

GUIA DIDACTICA



Matemáticas y Tecnología

17-28 de marzo de 2003

**Aula Magna de las Facultades de
Matemáticas y Física**

<http://www.anamat.ull.es/sctm03>



**Cursos Universitarios Interdisciplinarios 2003
Vicerrectorado de Extensión Universitaria
Universidad de La Laguna**

Diseño y maquetación: María Isabel Marrero Rodríguez
Edita: CAMPUS - C/. Delgado Barreto, 32 - 38204 La Laguna (Tenerife)

ISBN: 84-932960-4-X (Obra completa), 84-932960-3-1 (Módulo 3)
Depósito Legal: TF-1319/2003

Curso Universitario Interdisciplinar
“Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas” 2003
Guía Didáctica del Módulo 3

María Isabel Marrero Rodríguez
Rodrigo Trujillo González

(editores)

La Laguna, marzo de 2003

Índice

Presentación	7
Programa	10
<i>Javier Ariz Tellería</i>	
Aplicaciones matemáticas en los estudios de poblaciones de seres marinos sometidos a explotación pesquera.....	12
<i>Marta Sigut Saavedra</i>	
Diseño de un controlador para el espejo primario del Gran Telescopio Canarias.....	14
<i>Pino T. Caballero Gil</i>	
Seguridad matemática en la Sociedad de la Información	16
<i>Laureano González Vega</i>	
Diseño Geométrico Asistido por Ordenador.....	18
<i>Alfredo Bermúdez de Castro</i>	
Modelos matemáticos en la industria: Ejemplos y perspectivas.....	21
<i>Rafael A. Montenegro Armas</i>	
Generación automática de mallas tridimensionales para la simulación numérica de procesos medioambientales.....	22
<i>Luis Álvarez León</i>	
Matemáticas y Visión por Ordenador.....	24
<i>Haresh M. Chulani, Antonio F. Rodríguez Hernández</i>	
Aspectos matemáticos del proyecto multidisciplinar de I+D “Espacio Acústico Virtual”	26
<i>José Hernández Armas</i>	
Radiaciones y Vida.....	28
<i>Coromoto León Hernández</i>	
Resolución de Problemas en Paralelo	29

Presentación



*Curso Universitario Interdisciplinar
“Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas” 2003*

Vicerrectorado de Extensión Universitaria
Universidad de La Laguna

Objetivos

Las Matemáticas desempeñan un papel protagonista en nuestros días. Como herramienta fundamental para el análisis, la cuantificación y la modelización de fenómenos, están presentes en todas las disciplinas y aparecen continuamente en las más variadas situaciones de la vida cotidiana. Sin ellas no serían posibles los avances científicos y tecnológicos que sustentan la sociedad de la información o contribuyen al bienestar de sus ciudadanos.

Paradójicamente, tanto el conocimiento como el reconocimiento público de las Matemáticas son escasos. El objetivo del presente Curso es destacar y difundir su importancia en los ámbitos social, científico y tecnológico, familiarizando al alumno con las herramientas y los métodos matemáticos propios de las diferentes áreas de conocimiento, necesarios para entender el mundo en que vivimos.

Oferta formativa

El Curso forma parte de la Oferta Oficial de Créditos de Libre Elección de la Universidad de La Laguna y tiene una carga lectiva de 60 horas (6 créditos). Se estructura en 3 Módulos optativos e independientes de 20 horas (2 créditos), distribuidos en 10 sesiones de 2 horas cada una, de acuerdo al siguiente calendario:

Módulo 1: Matemáticas y Sociedad

10-21 de marzo de 2003, de 18:00 a 20:00 horas.

Módulo 2: Matemáticas y Ciencia Básica

24 de marzo - 4 de abril de 2003, de 18:00 a 20:00 horas.

Módulo 3: Matemáticas y Tecnología

17-28 de marzo de 2003, de 16:00 a 18:00 horas.

Contenidos

El Módulo 1, *Matemáticas y Sociedad*, reflexionará sobre las Matemáticas como elemento de creación cultural y analizará los modelos matemáticos propios de las ciencias sociales y económicas. El Módulo 2, *Matemáticas y Ciencia Básica*, versará sobre algunos aspectos de la interacción entre las Matemáticas y la Física, la Astrofísica, la Biología y la Química. El Módulo 3, *Matemáticas y Tecnología*, expondrá diversos usos tecnológicos e industriales de las Matemáticas, entre ellos: construcción de telescopios, visión por ordenador,

criptografía y seguridad de la información, radiodiagnóstico y radioterapia, creación de un espacio acústico virtual para invidentes, explotación de recursos pesqueros y diseño de carrocerías y fuselajes.

Profesorado

Cada tema será impartido por expertos de reconocido prestigio en la materia correspondiente, pertenecientes a la Sociedad Canaria “Isaac Newton” de Profesores de Matemáticas, al Instituto de Astrofísica, el Centro Oceanográfico y el Hospital Universitario de Canarias, así como a las Universidades de La Laguna, Las Palmas de Gran Canaria, Autónoma de Madrid, Cantabria y Santiago de Compostela, a un nivel divulgativo pero riguroso, y con especial énfasis en las aplicaciones a la resolución de problemas reales de nuestro entorno.

Lugar de celebración

Todas las sesiones del Curso tendrán lugar en el Aula Magna de las Facultades de Matemáticas y Física de la Universidad de La Laguna.

Certificado de Asistencia

Habrà un control de asistencia en cada Módulo. La Universidad de La Laguna, por medio del Vicerrectorado de Extensión Universitaria, expedirá gratuitamente un Certificado de Asistencia a los alumnos matriculados que hayan atendido como mínimo al 80% del total de horas del Módulo. Para obtener este Certificado no es necesario someterse a prueba de evaluación alguna.

Convalidación por Créditos de Libre Elección

Sólo aparecerán en acta los alumnos que hayan asistido como mínimo al 80% de la carga lectiva de un Módulo. Aquellos que, además, superen la correspondiente prueba de evaluación recibirán un Certificado de Asistencia, Aptitud y Convalidación por Créditos de Libre Elección, expedido por el Vicerrectorado de Extensión Universitaria, en el que figurará toda la información del Módulo y la calificación obtenida. Quienes no realicen o no superen esta evaluación recibirán únicamente el Certificado de Asistencia.

La prueba de evaluación consistirá en la entrega de una memoria individual de entre 3 y 5 páginas sobre los contenidos del Módulo, que sólo podrá ser calificada con SUSPENSO o APROBADO. Para subir esta calificación será necesario someterse a un examen tipo test.

Cada Módulo es convalidable por 2 Créditos de Libre Elección.

Organización

El presente Curso forma parte de la programación de Cursos Universitarios Interdisciplinares 2003 del Vicerrectorado de Extensión Universitaria de la Universidad de La Laguna. Colaboran en su organización la Facultad de Matemáticas y el Departamento de Análisis Matemático de esta Universidad.

