

Planificador inteligente para integración numérica multidimensional en ambientes heterogéneos

Trabajo Terminal No. 2020-B034

*Alumnos: *Morales Ambriz Asmet Israel, Puga Mora Joas Jair.*

Directores: Pescador Rojas Miriam, Hernández Rubio Erika.

e-mail: amoralesa1404@alumno.ipn.mx.

Resumen – Este TT propone implementar un mecanismo de planificación inteligente para optimizar el tiempo de ejecución del método de Romberg para integrales multidimensionales que será una interfaz entre varios dispositivos de procesamiento. Ya que en la integración numérica en múltiples dimensiones genera errores de precisión. El método de Romberg se usa como extrapolación en integración numérica. Esta extrapolación para N puntos requiere que se calculen las integrales de 2 a N puntos. Los tiempos de ejecución de los trabajos y sus operaciones para calcular el método se obtendrán de una biblioteca propuesta anteriormente en otros trabajos para la integración multidimensional que trabaje en entornos heterogéneos, entonces el mecanismo de planificación inteligente ayudará para reducir el tiempo computacional de las $N-1$ integrales que requiere el método.

Palabras clave – Extrapolación, Integración numérica, Inteligencia Artificial, Planificación de tareas.

1. Introducción.

Las integrales multidimensionales son muy útiles en las ciencias e ingeniería, como por ejemplo en la física de radiaciones que estudia los efectos que produce la absorción de energía por la materia, así como en la física de colisiones atómicas y moleculares encargadas de estudiar los fenómenos de iteraciones de los iones en la materia. Donde la magnitud de interés es la sección eficaz, calculada a partir de matrices de transición, expresadas usualmente como integrales en el espacio de coordenadas [1].

Solo algunas integrales multidimensional se pueden resolver analíticamente, por lo que se utilizan métodos numéricos para aproximarlas. Sin embargo, un problema que hay en la resolución numérica es que, al aumentar el número de las dimensiones, aumenta el margen error. Existen dos soluciones principales para reducir el error. La primera es aumentar la cantidad de puntos de evaluación integral, sin embargo, el costo computacional es alto. La otra solución es utilizar métodos de extrapolación con un menor número de puntos.

El método de Romberg es una técnica para poder aproximar integrales numéricas de funciones, especialmente las polinomiales. El método se basa en sucesiones de la regla del trapecio y la extrapolación de Richardson.

En la literatura especializada se cuenta con al menos dos bibliotecas para integración multidimensional:

- CUHRE [2], la cual se basa en métodos de Montecarlo para la resolución de integrales. (Esta biblioteca es la referencia tradicional para los resultados numéricos multidimensionales).
- Integración multidimensional con cuadraturas de Gauss, Biblioteca desarrollada por Cinvestav (Departamentos de Computación y Química).

A través del tiempo se han desarrollado estrategias y técnicas para implementar planificadores inteligentes con objetivos muy específicos. Entre los cuales se puede destacar algunos trabajos que utilizan como estrategia modelos de programación matemática como son: técnicas con programación lineal entera [3], programación entera mixta [4], programación dinámica [5].

Otras estrategias de planificadores han utilizado métodos heurísticos, algunos de los más relevantes se presentan en la tabla 1.

Técnica	Descripción	Aplicación
Algoritmo genético.	La propuesta muestra soluciones a problemas de programación en entornos dinámicos que permite migraciones entre trabajos asignados a los recursos [6].	Flow JSSP
Búsqueda Tabú.	Algoritmo de aproximación que se basa en el fenómeno del gran valle y utiliza algunos elementos de la denominada técnica de reenlace de caminos, así como nuevas propiedades teóricas de los vecindarios para el problema de <i>Job Shop Scheduling (JSS)</i> con <i>makespan</i> [7].	Flow JSSP
Algoritmos de aprendizaje máquina.	Metodología basada en simulación y aprendizaje automático para obtener políticas de programación dinámica [8].	Generación de reglas para trabajos heterogéneos.

Tabla 1. Tabla comparativa de trabajos similares.

