

In cammino dal Forest Fire Area Simulator al nuovo Simulatore FFAS-PLUS a supporto delle attività addestrative di contrasto al Dissesto Idrogeologico

di Marco Di Fonzo

Piattaforma di simulazione ecosistemica basata su algoritmi scientifici in grado di riprodurre i comportamenti naturali del fuoco sulle foreste e di dissesto idrogeologico.



Il progetto FFAS.

In Italia, la repressione del fenomeno degli incendi boschivi passa anche per la *realtà virtuale*, grazie al *Forest Fire Area Simulator* (di seguito *FFAS*), una piattaforma tecnologica unica nel suo genere, con cui l'Arma dei Carabinieri forma i militari specializzati nelle investigazioni post incendio boschivo. Realizzato presso la sede della Scuola Forestale Carabinieri di Castel Volturno, il sistema è in grado di generare scenari immersivi ed interattivi di ecosistemi forestali aggrediti dal fuoco e consente lo svolgimento simulato delle attività tecniche di polizia giudiziaria.

Il progetto FFAS

L'incipit al progetto scaturì nel 2014, dalla volontà del Corpo forestale dello Stato di sostenere

il processo di revisione dei costi dell'Amministrazione nel contrasto al fenomeno degli incendi boschivi. Consapevoli che il processo di autentica modernizzazione della nostra organizzazione doveva necessariamente passare per la valorizzazione del suo bene più prezioso, il capitale umano, si individuò nel settore dell'addestramento per la lotta attiva agli incendi boschivi un'area di intervento con grandi potenzialità di razionalizzazione della spesa e di risparmi. Per sostenere le attività investigative dei *Direttori delle attività di spegnimento (D.O.S.)*, e di quelle dei *Repertatori Incendio Boschivo*, militari specializzati che intervengono sulla scena del crimine ambientale (Art.423 bis C.p.) per ricostruire le dinamiche

dei fatti ed accertarne le cause, era necessario mettere a disposizione qualcosa di speciale ed innovativo che non fosse il solito manuale. Dovevamo trovare il modo di far vivere, **in sicurezza**, la dinamica delle fiamme sui soprassuoli boschivi e mostrare cosa può accadere nel corso delle operazioni di spegnimento e come saper "*interpretare*", i segni che il fuoco lascia sulle specie forestali interessate dall'incendio, nel corso della propagazione delle fiamme, fino a risalire all'area di insorgenza ed individuarne la causa. Perché tutti gli addetti al sistema nazionale di *Protezione civile* sanno che ogni incendio boschivo è un evento unico ed irripetibile, considerata la molteplicità delle variabili in

gioco come quelle, a titolo non esaustivo, di carattere eco sistemico, meteorologico, orografico ed altimetrico ecc. Operare su un incendio boschivo è una attività estremamente rischiosa e di grande responsabilità nei confronti dei propri colleghi e delle popolazioni coinvolte. E' una competenza che si acquisisce con metodo, disciplina, consapevolezza dei mezzi e delle decisioni da assumere dove la capacità di saper efficacemente cooperare è vitale, se non si vuole che l'evento incendio finisca in tragedia.

Occorreva pertanto creare un sistema "immersivo", capace non solo di simulare i flussi delle comunicazioni, ma anche la propagazione delle fiamme, la gestione operativa sul campo degli automezzi, elicotteri, canadair, ecc.

Una "palestra virtuale" che mettesse l'allievo nelle condizioni di sperimentare cosa significa essere, ad esempio, un DOS di fronte ad un fronte di fuoco ed al calore che esso emana, così da comprendere come e perché possono accadere errori di valutazione e come, a fronte di improvvisi cambiamenti, correggere decisioni già assunte.

Insomma: una cosa mai fatta prima!

Quando abbiamo iniziato a mettere in piedi l'idea progettuale ci siamo resi conto che, per attuare una reale innovazione, non bastava solo l'idea ma occorrevo tecnologie adeguate e tanto, tanto coraggio, perché nessuno fino ad allora aveva mai realizzato nulla del genere. Non essendoci modelli di riferimento, ci si domandava se avremmo trovato qualcuno realmente in grado di

ingegnerizzarlo.

A ben guardare, la tecnologia per farlo c'era, così come gli scienziati.

Infatti, grazie anche al lavoro del Prof. Stefano Mazzoleni, dell'Università Federico II di Napoli e del suo straordinario gruppo di ricercatori, composto in gran parte da matematici appassionati, come il Prof. Francesco Giannino, è stato possibile realizzare una vera e propria "rivoluzione".

