**ANÁLISIS DE RESULTADOS INFORMATIVO**

En este proyecto se diseñó e implementó un sistema de software destinado a la aproximación de integrales definidas mediante métodos numéricos. La aproximación de integrales es una tarea fundamental en diversas áreas de la ciencia y la ingeniería, especialmente cuando no es posible obtener una solución analítica exacta. Los métodos numéricos permiten obtener resultados aproximados con un nivel de precisión que puede ser ajustado según las necesidades específicas del problema.

El objetivo principal de este sistema es proporcionar a los usuarios una herramienta eficiente que les permita calcular integrales definidas de manera distribuida, mejorando tanto el rendimiento como la precisión de los cálculos. Para lograr esto, se integraron varias estrategias de aproximación numérica, combinadas con patrones de diseño y arquitecturas distribuidas, para asegurar un balance adecuado entre los principales drivers arquitectónicos: performance y precisión.

El sistema consta de varios componentes clave:

1. **Cliente**: Este componente permite a los usuarios ingresar la función que desean integrar y los rangos de integración. Para interpretar la función, se evaluó la opción de implementar un intérprete propio o utilizar una biblioteca externa, decidiéndose finalmente por el uso de una biblioteca robusta como exp4j para asegurar precisión y facilidad de uso.
2. **Distribución de la Integración**: La estrategia de aproximación de integrales implementada combina varios patrones de diseño y estructuras de almacenamiento y procesamiento distribuidos. Esta estrategia se diseñó cuidadosamente para lograr un balance entre rendimiento y precisión, utilizando procesamiento distribuido en múltiples máquinas.
3. **Ejecución y Análisis de Experimentos**: Para validar la eficiencia y precisión del sistema distribuido, se realizaron varios experimentos ejecutando el sistema en diferentes configuraciones: 1, 4, 8 y 12 máquinas. Además, se probaron al menos tres funciones diferentes en cada configuración, variando los parámetros del método de aproximación en al menos tres valores diferentes por función.

Este informe presenta un análisis de los resultados obtenidos a partir de las ejecuciones del sistema realizados, evaluando la aceleración obtenida con la distribución del procesamiento, así como la precisión de los resultados. Los puntos claves del análisis comparativos son los siguientes:

**1. Tiempo de Ejecución**

Comparar el tiempo de ejecución y la precisión entre las diferentes configuraciones para cada método numérico y cada función. Evaluar si el tiempo de ejecución disminuye con el aumento de máquinas.

**2. Resultado y Precisión**

Comparar la precisión de los resultados obtenidos con el resultado real. Verificar si hay alguna variación significativa en la precisión con diferentes configuraciones.

**3. Análisis por Función**

Comparar los resultados y tiempos de ejecución para cada función específica a través de las distintas configuraciones. Indicando cuál es la mejor configuración en base a los métodos numéricos de integración usados.

#### **Resultados**

Los resultados obtenidos de los experimentos se encuentran en el directorio /docs.

El análisis de los experimentos realizados indica que la configuración de 12 máquinas es la más eficiente para la aproximación de integrales definidas utilizando métodos numéricos distribuidos. A continuación, se presenta un análisis detallado de los resultados obtenidos y las razones por las cuales esta configuración es superior.

##### **Tiempo de Ejecución**

La reducción del tiempo de ejecución a medida que se incrementa el número de máquinas es notable. La configuración de 12 máquinas logró completar los cálculos en menor tiempo que el resto de configuraciones. Esta reducción se debe a la capacidad del sistema de paralelizar las tareas de manera efectiva, distribuyendo la carga de trabajo entre más nodos de procesamiento y reduciendo así el tiempo total requerido para la aproximación.

**Precisión de Resultados**

La precisión de los resultados es consistentemente alta en todas las configuraciones y métodos. Se observa que la cantidad de máquinas (workers) no afecta significativamente la precisión, a menos que se utilice un número muy grande de máquinas, donde la precisión podría verse afectada debido a la aproximación de muchos decimales. Sin embargo, con las configuraciones utilizadas (hasta 12 máquinas), esto no es notorio.

**Método de Aproximación**

Algo adicional que se puede destacar en la resolución de integrales por medio de diferentes métodos de integración es que el método del trapecio mostró un mejor rendimiento al momento de ejecutar las funciones propuestas..

##### **Razones para la Superioridad de la Configuración de 12 Máquinas**

1. **Paralelización Eficiente**: El sistema distribuye la carga de trabajo de manera efectiva entre 12 máquinas, lo que permite una paralelización más fina y reduce significativamente el tiempo de cálculo.
2. **Capacidad de Procesamiento**: Con 12 máquinas, el sistema tiene una capacidad de procesamiento mucho mayor, lo que permite manejar subintervalos más pequeños y para mejorar la velocidad de procesamiento. La cantidad de trabajadores puede o no llegar a tener incidencias en la precisión, esto debido a que pueden ocurrir mínimas aproximaciones que vayan reduciendo la precisión de los cálculos.
3. **Reducción de Cuellos de Botella**: La arquitectura distribuida está optimizada para minimizar los cuellos de botella, permitiendo que cada máquina trabaje casi independientemente y contribuya plenamente al cálculo global.
4. **Mejor Gestión de Recursos**: La configuración de 12 máquinas permite una mejor gestión de los recursos, utilizando al máximo la memoria y la capacidad de procesamiento disponibles, lo que resulta en una ejecución más rápida y precisa.
5. **Optimización del Algoritmo**: Los algoritmos utilizados se benefician significativamente de la distribución en 12 máquinas, permitiendo una implementación más eficiente de métodos numéricos avanzados que requieren una gran capacidad de cómputo.

En conclusión, la configuración con 12 máquinas ofrece el mejor rendimiento en términos de tiempo de ejecución, manteniendo una alta precisión en los resultados. La precisión no se ve afectada significativamente por el número de máquinas utilizadas en las pruebas realizadas, y se necesitaría un número muy grande de máquinas para observar un impacto notable en la precisión debido a la aproximación de muchos decimales.