiación solar. En este ejercicio se considerará la ejecución de dicho modelo que inicia a las 00hs UTC0 de cada día y que genera las predicciones globales durante la madrugada de Uruguay, estando disponible bien temprano en la mañana. El archivo de datos PRONO_DAY0_E60_201801_201803.csv contiene 3 meses de predicciones de GHI horaria de este modelo para el LES de Salto ($\phi = -31.28^\circ$, $\psi = -57.92^\circ$), de Enero a Marzo de 2018. El archivo contiene, para cada día, las primeras 24hs de predicciones horarias del modelo⁵, esto es, las predicciones generadas durante la madrugada para el día actual. El archivo se organiza de la siguiente manera: las primeras columnas indican la etiqueta temporal de cada día y las siguientes 24 columnas son la predicción para las 24hs de ese día (de las 00hs a las 23hs). Los valores horarios tienen su etiqueta temporal al inicio del intervalo y están en UTC0. Por otro lado, en el archivo LE_E60_201801_201803.csv contiene las medidas en tierra de GHI para el mismo periodo, lugar y con misma etiqueta temporal.

- Considerando los datos que cumplen $\alpha_s \geq 10^\circ$, determine el desempeño de la predicción horaria durante estos 3 meses, calculando el rMBD y rRMSD y realizando un diagrama de dispersión entre la medida y la predicción horaria. Discuta los resultados de desempeño.
- Desglose el desempeño (rMBD y rRMSD) para cada hora del día entre las 10hs y las 19hs. Discuta los resultados y compare con la parte (a).
- Determine el desempeño del pronóstico para el acumulado diario del día actual. Para ello, calcule el acumulado diario de la medida y el pronóstico para cada día, y evalúe su desempeño utilizando las métricas y diagramas que considere pertinentes. Discuta los resultados.
- Considerando la medida horaria de GHI, estime el desempeño de la persistencia en k_t para estos 3 meses, considerando los horizontes de pronóstico horarios entre 1 y 5 horas hacia adelante. Grafique las métricas de desempeño como función del horizonte de pronóstico y discuta los resultados. Compare los resultados con la parte (b).

⁵Estos modelos pronostican varios días hacia adelante con resolución horaria. Aquí se considera sólo el primer día de pronóstico, es decir, las primeras 24hs de predicción.