El Equipo Coordinador del Curso está integrado por los siguientes Profesores Titulares del Departamento de Análisis Matemático:

Directora:

María Isabel Marrero Rodríguez

Coordinadores Módulo 1:

José Barrios García, María Isabel Marrero Rodríguez

Coordinadores Módulos 2 y 3:

María Isabel Marrero Rodríguez, Rodrigo Trujillo González

Para más información sobre los aspectos académicos del Curso, consultar la página web <http://www.anamat.ull.es/sctm03> o contactar con el Equipo Coordinador a través del correo electrónico sctm03@anamat.csi.ull.es.

Matrícula

La matrícula se formalizará en el Vicerrectorado de Extensión Universitaria, C/ Viana, 50 - 38201 La Laguna (Tenerife), de 9:30 a 14:00 horas (lunes a viernes). Las tasas de matrícula son las siguientes:

Un Módulo:

Estudiantes, desempleados, jubilados: 25,24€ (4200 pts).

Profesorado y PAS de la Universidad de La Laguna: 28,85€ (4800 pts) - 32,45€ (5400 pts) [consultar].

Tarifa General: 36,06€ (6000 pts).

Módulos sucesivos:

10% de reducción sobre las tasas anteriores.

Para más información sobre los aspectos administrativos del Curso, dirigirse al Vicerrectorado de Extensión Universitaria a través del correo electrónico cdvera@ull.es o el teléfono 922 319 616, de 8:00 a 15:00 horas (lunes a viernes).

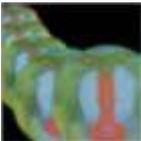
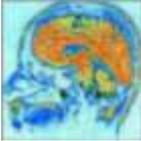
Programa

Módulo 3: *Matemáticas y Tecnología*

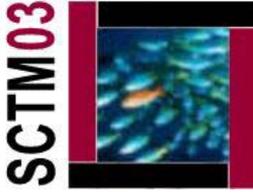
17-28 de marzo, 16:00-18:00 horas

Coordinadores: *María Isabel Marrero Rodríguez , Rodrigo Trujillo González*

- lunes 17  ***Aplicaciones matemáticas en los estudios de poblaciones de seres marinos sometidos a explotación pesquera***
Javier Ariz Tellería
Licenciado en Ciencias Biológicas e Investigador del Área de Pesca del Centro Oceanográfico de Canarias
- martes 18  ***Diseño de un controlador para el espejo primario del Gran Telescopio Canarias***
Marta Sigut Saavedra
Profesora Asociada de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de La Laguna
- miércoles 19  ***Seguridad matemática en la Sociedad de la Información***
Pino T. Caballero Gil
Profesora Titular de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de La Laguna
- jueves 20  ***Diseño Geométrico Asistido por Ordenador***
Laureano González Vega
Catedrático de Álgebra y Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria
- viernes 21  ***Modelos matemáticos en la industria: Ejemplos y perspectivas***
Alfredo Bermúdez de Castro
Catedrático y Director del Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Santiago de Compostela

-
- lunes 24  **Generación automática de mallas tridimensionales para la simulación numérica de procesos medioambientales**
Rafael A. Montenegro Armas
Catedrático de Matemática Aplicada y Director de la División de Discretización y Aplicaciones del Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- martes 25  **Matemáticas y Visión por Ordenador**
Luis Álvarez León
Catedrático de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- miércoles 26  **Aspectos matemáticos del proyecto multidisciplinar de I+D “Espacio Acústico Virtual”**
Hareesh M. Chulani
Ingeniero Electrónico del Área de Instrumentación del Instituto de Astrofísica de Canarias
Antonio F. Rodríguez Hernández
Licenciado en Medicina y Cirugía e Investigador de Proyecto del Departamento de Fisiología de la Universidad de La Laguna
- jueves 27  **Radiaciones y Vida**
José Hernández Armas
Catedrático de Radiología y Medicina Física y Director del Laboratorio de Física Médica y Radiactividad Ambiental del Departamento de Medicina Física y Farmacología de la Universidad de La Laguna. Jefe del Servicio de Física Médica y Protección Radiológica del Hospital Universitario de Canarias.
- viernes 28  **Resolución de Problemas en Paralelo**
Coromoto León Hernández
Profesora Titular de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de La Laguna

Aplicaciones matemáticas en los estudios de poblaciones de seres marinos sometidos a explotación pesquera



Javier Ariz Tellería

Licenciado en Ciencias Biológicas e Investigador del Área de Pesca del Centro Oceanográfico de Canarias

Resumen

Bajo la superficie de las aguas, oceánicas o continentales, se desarrollan diversas formas de vida, todas ellas con unas características propias y una serie de relaciones entre las mismas y el medio ambiente que regula sus ciclos vitales, constituyendo todo ello los ecosistemas marino y dulceacuícola.

En los ecosistemas acuáticos el ser humano ha encontrado, desde el comienzo de la humanidad, innumerables recursos para su subsistencia; pero prácticamente hasta después de finalizada la segunda guerra mundial, la presión sobre los recursos vivos pesqueros no había sido muy intensa (salvo quizás en el caso de ballenas y cachalotes). En estos últimos sesenta años se ha desarrollado una gran actividad pesquera en todos los océanos sobre muchas de las especies que los pueblan hasta alcanzar los cien millones de toneladas anuales (crustáceos, moluscos, peces, ...).

Los recursos pesqueros son autorrenovables, que no es sinónimo de inagotables; es decir, periódicamente producen una biomasa que puede ser extraída sin que se produzca la desaparición del recurso explotado. La ciencia que estudia los efectos de la pesca sobre las poblaciones marinas sometidas a explotación recibe el nombre de Dinámica de Poblaciones.

Si bien la Dinámica de Poblaciones no es exclusiva de las poblaciones acuáticas, existen unas peculiaridades que hacen que se haya desarrollado toda una metodología en la confección de estadísticas, obtención de parámetros biológicos y empleo de técnicas de evaluación y predicción que han propiciado el desarrollo de una serie de herramientas y de modelos específicos para el estudio de la dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación.

Para el desarrollo de esta labor es necesario realizar diversas actividades en las que los biólogos marinos precisan de “herramientas matemáticas”, a veces sencillas, y sofisticadas en otras ocasiones.

Existen unos parámetros básicos que es necesario cuantificar y que dependen, fundamentalmente, de la metodología a emplear; unos inciden en la población en su conjunto, otros en la fracción explotada (capturas y descartes) y otros están encaminados a conocer los parámetros biológicos de las especies objetivo.

Para todo ello, en las evaluaciones de poblaciones o de “stocks” (término sajón empleado habitualmente) es necesario obtener información (generalmente desarrollando mecanismos específicos) de:

- a) un sistema de estadísticas de pesca de amplia cobertura y fiabilidad;
- b) datos cualitativos de las capturas (cantidad y calidad) mediante programas de muestreo de las mismas;

- c) datos biológicos de las especies objetivo (crecimiento en talla, edad, madurez sexual, etc.).