L'idea divenne così progetto, il progetto una gara e la gara generò un sistema tecnologico evoluto; una macchina reale, capace di produrre incendi virtuali e formare esperienze, consapevolezza e fiducia.

Per poter conseguire questi risultati, furono realizzate fedeli copie digitali di 10 km² cadauna, di due località del Parco del Cilento, Campora e Licosa, in quanto rappresentative degli ecosistemi forestali mediterranei.

Ripensandoci adesso, quella non fu solo una vicenda di innovazione, bensì un grande e profondo cambiamento, basato sulle migliori tecnologie a servizio della protezione degli ecosistemi forestali italiani. Un risultato importante non solo per l'Amministrazione, ma per tutti coloro che ci aiutarono a realizzarlo.

Esso dimostra cosa siamo capaci di fare, noi italiani, quando ci crediamo fino in fondo e

ci deve far riflettere sulla nostra capacità di coniugare conoscenza, competenza e abilità pubbliche e private, sulla frontiera dell'innovazione asservita agli ecosistemi forestali.

Il FFAS rappresenta non solo un modo nuovo di fare formazione, ma un modo completamente diverso per la pubblica amministrazione di integrarsi con il mondo della ricerca universitaria applicata.

La prima realizzazione del FFAS

Si è preso spunto dai cosiddetti "Serious Games", frequentemente impiegati in settori come quello militare, della sicurezza, dell'aviazione, della medicina e della gestione delle emergenze. Questi sistemi consentono l'addestramento allo svolgimento di attività complesse in ambienti estremi o impossibili da ricreare in contesti reali, il tutto in condizioni di sicurezza.

I principali benefici si possono così riassumere:

- ▶ Addestramento di tutti i livelli, dall'unità ai posti di comando;
- ▶ Adattamento degli scenari/palestre addestrativi in funzione delle esigenze;
- ▶ Garanzia della sicurezza del personale addestrato;
- ▶ Riduzione dei costi di addestramento del personale;



Operatore in azione nella sala immersiva.

- ▶ Sperimentazione di sistemi innovativi per il contrasto agli incendi;
- ▶ Affinamento delle tecniche investigative per l'individuazione degli autori del reato;
- ▶ Sviluppo di modelli previsionali simulati e ottimizzazione di protocolli operativi.

L'attuale installazione si

sviluppa su un'area di circa 200 m² e si compone di:

Una Sala Regia, nella quale i tutor progettano, gestiscono e controllano l'andamento dell'esercitazione simulando gli eventi di emergenza ambientale e le azioni di contenimento e contrasto. Nel corso dell'esercitazione è possibile variare, in tempo reale, sia i

parametri ambientali di contesto, che il posizionamento delle risorse umane e strumentali d'intervento, così da introdurre imprevisti e variabili che simulano la realtà. Una Sala Immersiva di 24 m², nella quale uno schermo ad altissima risoluzione riproduce lo scenario simulato dell'area di intervento. L'operatore può interagire con la sua proiezione virtuale, utilizzando dotazioni operative reali quali il binocolo elettronico, il tablet, il telefono cellulare e le radio tattiche, al fine di coordinare i mezzi che gli sono stati messi a disposizione, attraverso i quali dirigere, ad esempio, i lanci di estinguente di un Canadair. Una Sala Debriefing, in cui un sofisticato modulo di registrazione, detto "After Action Review", permette di rivivere tutte le fasi dell'esercitazione, al fine di comprendere eventuali errori commessi, evidenziare i punti di forza e identificare le aree di miglioramento.

APPLICAZIONE DELL'ALGORITMO TIGER



Individuazione dell'area di interesse



Quantizzazione del territorio



Applicazione della mappa del vento



Inserimento del punto di insorgenza



Avvio dell'elaborazione e previsione di espansione del fuoco



Le tecnologie impiegate

Il sistema consente due tipologie di simulazione: la simulazione della propagazione del fuoco ed il metodo delle Evidenze Geometriche.

Simulazione della propagazione del fuoco

In letteratura la modellizzazione della propagazione dell'incendio si basa principalmente sui modelli semi-empirici di superficie, maggiormente utilizzati a livello internazionale, il cui caposaldo è il modello di Rothermel (*attualmente implementato nei software Behave e Farsite, utilizzati dal US Forest Service*).

Quest'ultimo modello descrive la velocità di propagazione del fuoco in base ai tre principali fattori che influenzano

l'incendio boschivo:

- ▶ Tipo di vegetazione-combustibile;
- ▶ Velocità e direzione del vento;
- ▶ Pendenza del terreno.

