

Sesión Regular

Modelación de sistemas geofísicos

Organizador:
Guillermo Hernández

MSG-1

¿QUÉ SE HACE CON LA MODELACIÓN MATEMÁTICA Y COMPUTACIONAL?

Herrera Revilla Ismael
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 iherrerarevilla@gmail.com

Las Matemáticas tienen dos grandes vertientes: la Matemática Pura, que mira hacia su interior y se ocupa de los problemas internos de esa ciencia, y la Matemática Aplicada que mira hacia su exterior y enriquece al matemático con los problemas de su entorno. En la actualidad, la esencia de la Matemática Aplicada es la Modelación Matemática y Computacional (MMC), la cual ha demostrado ser extraordinariamente fecunda. Además, los problemas que surgen en las aplicaciones motivan continuamente nuevos temas cuyo estudio frecuentemente origina investigaciones de gran profundidad e interés científico y tecnológico, como en el ámbito mundial ha sucedido en los últimos cincuenta años, correspondientes a la última parte del Siglo XX y lo que va del XXI. En esta plática me propongo presentar una visión integrada de las aplicaciones e investigaciones metodológicas básicas que he realizado con la MMC.

MSG-2

”LA MMC EN LA RECUPERACIÓN MEJORADA DEL PETRÓLEO”

Herrera Revilla Ismael
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 iherrerarevilla@gmail.com

Generalmente, los yacimientos petroleros cuando se descubren están sometidos a una presión sumamente elevada, por lo que cuando se inicia su explotación esa presión es suficiente para mantener la extracción de su petróleo. Esta forma de producir el yacimiento termina cuando su presión interna desciende tanto que ya no es económico continuar aplicándola y este primer periodo de explotación se le llama producción primaria. A continuación se inicia la llamada producción secundaria, en la que se inyecta un fluido, generalmente agua, con el propósito de elevar la presión de las fases que contienen los hidrocarburos. Además, existen tecnologías más avanzadas que se aplican posteriormente -o en el caso de campos petroleros de difícil explotación como el de Chicontepec, desde un principio- cuyo uso permite ampliar sustancialmente el rendimiento. La manera de aplicar en forma eficaz todas estas técnicas requiere del uso de la modelación matemática y computacional (MMC), por lo que la producción petrolera es un área muy importante de aplicación de la MMC y en esta plática se da una visión panorámica de ella.

MSG-3

MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN DE DOMINIO APLICADO A FLUJO Y TRANSPORTE SUBTERRÁNEO

Hernández García Guillermo de Jesús, Herrera Revilla Ismael y Herrera Zamarrón Graciela
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 ghdez@geofisica.unam.mx

El método de descomposición de dominio, DDM, ha sido investigado recientemente por varios autores para problemas bidimensionales y tridimensionales elípticos y parabólicos. Este método es atractivo porque permite procesamiento en paralelo de mallas más finas en el enfoque del dominio en los problemas del transporte. El DDM es una manera más eficaz de aplicar el procesamiento en paralelo a la solución de ecuaciones diferenciales parciales; este trabajo presenta un DDM no superpuesto: el 'espacio vectorial derivado', DVS, introducido recientemente (Herrera et al., 2008-2013) que provee un marco adecuado para el tratamiento unificado por el DDM no superpuesto de sistemas simétricos, no-simétricos e indefinidos. El DVS es un espacio lineal de dimensión finita, que es una realización de un espacio producto. Constituye un espacio de Hilbert con respecto a un producto interno definido independientemente de las ecuaciones diferenciales parciales para ser tratados. También es un escenario que existe por sí mismo independientemente de los problemas considerados y puede ser utilizado como un marco en el que cualquier problema puede ser definido y en su ámbito también puede ser tratado por cualquier método. Por lo tanto, el DVS es un escenario adecuado para el desarrollo de una teoría unificadora general del DDM no superpuesto. En ella, se pueden tratar sistemas no-simétricos e indefinidos. En el marco DVS cuando un método de discretización se aplica, el problema original se transforma en otro equivalente definido en el DVS, que es un espacio de producto, y todo el trabajo se lleva a cabo en él, y no como en otras formulaciones. La aplicación de este método y los diferentes métodos numéricos, al flujo y transporte en medios porosos, hace posible obtener una eficiente paralelización de las ecuaciones que gobiernan en problemas con advección dominante. Por otro lado, el movimiento tridimensional de agua subterránea de densidad constante en un medio poroso heterogéneo y anisotrópico es descrito por una ecuación diferencial parcial parabólica, cuya solución es resuelta por un código bien conocido: el MODFLOW. En este trabajo se propone aplicar DVS a MODFLOW para la solución en paralelo de problemas de flujo. Asimismo se propone paralelizar otro código conocido para la solución de la ecuación de transporte.

MSG-4

PARALELIZACIÓN DE CÁLCULOS PVT MEDIANTE EL USO DE GPUS

de la Cruz Salas Luis Miguel, Zavala Sosa Emilio y Naranjo Vega Leonardo A.
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 luiggix@gmail.com

La solución numérica de recuperación mejorada de hidrocarburos requiere del cálculo de relaciones de equilibrio termodinámico entre las diferentes fases del sistema (cálculos PVT). En cada iteración de la simulación de recuperación mejorada de hidrocarburos se obtienen las siguientes variables: presión (para aceite y gas), temperatura (en el caso de un simulador no isotérmico), velocidad, densidades molares totales de cada componente y saturación (para cada fase). En una etapa intermedia del cálculo de la solución de estas variables, el equilibrio termodinámico del sistema se actualiza mediante cálculos flash, con lo que se establece un nuevo balance de masa entre las fases. Esta operación se realiza para cada nodo de la malla. Después de realizar el cálculo flash para cada fase se obtienen las fracciones molares, el volumen molar y la fugacidad, variables que son necesarias para proceder con la siguiente iteración de la simulación. En este trabajo se ha desarrollado un software para realizar los cálculos anteriores. Este software está modularizado (escrito en C++) he incluye un ciclo para la minimización del error además de ciclos anidados correspondientes a algoritmos tipo Newton-Raphson. Estas son las operaciones numéricas principales y las que toman más tiempo de cómputo, por lo que son las que se paralelizan usando CUDA en GPUs. Se toma ventaja de la completa independencia que hay entre los cálculos flash en un nodo con respecto a todos los otros nodos de la malla. De esta manera, en cada paso de tiempo, cada hilo de ejecución del GPU realiza un cálculo flash por nodo de la malla actualizando la presión y temperatura en esa posición. Se presentan varios ejemplos y un análisis de eficiencia de esta técnica de optimización.

MSG-5

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL DE RECUPERACIÓN MEJORADA DE HIDROCARBUROS USANDO LA TÉCNICA DE LÍNEAS DE CORRIENTE

Ramos Becerra Gustavo, de la Cruz Salas Luis Miguel y Herrera Revilla Ismael
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 comequark@gmail.com

En la industria petrolera se ha renovado el interés en la simulación de yacimientos mediante la técnica de líneas de corriente. Esto se debe principalmente a los nuevos desarrollos tecnológicos para la caracterización de yacimientos de hidrocarburos; actualmente es posible generar modelos estáticos de gran escala con información geológica y geofísica en varios millones de celdas. La técnica de líneas de corriente (SLS por sus siglas en inglés) ofrece un gran potencial para llevar a cabo simulaciones de tales modelos eficientemente, generando una visión rápida del flujo de fluidos en medios porosos anisotrópicos y heterogéneos. En este trabajo se presentan las ecuaciones matemáticas gobernantes para modelar la recuperación de hidrocarburos promovida por la inyección de Nitrógeno (N2) en el yacimiento. Estas ecuaciones están planteadas para que sea posible aplicar la técnica SLS: se tiene una ecuación de presión y varias ecuaciones de transporte. El desacoplamiento y linealización de las ecuaciones se realiza resolviendo primero la ecuación de presión de manera implícita. Con esta presión se calcula la velocidad de las fases fluidas (agua, gas y aceite) mediante el uso de la ley de Darcy. Después, se trazan líneas corriente usando la velocidad recientemente calculada. Las ecuaciones de transporte se resuelven sobre las líneas de corriente sin tomar en cuenta gravedad ni presión capilar. Estos efectos, que son transversales a las líneas, se toman en cuenta después usando la técnica de descomposición de operadores. Se usa un programa PVT para realizar los cálculos flash en cada paso de tiempo. El modelo numérico de las ecuaciones se realiza con el método de volumen finito. Se presentan varios ejemplos de solución aplicando esta técnica en un campo mexicano.