Por último, con los datos básicos obtenidos se estará en condiciones de aplicar diversos modelos matemáticos, básicamente: globales o de producción, y analíticos o estructurales.

El análisis de los resultados y su coherencia (cuando se obtienen por diversas metodologías) proporcionarán el diagnóstico sobre el estado de la población y las posibles medidas de gestión pesquera a recomendar.

En ocasiones (dependiendo fundamentalmente del tipo de recurso) existe otra fase denominada de calibración, en la que los resultados de los modelos o de la evaluación son calibrados con la información que suministran las campañas de investigación que se realizan en el mar (índices de reclutamiento, evaluaciones acústicas, etc.).

En Internet

<http://www.ieo.rcanaria.es>

Centro Oceanográfico de Canarias

Diseño de un controlador para el espejo primario del Gran Telescopio Canarias



Marta Sigut Saavedra

Profesora Asociada de Ingeniería de Sistemas y Automática
Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas
Universidad de La Laguna

Resumen

La construcción del Gran Telescopio de Canarias (GTC) se prevé que concluya en el año 2004. Este telescopio estará ubicado en el Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma, y será, con su espejo primario de diez metros de diámetro, el más grande del mundo junto con el Keck en Hawai. Debido a las dimensiones de este espejo y la imposibilidad de fabricarlo a partir de una única pieza de vidrio, es necesario llevar a cabo la segmentación del mismo. En este caso se ha optado por un esquema consistente en treinta y seis piezas hexagonales denominadas 'segmentos', cada uno de los cuales tiene un peso de 540kg. Como consecuencia de dicha segmentación es preciso llevar a cabo el control activo del primario del telescopio con el objetivo de garantizar, en todo momento, el perfecto alineamiento de las distintas piezas y conseguir así la mayor calidad posible en las imágenes suministradas por el telescopio.

Nos encontramos por tanto ante un sistema de gran escala fuertemente acoplado. Este acoplamiento, junto con la alta dimensionalidad de la planta, lo que hace que sea complicado diseñar un controlador multivariable para el espejo primario del Telescopio. Pese a ello, se han ideado diversos controladores atendiendo a una estrategia local-global consistente en la aplicación al sistema de dos acciones de control a distinto nivel. Los objetivos que se plantean son cancelar las oscilaciones del sistema consiguiendo, al mismo tiempo, que éste alcance el estado de consigna en el menor tiempo posible. De entre los controladores multivariables implementados destaca uno por asignación de polos cuyo diseño permite, además, estudiar las simetrías presentes en el problema. Para llevar a cabo el estudio de la estabilidad del sistema en lazo cerrado con el control local-global se emplean dos operadores denominados 'de lifting' y 'de lifting inverso', que permiten expresar el sistema multifrecuencias en lazo cerrado en función de una única frecuencia de muestreo y, por tanto, aplicar los métodos clásicos para el análisis de la estabilidad de los sistemas lineales.

Frente al diseño de un controlador multivariable y con el propósito de alcanzar objetivos más ambiciosos desde el punto de vista del control, tales como estabilidad en presencia de incertidumbres en el modelo dinámico del espejo o rechazo al ruido producido por el viento, se aborda el desarrollo de un método para el desacoplo de la dinámica del espejo primario del GTC.

El procedimiento de desacoplo diseñado consiste en llevar a cabo un cambio en la base de vectores propios del sistema. Los resultados que permiten llegar al método expuesto se formalizan y generalizan con objeto de poder aplicar este procedimiento a todos aquellos sistemas cuyas matrices de estado cumplan las mismas propiedades que las primario del GTC. El desacoplo de la dinámica del espejo convierte el problema del diseño de un controlador multivariable de alta dimensionalidad para un sistema fuertemente acoplado en el de la síntesis

de un conjunto de controladores con una única entrada y una única salida que se diseñan de forma independiente.

Una vez que se lleva a cabo el desacoplo del espejo primario del GTC es posible abordar ya el diseño de distintas estrategias de control, tales como proporcional, integral y proporcional-integral, así como un controlador robusto H-infinito, donde las prestaciones del sistema en lazo cerrado se determinan atendiendo a la robustez frente a incertidumbres en la dinámica del espejo, el rechazo al ruido y el ancho de banda.

Bibliografía

- L. Acosta, M. Sigut, A. Hamilton, J.A. Méndez, G.N. Marichal, L. Moreno: *Decoupling of the 10m GRANTECAN telescope's primary mirror dynamics and design of a controller for noise rejection*. Proceedings of the 2000 American Control Conference. Chicago (USA), junio 2000.
- T. Chen, B. Francis: *Optimal Sampled-Data Control Systems*. Springer-Verlag, London, 1995.
- R.Y. Chiang, M.G. Safonov: *Robust Control Toolbox User's Guide*. Mathworks, South Natick, 1992.
- M. Sigut, L. Acosta, F. Martín, L. Moreno, A. Hamilton: *An Algebraic Approach Based on Symmetry Relations of State Space Matrices for Decoupling the Dynamics of a Large Space Structure*. Proceedings of the 2002 American Control Conference. Anchorage (USA), mayo 2002.
- S. Skogestad, M. Morari: Robust performance of decentralized control systems by independent designs. *Automatica* **25**, no. 1 (1989), 119-125.
- S. Skogestad, I. Postlethwaite: *Multivariable feedback control*. John Wiley & Sons, Chichester, 1998.

En Internet

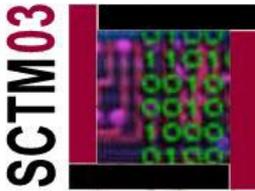
<http://www.cyc.dfis.ull.es>

Grupo de Computadoras y Control de la Universidad de La Laguna

<http://www.gtc.iac.es>

Proyecto Gran Telescopio Canarias

Seguridad matemática en la Sociedad de la Información



Pino T. Caballero Gil

Profesora Titular de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial
Departamento de Estadística, Investigación Operativa y Computación
Universidad de La Laguna

Resumen

Las interacciones entre distintas áreas matemáticas, y al mismo tiempo, entre las Matemáticas y otros campos científicos han conducido a novedosas aventuras de exploración que han impulsado el avance del conocimiento científico en general y matemático en particular. Diversas aplicaciones matemáticas que permiten trasladar a la Sociedad de la Información situaciones habituales tan simples como firmar un documento, lanzar una moneda, pagar en efectivo o guardar un mensaje dentro de un sobre, y tan complejas como compartir un secreto, jugar al póquer o votar en unas elecciones son aquí discutidas. Además se ilustran otras propuestas para resolver problemas novedosos tales como hacer una transferencia de información o identificarse, en ambos casos de forma probabilística. Dichas soluciones se plantean en forma de aplicaciones y protocolos criptográficos tales como los esquemas de Firma Digital, Transferencia Inconsciente, Compromiso de Bits, Demostración de Conocimiento Nulo, Firma de Contratos, Lanzamiento de Monedas, Compartición de Secretos, Póquer Mental, Elecciones Electrónicas y Dinero Digital.

