

Método de Reducción de Incertidumbre Basado en HPC y Metaheurísticas Híbridas Aplicado a la Predicción de Incendios Forestales

Méndez-Garabetti Miguel^{1,2}, Bianchini Germán¹, Caymes-Scutari Paola^{1,2}
y Tardivo María Laura^{1,2,3}

¹Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional
Mendoza, Argentina

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³Departamento de Computación, Universidad Nacional de Río Cuarto
Río Cuarto, Córdoba, Argentina
mmendez@mendoza-conicet.gob.ar, gbianchini@frm.utn.edu.ar,
pcaymesscutari@frm.utn.edu.ar, lauratardivo@dc.exa.unrc.edu.ar

RESUMEN

La predicción del comportamiento de incendios forestales no es una tarea sencilla ya que dicho proceso se ve afectado por la falta de precisión o incertidumbre en los parámetros de entrada. En base a esto, resulta importante desarrollar métodos que permitan tratar la incertidumbre posibilitando la obtención de predicciones más precisas y confiables. En el presente trabajo se presenta un proyecto de desarrollo de un método de reducción de incertidumbre denominado Sistema Estadístico Evolutivo Híbrido con Modelo de Islas (HESS-IM). HESS-IM es un método que combina las bondades de tres metaheurísticas poblacionales evolutivas: Algoritmos Evolutivos, Evolución Diferencial y Optimización por Cúmulo de Partículas bajo un esquema de combinación colaborativa basado en migración mediante modelo de islas y HPC. Es importante mencionar que si bien el método se encuentra aún en desarrollo, existe una versión preliminar la cual ha sido implementada con Algoritmos Evolutivos y Evolución Diferencial. Ésta,

ha obtenido resultados alentadores, ya que ha superado resultados obtenidos por metodologías previamente desarrolladas, sin considerar que aún resta realizar estudios más exhaustivos; los cuales podrían permitir obtener resultados de mayor calidad.

Palabras clave: predicción, incendios forestales, reducción de incertidumbre, metaheurísticas evolutivas poblacionales, HPC, metaheurísticas híbridas.

CONTEXTO

El presente proyecto de I+D se desarrolla en el Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido (LICPaD) de la UTN-FRM, puntualmente perteneciente a la línea de investigación denominada: “Desarrollo de Aplicaciones Paralelo/Distribuidas orientadas a la Predicción de Incendios Forestales”.

Para el desarrollo del mismo se cuenta con el financiamiento de la UTN bajo el proyecto código EIUTIME0003939TC. Ade-

más, se cuenta con el apoyo del CONICET a través de dos becas internas doctorales.

1. INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales afectan anualmente poco más de 350 millones de hectáreas, causando todo tipo de pérdidas y daños: flora, fauna, propiedad, ecosistemas e incluso vidas humanas [1]. Como hecho reciente podemos citar al gran incendio forestal ocurrido en Chile, donde cerca de 140 focos afectaron 380.000 hectáreas en seis regiones de dicho país, causando 11 víctimas fatales y destruyendo más de 1000 viviendas [2].

Debido al gran potencial destructivo que poseen los incendios, desde años se ha visto necesario trabajar en el desarrollo de diferentes herramientas que permitan reducir sus efectos negativos, tal es el caso de los sistemas de cómputo que permiten predecir su comportamiento.

La predicción del comportamiento de los incendios forestales es considerada una herramienta muy útil ya que permite determinar las zonas que serán afectadas por el fuego, permitiendo tomar medidas de evacuación y de gestión de recursos de forma eficiente. La predicción de cualquier fenómeno natural es una tarea compleja, tanto por el diseño de los modelos involucrados como así también por la presencia de incertidumbre en la información con la que dicho modelo es alimentado. En base a esto, la predicción de un incendio forestal no escapa a esta situación, ya que su comportamiento está determinado por una serie de parámetros que usualmente no pueden ser medidos en tiempo real. Esta falta de precisión en los parámetros de entrada impacta directamente en la salida del modelo, impidiendo a las técnicas de predicción clásicas [3][4][5] obtener predicciones aceptables. En este contexto, se debe recurrir a métodos de reducción de incertidumbre que permitan generar predicciones aceptables independientemente de la imprecisión en los parámetros de entrada.