MSG-6

SIMULACIÓN EN PARALELO DEL MODELO DE PETRÓLEO NEGRO USANDO LA TÉCNICA DE LÍNEAS DE CORRIENTE EN MALLAS NO ORTOGONALES

Cervantes Cabrera Daniel A., Leriche Vázquez Renato,
 Salazar Sánchez Alejandro y de la Cruz Salas Luis Miguel
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
 dcchivela@gmail.com

En este trabajo se presenta una simulación en paralelo del modelo de petróleo negro. La simulación se realizó en una malla no ortogonal de un campo mexicano. La estrategia de solución numérica se basa en la técnica de líneas de corriente. Para realizar lo anterior, las ecuaciones gobernantes de aceite negro se formulan en términos de una ecuación de presión y dos de saturación. El procedimiento de solución se basa en el método IMPES (Implicit Pressure, Explicit Saturation), con el cual las ecuaciones se desacoplan y se pueden resolver de manera secuencial. Primero se discretiza la ecuación de presión sobre la malla no ortogonal usando el método de volumen finito y se resuelve de manera explícita con un método de Krylov

en paralelo usando descomposición de datos. Esta presión es utilizada en la ley de Darcy para obtener la velocidad en la malla. La velocidad nos ayuda a calcular las líneas de corriente en todo el dominio de estudio. El algoritmo de trazado de líneas de corriente es semi-analítico y nos permite obtener una alta precisión en los cálculos. Finalmente, las ecuaciones de saturación se transforman a ecuaciones en una dimensión definidas sobre las líneas de corriente. El cálculo de las saturaciones sobre cada línea es independiente de los otros, de tal manera que es posible realizar estos cálculos en paralelo. Se presentan los resultados de la simulación para un caso en donde la fase gas no está presente. Esta simulación se realiza con datos de un yacimiento mexicano que es heterogéneo y anisótropo. Se muestra un análisis de aceleración y eficiencia con diferente número de procesadores.

MSG-7

MODELADO NUMÉRICO DE FLUJO EN DOS FASES CON PROCESOS TÉRMICOS EN MEDIOS POROSOS

Teja Juárez Víctor Leonardo y de la Cruz Salas Luis Miguel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
vleonardo.teja@gmail.com

La declinación de producción de hidrocarburos por recuperación primaria y secundaria a provocado el desarrollo de métodos de recuperación mejorada de hidrocarburos (EOR, por sus siglas en inglés), los cuales pueden aplicarse a los yacimientos maduros de hidrocarburos Mexicanos. Por este motivo, el estudio y análisis de los métodos de EOR son un área de oportunidad para cubrir a mediano plazo la demanda de extracción de hidrocarburos en México. Entre los métodos EOR, se encuentran los métodos térmicos con los cuales se encuentran inyección de vapor (SAGD) y combustión. En estos casos la viscosidad y otras propiedades de los fluidos se modifican, permitiendo un mejor flujo de los hidrocarburos hacia los pozos productores. En este trabajo se modela un flujo en dos fases (agua y aceite) sujeto a cambios de temperatura en medios porosos irregulares. El modelo matemático que se presenta, está formulado en términos de una ecuación de presión para el aceite y una ecuación de saturación para el agua; estas ecuaciones se resuelven de manera secuencial aplicando en método IMPES (Implicit Pressure, Explicit Saturation). La metodología aplicada en este trabajo consiste fundamentalmente de 4 pasos: 1) se genera el sistema coordenado curvilíneo ajustado a la geometría a modelar; 2) se transforman las ecuaciones del modelo matemático incluyendo las condiciones de frontera, esta transformación permite mapear un sistema coordenado curvilíneo a un sistema coordenado regular, lo que facilita la solución del modelo; 3) se aplica el método de Volumen Finito para la discretización de las ecuaciones en el dominio de solución; 4) se resuelven las ecuaciones discretas mediante un algoritmo numérico eficiente. Como ejemplo de aplicación se resuelve el caso de Buckley-Leverett isotérmico y con cambios de temperatura en tres geometrías irregulares. Se presentan resultados numéricos para diferentes valores de los parámetros térmicos y de los fluidos.

MSG-8

SOLUCIÓN NUMÉRICA DE FLUJO BIFÁSICO INCOMPRESIBLE USANDO EL MÉTODO DE LÍNEAS DE CORRIENTE Y FUNCIONES DE BASE RADIAL

Strempler Chávez Germán y de la Cruz Salas Luis Miguel
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
gstremplermx@hotmail.com

En este trabajo se presenta la solución numérica de flujo bifásico incompresible e inmiscible en medios porosos. El modelo matemático para este caso consiste de dos ecuaciones diferenciales parciales, no lineales y acopladas. Cada ecuación se obtiene del balance de masa para cada fase, en este caso agua y aceite. Dichas ecuaciones se transforman en una ecuación de presión y una de saturación. La primera se resuelve numéricamente en una malla tridimensional usando el método de volumen finito. Esta velocidad nos permite trazar un conjunto de líneas de corriente en todo el dominio mediante el uso de la ley de Darcy. La premisa de la simulación con líneas de corriente (SLS por sus siglas en inglés) es aproximar los cálculos tridimensionales del transporte de las diferentes fases a través de la solución de un conjunto de ecuaciones en una dimensión a lo largo de las líneas. Además de ser un estrategia rápida, es posible modelar medios porosos con muchas heterogeneidades: la geometría y densidad de las líneas reflejarán el impacto geológico sobre los caminos preferenciales del flujo. Debido a que el caso que se estudia en este trabajo puede producir discontinuidades en el cálculo de las saturaciones, es necesario utilizar metodologías capaces de lidiar con ellas. En este trabajo se utilizó el método de funciones de base radial para resolver las ecuaciones unidimensionales sobre cada línea de corriente. Se presentan varios ejemplos en donde se realizó un análisis de convergencia y precisión de los resultados.

MSG-9

UNA FORMULACION MIXTA PARA FLUJO BIFASICO

Vera Norberto
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
nrbtrvr@gmail.com

En este trabajo se presenta una formulación mixta para el problema de flujo bifásico inmiscible incompresible agua-aceite, considerando una geometría general tridimensional y los campos físicos velocidad, presión y saturación de cada fase. En el planteamiento del modelo matemático se utilizan las ecuaciones de balance de masa y ecuaciones constitutivas de Darcy para cada fase, la restricción de saturación total del medio y la presión capilar entre las fases. En la formulación del modelo matemático para el problema de flujo bifásico se consideran los campos: velocidad total u , presión global p , flujo de saturación w y saturación de la fase acuosa S . El modelo es formulado como dos modelos mixtos acoplados, el primero en términos de los campos (velocidad total-presión global) y el segundo con base en los campos (flujo de saturación-saturación). Los modelos son formulados variacionalmente para incorporar condiciones de frontera y discretizados utilizando elemento finito mixto para obtener una solución aproximada. Obtenida una solución aproximada de los campos matemáticos, se recuperan los campos físicos del problema, esto es, se obtiene una versión aproximada para la velocidad, presión y saturación de cada fase. Se muestran los resultados de un experimento numérico considerando una geometría general tridimensional.