Su questo indirizzo è nato il progetto **Tiger** del Dipartimento di Agraria dell'Università di Napoli - Federico II, un sistema integrato per la simulazione di propagazione di incendi boschivi in contesti mediterranei.

Tiger genera il perimetro del fuoco sullo scenario mediante l'utilizzo di due algoritmi:

- ▶ Algoritmo "Rate of Spread" (ROS): fornisce la velocità dei nodi caratterizzanti il perimetro dell'incendio e quindi è una grandezza di riferimento per la velocità di avanzamento del fuoco;
- ▶ Algoritmo "FireLine": descrive l'avanzare nello spazio del fuoco mediante la creazione di un perimetro i cui nodi avanzano con la velocità data dall'algoritmo ROS.

La "regia" può inserire il punto di innesco direttamente sullo scenario, settare i parametri della simulazione e dare il via all'incendio.

Il modello matematico implementato segue, per il calcolo del perimetro del fuoco, i seguenti passi:

- ▶ Calcolo del campo di vento (direzione e intensità) su tutta l'area interessata dalla simulazione in relazione alla pendenza del suolo;
- ▶ Combinazione degli effetti del vento e della pendenza con le tipologie di

combustibile per determinare la velocità di propagazione mediante l'algoritmo Ros;

- ▶ Calcolo del perimetro del fuoco mediante l'algoritmo FireLine.

Metodo delle Evidenze Geometriche

Al contrario dell'algoritmo **Tiger**, l'applicativo **MEG** (Metodo delle Evidenze Geometriche) consente di effettuare una sorta di "reverse-engineering" delle dinamiche di un incendio boschivo, partendo dal perimetro totale dell'area interessata dall'incendio, tenendo conto delle caratteristiche del territorio (conformazione, tipo di vegetazione...) e delle informazioni meteorologiche. Il MEG consente di circoscrivere la zona di innesco dell'incendio ad una superficie di circa 300 m².

Ricordiamo che l'obiettivo

dell'investigazione sugli eventi di incendio boschivo è quello di determinarne le cause e le eventuali responsabilità, siano esse di natura volontaria o accidentale.

In quest'ottica risulta, quindi, fondamentale il supporto strumentale del **MEG** che agevola notevolmente il complesso lavoro di ricerca ed individuazione del punto di insorgenza delle fiamme svolto dai militari Repertatori, apportando tra l'altro un notevole risparmio in termini di tempo e costi.

Il modello di riferimento adottato è stato messo a punto dal "Dipartimento di Arboricoltura, Botanica e Patologia Vegetale" dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, polo di eccellenza della ricerca universitaria in questo settore. *Scenari e specie vegetali*

Negli scenari tridimensionali

APPLICAZIONE DELL'ALGORITMO MEG



Posizionamento della forma finale dell'incendio



Avvio dell'elaborazione



Elaborazione



Individuazione probabile area di insorgenza

sono state inserite le specie vegetali rappresentative degli ecosistemi forestali del mezzogiorno d'Italia, riassunte nella tabella di seguito riportata:

ALBERI	CESPUGLI E ARBUSTI
Olivo	Cisto
Quercia	Erica
Pino	Lentisco
Castagno	Mirto
Leccio	Spartium

Il nuovo FFAS PLUS

Forti dei risultati e dell'esperienza maturata in questi anni di impiego del FFAS, il NIAB ha elaborato il concept di un nuovo simulatore denominato FFAS PLUS. Il sistema si baserà su tecnologie di Intelligenza Artificiale e nuovi algoritmi dedicati, capaci di simulare ed interpretare i fenomeni naturali. Verranno sfruttate linee di trasmissione dati ad altissima velocità correlate a sistemi cloud di elevata capacità elaborativa, per la generazione degli scenari. In questo modo, l'utilizzo della nuova piattaforma di simulazione potrà avvenire in maniera distribuita, a differenza dell'attuale sistema che richiede un'infrastruttura dedicata. Le nuove macro funzioni di cui sarà dotato il FFAS PLUS saranno incentrate sulle simulazioni anche di **dissesto**



Acquisizione dei dati di appoggio alla fotogrammetria relativi al territorio di Ischia

idrogeologico, che hanno una significativa correlazione con la perdita di copertura forestale a seguito di eventi di incendio boschivo.

La perdita del manto vegetale,

infatti, determina la mancata regimazione del deflusso superficiale delle acque meteoriche e della forza erosiva delle piogge a carattere torrentizio.