2. Objetivo.

Implementar un planificador inteligente para la asignación de recursos en un ambiente heterogéneo que resuelva el problema de cálculo de integración multidimensional usando el método de extrapolación de Romberg.

Objetivos específicos.

- Estudiar el método de Romberg para cálculo de integrales multidimensionales.
- Analizar técnicas de planificación en ambientes heterogéneos.
- Diseñar políticas de planificación para el problema de cálculo de integrales multidimensionales.
- Integrar técnicas de IA para mejorar el tiempo de ejecución de tareas en diferentes dispositivos.
- Implementar un planificador inteligente que integre el método de Romberg de la biblioteca de cuadraturas de Gauss.
- Obtener resultados de diferentes escenarios con el planificador inteligente.

3. Justificación.

Dada la alta complejidad de la aproximación de integrales multidimensionales, se requiere la implementación de métodos que se ejecuten con una mejor eficiencia en tiempo computacional. Según [10], la complejidad para calcular la integral en k -dimensiones para n puntos es $O(n^k)$. Utilizando el método de extrapolación de Romberg y un número menor de puntos, se pretende alcanzar convergencia y disminuir el error de aproximación. Para hacer eficiente el cálculo del

método de Romberg se pretende ejecutar las tareas en un ambiente heterogéneo con diferentes dispositivos como son: tarjetas CUDA y procesadores multicore, y/o recursos de supercómputo para lo que se requiere de un planificador de tareas.

La planificación de tareas es un problema de optimización combinatoria de tipo NP-Duro que requiere administrar la mayor cantidad de tareas en diferentes dispositivos en el menor tiempo posible. Esto se ve a detalle en ambientes heterogéneos, donde se cuenta con diversos dispositivos.

Existen diferentes técnicas para poder lograrlo, pero tiene objetivos específicos, por lo que se propone implementar un planificador inteligente (utilizando algoritmos bio-inspirados y/o de aprendizaje máquina) que optimicen la ejecución del método de Romberg para integrales multidimensionales en un ambiente heterogéneo.

Este proyecto será de gran utilidad para proyectos del departamento de Química del CINVESTAV (usuario directo). La implementación también puede ser de utilidad para especialistas que requieran del cálculo de integrales multidimensionales.

4. Productos o resultados esperados.

En la figura 1 se muestra un diagrama que ejemplifica el funcionamiento general de nuestra propuesta de planificador el cual servirá como una interfaz de comunicación entre la biblioteca de cálculo de integrales multidimensionales (desarrollada por CINVESTAV) y un ambiente heterogéneo que consiste en al menos 4 dispositivos (2 tarjetas GPU y 2 procesadores multicore). El conjunto de datos de entrada serán las peticiones de trabajos a realizar, el planificador a través de estrategias bioinspiradas y/o de aprendizaje máquina determinará soluciones factibles para la asignación de las tareas a realizar en el ambiente heterogéneo. Como salida se generará un reporte de tiempos donde se visualizará qué tareas se ejecutaron en determinado tiempo hasta el final de su procesamiento y en qué recurso fueron procesadas.



Figura 1. Diagrama general de la propuesta.

Además, se entregará un manual de usuario y un reporte técnico para describir el funcionamiento del planificador y las partes que lo componen.

5. Metodología.

En el desarrollo de este proyecto implementaremos un planificador inteligente que requiere estar evaluando constantemente nuestros avances, por lo tanto, ocuparemos un modelo evolutivo de procesos del software, específicamente el modelo espiral, en este modelo se realizan iteraciones, las primeras iteraciones son consideradas como un prototipo y en las últimas iteraciones son versiones cada vez más completas.

Con esto logramos controlar, los riesgos que se puedan presentar, esto gracias al desarrollo incremental de esta metodología, así como planificar las fases futuras del proyecto para lograr alcanzar los objetivos propuestos durante la elaboración del proyecto.