MSG-10

MODELOS MATEMÁTICOS DE FLUJO MONOFÁSICO ANÓMALO EN MEDIOS POROSOS CON PROPIEDADES FRACTALES

Linares Pérez Juan Eduardo¹ y Díaz Viera Martín Alberto²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto Mexicano del Petróleo, IMP
eduardo_linares@comunidad.unam.mx

La motivación fundamental del presente trabajo fue desarrollar modelos matemáticos de flujo monofásico anómalo, debido a que en ciertos casos se ha observado que las pruebas de presión en yacimientos naturalmente fracturados, exhiben un comportamiento diferente al previsto por modelos obtenidos con geometría Euclidiana. Algunos autores consideran que dicho comportamiento se puede describir mediante modelos que consideren las características fractales de los yacimientos. Más recientemente se han introducido medidas fraccionales para medios fractales isotropos o anisotropos y se han aplicado a problemas en mecánica de medios continuos desde un enfoque fractal. El objetivo de esta tesis fue establecer una metodología sistemática para derivar modelos en medios continuos con propiedades fractales, partiendo de una revisión de la metodología sistemática de la modelación de medios continuos y después generalizándola con la teoría de medios continuos fractales desarrollada primero para medios isotropos y luego para medios anisotropos. Aplicando la metodología establecida, se derivaron tres modelos de flujo monofásico en medios porosos con propiedades fractales desde un enfoque de la modelación matemática y computacional. Primero se desarrollaron dos modelos para medios isotropos fractales, uno basado en la ley de Darcy convencional y otro basado en una ley de Darcy derivada para medios fractales isotropos, luego se desarrolló un tercer modelo para medios fractales anisotropos basado en una ley de Darcy derivada para medios fractales anisotropos. Las ecuaciones diferenciales fraccionales de los modelos obtenidos se pueden expresar como ecuaciones convencionales en derivadas enteras con coeficientes numéricos adicionales. Los experimentos numéricos arrojaron un comportamiento coherente con la cuestión de la difusión anómala, donde la presión cae a un ritmo más rápido o más lento con respecto al modelo de flujo convencional en función de los parámetros fractales de los modelos, es decir, de la dimensión fractal de masa (D) o de la dimensión fractal de frontera (d).

MSG-11

CONSERVATIVE SCHEMES FOR SOLVING DIRECT AND ADJOINT ADVECTION-DIFFUSION EQUATIONS ON A SPHERE

Skiba Yuri N.
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
skiba@unam.mx

A 2D advection-diffusion equation (ADE) describing a dispersion of a physical substance on the surface of a sphere is considered. The equation also takes into account the external forcing and exponential decay of the substance with time. It is assumed that the velocity field is given, while the diffusion and external forcing can nonlinearly depend on the solution. In the linear case, the corresponding adjoint problem is constructed by using the operator, which is adjoint to the ADE operator. The adjoint operator is defined by using Lagrange's identity in a Hilbert space. In the nonlinear case, the adjoint operator is constructed to the ADE operator linearized in each rather small time interval. Balanced and unconditionally stable numerical schemes for solving the ADE and the corresponding adjoint problem are

proposed. The whole surface of sphere is partitioned into a set of non-overlapping grid cells including two round pole cells, and spherical shifted grids are used for the solution, velocity components, diffusion coefficients and forcing. The discretization of the ADE (and the corresponding adjoint equation) in space is carried out with the finite volume method based on applying Gauss's theorem to each grid cell. The discretization of these equations in time is performed by using Marchuk's two-cycle splitting method and Crank-Nicolson schemes. The numerical schemes obtained are of second order approximation in space and time. The schemes are balanced in that the sum of the discrete equations over all grid points gives the balance of total mass in the discrete system. Besides, in the absence of external forcing and the exponential decay, the total mass of the discrete system is conserved in time. The direct and adjoint numerical schemes are unconditionally stable, since each one-dimensional split scheme is unconditionally stable. Moreover, in the absence of external forcing and dissipation (that is, the diffusion and the exponential decay), the L2-norm of numerical solution is conserved in time. The split one-dimensional periodic problems in longitudinal direction are solved with the Sherman-Morrison formula. The split one-dimensional problems in latitudinal direction are solved by the bordering method that requires the separation of the solution values in the poles. Then Thomas's factorization method is used to solve the linear problems with tridiagonal matrices. The method is direct (without iterations), efficient and rapid in realization. Parallel processors can be used in solving split equations. The new method can solve problems of global transport of various substances (pollutants, heat or humidity, etc.) in the barotropic atmosphere. The application of method to linear and nonlinear diffusion problems, pure advection problems and some elliptic problems on a sphere is also discussed. The new algorithm can also be a spherical part of a more general splitting algorithm developed for solving various three-dimensional advection-diffusion problems, linear and nonlinear diffusion problems (nonlinear temperature waves, combustion), pure advection problems and some elliptic problems arising in meteorology, geophysics, plasma physics, chemical kinetics and ecology. Numerical results for some linear and nonlinear diffusion problems are shown.

MSG-12

PARAMETER ESTIMATION OF CONSTANT AND INSTANTANEOUS POINT SOURCES: A METHOD BASED ON THE ADJOINT EQUATIONS

Parra Guevara David y Skiba Yuri N.
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
 pdavid@atmosfera.unam.mx

The parameter estimation of point sources based on noisy data of the pollutant concentration is an inverse problem which appears in the study of pollution in different mediums (ocean, atmosphere and groundwater). The solution of such a problem is relevant in the efforts to distribute liability among parties potentially responsible for local and regional contamination, the environmental impact assessment as well as the definition of actions to protect the settled population in polluted zones. Particular instances of application are the identification of characteristic parameters of accidental radioactive leakages in the sea [5], and the assessment of intensity and location of nuclear testing or terrorism-related events by using observations of radionuclides in the atmosphere [3,4]. In the study of this inverse problem, the developed methods frequently use analytical solutions of a simple dispersion model of pollutants (Gaussian plume model) that limits their application only to the cases of steady conditions of dispersion in the respective medium [1,5]. In this work, we formulate a method to estimate the parameters of constant and instantaneous point sources by using a three-dimensional dispersion model with space and time-dependent coefficients, the corresponding adjoint model and noisy time series of the air pollutant concentration [2]. It is shown that both linear models (direct and adjoint) are well posed in the sense of Hadamard. To solve the inverse problem, we establish integral equations to exhibit the explicit relation between the source parameters and the anomaly of concentration data in a monitoring site. The solution of the adjoint model is used as the kernel in such equations. By means of these integral equations and the mean value of errors in data, we define non-linear functions of localization whose zeros determine the site and moment of emission in the case of an instantaneous source, and the site of emission in the case of a constant point source. Then, for both cases, the intensity of the source is calculated directly from the respective integral equations. Finally, we suggest a generalization of the method. References 1. Neupauer, R.M., Borchers, B. & Wilson, J.L. (2000). Comparison of inverse methods for reconstructing the release history of a groundwater contamination source. *Water Resources Research*, 36(9), 2469-2475. 2. Parra-Guevara, D. & Skiba, Y.N. (2013). Adjoint approach to estimate the non-steady emission rate of a point source. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 3(6), 763-776. 3. Pudykiewicz, J. (1998). Application of adjoint tracer transport equations for evaluating source parameters. *Atmospheric Environment*, 32(17), 3039-3050. 4. Seibert P., Frank, A. & Kromp-Kolb, H. (2002). Inverse modelling of atmospheric trace substances on the regional scale with Lagrangian models. *Proceedings from the EUROTRAC-2 Symposium 2002*, Margraf Verlag, Weikersheim, 1-6. 5. Sharma, L.K., Ghosh, A.K., Nair, R.N., Chopra, M., Sunny, F. & Puranik, V.D. (2014). Inverse modeling for aquatic source and transport parameters identification and its application to Fukushima nuclear accident. *Environ. Model. Assess.*, 19, 193-206.

