



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

### PROPOSTA DI PROGETTO DI ATENEO DI AVVIO ALLA RICERCA 2026

- a) Titolo del progetto: FIRMA – FIRE Mitigation Algorithms
- b) Proponente (PI): Alessia Di Fonso (SSD IINF-05/A)
- c) Posizione accademica del proponente: Assegnista di ricerca dal 2023
- d) Curriculum vitae del proponente (max 5000 caratteri – circa 2 pagine) con elenco delle pubblicazioni più significative (max 10) nel periodo 2021-25, relative al tema del progetto.

### Formazione

- 2023 - Dottorato di ricerca in Ingegneria e Scienze dell'Informazione conseguito presso l'Università degli Studi dell'Aquila.
- 2019 - Laurea magistrale in Ingegneria Informatica e Automatica con voto 110/110 e lode con menzione espressa dalla Commissione di valutazione.

### Partecipazione a progetti:

- dal 2025, progetto NextGenerationEU VITALITY
- (2023-2025) SICURA “Casa intelligente delle tecnologie per la sicurezza L'Aquila” che si colloca nel settore dello sviluppo di tecnologie e sistemi per la sicurezza e della mitigazione dei rischi, con particolare riferimento allo sviluppo di soluzioni ICT di supporto ai processi di gestione delle emergenze.

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

- (2019 – 2021) Progetto European GEO-SAFE Geospatial based Environment for Optimisation Systems Addressing Fire Emergencies (GEO-SAFE). Il progetto GEO-SAFE ha coinvolto ricercatori ed esperti di Europa e Australia con l'obiettivo comune di sviluppare metodi innovativi per affrontare efficacemente gli incendi boschivi. Il progetto si è concentrato sullo sviluppo di strumenti per creare un sistema di supporto decisionale integrato, ottimizzando le risorse durante la fase di risposta.

### Responsabilità didattiche

Docente a contratto per il corso di Software Engineering, Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica presso l'Università degli Studi dell'Aquila, per gli anni accademici A.A. 2023/2024, 2024/2025, 2025/2026

Incaricata delle esercitazioni didattiche per il corso di "Fondamenti di Informatica" presso l'Università degli Studi dell'Aquila, per gli anni accademici A.A. 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023

### Partecipazione a conferenze

**Ruolo di speaker nelle seguenti conferenze internazionali:** 22nd International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN), 20th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS), Robotics Research for Tomorrow's Technology (R2T2), Algosensors 2022, Fire Ecology across boundaries, Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS) 2023,2024

### Attività di revisione

**Revisore di articoli per le seguenti conferenze internazionali:** European Conference on Artificial Intelligence (ECAI), Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS), International Conference on Algorithms and Complexity (CIAC), International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC), Symposium of Experimental Algorithms (SEA), Symposium on Simplicity in Algorithms (SOSA), Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS), International Symposium on Algorithmics of Wireless Networks (ALGOWIN).

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

**Revisore di articoli per le seguenti riviste internazionali:** International journal of Wildland Fire, IEEE Transactions on Industrial Informatics.

Elenco delle pubblicazioni più significative nel periodo 2021-25, relative al tema del progetto

- 2025 Marc Demange, Alessia Di Fonso, Gabriele Di Stefano, Pierpaolo Vittorini, Instantiating a Diffusion Network Model to Support Wildfire Management. IEEE Transactions on Network Science and Engineering, 12(4), 3374– 3388 (2025)
- 2025 Serafino Cicerone, Alessia Di Fonso, Gabriele Di Stefano, Alfredo Navarra, Gathering in Non-vertex-Transitive Graphs Under Round Robin, Proceedings of International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS), 2025)
- 2022 Marc Demange, Alessia Di Fonso, Gabriele Di Stefano, Pierpaolo Vittorini, Network theory applied to preparedness problems in wildfire management, Safety Science, Volume 152, 2022, – Safety Science, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105762>
- 2022 Marc Demange, Alessia Di Fonso, Gabriele Di Stefano, Pierpaolo Vittorini, A graph theoretical approach to the firebreak locating problem, Theoretical Computer Science, Volume 914, 2022, Pages 47-72, <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2022.02.012>
- 2022 Serafino Cicerone, Alessia Di Fonso, Gabriele Di Stefano, Alfredo Navarra, Arbitrary Pattern Formation on Infinite Regular Tessellation Graphs, Theoretical Computer Science 2022, ISSN 0304-3975, <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2022.11.021>

e) ----

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

f) Settore di ricerca ERC di riferimento per la proposta (indicare anche due sotto-settori):