Entro pochi anni dall'evento incendio, gli apparati radicali sono soggetti a fenomeni di putrefazione e perdono la loro capacità meccanica di trattenimento dei suoli. Rappresentativo di quanto sopra esposto è ciò che è avvenuto presso il Parco Nazionale del Vesuvio dopo il devastante incendio del 2017 dove, a distanza di poche settimane dall'evento, a causa del dilavamento innescato da fenomeni di ruscellamento sul soprassuolo ormai spoglio di ogni presenza forestale, sono addirittura venute alla luce le colate laviche dell'eruzione del 1942.

La catena di eventi, che parte dall'antropizzazione degli ecosistemi e si conclude, sempre con maggiore frequenza con le frane conseguenti le alluvioni, sta provocando un sempre maggiore allarme sociale a causa degli ingenti danni subiti dai territori interessati e dalle comunità residenti.

In un contesto come questo, risulta essenziale, per specialità forestale dell'Arma, essere in grado di valutare e gestire con

prontezza anche il rischio di dissesto idrogeologico.

Per la gestione di tale rischio si ritiene necessaria la formazione dei militari che, a vario titolo, concorrono al monitoraggio e al controllo del territorio ai fini della prevenzione e mitigazione del dissesto idrogeologico (Competenza dell'Arma dei Carabinieri ai sensi dell'art.7 del Decreto legislativo n.177/2016) e alla gestione dell'emergenza idraulico/ idrogeologica (Protocollo d'intesa tra l'Arma dei Carabinieri e il Dipartimento della Protezione Civile), procedendo all'aggiornamento degli attuali algoritmi e creando nuovi scenari virtuali in grado di rappresentare la vulnerabilità delle aree minacciate dal rischio idrogeologico e di evidenziare i punti critici in cui possono innescarsi e propagarsi eventi o catastrofi naturali e antropiche. Attraverso questo nuovo progetto ci si propone, innanzitutto, di conseguire un utilizzo pratico delle tecnologie innovative digitali, di elaborazione e visualizzazione, per la simulazione di eventi di natura idrogeologica.

Il fine è quello di sviluppare attività di formazione e apprendimento pratico riguardante possibili dinamiche evolutive degli eventi, consentendo l'addestramento al controllo, all'analisi, e allo sviluppo di capacità decisionali in situazione critiche di alta pericolosità e complessità ambientale connesse al fenomeno dei disastri idrogeologici.

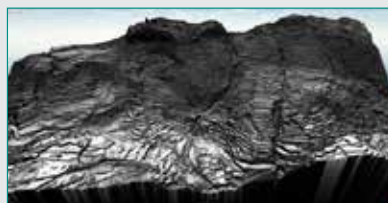
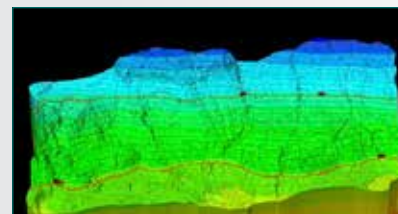
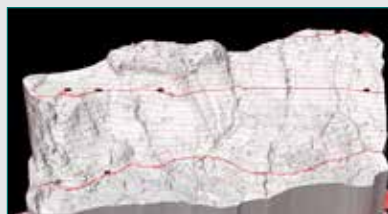
La simulazione, applicata al fenomeno del dissesto idrogeologico, costituisce quindi uno strumento importante dal punto di vista dell'analisi e del monitoraggio del fenomeno e consente al

personale operante di esperire quelli che sono i fattori determinanti nella gestione di situazioni critiche, conferendo loro:

- ▶ Conoscenza diffusa delle tecniche e delle procedure per la gestione in sicurezza delle operazioni;
- ▶ Padronanza degli strumenti e delle tecnologie disponibili;
- ▶ Capacità di collaborazione tra le persone coinvolte nel lavoro di squadra;
- ▶ Capacità di mantenere relazioni positive e di comunicare in modo efficace;
- ▶ Capacità di valutare oggettivamente le caratteristiche della situazione critica;
- ▶ Capacità di prendere decisioni in situazioni di incertezza valutandone i rischi;
- ▶ Gestione delle emozioni e dello stress da parte del responsabile della conduzione delle operazioni.