MSG-13

FEATURE ENHANCED SENSING IN HARSH ENVIRONMENTS: SURVEYS, NEW RESULTS AND APPLICATION PERSPECTIVES

Shkvarko Yuriy
 CINVESTAV, Guadalajara
 shkvarko@gdl.cinvestav.mx

Keywords: remote sensing; feature enhanced radar imaging; multilevel regularization. 1. Motivation and challenges in relation to prior works: —In modern microwave remote sensing (RS) computational imaging applications [1–3], etc., the enhancement of low resolution RS imagery is stated and treated in a framework of nonparametric inverse problems of reconstructing the RS scattered field spatial spectrum pattern (SSP) i.e., an estimate of the average power reflectivity (the second order statistics) of the wavefield scattered from the 2-D extended remotely sensed scene referred to as its RS image. In harsh sensing environments, the SSP recovery inverse problem solution is complicated due to the random speckle noise, perturbations in the signal formation operator (SFO) and possible system calibration errors that cause multiplicative SFO degradations with the statistics unknown to the observer [3]. The challenging proposition is to solve such uncertain SSP retrieval inverse problem with considerable resolution enhancement over noise suppression gains performed in an efficient speeded-up iterative fashion. To attain these goals, in [2, 3] we proposed extension of the descriptive experiment design regularization (DEDR) framework [2] for the balanced image resolution enhancement over noise suppression via incorporating into the conventional DEDR the additional feature enhancing regularization modalities. There, we demonstrated (via extensive simulations) that the developed family of the FE-DEDR-related techniques outperforms the most prominent competing methods in the literature [1–3]. 2. Methodological and algorithmic developments: —To develop the new framework for FE sensing in harsh environments in [2, 3], we unified the minimum risk inspired conventional DEDR method [2] with the dynamic variational analysis (VA) inspired total variation (TV) image enhancement paradigm [3]. Those incorporate the l2-l1 metrics-structured sparsity preserving regularizing projections onto convex solution sets (POCS) with adaptive adjustments of the DEDR-, the TV- and the POCS-level regularization degrees of freedom. Thus, our new FE-DEDR framework unifies the “model-based” DEDR approach for high-resolution space-time adaptive data processing [2] with the “model-free” VA-inspired dynamic TV-POCS paradigm [3] providing to the observer a possibility to control the order, the type and the amount of the employed multilevel regularization (at the DEDR level, at the TV level, and at the sparsity promoting POCS level, correspondingly) in the relevant adaptive RS imaging procedures. Our study reveals that with the aggregated FE-DEDR approach, the overall RS image enhancement performances are improved if compared with those obtained using the most prominent competing methods in the literature. REFERENCES 1. H.H. Barrett, K.J. Myers. *Foundations of Image Science* — New York: Wiley, 2004. 2. Y.V. Shkvarko. Unifying experiment design and convex regularization techniques for enhanced imaging with uncertain remote sensing data // *IEEE Trans. Geosc. Remote Sensing.*— 2010. — Vol. 48. — No. 1. — pp. 82-111. 3. Y.V. Shkvarko, J. Tuxpan, S.R. Santos. Dynamic experiment design regularization approach to adaptive imaging with array radar/SAR sensor systems // *Sensors.* — 2011. — Vol. 11. — pp. 4483-4511.

MSG-14

CAPAS-SMART: UNA ALTERNATIVA SIMPLE Y ROBUSTA A LAS ESTRATEGIAS PML PARA ELASTODINÁMICA

Tago Pacheco Josue¹, Metivier Ludovic² y Virieux Jean²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Université Joseph Fourier
 josue.tago@gmail.com

Las condiciones de frontera absorbentes son requeridas para simulaciones elastodinámicas en dominios finitos. Las capas perfectamente acopladas (PML) se han convertido en el estado del arte desde su introducción (Bérenger 1994). Las estrategias PML han probado ser muy eficientes y de fácil implementación. Sin embargo, en ocasiones inestabilidades numéricas originadas en las capas PML pueden aparecer; incluso para medios isotrópicos. Para el caso de un medio anisotrópico, se ha demostrado que las PML tienen una respuesta amplificadora, i.e. inestabilidades numéricas (Bache et al. 2003). Para retardar la aparición de estas inestabilidades en las PML, diferentes estrategias se han propuesto (Meza-Fajardo & Papageorgiou 2008; Martin et al. 2008; Etienne et al. 2010). Sin embargo, no garantizan la estabilidad a largo plazo y generalmente conducen a menor eficiencia de absorción. Recientemente, un nuevo método, llamado capas- SMART, ha sido propuesto con la prueba matemática de ser estable aún para un medio anisotrópico (Halpern et al. 2011; Metivier et al. 2013). El método capas-SMART es robusto y fácil de diseñar. Sin embargo, sus condiciones de frontera no son perfectamente acopladas. Por lo tanto, reflexiones más intensas son observadas en la interfaz que separa el dominio de interés con las capas absorbentes. Se implementaron las capas-SMART para las ecuaciones elastodinámicas en un esquema de Galerkin discontinuo. Se demostró que esta implementación numérica es estable mientras que un método PML presenta inestabilidades a largo plazo. Finalmente se demuestra como el método capas-SMART es competitivo con respecto a las PML en términos de eficiencia y costo computacional, promoviendo

su implementación en los códigos de propagación de ondas existentes. Referencias Bérenger, J.P., 1994. A perfectly matched layer for absorption of electromagnetic waves, *Journal of Computational Physics*, 114, 185–200. Becache, E., Fauqueux, S., and Joly, P., 2003. Stability of Perfectly Matched Layers, Group Velocities and Anisotropic Waves, *Journal of Computational Physics*, 188:399–433. Meza-Fajardo, K. & Papageorgiou, A., 2008. A nonconvolutional, split-field, perfectly matched layer for wave propagation in isotropic and anisotropic elastic media: Stability analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 98(4), 1811–1836. Martin, R., Komatitsch, D., & Gedney, S. D., 2008. A variational formulation of a stabilized unsplit convolutional perfectly matched layer for the isotropic or anisotropic seismic wave equation, *Computer Modeling in Engineering and Sciences*, 37, 274–304. Etienne, V., Chaljub, E., Virieux, J., & Glinsky, N., 2010. An hp-adaptive discontinuous Galerkin finite element method for 3D elastic wave modelling, *Geophysical Journal International*, 183(2), 941–962. Halpern, L., Petit-Bergez, S., & Rauch, J., 2011. The Analysis of Matched Layers, *Confluentes Mathematici*, 3(2), 159–236. Métivier, L., Brossier, R., Labbé, S., Operto, S., & Virieux, J., 2014a. A robust absorbing layer for anisotropic seismic wave modeling, *Journal of Computational Physics*, Submitted.