Settore PE6, sottosettori:

- PE6\_6: Algoritmi, algoritmi distribuiti/paralleli, algoritmi su reti, teoria dei giochi algoritmica
- PE6\_7 Intelligenza artificiale, sistemi intelligenti, sistemi multi-agente

g) Abstract (max 1000 caratteri)

Gli incendi boschivi rappresentano un rischio crescente per persone e ambiente. Possono essere causati da fattori naturali o da attività umane e si prevede che nel prossimo futuro aumenteranno in frequenza e intensità. Per mitigare i rischi legati agli incendi, gli esperti sottolineano la necessità di investire in misure proattive di prevenzione e preparazione. La progettazione e l'implementazione di strumenti quantitativi di valutazione del rischio possono supportare in modo efficace i processi decisionali nello sviluppo di strategie per la mitigazione degli incendi. Il progetto propone di sviluppare modelli per stimare il rischio di incendio e formulare problemi di ottimizzazione utili a limitare l'impatto degli incendi sul territorio. Un ulteriore obiettivo è progettare algoritmi di coordinamento e pianificazione per sistemi multi-robot da impiegare in attività di monitoraggio e intervento a supporto della gestione degli incendi.

h) Descrizione del progetto (max 8.000 caratteri, compresi eventuali riferimenti

bibliografici. È consentito inserire figure nella proposta. Le figure non concorrono alla determinazione del calcolo del numero dei caratteri.)

a. Stato dell'arte

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

Numerosi studi hanno applicato la teoria dei grafi alla gestione e prevenzione degli incendi boschivi. Un approccio consolidato consiste nel rappresentare un territorio come un grafo e utilizzare algoritmi e risultati teorici propri della teoria dei grafi. Ad esempio, in [1] i grafi e le associate misure di centralità vengono utilizzati per identificare i nodi che agiscono come principali diffusori di incendio. In [2] i grafi, le simulazioni di incendi e le metriche di connettività sono combinati per identificare le aree in cui è più probabile l'innescò di grandi incendi. In [3], le simulazioni di incendio e teoria dei grafi vengono integrati per quantificare la propagazione del fuoco tra territori coltivati e comunità. Altre applicazioni della teoria delle reti riguardano la gestione del combustibile vegetale [4] o la localizzazione ottimale di rifugi e strutture di sicurezza [5]. In questo ambito rientrano anche i nostri lavori pubblicati [6,7], nei quali si è studiato il problema del posizionamento ottimale delle linee tagliafuoco tramite tecniche di ottimizzazione su grafi, con l'obiettivo di minimizzare una funzione di rischio globale. In [8] abbiamo inoltre mostrato la valenza pratica di questo approccio proponendo una metodologia per istanziare un modello a grafo per il territorio, calcolare e validare mappe di rischio, e integrare infine tali strumenti in un'applicazione web user-friendly.

Negli ultimi anni la robotica ha compiuto progressi significativi, rendendo possibile l'impiego di sistemi autonomi in compiti sempre più complessi. Questa evoluzione ha aperto nuove prospettive anche nel contesto della gestione degli incendi boschivi, dove l'utilizzo di robot può supportare attività di prevenzione, monitoraggio e intervento in condizioni difficili o pericolose per gli operatori umani. Diversi studi hanno mostrato come robot terrestri e aerei possano operare in ambienti boschivi [9], contribuendo a una vasta gamma di attività: dal supporto diretto alle operazioni di spegnimento degli incendi [10], alla raccolta di dati ambientali [11], fino al monitoraggio continuo del territorio per l'individuazione precoce di focolai [12]. Questi contributi evidenziano come la robotica possa integrare e potenziare le strategie tradizionali di gestione del rischio. Nonostante questi progressi, la coordinazione di gruppi di robot distribuiti rimane una sfida rilevante, che richiede contributi di ricerca sia teorici che applicativi.