Hasta hace poco el área de la Criptografía sólo resultaba interesante a agencias de seguridad, gobiernos, grandes empresas y criminales. Sin embargo, a fines del siglo pasado, debido sobre todo al rápido crecimiento de las comunicaciones electrónicas, esta interesante ciencia se ha convertido en un tema sugerente que llama la atención del público en general. Además resulta curioso observar cómo ha cambiado progresivamente la orientación de la investigación en Criptografía desde el tema clásico del cifrado y su seguridad, hacia los más actuales campos de las firmas digitales, el control de accesos y los protocolos criptográficos. Esta variación es sin duda una consecuencia inmediata de la informatización de la sociedad, que cada vez más demanda nuevos servicios telemáticos seguros ya que ante las nuevas situaciones de peligro nacidas a raíz de esos nuevos servicios se hacen necesarias nuevas soluciones.

Lo que al principio se pensaba que no serían más que meros ejercicios mentales tales como jugar al póquer sin cartas, lanzar monedas sin monedas, demostrar sin mostrar nada, o enviar algo sin saber si llega, ha dado lugar a un fértil campo criptográfico plagado de esquemas de gran aplicabilidad práctica. Así, la modelización matemática de situaciones tan habituales como el lanzamiento de una moneda, el envío de un mensaje dentro de un sobre o la firma de un documento constituye actualmente la base de diversas aplicaciones criptográficas para la seguridad informática. Se ilustra aquí la vinculación entre varios problemas reales y sus análogos electrónicos, los algoritmos basados en diferentes herramientas matemáticas que los resuelven, y sus diversas aplicaciones criptográficas.

Bibliografía

- P. Caballero Gil, C. Hernández Goya, C. Bruno Castañeda: *Cryptographic Applications*. Computational Mathematics, Narosha Publishing House, New Delhi, India, 2002.
B. Schneier: *Applied Cryptography*. J. Wiley & Sons, 1993.

En Internet

<http://www.kriptopolis.com>

Kriptópolis

Revista independiente sobre privacidad y seguridad en Internet.

<http://www.iec.csic.es/criptonomicon>

Criptonomicón

Página del Instituto de Física Aplicada del CSIC dedicada a la criptografía y la seguridad en Internet.

<http://www.criptored.upm.es>

CriptoRed

Red Temática Iberoamericana de Criptografía y Seguridad de la Información.

Diseño Geométrico Asistido por Ordenador

SCTM03



Laureano González Vega

Catedrático de Álgebra del Departamento de Matemáticas, Estadística y Computación y Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria

<http://frisco.matesco.unican.es/~gvega>

Resumen

El Diseño Geométrico Asistido por Ordenador (*Computer Aided Geometric Design*, en la terminología al uso) constituye, en la actualidad, el fundamento matemático y computacional que se encuentra detrás de todos los sistemas CAD/CAM cuya utilidad como un medio para incrementar la eficiencia en los procesos de simulación y diseño dentro del sector productivo es irrefutable. Ventajas como la reducción en tiempo de producción, mejora en la calidad del producto final y reducción de costes al disminuir el tiempo de implementación de cambios en el proceso de diseño son frecuentemente citadas como los mayores beneficios que produce la introducción de los sistemas de CAD/CAM en un entorno industrial.

Confluyen en el Diseño Geométrico Asistido por Ordenador la utilización de técnicas propias del Análisis Numérico, la Geometría Algebraica, el Álgebra y la Geometría Computacional, la Geometría Diferencial, la Algorítmica, el Desarrollo de Software, y un largo etcétera. Se intentará mostrar como la utilización y adaptación de herramientas procedentes de estas disciplinas para la resolución de problemas en Diseño Geométrico Asistido por Ordenador es un campo de investigación de actualidad incuestionable.

La presentación de algunos problemas concretos que aparecen en la práctica habitual de empresas de matricería dedicadas a la construcción de troqueles para la industria del automóvil servirá de excusa para introducir algunas técnicas básicas en Diseño Geométrico Asistido por Ordenador que se encuentran relacionadas fundamentalmente con la manipulación de las curvas y superficies (algebraicas, principalmente) y que se utilizan para modelar los distintos objetos cuyo diseño, fabricación y control de calidad asociado a esta última se desea abordar.

En esta línea, y desde un punto de vista eminentemente descriptivo y gráfico, se procederá a presentar el universo de las curvas y superficies paramétricas NURBS (*Non-Uniform Rational B-Splines*) junto con las operaciones geométricas elementales asociadas a éstas (intersecciones, seccionado, *offseting*, *blending*, iluminación, etc). A continuación se indicará cómo la búsqueda de soluciones más eficientes a las operaciones geométricas antes mencionadas conduce de forma natural a la consideración de entidades presentadas de forma implícita, cuya manipulación será también explicada.

Finalmente, se describirá cómo las técnicas expuestas tienen su contrapartida informática, mostrando varios ejemplos reales sobre software CAD/CAM donde se implementan en la práctica los distintos objetos geométricos cuya manipulación es el objetivo del Diseño Geométrico Asistido por Ordenador.