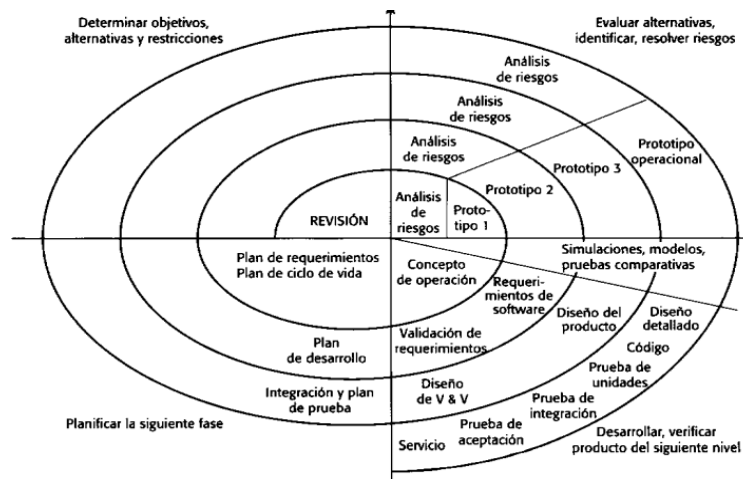


Figura 2. Modelo en espiral de Boehm [9].

Aplicando este modelo de desarrollo de software se pretende realizar dos prototipos:

1. Planificador que integre una metaheurística o algoritmo bioinspirado para la ejecución de tareas del método de Romberg en un ambiente heterogéneo. Una vez que se obtengan resultados competitivos con esta estrategia, se realizarán diferentes pruebas con diferentes cargas de trabajo y escenarios para obtener una base de pruebas.
2. Planificador con técnicas de aprendizaje automático que use como base los resultados obtenidos por el prototipo 1 y permita determinar reglas y/o políticas de planificación efectivas en la planificación de tareas para el cálculo del método de Romberg en ambientes heterogéneos.

Las actividades de cada uno de estos prototipos se desglosan en los cronogramas

6. Cronograma.

Revisar el anexo A.

7. Referencias.

- [1] M. F. Ciappina and W. R. Cravero, "Cálculo de integrales multidimensionales utilizando la transformada rápida de Padé : Aplicaciones a física de radiaciones y colisiones atómicas", *Mecánica Computacional*, Vol. 23, pp. 3033-3046, 2004
- [2] Hahn, "Cuba-a library for multidimensional numerical integration". *Computer Physics Communications* 176, 78–95 (2005). DOI 10.1016/j.cpc.2005.01.010
- [3] H. Al-Daoud, I. Al-Azzoni, and D. Down, "Power-aware linear program-ming based scheduling for heterogeneous computer clusters," vol. 28, 08 2010, pp. 325–332.
- [4] C. A. Floudas and X. Lin, "Mixed integer linear programming in process scheduling: Modeling, algorithms, and applications," *Annals of Operations Research*, vol. 139, no. 1, pp. 131–162, Oct 2005. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10479-005-3446-x>.

- [5] D. Kumar, Z. Y. Shae, and H. Jamjoom, "Scheduling batch and hetero-geneous jobs with runtime elasticity in a parallel processing environment," Proceedings of the 2012 IEEE 26th International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops, IPDPSW 2012, pp. 65–78, 2012.
- [6] M. Jensen, "Generating robust and flexible job shop schedules using genetic algorithms," Evolutionary Computation, IEEE Transactions on, vol. 7, pp. 275 – 288, 07 2003.
- [7] E. Nowicki and C. Smutnicki, "An advanced tabu search algorithm for the job shop problem," Journal of Scheduling, vol. 8, no. 2, pp. 145–159, 2005.
- [8] D. Carastan-Santos and R. Y. De Camargo, "Obtaining dynamic scheduling policies with simulation and machine learning," Proceedings of the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, SC 2017, 2017.
- [9] I. Sommerville and M. Alfonso Galipienso, Ingeniería del software. Madrid: Pearson Educación, 2005, p. 68.
- [10] Notaris, S.E.: Gauss-kronrod quadrature formulae — a survey of fifty years of research. Electronic Transactions on Numerical Analysis 45, 371–4004 (2016).