MSG-15

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS EN MEDIOS GEOLÓGICOS HETEROGÉNEOS MEDIANTE FILTRO DE KALMAN ENSAMBLADO ACOPLADO CON KRIGEADO

Briseño Ruiz Jessica¹, Hernández Abel F.², Morales Casique Eric¹, Herrera Zamarrón Graciela³ y Escolero-Fuentes Oscar¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas

³Instituto de Geofísica, UNAM

brisenorjv@geologia.unam.mx

El filtro de Kalman (KF) es un método de asimilación que proporciona un estimado lineal de varianza mínima para el estado de un sistema, con base en datos que contienen errores. Adicionalmente, puede ser utilizado para estimar los parámetros de un modelo en toda la malla computacional. En presentaciones anteriores hemos reportado dos enfoques que se basan en la técnica de asimilación de datos conocida como el filtro de Kalman ensamblado (EnKF) y que pueden ser utilizados de forma independiente para asimilar mediciones de la carga hidráulica (h) y/o Y con el objetivo de mejorar la predicción de h y estimar el campo del parámetro (Y). En el primer enfoque, el método Monte Carlo se emplea para calcular la estimación inicial de los momentos estadísticos (EIME) de las variables y parámetros requeridas para aplicar el EnKF (denotamos a este enfoque como EnKFMC). En el segundo enfoque, la EIME se calcula empleando una solución directa de las ecuaciones de momento (EM) no locales (integrodiferenciales) que gobiernan la distribución espacial de la media del ensamble condicional y de la covarianzas de h y K (denotamos a este enfoque como EnKFME). En este trabajo presentamos un algoritmo alternativo para estimar Y únicamente en algunas posiciones seleccionadas y posteriormente interpolar sobre todos los elementos de la malla empleando kriging. Denotamos estos enfoques modificados como EnKFME-K y EnKFMC-K. Los métodos se probaron en un modelo de flujo de aguas subterráneas en estado estacionario en un caso de estudio sintético con dominio bidimensional y fueron comparados contra las estimaciones obtenidas mediante EnKFMC, EnKFME y además contra un método de inversión estocástica geoestadística de las ecuaciones de momento no locales (denotamos a este enfoque como IME). Para evaluar el desempeño de los métodos de estimación, se generaron cuatro diferentes realizaciones no condicionadas de Y que sirvieron como mediciones "reales". Los resultados de nuestros experimentos numéricos indican que los dos métodos EnKFME-K y EnKFMC-K fueron efectivos en la estimación de h , alcanzando al menos un 80% de la capacidad predictiva. Con respecto a la estimación Y , los dos métodos alcanzaron una precisión similar en términos de la media del error absoluto que los otros tres métodos de referencia. El acoplamiento de los métodos del EnKF con kriging reduce a una cuarta parte el tiempo del CPU necesario en el proceso de asimilación de datos, mientras que tanto la precisión de la estimación y de la incertidumbre no se deterioran significativamente.

MSG-16

MODELADO INVERSO DE DATOS DEL TENSOR DE GRAVEDAD

Calderón Magallón José Paúl y Gallardo Delgado Luis Alonso
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
jcaldero@cicese.edu.mx

El levantamiento aéreo de datos de Tensor de Gravedad (o Gradiente de Gravedad) son una de las fuentes más nuevas de información geofísica. Estos datos proveen información de la distribución de densidades de las rocas de una manera mas completa, extensa y resolutive que las mediciones convencionales de gravedad. Estas ventajas han hecho a los levantamientos aéreos de gradiente de gravedad (AGG) unos de los servicios más solicitados por compañías mineras después de los levantamientos aeromagnéticos y radiométricos. A pesar de este auge reciente, el uso de estos datos se ha limitado a mapeo geológico y poca atención se le ha dado a su interpretación más cuantitativa. Aunado a esto, el escaso desarrollo de software de inversión de datos AGG no ha permitido aún entender el alcance y ventajas del uso de estos datos en la elucidación de objetivos tridimensionales del subsuelo.

En este trabajo se plantea que los datos AGG efectivamente proveen información sin paralelo de las variaciones multidireccionales de la densidad del subsuelo y se presentan los fundamentos de un software de inversión tridimensional de datos AGG basado en gradientes conjugados. Se plantea la demostración de la funcionalidad del software desarrollado y del alcance de los datos AGG en modelos sintéticos y de campo.

MSG-17 CARTEL

MODELADO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CUENCAS FRONTERIZAS MEDIANTE LA PLATAFORMA R

Padrón Godínez Alejandro, Calva Venancio Gerardo,
Prieto Meléndez Rafael y Herrera Becerra Alberto Arturo
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM
alejandropadron@ccadet.unam.mx

Es interesante realizar los análisis y modelados estadísticos mediante herramientas de punta, las cuales proporcionan un simple manejo de la información de los datos para un profundo estudio de los mismos. En este trabajo presentamos un análisis estadístico usando la plataforma R de cuencas fronterizas y en particular con la cuenca transfronteriza del Río Bravo/Grande. La parte más difícil de cualquier trabajo estadístico es el inicio. Y una de las cosas más difíciles de ese inicio es la elección del tipo de análisis estadístico. La opción depende de la naturaleza de sus datos y en particular de la pregunta que se está intentando contestar. La clave es entender qué clase de variable de la respuesta se tiene y saber la naturaleza de las variables explicativas. Para la exploración y análisis de los datos después de seleccionar una muestra y coleccionar los datos, se debe llevar a cabo una exploración de los datos antes de hacer la inferencia estadística y la toma de decisiones. La exploración de los datos implica la visualización y la creación de resúmenes de los datos. El objetivo de la visualización es obtener una comprensión global de los datos obtenidos. Con la visualización podemos comprender, a grandes rasgos, la forma de la distribución de los datos. Adicionalmente, la visualización nos permite detectar posibles patrones o tendencias en los datos. En particular, nos permite detectar datos no esperados o inusuales, los cuales son conocidos como datos aislados. Sin embargo, aunque la visualización hace un poco más sencilla la tarea de comprender a los datos, su cantidad todavía puede ser abrumadora. Debido a lo anterior, es necesario poder contar con estrategias que permitan reducir la cantidad de información de maneras comprensibles, que nos permitan enfocar nuestra atención en los aspectos clave de los datos. Para lo anterior se utilizan los resúmenes de estadísticos. El análisis exploratorio de los datos es el proceso mediante el cual un investigador manipula los datos con el objetivo de extraer, o dilucidar, patrones o tendencias generales y encontrar ocurrencias específicas que se desvían de tales patrones generales. El investigador explora los datos usando despliegues gráficos y resúmenes apropiados, para elaborar hipótesis razonables acerca de los mensajes principales que contienen los datos. Muchos estadísticos, entre ellos John Tukey, han diseñado toda una colección de métodos que son útiles en la exploración de los datos. Y aunque las técnicas específicas son útiles, el análisis exploratorio es algo más que los métodos: Representa toda una actitud acerca de la forma en la que se deben analizar los datos. En particular, John Tukey señala que debe existir una distinción clara entre los análisis de datos exploratorios y los confirmatorios. Los últimos se refieren a la colección de métodos que permiten realizar conclusiones por inferencia. Con datos de observación de la Cuenca del río Bravo/Grande que cubre una superficie total de aproximadamente 455,000 km² y otros más acerca de la cuenca fronteriza se realiza un análisis estadístico que lleve a una interpretación concisa de la información.