Bibliografía

- C. Bajaj, G. Xu, R. Holt, A. Netravali: NURBS approximation of A-splines and A-patches. *International Journal of Computational Geometry and Applications*, 2003.
- L. Busé: *Residual resultant over the projective plane and the implicitization problem*. Proceedings of ISSAC 2001, pp. 48-55, 2001.
- J. Canny, I. Emiris: Effective Incremental Algorithms for the Sparse Resultant and the Mixed Volume. *Journal of Symbolic Computation* **20** (1995), 117-149.
- E.W. Chionh, R.N. Goldman: Using Multivariate Resultants to Find the Implicit Equation of a Rational Surface. *The Visual Computer* **8** (1992), 171-180.
- A. Cohen, H. Cuypers, H. Sterk: *Some tapas of computer algebra*. Algorithms and Computations in Mathematics **4**. Springer-Verlag, 1999.
- D. Cox, J. Little, D. O'Shea: *Using Algebraic Geometry*. Graduate Texts in Mathematics **185**. Springer-Verlag, 1998.
- T. Dokken: *Aspects of intersection algorithms and approximation*. Tesis Doctoral, University of Oslo (Noruega), 1997.
- T. Dokken: *Approximate Implicitization*. *Mathematical Methods in CAGD*. Vanderbilt University Press, pp. 81-102, 2001.
- G. Farin, J. Hoschek, M.-S. Koo: *Handbook of Computer Aided Geometric Design*. Elsevier Science, 2002. [Disponible en <http://cagd.snu.ac.kr>].
- L. González-Vega: Computer Aided Design and Modelling. En J. Grabmeier, E. Kaltofen, V. Weispfenning (editores): *Computer Algebra Handbook: Foundations, Applications, Systems*. Springer-Verlag, 2003.
- L. González-Vega, I. Necula: Efficient topology determination of implicitly defined algebraic plane curves. *Computer Aided Geometric Design* **19** (2003), 719-743.
- L. González-Vega, R. Sendra: Topological characterization of offset degenerations for conics and cubic plane curves. *Preprint*, 2002.
- C.M. Hoffmann: *Geometric and Solid Modelling: An Introduction*. Morgan Kaufmann Publishers, 1989.
- C.M. Hoffmann: Algebraic and numerical techniques for offsets and blends. En *Computation of Curves and Surfaces*, NATO ASI Series **37**, pp. 499-528. Kluwer Academic Publishers, 1989.
- T. Maekawa, N. Patrikalakis: *Shape Interrogation for Computer Aided Design and Manufacturing*. Springer-Verlag, 2002.
- R. McLeod, M.L. Baart: *Geometry and Interpolation of Curves and Surfaces*. Cambridge University Press, 1998.
- I. Necula: *Manipulación de curvas y superficies en CAGD mediante técnicas simbólico-numéricas*. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, 2003.
- V. Rovenski: *Geometry of Curves and Surfaces with Maple*. Birkhäuser, 2000.
- D. Salomon: *Computer Graphics & Geometric Modeling*. Springer-Verlag, 1999.
- T.W. Sederberg: Improperly Parametrized Rational Curves. *Computer Aided Geometric Design* **3** (1986), 67-75.
- T.W. Sederberg: Applications to computer aided geometric design. En D.A. Cox, B. Sturmfels (editores): *Applications of Computational Algebraic Geometry*. Proceedings of Symposia in Applied Mathematics **53**, pp. 67-89. AMS, 1998.
- T.W. Sederberg, R.N. Goldman, H. Du: Implicitizing Rational Curves by the Method of Moving Algebraic Curves. *Journal of Symbolic Computation* **23** (1997), 153-175.

En Internet

<http://www.can.nl>

CAN Europe

Computer Algebra Information Network.

<http://www.math.sintef.no/gaiatwo>

Intersection algorithms for geometry based IT-applications using approximate algebraic methods

Página web del proyecto GAIA II.

Modelos matemáticos en la industria: Ejemplos y perspectivas



Alfredo Bermúdez de Castro

Catedrático y Director del Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Santiago de Compostela

Resumen

La charla va a tener dos partes diferentes. En la primera se hará una presentación general del modelado de problemas industriales, señalando los aspectos fundamentales de su metodología y dando una panorámica de sus aplicaciones. También se explicitarán las áreas de la matemática más relacionadas con el tema y los conocimientos que un “modelador” debería tener. Estos aspectos llevarán a discutir algunas cuestiones relacionadas con los planes de estudio actuales y las perspectivas en el marco de la adaptación al espacio europeo.

En la segunda parte se estudiarán ejemplos tomados de las industrias metalúrgica y de generación de energía. También se mostrarán casos de aplicación del modelado matemático a problemas medioambientales.

Más concretamente, se presentarán, en primer lugar, trabajos realizados o en curso para la empresa Ferroatlántica I+D, que desarrolla y comercializa tecnología para la producción del silicio. Se introducirán modelos para la simulación del comportamiento de hornos de arco en sus diferentes aspectos: electromagnético, térmico y mecánico. También se tratarán otras aplicaciones relacionadas con procesos de purificación del silicio con vistas a su utilización en células solares. Este ejemplo de colaboración permitirá abordar algunos aspectos generales de las relaciones entre centros de investigación y empresas y otros más específicos en el ámbito de la matemática aplicada.

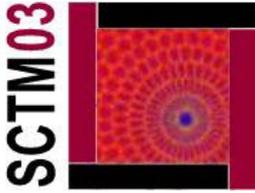
Otro ejemplo de aplicación se refiere a la simulación y control del ruido en recintos. En particular, las técnicas de “antirruido” encuentran en la teoría matemática del control óptimo un marco adecuado para su análisis. Por otra parte, en muchas ocasiones, la propagación del sonido involucra la interacción mecánica entre un fluido (generalmente el aire) y uno o varios sólidos que transmiten o generan las vibraciones acústicas. Se mostrarán modelos y métodos numéricos para simular estos fenómenos.

Finalmente, se tratarán problemas relacionados con la combustión en calderas de centrales eléctricas. El nuevo marco de competitividad en el que se mueve el mercado de la energía, por una parte, y las normas cada vez más exigentes que limitan las emisiones contaminantes, por otra, obligan a las compañías a optimizar el funcionamiento de sus centrales y, de modo especial, de las calderas en las que tiene lugar la combustión del carbón o el fuel. En este contexto, la simulación numérica es una herramienta fundamental para ayudar a los ingenieros en el diseño o en el establecimiento de condiciones de operación adecuadas.

Bibliografía

- A. Bermúdez de Castro: Simulación numérica de diferentes procesos industriales relacionados con la producción de silicio. Proyectos de colaboración con Ferroatlántica I+D. *Boletín SEMA* (por aparecer).

Generación automática de mallas tridimensionales para la simulación numérica de procesos medioambientales



Rafael A. Montenegro Armas

Catedrático de Matemática Aplicada y Director de la División de Discretización y Aplicaciones del Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Resumen

Presentamos un procedimiento para generar mallas de tetraedros que puedan ser utilizadas en la simulación numérica de procesos naturales en el dominio de estudio; por ejemplo, ajuste de campos de viento, propagación de fuego, contaminación atmosférica, etc. Estos fenómenos tienen su mayor efecto en las zonas próximas al terreno, de ahí que también sea deseable que la densidad de nodos aumente al acercarnos a éste. Sobre esta malla base, que únicamente se adapta a las características geométricas del dominio, se podrán aplicar posteriormente algoritmos de refinamiento y desrefinamiento de tetraedros para mejorar la solución numérica del problema. Estos algoritmos tendrán un especial interés en los problemas evolutivos.

Por tanto, el objetivo de esta charla es presentar los principales aspectos de un código capaz de generar automáticamente mallas de tetraedros a partir de una distribución adecuada de nodos en el dominio, así como plantear una versión de un algoritmo de refinamiento local basado en la subdivisión en 8-subtetraedros. En concreto, el dominio está limitado en su parte inferior por la superficie del terreno considerada como $z=f(x,y)$, para $(x,y) \in [a,b] \times [c,d] \subset \mathbb{R}^2$, y en su parte superior por un plano horizontal. Las paredes laterales están formadas por cuatro planos verticales, paralelos dos a dos. Las ideas básicas para la construcción de la malla inicial combinan, por un lado, la utilización de un algoritmo de refinamiento y desrefinamiento para dominios bidimensionales; por otro, un algoritmo de generación de mallas de tetraedros basado en la triangulación de Delaunay; y, además, una función para definir el espaciado vertical de los nodos distribuidos en el dominio.