8. Alumnos y directores.

Morales Ambriz Asmet Israel. – Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta:2015090478, Tel.5569312226, email amoralesa1404@alumno.ipn.mx

Firma: _____

Puga Mora Joas Jair. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2015090583, Tel. 5516835886, email joaspuga@gmail.com

Firma: _____

Firma: _____

Hernández Rubio Erika. - Maestría en Ciencias de la Computación CIC-IPN, Licenciatura en Ciencias de la Informática UPIICSA-IPN, Áreas de Interés: Base de datos, minería de datos y cómputo móvil. Tel. 57296000 Ext. 52061, email ehernandezru@ipn.mx

Firma: _____

CARÁCTER: Confidencial FUNDAMENTO LEGAL:
Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la
Ley Federal de Transparencia y Acceso a la
Información Pública. PARTES CONFIDENCIALES:
Número de boleta y teléfono.

Pescador Rojas Miriam. - Dra. en Ciencias en Computación por el CINVESTAV-IPN en 2019, M. en C. en Computación por el CINVESTAV-IPN en 2010, Ing. en Sistemas Computacionales por la ESCOM-IPN en 2008, Profesora de carrera en ESCOM-IPN en el Depto. de Ciencias e Ingeniería de la Computación desde 2010 a la fecha, áreas de interés: Inteligencia Artificial, Cómputo Evolutivo, Aprendizaje Máquina, Ext. 52022, email mpescadorr@ipn.mx

Anexo A. Cronograma de Actividades

Nombre del Alumno(a): Morales Ambriz Asmet Israel

TT No.:2020-B034

Título del TT: Planificador inteligente para integración numérica del método de Romberg

[illegible]

Nombre del Alumno(a): Puga Mora Joas Jair

TT No.:2020-B034

Título del TT: Planificador inteligente para integración numérica del método de Romberg

[illegible]

RE: Protocolo Planificador inteligente para integración numérica multidimensional en ambientes heterogéneos



Miriam Pescador Rojas

Para Asmet Israel Morales Ambriz

CC joaspuga@gmail.com.

Respondió a este mensaje el 11/8/2020 11:03 PM.

Responder

Responder a todos

Reenviar



Sun 11/8/2020 10:53 PM

Acuso de recibido, y doy mi visto bueno del protocolo.

Saludos cordiales

De: Asmet Israel Morales Ambriz <amoralesa1404@alumno.ipn.mx>

Enviado: domingo, 8 de noviembre de 2020 17:12

Para: Miriam Pescador Rojas <mpescadorr@ipn.mx>

Cc: joaspuga@gmail.com, <joaspuga@gmail.com>

Asunto: Protocolo Planificador inteligente para integración numérica multidimensional en ambientes heterogéneos

Buen día Profesora Pescador Rojas Miriam,

Antes que nada espero encuentre bien usted y su familia , el motivo de este correo es para compartirle el documento de nuestro protocolo para que nos apoye con su visto bueno y poder contar con su autorización para ser directora del proyecto.

Anexo al presente el documento Protocolo final.pdf.

Sin más por el momento quedo atento a sus comentarios.

Saludos cordiales.

Re: Protocolo Planificador inteligente para integración numérica multidimensional en ambientes heterogéneos



Erika Hernandez Rubio

Para Asmet Israel Morales Ambriz

Respondió a este mensaje el 11/8/2020 9:29 PM.

Responder

Responder a todos

Reenviar



Sun 11/8/2020 9:17 PM

Acuso de recibido y doy mi visto bueno.
Gracias.

M. en C. Erika Hernández Rubio.
Profesora de la SEPI-ESCOM
ehernandezru@ipn.mx
57296000 ext. 52038

From: Asmet Israel Morales Ambriz <amoralesa1404@alumno.ipn.mx>

Sent: Sunday, November 8, 2020 9:15 PM

To: Erika Hernandez Rubio <ehernandezru@ipn.mx>

Subject: Protocolo Planificador inteligente para integración numérica multidimensional en ambientes heterogéneos

Buen día Profesora Erika Hernández Rubio

Antes que nada, espero encuentre bien usted y su familia, el motivo de este correo es para compartirle el documento de nuestro protocolo para que nos apoye con su visto bueno y poder contar con su autorización para ser directora del proyecto.

Anexo al presente el documento Protocolo final.pdf.

Sin más por el momento quedo atento a sus comentarios.