El grupo de investigación LICPaD viene trabajando en esta problemática desde hace años; producto de este trabajo se han desarrollado diferentes métodos de reducción de incertidumbre [6][7][8][9].

El presente proyecto parte de dichos trabajos previos, donde se ha evidenciado que la utilización de metaheurísticas evolutivas paralelas [10] junto con análisis estadístico [11] y HPC [12] pueden formar métodos robustos mejorando considerablemente la calidad de predicción.

El método propuesto utiliza como técnica de optimización, una metaheurística híbrida basada en Algoritmos Evolutivos (EA, Evolutionary Algorithms) [13], Evolución Diferencial (DE, Differential Evolution) [14] y Optimización por Cúmulo de Partículas (PSO, Particle Swarm Optimization) [15], bajo un esquema de integración colaborativa. El nuevo método se ha denominado Sistema Estadístico Evolutivo Híbrido con Modelo de Islas (HESS-IM, Hybrid-Evolutionary Statistical System with Island Model).

Hasta el momento, la primera aproximación de HESS-IM ha sido implementada haciendo uso sólo de EA+DE, si bien los resultados superan a metodologías previas, en ciertos pasos de predicción la diferencia no es muy significativa, (una de las hipótesis es que al sumar las bondades de PSO la calidad de predicción del método será incrementada).

Es importante mencionar que HESS-IM opera con un esquema de paralelización basado en islas con doble jerarquía master-worker, lo que permite implementar las diferentes metaheurísticas con múltiples poblaciones y migración.

En la actualidad se está realizando la implementación de HESS-IM con EA+DE+PSO, lo que implica someter al método a un estudio de rendimiento y comparación en función de las diferentes configuraciones de parámetros que cada metaheurística tiene involucrados.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El presente proyecto centra su investigación en el análisis, diseño y desarrollo de métodos de reducción de incertidumbre para ser aplicados principalmente a modelos ambientales, como es el caso de los incendios forestales. Respecto a la investigación actual, por un lado, gran parte de los esfuerzos se encuentran concentrados en el análisis de las diferentes estrategias de colaboración entre metaheurísticas poblacionales evolutivas. Estas estrategias son las que permiten incrementar la robustez de búsqueda del método, impactando directamente en la calidad de predicción del método en cuestión. Por el otro, también se está trabajando en la optimización en términos de rendimiento del método, para ello ya se ha implementado ciertas funciones del método haciendo uso de GPUs, lo que podrá permitir obtener ahorros considerables de tiempo.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Tal como se ha mencionado anteriormente, HESS-IM ha sido implementado en una primera instancia con una metaheurística híbrida basada en EA+DE. Dicha implementación ha permitido incrementar el nivel de calidad de predicción en contraste con ESS-IM [8][9], una metodología previamente desarrollada. Los resultados obtenidos hasta la fecha han sido publicados en [16][17].