Este código ha sido utilizado anteriormente para generar mallas donde la superficie $z=f(x,y)$ correspondía a una digitalización topográfica del sur de la isla de la Palma. Asimismo, en el generador de mallas entran en juego un procedimiento para optimizar la malla resultante y diferentes estrategias para construir la nube de puntos.

Una vez que se ha generado la malla atendiendo a la geometría del dominio, es necesario adaptarla a la solución numérica del problema. Por ello, dedicamos una segunda parte de esta charla al desarrollo e implementación de un algoritmo de refinamiento local de mallas encajadas de tetraedros, cuyo principal interés es su aplicabilidad, rapidez y sencillez. En trabajos futuros se propone desarrollar el correspondiente algoritmo de desrefinamiento y aplicarlo especialmente en problemas evolutivos de dispersión de contaminantes en la atmósfera.

Reconocimientos

El trabajo que aquí se expone es fruto de una investigación conjunta con G. Montero, J.M. Escobar, E. Rodríguez y J.M. González-Yuste, parcialmente subvencionada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y fondos FEDER a través del proyecto REN2001-0925-C03-02/CLI.

Bibliografía

- J.M. Escobar, R. Montenegro: Several aspects of three-dimensional Delaunay triangulation. *Advances in Engineering Software* **27** (1996), no. 1/2, 27-39.
- L. Ferragut, R. Montenegro, A. Plaza: Efficient refinement/derefinement algorithm of nested meshes to solve evolution problems. *Comm. Num. Meth. Eng.* **10** (1994), 403-412.
- A. Liu, B. Joe: Quality local refinement of tetrahedral meshes based on 8-subtetrahedron subdivision. *Mathematics of Computation* **65**, no. 215 (1996), 1183-1200.
- R. Löhner, J.D. Baum: Adaptive h-refinement on 3D unstructured grids for transient problems. *Int. J. Num. Meth. Fluids* **14** (1992), 1407-1419.
- R. Montenegro, G. Montero, J.M. Escobar, E. Rodríguez: Efficient strategies for adaptive 3-D mesh generation over complex orography. *Neural, Parallel & Scientific Computation* **10**, no. 1 (2002), 57-76.
- R. Montenegro, G. Montero, J.M. Escobar, E. Rodríguez, J.M. González-Yuste: Tetrahedral mesh generation for environmental problems over complex terrains. *Lecture Notes in Computer Science* **2329** (2002), 335-344.
- R. Montenegro, A. Plaza, L. Ferragut, I. Asensio: Application of a nonlinear evolution model to fire propagation. *Nonlinear Analysis, Th., Meth. & Appl.* **30**, no. 5 (1997), 2873-2882.
- G. Montero, R. Montenegro, J.M. Escobar: A 3-D diagnostic model for wind field adjustment. *J. of Wind Eng. and Ind. Aerodynamics* **74-76** (1998), 249-261.
- G. Winter, G. Montero, L. Ferragut, R. Montenegro: Adaptive strategies using standard and mixed finite elements for wind field adjustment. *Solar Energy* **54**, no. 1 (1995), 49-56.

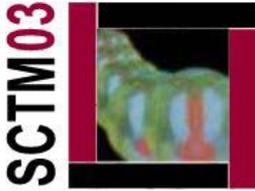
En Internet

<http://ceani.ulpgc.es/index.html>

CEANI-IUSIANI

Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Matemáticas y Visión por Ordenador



Luis Álvarez León

Catedrático de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial
Departamento de Informática y Sistemas
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

<http://serdis.dis.ulpgc.es/~lalvarez>

Resumen

En los últimos años, los enormes avances tecnológicos en el campo de los ordenadores, fotografía y video digital, etc., han permitido el desarrollo de nuevas disciplinas científicas como es el caso de la Visión por Ordenador. El sistema de visión humano es muy eficiente y nos suministra información útil y muy variada sobre nuestro entorno. Somos capaces, por ejemplo, de identificar y reconocer fácilmente objetos y formas; también podemos detectar y seguir con facilidad objetos en movimiento en nuestro campo de visión; gracias a la visión binocular podemos estimar la distancia que nos separa de los objetos presentes en nuestro entorno; etc. Todas estas capacidades de la visión humana y muchas otras que no mencionamos aquí son extremadamente complejas de modelizar y formalizar desde el punto de vista matemático. La Visión por Ordenador es una disciplina científica de reciente desarrollo que estudia la modelización e implementación en ordenador de procesos propios de la visión. Empezó siendo una disciplina esencialmente tecnológica donde se creía que todos los problemas se irían resolviendo fácilmente en base al incremento de potencia de cálculo de los ordenadores y las mejoras en la calidad de los dispositivos de adquisición, como son las cámaras digitales. Pero pronto se descubrió que el tipo de problemas que aparecen son muy complejos y difíciles de analizar. De tal forma que para muchos de ellos no existe actualmente una solución plenamente satisfactoria. Esta complejidad de los problemas ha llevado a un esfuerzo científico muy importante en la disciplina donde las Matemáticas juegan un papel fundamental. De hecho, actualmente el perfil de un investigador en la disciplina de Visión por Ordenador es un perfil mucho más científico que técnico y con una sólida formación matemática.

El objetivo de este seminario es presentar algunas reflexiones sobre la importancia del papel de las Matemáticas en el campo de la Visión por Ordenador. La exposición se organizará en base a diferentes disciplinas matemáticas y sus relaciones con diferentes problemas de Visión por Ordenador. Concretamente trataremos las siguientes materias:

- La Geometría Proyectiva
- Las Transformadas Integrales
- El Cálculo Variacional
- Los Modelos Probabilísticos
- Las Ecuaciones en Derivadas Parciales Geométricas
- La Optimización y el Análisis Numérico

Esta lista de disciplinas matemáticas no pretende ser exhaustiva y sólo representa algunos temas con los que quien suscribe está familiarizado. La organización del seminario será la siguiente: iremos visitando cada una de las disciplinas matemáticas mencionadas arriba y veremos algunas de sus aplicaciones en el campo de la Visión por Ordenador.