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

### References

- [1] L. Russo, P. Russo, and C. I. Siettos, "A complex network theory approach for the spatial distribution of fire breaks in heterogeneous forest landscapes for the control of wildland fires," *PLOS ONE*, vol. 11, no. 10, 2016, e0163226.
- [2] B. A. Aparicio, J. M. Pereira, F. C. Santos, C. Bruni, and A. C. Sa, "Combining wildfire behaviour simulations and network analysis to support wildfire management: A mediterranean landscape case study," *Ecological Indicators*, vol. 137, 2022, 108726
- [3] A. A. Ager, C. R. Evers, M. A. Day, H. K. Preisler, A. M. Barros, and M. Nielsen-Pincus, "Network analysis of wildfire transmission and implications for risk governance," *PLoS One*, vol. 12, no. 3, p. e0172867, 2017.
- [4] J. P. Minas, J. W. Hearne, and D. L. Martell, "A spatial optimisation model for multi-period landscape level fuel management to mitigate wildfire impacts," *European Journal of Operational Research*, vol. 232, no. 2, pp. 412–422, 2014.
- [5] M. Demange, V. Gabrel, M. A. Haddad, C. Murat et al., "A robust p-center problem under pressure to locate shelters in wildfire context," *EURO Journal on Computational Optimization*, vol. 8, no. 2, pp. 103–139, 2020.
- [6] Demange, M., Di Fonso, A., Di Stefano, G., Vittorini, P.: A graph theoretical approach to the firebreak locating problem. *Theoretical Computer Science* (2022). DOI 10.1016/J.TCS.2022.02.012
- [7] Demange, M., Di Fonso, A., Di Stefano, G., Vittorini, P.: Network theory applied to preparedness problems in wildfire management. *Safety Science* 152, 105762 (2022). DOI 10.1016/J.SSCI.2022.105762
- [8] Demange, M., Di Fonso, A., Di Stefano, G., Vittorini, P.: Instantiating a Diffusion Network Model to Support Wildfire Management. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering* 12(4), 3374–3388 (2025). DOI 10.1109/TNSE.2025.3559681
- [9] L. F. P. Oliveira, A. P. Moreira, and M. F. Silva. *Advances in forest robotics: A state-of-the-art survey*. *Robotics*, 10(2), 2021.
- [10] S. Robotics. *Colossus*. Available online: <https://www.shark-robotics.com/> shark-robots, 2020.

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

[11] L. Tang and G. Shao. Drone remote sensing for forestry research and practices. *Journal of Forestry Research*, 26(4):791–797, Dec 2015.

[12] L. Merino, F. Caballero, J. R. Martínez-de Dios, I. Maza, and A. Ollero. An unmanned aircraft system for automatic forest fire monitoring and measurement. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 65(1):533–548, Jan 2012.

### b. Obiettivi

Il progetto si propone di studiare modelli per la stima del rischio di incendi boschivi e di formulare problemi di ottimizzazione su grafi utili a mitigare gli effetti degli incendi in un territorio. L'approccio teorico permette di ottenere soluzioni generali, con garanzie matematiche sulla loro correttezza ed efficienza, che possano essere successivamente implementate in applicazioni operative e utilizzate da enti e professionisti nella pianificazione delle strategie di prevenzione.

Il progetto di ricerca ha inoltre l'obiettivo di sviluppare algoritmi per la gestione delle emergenze tramite sistemi multi-robot capaci di cooperare e coordinarsi seguendo un approccio teorico focalizzato sugli aspetti algoritmici. Lo studio di algoritmi efficienti per il coordinamento e la pianificazione del movimento di sistemi multi-robot consente inoltre di ottimizzare metriche operative cruciali, come il tempo necessario per completare la missione o il consumo energetico dei robot, aspetti fondamentali in scenari in cui la rapidità di intervento e l'autonomia dei mezzi risultano determinanti.

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

### c. Metodologia

La metodologia si basa su un solido approccio teorico che prevede la definizione dei problemi, l'analisi della loro complessità e la progettazione di algoritmi, validati da prove formali e rigorose di correttezza e di complessità computazionale.

L'attività teorica sarà affiancata da una fase di confronto con la comunità scientifica internazionale. Il progetto prevede momenti di interazione diretta con ricercatori attivi nell'area attraverso incontri di ricerca o brevi soggiorni.

I risultati verranno presentati in conferenze peer-reviewed e riviste di alto profilo.

### d. Piano di lavoro

Il progetto prevede una fase di analisi preliminare volta a definire problemi di ottimizzazione di interesse teorico e/o applicativo per la limitazione della diffusione del fuoco. Seguirà una fase di analisi della complessità dei problemi e l'individuazione di connessioni con risultati eventualmente presenti in letteratura. Si procederà quindi all'individuazione di casi particolari con proprietà strutturali utili alla progettazione di algoritmi efficienti. Affrontati i problemi su classi particolari di grafi, la ricerca si concentrerà su classi di grafi più generali per le quali saranno progettati, se necessario, algoritmi approssimati. I risultati teorici saranno eventualmente accompagnati da simulazioni su istanze sintetiche e, quando possibile, su dati reali, così da valutarne l'efficacia applicativa. Un piano di lavoro simile sarà adottato per la progettazione di algoritmi per sistemi multi-robot.