MSG-18 CARTEL

MODELO DE PÉRDIDA DE ENERGÍA DE MICROONDAS POR LLUVIA

Calva Venancio Gerardo¹, Padrón Godínez Alejandro¹, Prieto Meléndez Rafael¹, Herrera Becerra Alberto Arturo¹ y Pacchiano Mario²
¹Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM
²Universidad Anahuac del Sur
gerardo.calva@ccadet.unam.mx

Es conocido el modelado climático regional para saber las condiciones que pueden prevalecer precisamente por región; ello incluye posibilidades de precipitaciones que invariablemente llegan a afectar la transmisión recepción de los sistemas de microondas. Los sistemas de percepción remota basan sus funcionamiento primordialmente en los enlaces satelitales, los cuales se pueden ver seriamente afectados por la lluvia y por ciertas circunstancias técnicas de emplazamiento, situación geográfica. Los sistemas de microondas suelen ser más sensibles a ciertas frecuencias y dimensiones de antenas, así como, a ciertas elevaciones de las antenas. Por ello es que se propone un modelado del comportamiento entre el agua y la energía de las señales de microondas, visto esto desde el ángulo de los enlaces. La manera en que se puede ligar la señal de microondas con la humedad puede ser, por parte de las pérdidas que le ocasiona el agua (la lluvia), a la señal. La mayor pérdida por agua que se conoce, es cuando las señales se acercan a la frecuencia de resonancia del agua 2.4 GHz. Y la receta sería alejarse lo suficiente de esa frecuencia, sin embargo eso no asegura una recepción sin problemas. En el modelo se propone la inclusión de la frecuencia de operación; ganancia de la antena; apertura de las antenas y por supuesto de la potencia que se utiliza en la transmisión. Es inevitable referirse a la potencia de transmisión y por lo mismo al

EIRP (por sus siglas en inglés) que se estaría manejando. Las pérdidas de energía en el espacio libre Lfs, estarían dadas por la frecuencia de operación de la señal de microondas; por la distancia de viaje, y por un factor de elevación. El factor de elevación se calcula con base a las curvas de absorción. Y la manera en que se relacionarían sería mediante la expresión de las pérdidas de energía en el espacio libre Lfs, por la potencia transmitida por una antena isotrópica Pt. Indudablemente que el modelo deberá incluir un factor de vista, factor que tiene su origen o es relacionado directamente con el grado de inclinación de las antenas, el cual puede ser determinante en una transmisión recepción bajo condiciones de lluvia. El modelo pudiera verse asistido o complementado por la inclusión de un modelo regional de lluvia que permitiera hacer las debidas correcciones, por región.

MSG-19 CARTEL

USO DE ALGORITMOS EVOLUTIVOS EN LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOFÍSICOS

Walle-García Otoniel, Méndez Delgado Sóstenes y Soto-Villalobos Roberto
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 walle29.fct@gmail.com

Los Algoritmos Genéticos fueron inventados en 1975 por John Holland, de la Universidad de Michigan. Al crear los AGs, se presentaron dos objetivos principales, los cuales son el imitar procesos adaptativos de los sistemas naturales y diseñar sistemas artificiales (programas) que retengan los mecanismos importantes de los sistemas naturales. Estos algoritmos se inspiran en la mecánica de la selección natural y la genética para evolucionar una población inicial hacia mejores regiones del espacio de búsqueda. La evolución de la población se realiza mediante la aplicación de operadores genéticos de probabilidad, los cuales son de selección, recombinación y mutación. Estos algoritmos tienen ventajas como por ejemplo, que no se necesitan conocimientos específicos sobre el problema que intentan resolver, y desventajas, que una de ellas es que puede tardar mucho en ejecutarse un programa, o no ejecutarse dependiendo de los parámetros que se utilicen. Los AGs son una rama de los Algoritmos Evolutivos, son estrategias de búsqueda estocástica, y se utiliza cuando existen más de tres variables y se tienen infinitas soluciones. Es un método iterativo en cual da una solución aproximada del problema planteado. Después de tener la formulación del problema y el modelo matemático, se llega a la optimización, el cual es una de las técnicas más utilizadas tanto en la Programación Evolutiva como en el Algoritmo Evolutivo. En Geofísica el problema de optimizar funciones generalmente consiste en encontrar el mínimo error entre las observaciones geofísicas y los modelos matemáticos que representan el fenómeno. Por ejemplo, las mediciones de gravedad de la anomalía provocada por algún cuerpo, que se llevan a cabo en una zona específica, son modeladas con el fin de encontrar las propiedades del cuerpo enterrado que produce dicha anomalía. Muchos de los problemas en geofísica son frecuentemente no lineales, pero tradicionalmente para resolverlos se acostumbra considerar como una primera aproximación que el problema es lineal.

MSG-20 CARTEL

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE TUBOS DE COMBUSTIÓN MEDIANTE OPTIMIZACIÓN UTILIZANDO ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Briones-Carrillo Jorge Alberto, Aguilar-Madera Carlos Gilberto, Soto-Villalobos Roberto, Alvarado-Olmeda Juan Artemio y de-León-Jasso Brayan Eduardo
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 jorge.brionescr@uanl.edu.mx

Los tubos de combustión son sistemas diseñados para representar a escala de laboratorio el método de combustión in-situ. Este es un método de recuperación mejorada de hidrocarburos pensado principalmente para favorecer la extracción de crudos pesados. Típicamente son tubos de 1 m de largo y 10 cm de diámetro empacados con arena o núcleos de yacimientos, y saturados con aceite u otros fluidos, que representan idealmente una pequeña porción del yacimiento petrolífero bajo estudio. En un extremo del tubo se inyecta aire con la finalidad de iniciar y propagar un frente de combustión que viaje a través de todo el tubo, y que a su vez favorezca la producción de fluidos en el otro extremo. Los datos experimentales obtenidos en tubos de combustión son de vital importancia para la caracterización de fluidos y de la roca, y también para la implementación rigurosa del método de inyección de aire a escala piloto o comercial. Además de los datos experimentales medidos directamente en el laboratorio (temperatura, presiones, flujos, composición, tiempo), existe también otro tipo de información que se estima indirectamente mediante la interpretación de resultados con modelos matemáticos. Usualmente, los modelos consisten de balances de materia, energía y cantidad de movimiento conteniendo diferentes coeficientes de transporte o propiedades efectivas. Los valores de los coeficientes y propiedades son obtenidos cuando los resultados teóricos que satisfacen la solución de los modelos, son similares a los datos experimentales con los que se están comparando. Esto se conoce como estimación de parámetros (optimización), lo cual involucra la solución de problemas inversos en el ámbito de la Ingeniería Petrolera. En este trabajo se presenta la implementación de algoritmos evolutivos para la estimación de parámetros en experimentos de tubos de combustión reportados en la literatura. Para ello se utiliza un modelo térmico simple, el cual consiste en una ecuación diferencial parcial en estado transitorio. Se presenta la comparación de los perfiles de temperatura teóricos y experimentales

en el tubo de combustión a diferentes de tiempos de operación, y se presentan los valores estimados de los coeficientes del modelo.

MSG-21 CARTEL

BÚSQUEDA ALEATORIA Y ESTOCÁSTICA EN LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE TUBOS DE COMBUSTIÓN

de-León-Jasso Brayan Eduardo, Soto-Villalobos Roberto, Briones-Carrillo Jorge Alberto, Aguilar-Madera Carlos Gilberto y Alvarado-Olmeda Juan Artemio
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 brayan.23deleon@gmail.com

La inyección de aire es un método de recuperación mejorada utilizada principalmente para la extracción de aceite pesado. Consiste en la combustión de una porción del petróleo in-situ para la generación de calor y consecuente aumento de temperatura. Esto ocasiona que la viscosidad del aceite disminuya considerablemente facilitando su movimiento hacia el pozo productor. Con esta idea, el oxígeno necesario para la combustión es suministrado mediante la inyección de aire. Antes de su implementación a escala piloto o comercial, estudios previos teóricos o experimentales son necesarios para evaluar la viabilidad técnica del método y también para estimar propiedades y variables de interés ingenieril. Además de los datos experimentales medidos directamente en el laboratorio (temperatura, presiones, flujos, composición, tiempo), existe también otro tipo de información que se estima indirectamente mediante la interpretación de resultados con modelos matemáticos. Usualmente, los modelos consisten de balances de materia, energía y cantidad de movimiento conteniendo diferentes coeficientes de transporte o propiedades efectivas. Los valores de los coeficientes y propiedades son obtenidos cuando los resultados teóricos que satisfacen la solución de los modelos, son similares a los datos experimentales con los que se están comparando. Esto se conoce como estimación de parámetros (optimización), lo cual involucra la solución de problemas inversos en el ámbito de la Ingeniería Petrolera. En este trabajo se presenta la implementación de una búsqueda estocástica para la estimación de parámetros en experimentos de tubos de combustión reportados en la literatura. Para ello se utiliza un modelo térmico y de flujo simples en estado transitorio. Se presenta la comparación teórica y experimental de los perfiles de temperatura y producción de agua y aceite, y se presentan los valores estimados de los coeficientes del modelo.