Bibliografía

- L. Alvarez, R. Deriche, J. Sánchez, J. Weickert: Dense disparity map estimation respecting image derivatives: a PDE and scale-space based approach. *Journal of Visual Communication and Image Representation* **13** (2002), 3-21.
- L. Alvarez, F. Guichard, P.L. Lions, J.M. Morel: Axioms and fundamental equations of image processing. *Arch. Rat. Mech. Anal.* **123** (1993), 199-257.
- G. Aubert, P. Kornprobst: *Mathematical Problem in Image Processing*. Springer, 2002.
- O. Faugeras, Q.T. Long, T. Papadopoulos: *The Geometry of Multiple Images*. MIT Press, 2001.
- O. Faugeras, Q.T. Long, T. Papadopoulos: *Three-Dimensional Computer Vision, a Geometric Viewpoint*. MIT Press, 2001.
- R. Hartley, A. Zisserman: *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, 2000.
- T. Lindeberg: *Scale Space Theory in Computer Vision*. Kluwer, 1994.
- Y. Meyer: *Ondelettes et Operateurs I*. Hermann, Paris, 1990.
- J.M. Morel, S. Solimini: *Variational Methods in Image Segmentation*. Birkhauser, 1995.
- Bart M.ter Haar Romeny (editor): *Geometry-Driven Diffusion in Computer Vision*. Kluwer, 1994.
- J. Weickert: *Anisotropic Diffusion in Image Processing*. Teubner, Stuttgart, 1998.

En Internet

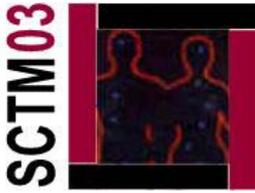
<http://serdis.dis.ulpgc.es/~lalvarez/ami/index.html>

Grupo de Análisis Matemático de Imágenes
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

<http://www.cmla.ens-cachan.fr/Cmla/index.html>

CMLA
Centre de Mathématiques et de Leurs Applications.

Aspectos matemáticos del proyecto multidisciplinar de I+D “Espacio Acústico Virtual”



Haresh M. Chulani

Ingeniero Electrónico del Área de Instrumentación del Instituto de Astrofísica de Canarias

Antonio F. Rodríguez Hernández

Licenciado en Medicina y Cirugía e Investigador de Proyecto del Departamento de Fisiología de la Universidad de La Laguna

Resumen

Desde hace ocho años nuestro equipo, formado por neurofisiólogos y psicobiólogos de la Universidad de La Laguna e ingenieros del Instituto de Astrofísica de Canarias, ha venido trabajando en un proyecto innovador que persigue aportar a la persona invidente un mejor conocimiento de su entorno que aquél permitido hasta ahora por métodos tradicionales. Consiste en la construcción de un aparato que capta la forma y el volumen ocupado por los objetos y superficies del espacio frontal del sujeto y envía dicha información al mismo traducida en forma de un mapa de sonidos a través de auriculares. El efecto equivale a percibir el entorno como si los objetos estuvieran cubiertos con pequeñas fuentes sonoras emitiendo continua y simultáneamente.

Se ha desarrollado un prototipo de experimentación de laboratorio, que nos ha permitido validar la idea de que es posible percibir las características espaciales del entorno por medio del referido estímulo sonoro. Las pruebas de validación se han realizado con la colaboración de personas invidentes y deficientes visuales. En algunos de ellos la percepción sonora del entorno se ha visto además acompañada por la visualización de puntos luminosos situados en las mismas posiciones que las fuentes sonoras virtuales.

En la siguiente etapa nos propusimos trasladar a la vida diaria del deficiente visual o ciego los resultados obtenidos en laboratorio. Fruto de ello, se han venido desarrollando sucesivas versiones mejoradas de un aparato ya portátil destinado a poder ser utilizado en entornos ajenos al laboratorio. Paralelamente, continúa la investigación en cuanto a la determinación del valor óptimo de los parámetros acústicos involucrados de cara a obtener unos mejores resultados perceptivos.

Esta nueva forma de percepción global y simultánea de las tres dimensiones del entorno por medio de un sentido distinto al de la visión, esperamos que aporte al usuario un conocimiento inmediato del entorno con el que interacciona, incrementando la fiabilidad de dicha interacción, con el resultado consiguiente de mayor autonomía para la orientación y movilidad. Abre además puertas esperanzadoras en el campo de la rehabilitación sensorial, con posibles aplicaciones inmediatas en terrenos como el del favorecimiento del desarrollo psicomotriz del niño ciego congénito.

En esta charla se muestra una presentación general del proyecto, incluyendo una introducción al tema y el planteamiento de la hipótesis que lo originó, los aspectos metodológicos considerados para evaluarla, los desarrollos técnicos que se han llevado a cabo, los resultados iniciales y las líneas de investigación y desarrollo abiertas. Se hará mención de múltiples aspectos matemáticos que intervienen y que pueden seguir interviniendo.

Reconocimientos

Este es un proyecto desarrollado por la Universidad de La Laguna y el Instituto Astrofísico de Canarias en colaboración con el Instituto Tecnológico de Canarias, la O.N.C.E., el Hospital Universitario de Canarias, el Instituto Canario de Investigación y Desarrollo, Imásde y pixel486, con financiación a lo largo de sus diferentes etapas por fondos de la Consejería de Economía y Hacienda del Gobierno de las Islas Canarias, IMSERSO (Ministerio Español de Trabajo y Asuntos Sociales), fondos FEDER y fondos del Ministerio Español de Ciencia y Tecnología (TIC2001-3916 y FIT-070000-2002-549). **Nuestro mayor agradecimiento a las personas colaboradoras en la investigación, sin las cuales no hubiera sido posible su realización.**

Bibliografía

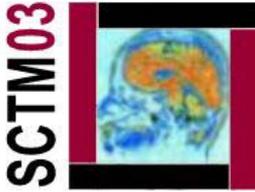
- P. Bach-Y-Rita et al.: Visual substitution by tactile image projection. *Nature* **1221** (1969), 963-964.
- D.R. Begault: *3-D sound for virtual reality and multimedia*. 1994.
- P. Nishihara: Stereovision for robotics. En R. Paul, M. Bradu (editores): *Robotics Research, The First International Symposium*, pp. 489-505. MIT Press, 1984.
- F. Wightman, D.J. Kistler: Headphone simulation of free field listening I: Stimulus synthesis. *Journal of the Acoustical Society of America* **85** (1989), 858-867.

En Internet

<http://www.iac.es/eav>

Espacio Acústico Virtual
Sitio web del Proyecto.

Radiaciones y Vida



José Hernández Armas

Catedrático de Radiología y Medicina Física y Director del Laboratorio de Física Médica y Radiactividad Ambiental del Departamento de Medicina Física y Farmacología de la Universidad de La Laguna.
Jefe del Servicio de Física Médica y Protección Radiológica del Hospital Universitario de Canarias.

Resumen

El uso de la radiación forma parte integral de nuestra vida. En particular, las aplicaciones médicas de la radiación se consideran actualmente como algo común, abarcando tanto el diagnóstico radiológico como el tratamiento del cáncer.

Ahora bien, al lado de los aspectos beneficiosos de la radiación ionizante hay que tener presente que también se encuentran efectos nocivos. Por eso, su utilización ha de hacerse de forma que los beneficios superen claramente los riesgos, para lo cual todos los procedimientos de uso han de estar basados en las leyes físicas aplicables, las cuales se expresan siempre en lenguaje matemático.