Il progetto si avvarrà delle collaborazioni nazionali e internazionali già attive con centri di ricerca di prestigio, tra cui l'Università di Perugia e il Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT, Australia). Le attività di ricerca saranno sostenute da interazioni scientifiche con gruppi di ricerca internazionali, attraverso visite, incontri tecnici e partecipazione a workshop e conferenze.

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

- i) Elementi di originalità e innovazione della proposta e impatto in termini di rilevanza dell'avanzamento nella ricerca di base per la comunità scientifica di riferimento (max 3000 caratteri)

Il progetto propone un approccio teorico allo studio della prevenzione degli incendi fondato sulla modellazione tramite grafi, sulla formulazione di problemi di ottimizzazione combinatoria e sull'analisi algoritmica. In un campo in cui molte ricerche si basano su modelli fisici e simulativi, si propone l'uso degli strumenti della matematica e dell'informatica teorica, con l'obiettivo di costruire una base formale rigorosa per la progettazione di strategie preventive. L'originalità riguarda la formulazione di nuovi problemi di ottimizzazione combinatoria, ispirati alla prevenzione degli incendi ma dotati di interesse teorico autonomo. Il progetto prevede lo studio della complessità computazionale di tali problemi, la loro classificazione in termini di difficoltà e l'identificazione di casi particolari trattabili. Questo lavoro contribuisce direttamente all'avanzamento della ricerca di base in ottimizzazione combinatoria e teoria della complessità. Un ulteriore elemento innovativo è dato dalla progettazione di algoritmi esatti e approssimati per i problemi proposti. L'impatto sulla comunità scientifica è duplice. Da un lato, il progetto contribuisce all'avanzamento della ricerca di base introducendo modelli, problemi e algoritmi nuovi, potenzialmente applicabili anche in altri ambiti della teoria dei grafi come ad esempio per il contenimento dei fenomeni di diffusione nelle reti. Dall'altro, fornisce una base teorica solida per lo sviluppo futuro di strumenti software di supporto alle decisioni, capaci di integrare risultati matematici rigorosi in applicazioni operative.

La progettazione di algoritmi per sistemi multi-robot presenta elementi di originalità nella potenziale applicazione a scenari complessi come la gestione degli incendi boschivi. La ricerca in tale ambito può contribuire all'avanzamento della teoria degli algoritmi di coordinamento di sistemi multi-robot e alla modellazione di problemi ispirati a contesti reali. L'impatto at-

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

teso per la comunità scientifica è significativo, poiché i risultati possono introdurre nuove tecniche e metodologie estendibili a numerosi problemi di coordinamento e pianificazione di sistemi multi-robot.

j) Impatto del progetto in riferimento alle tematiche di genere (facoltativo, max 3000 caratteri)

Il progetto promuove la partecipazione equilibrata di ricercatrici e ricercatori nelle attività scientifiche, favorendo il confronto di una pluralità di punti di vista. I modelli matematici e i problemi di ottimizzazione tendono a incorporare implicitamente le scelte e le sensibilità dei ricercatori. Ad esempio, la definizione di una funzione di rischio di incendio non è un processo completamente oggettivo; una maggiore diversità nei team di ricerca riduce il rischio di trascurare variabili sociali, economiche o territoriali che incidono sulla vulnerabilità delle comunità e conduce ad una più attenta valutazione dei parametri selezionati nella valutazione del rischio. In questo senso, il progetto favorisce non solo la presenza femminile ma anche l'inclusione della prospettiva di genere nella costruzione dei modelli decisionali.

< # >



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Amministrazione centrale

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Settore Fundraising e gestione progetti di Ateneo

### Piano di spesa

<i>Voce di spesa</i>	<i>Importo (Euro)</i>
Borse di studio ricerca (art.2 del Regolamento per il conferimento di borse di ricerca attualmente in vigore)	0
Rinnovo Co-finanziamento assegni di ricerca	0
Materiali di consumo	200
Attrezzature, strumentazioni, software	2.000
Missioni	2.000
Acquisto prodotti ritenuti necessari per la realizzazione del progetto (es. materiale librario, licenze per l'accesso a banche dati, ecc.)	200
Pubblicazioni, organizzazione di convegni e workshop	600

< # >