Nuovi scenari

Le nuove “palestre” virtuali si affiancheranno a quelle esistenti per ampliare la casistica degli scenari da impiegare nell’ambito delle sessioni di addestramento. Gli ambienti generati rappresenteranno scenari di circa 300 ettari e riprodurranno, con elevato dettaglio, la reale conformazione dei territori, grazie a rilievi fotogrammetrici eseguiti attraverso l’uso di velivoli a pilotaggio remoto (APR) dotati di sensore Lidar. Saranno introdotte nuove mappe di combustibile relative a specie forestali di tipologia opportuna ed opportunamente modellate dal punto di vista del comportamento nei confronti di un incendio, con almeno quattro stadi di bruciatura. A differenza di quanto



Ricostruzione digitale del territorio

avviene nell’attuale sistema di simulazione, le foreste non saranno costituite da blocchi unici non interattivi, ma saranno composte da centinaia di migliaia di singoli alberi, ciascuno in grado di rappresentare gli effetti subiti dalle sollecitazioni.

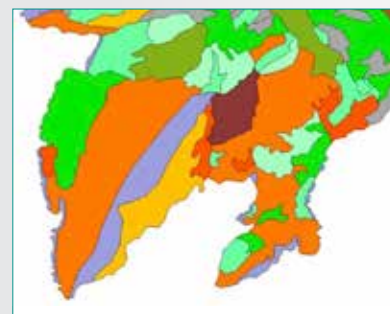
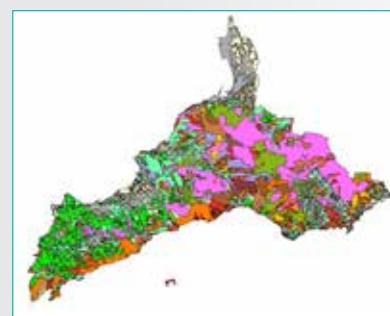
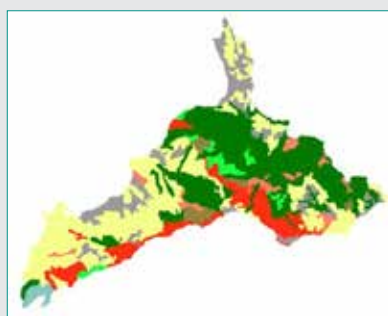
Per raggiungere quest’obiettivo, si prevede di realizzare i modelli di 20 diverse nuove tipologie di albero e, per ognuna, realizzare

un modello sano e quattro differenti modelli bruciati.

Il sottobosco sarà rappresentato con l’uso di almeno 6 nuove tipologie di arbusto.

L’effetto del fuoco sugli alberi e sugli arbusti sarà rappresentato da modelli delle varie fasi della bruciatura, per rendere ancora più realistico l’effetto del passaggio dell’incendio.

Faranno parte integrante degli scenari anche le varie



Carte dei modelli di combustibile realizzate tramite Corine Land Cover

Carte dei modelli di combustibile realizzate tramite scansione con sistemi APR

strutture antropiche presenti quali strade, centri abitati, segnaletica stradale, centrali elettriche, ecc.

Considerazioni finali

L'avvento dell'Intelligenza Artificiale, anche nei contesti più ordinari della società, ben rappresenta la tendenza dell'uomo a demandare "alla tecnologia" compiti sempre più complessi.

Nonostante l'impegno verso il progresso ed il miglioramento che l'Arma dei Carabinieri sempre persegue, è nostra convinzione che le opportunità tecnologiche, presenti e future, non vadano intese a sollevare gli operatori del

settore dall'impegno e dalle responsabilità.

Per quanto le "palestre virtuali" finora descritte, così come le numerose altre tecnologie messe in campo nella salvaguardia del territorio e della collettività, possano aiutare ad individuare tempestivamente possibili soluzioni, senza essere bloccati o deviati dall'emotività e dal timore di sbagliare, sempre determinante rimarrà la capacità del militare di agire secondo il proprio intendimento, la propria esperienza ed il proprio senso etico di vicinanza alla comunità.

PAROLE CHIAVE

GEOMATICA; INCENDI BOSCHIVI; PREVENZIONE; REALTÀ VIRTUALE; SIMULATORE; FFAS

ABSTRACT

In Italy, the repression of forest fires also involves virtual reality, thanks to the Forest Fire Area Simulator (FFAS), a unique technological platform of its kind, with which the "Arma dei Carabinieri" trains soldiers specialized in investigations post forest fire.

Realized at the headquarters of the "Scuola Forestale Carabinieri di Castel Volturno", the system is able to generate immersive and interactive scenarios of forest ecosystems attacked by fire and allows the simulated execution of the technical activities of the judicial police.

AUTORE

GEN. B. MARCO DI FONZO
DIFONZO.M@GMAIL.COM
COMANDANTE DEL NUCLEO INFORMATIVO ANTINCENDIO BOSCHIVO



ArcGIS Platform

Il potere delle mappe
e dei servizi di localizzazione
nei sistemi operativi



esri Italia
THE SCIENCE OF WHERE