MSG-22 CARTEL

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOFÍSICOS MEDIANTE LAS APROXIMACIONES A LAS ECUACIONES DE ZOEPPRITZ.

Vargas-Contreras Gerardo Alfredo, Soto-Villalobos Roberto y Montalvo Arrieta Juan Carlos
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
 galvac25@gmail.com

La aplicación de ecuaciones diversas a la geofísica es una práctica válida, como sucede con la ley de Snell, la cual es una ecuación fundamental de la óptica geométrica aplicada a la prospección sísmica, en este caso nos enfocaremos en las ecuaciones de Zoeppritz, las cuales son otro ejemplo de esta práctica, ya que estas están basadas en los principios de la acústica e igualmente aplicadas a la geofísica, para explicar la tetra-partición de la energía transmitida en la interfaz de dos medios y a pesar de que estas no representan ningún tipo de dificultad al computarizarlas, es difícil hacer conclusiones generales de un o varios parámetros en el proceso de reflexión ya sea combinados o de forma individual durante el proceso de reflexión. Al resolver el sistema de ecuaciones lineales de Zoeppritz para los coeficientes de reflexión y transmisión estos quedan en términos del ángulo de incidencia, las densidades y las velocidades de las ondas S y P. Esta solución exacta es altamente no lineal. Por esta razón y asumiendo pequeños contrastes en las propiedades del mismo, se han propuesto diferentes aproximación lineales a estas ecuaciones, las cuales se expresan en términos del tiempo y offset y ángulos de incidencia. En el presente trabajo se presenta una serie de aproximaciones encontradas en la literatura, con el fin de comparar los diferentes parámetros geofísicos obtenidos por medio de la mismas.

MSG-23 CARTEL

CARACTERIZACIÓN DE FALLAS POR MEDIO DEL ANÁLISIS Y MODELADO DE MÉTODOS POTENCIALES EN EL PARQUE IZTA-POPO ZOQUIAPAN.

Sánchez-González Jesús¹, Cifuentes Nava Gerardo², Escobedo Zenil David¹, Aguirre Díaz Juan Pablo¹ y García Serrano Alejandro¹
¹Departamento de Ingeniería Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
 jsanchez@unam.mx

En el presente se muestran los resultados de una campaña gravimétrica y magnetométrica llevada a cabo en el parque nacional Izta-Popo Zoquiapan, los cuales incluyen los perfiles de anomalías de Bouguer Completa e IMT, así como la

delimitación de cuerpos por medio de diversos métodos de estimación de bordes. De acuerdo a estos resultados, y a la información geológica que se tiene de la zona, se generan una serie de modelos que intentan delimitar las fallas tanto reportadas como inferidas en dicha zona.

MSG-24 CARTEL

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOFÍSICOS MEDIANTE LAS APROXIMACIONES A LAS ECUACIONES DE ZOEPPRITZ UTILIZANDO EL COEFICIENTE DE REFLEXIÓN PP (AKI-RICHARD).

García-Fernández Claudia Ivette, Gómez-González Federico y Merlo-Mejía Jorge Luis
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
ive.garfer@gmail.com

En éste trabajo se presentará la optimización para la estimación de parámetros geofísicos a través de atractores caóticos. Un atractor es un punto al que tiende o es atraído el comportamiento de un sistema dinámico. El término caos se manifiesta en acontecimientos de la vida cotidiana que son aparentemente aleatorios y desordenados; es encontrar el orden en el desorden. Desde el punto de vista científico, la teoría del caos puede considerarse como una rama de las matemáticas y física que trata ciertos tipos de comportamientos aparentemente aleatorios (caóticos) de los sistemas dinámicos.

MSG-25 CARTEL

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOFÍSICOS MEDIANTE OPTIMIZACIÓN CAÓTICA

Merlo-Mejía Jorge Luis, García-Fernández Claudia Ivette y Gómez-González Federico
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
jorgemerlo24@gmail.com

La estimación de parámetros es el procedimiento utilizado para conocer las características de un parámetro poblacional, a partir del conocimiento de la muestra. En geofísica es esencial el uso de este procedimiento ya que es la base del modelo a utilizar para obtener los resultados cuantitativos que se pretenden encontrar variando la complejidad del problema. En el presente trabajo se utilizara una ecuación de parametrización usada en los coeficientes de reflexión para las densidades e impedancias de las ondas P y S en el que se implementara una optimización mediante atractores caóticos que son el conjunto de puntos hacia los cuales tiende un sistema dinámico tras un número elevado -infinito sería el ideal- de iteraciones, el termino caótico viene por su gran sensibilidad a variaciones en las condiciones iniciales ya que los valores obtenidos nunca se repiten exactamente.

MSG-26 CARTEL

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOFÍSICOS MEDIANTE OPTIMIZACIÓN CAÓTICA. ECUACIÓN DEL ÍNDICE DE REFLEXIÓN PARA ONDAS PS

Gómez-González Federico, García-Fernández Claudia Ivette, Merlo-Mejía Jorge Luis y Soto-Villalobos Roberto
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
fedogomez.90@gmail.com

Con el fin de encontrar soluciones a problemas planteados en geofísica, se pretende utilizar algoritmos computacionales basados en métodos estocásticos. Estos métodos se vienen realizando con anterioridad, pero es de nuestro interés comparar los diferentes resultados que puede arrojar un mismo algoritmo aplicado en una ecuación, si se aplica un cambio en la forma en la que se proporcionan los parámetros iniciales. Se trabajará en R, por lo que, al igual que en este software y en otros más como Matlab, se cuenta con funciones ya establecidas para obtener números aleatorios como rand, es el efecto de estas funciones sobre las heurísticas usadas en la determinación de parámetros geofísicos. Mientras que las funciones predefinidas en el software se basan en una distribución uniforme, en la que cualquier número tiene la misma probabilidad de aparecer, en la optimización caótica se utilizara el concepto de caos. Por lo general, cuando se habla de caos se hace referencia a una falta de orden aparente, esto no es del todo cierto, ya que detrás del caos existe un cierto orden regido por lo que en matemáticas se conoce como atractor caótico.

MSG-27 CARTEL

INTRODUCCIÓN A LAS ECUACIONES DE ZOEPPRITZ Y COMPARACIÓN DE ESTAS POR MEDIO DE PARÁMETROS GEOFÍSICOS PROPUESTOS.