En el ámbito del Radiodiagnóstico, son muchos los ejemplos de cálculo matemático que ilustran cómo prever las condiciones en que se ha de realizar un estudio sobre pacientes: expresión de la ley de la inversa del cuadrado de la distancia, o proporcionalidad entre parámetros que determinan el funcionamiento de un equipo de rayos X (kilovoltaje, intensidad, etc.).

En el ámbito de la Medicina Nuclear, sólo la aplicación al organismo humano de los resultados matemáticos que oferta la teoría matemática de modelos de compartimentos permite garantizar que la administración de sustancias radiactivas alcanza objetivos diagnósticos.

En el ámbito de la Radioterapia, la aplicación de algoritmos de cálculo que permitan predecir el reparto de las dosis de radiación en el organismo humano es condición imprescindible para poder efectuar la dosimetría clínica de los tratamientos, de obligada realización en cada caso.

En el ámbito de la Protección Radiológica, sólo la aplicación de las leyes de atenuación de la radiación y el uso de características de diversos materiales permite el diseño de blindajes para conseguir evitar la acción indeseada de radiaciones.

En Internet

<http://webpages.ull.es/users/jjgranad/welcome.html>

Laboratorio de Física Médica y Radiactividad Ambiental
Universidad de La Laguna.

Resolución de Problemas en Paralelo



Coromoto León Hernández

Profesora Titular de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Departamento de Estadística, Investigación Operativa y Computación
Universidad de La Laguna

<http://nereida.deioc.ull.es/~cleon>

Resumen

El ser humano siente una gran curiosidad por comprender el funcionamiento de las cosas que le rodean, lo que ha traído como consecuencia el desarrollo del método científico.

El proceso empieza con una observación cuidadosa del fenómeno a estudiar y la formulación del problema. A continuación se aborda la construcción del modelo científico, en general matemático, que intenta abstraer la esencia del problema real. Llegado este punto, se propone la hipótesis de que el modelo es una representación lo suficientemente precisa de las características esenciales de la situación como para que las soluciones obtenidas sean válidas también para el problema real. Esta hipótesis se verifica y modifica mediante las pruebas adecuadas.

Sin embargo, el objetivo no es sólo encontrar una solución al problema en cuestión; la meta es encontrar la mejor solución, la *solución óptima*. El estudio de este tipo de problemas es parte del campo de acción de la rama de las Matemáticas Aplicadas denominada *Investigación Operativa*. Concretamente, la *Programación Matemática* trata de resolver problemas de decisión en los que se deben determinar acciones que optimicen un determinado objetivo, pero satisfaciendo ciertas limitaciones en los recursos disponibles. La *Optimización Combinatoria* es una rama de la Programación Matemática que intenta la resolución de problemas de optimización caracterizados por tener un número finito de posibles soluciones; pero dicho número es muy grande. Y a este tipo de problemas es al que hace referencia el título de esta charla.

Fijado el tipo de problema, se trata de proporcionar el conjunto de operaciones y procedimientos que deben seguirse para resolverlo. Al conjunto de todas las operaciones a realizar y el orden en el que deben efectuarse se le denomina *algoritmo*. El diseño de un algoritmo que resuelva un problema es, en general, una tarea difícil. Sin embargo, no es necesario partir de cero; se puede facilitar esta labor recurriendo a técnicas conocidas de diseño de algoritmos, es decir, a esquemas muy generales que pueden adaptarse a un problema particular (*Técnicas Algorítmicas*). Muchos problemas pueden resolverse buscando una solución fácil y directa. Este método, denominado de *fuerza bruta*, puede ser muy directo, pero con un análisis superficial se concluye que los algoritmos no son eficientes. El esquema algorítmico más sencillo es el llamado *Divide y Vencerás*, basado en la descomposición de un problema en subproblemas. Hay problemas cuya solución sólo puede hallarse mediante un proceso de búsqueda; a pesar de lo complejas que son las operaciones de búsqueda, su uso adecuado mediante el esquema de *Búsqueda con Retroceso* (o *backtracking*) permite ganar gran eficiencia respecto a soluciones de fuerza bruta. La técnica de *Ramificación y Acotación* constituye una variante del método de retroceso para problemas donde se trata de encontrar el valor máximo o mínimo de cierta función objetivo.

El papel que juegan los ordenadores en el proceso de diseño e implementación de los algoritmos para resolver problemas de optimización es fundamental. Sin embargo, aún existen problemas tan grandes que no son resolubles en un tiempo razonable. Una forma de proceder consiste en utilizar *paralelismo*. Existen diferentes tipos de máquinas paralelas comerciales. Las que pueden ejecutar múltiples instrucciones sobre múltiples datos (MIMD) se dividen en dos subclases, dependiendo de la relación entre la memoria y los procesadores. Las máquinas paralelas de *Memoria Compartida* permiten a cualquier procesador acceder a cualquier módulo de memoria global; mientras que las de *Memoria Distribuida* conectan procesadores individuales con sus propios módulos de memoria e implementan los accesos a memoria remota mediante el *paso de mensajes* entre procesadores. Para cada una de estas arquitecturas se ha desarrollado software paralelo, pero de forma dependiente de la misma.

En esta charla se abordará la resolución de algunos problemas de optimización utilizando *esqueletos* paralelos basados en las técnicas Divide y Vencerás y Ramificación y Acotación. Las implementaciones están hechas utilizando el lenguaje de programación C++, y el usuario sólo tiene que especificar el tipo de problema, el tipo de solución y las características específicas de la técnica algorítmica que quiere utilizar. Esta información se combina con los esqueletos de resolución que se proporcionan para obtener programas secuenciales y paralelos tanto para arquitecturas de Memoria Compartida como para las de Memoria Distribuida.

Reconocimientos

Han colaborado en la realización del proyecto MaLLBa::DnC y MaLLBa::BnB Isabel Dorta González, Casiano Rodríguez León y Angélica Rojas Rodríguez.

Bibliografía

- E. Alba et al.: MALLBA: A Library of skeletons for combinatorial optimization. En *Proceedings of the International Euro-Par Conference (Paderborn, Germany)*. LNCS **2400** (2002), 927-932.
- J. Eckstein, C.A. Phillips, W.E. Hart: *PICO: An object-oriented framework for parallel branch-and-bound*. Rucor Research Report (2000).
- B. Le Cun, C. Roucairol, The PNN Team: *BOB: A unified platform for implementing branch-and-bound like algorithms*. Rapport de Recherche 95/16 (1999).

En Internet

<http://cvs.deioc.ull.es>

PCGULL

Parallel Computing Group at the University of La Laguna.

<http://www.cs.sandia.gov/~caphill/proj/pico.html>

PICO

Parallel Integer and Combinatorial Optimization.

<http://www.prism.uvsq.fr/~blec/Research/BOBO>

Bob++

Parallel and sequential parallel branch-and-bound.