Como resultados a futuro, esperamos que una vez implementado de manera completa HESS-IM (i.e., con las tres metaheurísticas: EA, DE y PSO), y tras realizar las experimentaciones correspondientes, podamos evaluar el grado de mejora que esta combinación ofrece en relación a las implementaciones de menor grado de complejidad. También esperamos trabajar para optimizar el método en términos de utilización de recursos.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El presente proyecto cuenta con la dirección del Dr. Germán Bianchini (UTN-FRM) y la codirección de la Dra. Paola Caymes-Scutari (UTN-FRM, CONICET). En lo que hace a estudiantes de doctorado, esta línea de investigación cuenta con dos tesis de posgrado en curso, una perteneciente al Ing. Miguel Méndez Garabetti, cuyo plan de tesis doctoral versa específicamente dentro de este proyecto y de esta línea de investigación, y de la Lic. María Laura Tardivo, cuya temática se vincula estrechamente, dado que se especializa en distintos métodos y posibilidades referentes a DE. Ambos cursan el doctorado en Ciencias de la Computación de la Universidad Nacional de San Luis, y son becarios internos doctorales de CONICET.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] FAO - Noticias: El problema de los incendios forestales. (n.d.). Recuperado en Marzo 19 de 2017, desde <http://www.fao.org/news/story/es/item/29145/icode/>
- [2] Chile: Pérdidas forestales por incendios ascenderían a US\$ 350 millones | Imagen | Multimedia | Gestion.pe. (n.d.). Recuperado en Marzo 19 de 2017, desde <http://gestion.pe/multimedia/imagen/2181045/200422>
- [3] Wallace, G. (1993). A Numerical Fire Simulation-Model. *International Journal of Wildland Fire*, 3(2), 111. <https://doi.org/10.1071/WF9930111>
- [4] Finney, M. A., & Finney, M. A. (n.d.). FARSITE: Fire Area Simulator-model development and evaluation.
- [5] Lopes, A. M. G., Cruz, M. G., Viegas, D. X., & Lopes, A. M. G. (n.d.). FireStation -An integrated software system for the numerical simulation of fire spread on complex topography. Retrieved from <http://adai.dem.uc.pt>
- [6] Bianchini, G., Denham, M., Cortés, A., Margalef, T., & Luque, E. (2010). Wildland fire growth prediction meth-

- od based on Multiple Overlapping Solution. *Journal of Computational Science*, 1(4), 229–237. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2010.07.005>
- [7] Bianchini, G., Caymes-Scutari, P., & Méndez-Garabetti, M. (2015). Evolutionary-Statistical System: A parallel method for improving forest fire spread prediction. *Journal of Computational Science*, 6(1), 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2014.12.001>
- [8] Méndez-Garabetti, M., Bianchini, G., Tardivo, M. L., & Caymes-Scutari, P. (2015). Comparative analysis of performance and quality of prediction between ESS and ESS-IM. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 314, 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2015.05.004>
- [9] Méndez-Garabetti, M., Bianchini, G., Caymes-Scutari, P., & Tardivo, M. L. (2016). Increase in the quality of the prediction of a computational wildfire behavior method through the improvement of the internal metaheuristic. *Fire Safety Journal*, 82, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2016.03.002>
- [10] Talbi E., *Metaheuristics: From Design to Implementation*, University of Lille – CNRS
- [11] Montgomery D.C, Runger G.C.: *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 6th Edition. Limusa Wiley & Sons, New Jersey (2014)
- [12] Buyya, R. (1999). *High Performance Cluster Computing: Architectures and Systems*. Prentice Hall, PTR, NJ, USA.
- [13] Alba E., Tomassini M.: Parallelism and evolutionary algorithms, in *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 6, no. 5, 443–462 (2002)
- [14] Storn, R., & Price, K. (1995). Differential Evolution - A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces. Berkeley, CA.
- [15] Kennedy J., Eberhart R. *Particle Swarm Optimization Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks (1995)*, pp. 1942–1948
- [16] Méndez-Garabetti, M., Bianchini, G., Caymes-Scutari, P., & Tardivo, M. L. (2016). Método híbrido de reducción de incertidumbre aplicado a la predicción del comportamiento de incendios forestales. Libro de Actas XXII CA-CIC 2016, XXII Congreso Argentino de Ciencias de La Computación, 1, 159–168.
- [17] Méndez-Garabetti, M. A., Bianchini, G., Caymes-Scutari, P. y Tardivo, M. L. (2016). Método Híbrido Paralelo de Reducción de Incertidumbre Aplicado a la Predicción del Comportamiento de Incendios Forestales. XXII Congreso Sobre Métodos Numéricos Y Sus Aplicaciones, XXXIV, 2857– 2869.