Botello-Vázquez Adriana Lizeth, Vargas-Contreras Gerardo Alfredo, Soto-Villalobos Roberto y Briones-Carrillo Jorge Alberto
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
adri-lizy@hotmail.com

Una onda sísmica generada que incide en un campo viajara a través del subsuelo, suponiendo un medio homogéneo e isotrópico, hasta llegar a la interfaz entre dos medios, punto en el que sufrirá una partición de energía, o bien como lo expresan las expresiones de Zoeppritz, una Tetra-partición de esta, esto debido a que parte de la energía es reflejada descomponiéndose en una onda P y una onda S, lo mismo sucede para la parte de la energía que es refractada o transmitida, donde como ya se menciono resultan 4 nuevos componentes a partir de un frente de onda inicial, proceso físico que se repite en cadena una vez tras otra hasta alcanzar un ángulo crítico dado que estas ecuaciones tiene como fundamento la ley de Snell que delimita el mismo, es importante mencionar que mas allá del ángulo crítico sigue existiendo la información pero en el presente trabajo nos limitaremos a la comparación del comportamiento de estas ecuaciones previas a ellos, estas ecuaciones basado en principios fundamentales de la sismología como son el de Fermat y Huygens. En el presente trabajo mostraremos una serie de gráficas realizadas por medio de parámetros geofísicos propuestos con el fin de familiarizarse el comportamiento de las ecuaciones de Zoeppritz en relación a la variación entre los parámetros y observar su comportamiento en relación a tiempo, offset y ángulo.

MSG-28 CARTEL

MODELADO DE CONDUCTIVIDAD APARENTE A TRAVÉS DE PERFILES OBLICUOS A LOS CUERPOS ESTUDIADOS, UTILIZANDO LA CONFIGURACIÓN DE BOBINAS VERTICALES COPLANARES

Méndez Delgado Sóstenes¹, Pérez Flores Marco Antonio² y Gómez Treviño Enrique²
¹Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
²CICESE
sostenes.mendezdl@uanl.edu.mx

Equipos como el EM-31, EM-34 y EM-38 de Geonics Ltd., son conocidos como medidores de conductividad terrestre, consisten de un par de bobinas (una transmisora y la otra receptora) con las que se pueden realizar mediciones en la modalidad de las bobinas horizontales y verticales coplanares. Los equipos operan a frecuencias y separaciones específicas en lo que se llama límite resistivo. Estos equipos son ideales para estudios de conductividad someros como los que se realizan en ingeniería geofísica, la profundidad de investigación no va más allá de los 60 m para la separación mayor de bobinas. Dichos equipos están diseñados para presentar el valor de conductividad aparente del terreno. Dependiendo del tipo de estudio o problema a resolver, los datos se pueden obtener a manera de sondeos, perfiles o en mallas. La interpretación de los datos de campo se puede realizar con la finalidad de obtener estructuras 1D, 2D o 3D según sea el caso. Los datos 3D son obtenidos a partir de mallas que se generan con perfiles paralelos en una dirección identificada como x. En general, cuando se realizan los estudios, la dirección de los cuerpos prismáticos no es conocida, entonces al realizar la interpretación de los datos es necesario considerar que la dirección de los cuerpos puede ser oblicua. El objetivo general de este trabajo consiste en realizar el modelado 3D de cuerpos prismáticos para perfiles en dirección x, y y oblicua, utilizando la modalidad de bobinas verticales coplanares. Lo anterior podrá ser utilizado en esquemas de inversión 3D. El método para realizar el modelado 3D se basa en la técnica de ecuación integral, tomando la aproximación del límite resistivo. El campo anómalo producido por las corrientes de dispersión en el cuerpo se obtiene al resolver una integral de volumen de dichas corrientes con una función diádica de Green apropiada.

MSG-29 CARTEL

VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO NUMÉRICO OPERATIVO DE OLEAJE Y MAREA DE TORMENTA PARA MARES Y COSTAS DE MÉXICO

Gómez Ramos Octavio, Zavala-Hidalgo Jorge, López Espinoza Erika Danaé, Romero-Centeno Rosario, Ruiz-Angulo Angel, Osorio Tai María Elena, Díaz-García Ovel, Contreras Ruiz Esparza Adolfo, Olvera-Prado Erick Raúl y Magariños-Lamas Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
octavio@geofisica.unam.mx

En este trabajo se realizó la validación de un sistema de pronóstico numérico operativo de oleaje y de marea de tormenta (SIPROMMAT). Dicho sistema fue diseñado y desarrollado por el grupo Interacción Océano-Atmósfera del Centro de Ciencias de la Atmósfera (UNAM) para el Servicio Meteorológico Nacional. Los modelos utilizados dentro del sistema para meteorología, oleaje y marea de tormenta son Weather Research and Forecasting (WRF), Wavewatch III (WW3) y Advanced Circulation (ADCIRC) respectivamente. La validación se realizó analizando cuatro

eventos: el huracán Ernesto (2012), la tormenta tropical Fernand (2013), un evento de norte en septiembre de 2011, y otro de octubre-noviembre de 2007. Los resultados muestran muy buen desempeño en el pronóstico para los nortes mientras que para los huracanes a 24 y 48 horas tienen buen desempeño y decaen considerablemente para 36, 48, 60 y 72 hrs.

MSG-30 CARTEL

EVALUACIÓN DEL LÍMITE DE PREDICTIBILIDAD DE UN MODELO DE PREDICCIÓN NUMÉRICA: APLICACIÓN REGIONAL

Morales Acoltzi Tomás¹, Skiba Yuri N.¹, Bustamante-García Alma¹, Monroy-Martínez José¹, Alva-Pacheco Juan Carlos¹, Peña-Maciél Daniel¹ y Bernal-Morales Rogelio²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Investigación en Cambio Climático, Facultad de Agrobiología, UATx
acoltzi@atmosfera.unam.mx

Realizamos una revisión sobre la predicción del tiempo y clima a corto plazo mediante el uso de modelos dinámicos, como el WRF, basado en los principios fundamentales de la física que es utilizado en la actualidad, sin embargo, el horizonte de predicción está limitado por la naturaleza caótica de la atmósfera y su dependencia a la sensibilidad de las condiciones iniciales (CI), éstas son obtenidas del proceso complejo conocido como asimilación de datos en tiempo real, Análisis e Inicialización. Hacemos énfasis en las CI para el modelo de pronóstico necesitan ser lo más cercanas a la realidad, ya que pequeños cambios en ellas pueden producir una divergencia muy amplia en los pronósticos, es decir, la precisión de éstas define un límite práctico sobre la predictibilidad. La incertidumbre asociada a las observaciones utilizadas para iniciar los modelos, son pequeñas perturbaciones que se amplifican con cada paso de tiempo como resultado de la inestabilidad de los flujos atmosféricos, por lo que se analiza la necesidad de incluir el método de ensambles que nos ayuda a manejar la incertidumbre. El enfoque que Lorenz introdujo con el concepto de ciclo de energía como una herramienta para entender la naturaleza de la circulación atmosférica, en este trabajo hacemos una comparación entre un modelo caótico determinístico como es el modelo de Lorenz y el pronóstico numérico resultado de la salida del Modelo WRF (Weather Research and Forecasting Model), tomando como punto de comparación la cantidad de energía disponible en estos sistemas y calculando los exponentes de Lyapunov para cada uno. También analizamos resultados de experimentos numéricos de series de tiempo observadas, con énfasis en la máxima energía disponible. References 1. Lorenz EN. Available potential energy and the maintenance of the general circulation. *Tellus* 1955; 7:157–67. 2. Pelino V, Maimone F. Energetics, skeletal dynamics, and long-term predictions on Kolmogorov–Lorenz systems. *Phys Rev E*, 2007;76:046214. 3. L'ea Bello, Nicolas Coltice, Tobias Rolf, Paul J. Tackley. On the predictability limit of convection models of the Earth's mantle. *Res. Art. Geochemistry, Geophysics, Geosystems* DOI 10.1002/2014GC005254 4. <http://sprott.physics.wisc.edu/chaos/lespec.htm> {contains a link to a basic program for calculating lyapunov spectra} 5. Pelino V. and Maimone F. Energetics, skeletal dynamics, and long-term predictions on Kolmogorov-Lorenz systems. *Physical Review E* 76, 2007, 11 pp.