

UN SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI PER LA GESTIONE DELLE OPERAZIONI DI RICERCA E SOCCORSO

Marco Ciolli, Luca Mengon, Alfonso Vitti, Fabio Zottele, Paolo Zatelli

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Università di Trento
Via Mesiano 77, 38100 Trento, Italy
tel. +39 0461 882618, fax +39 0461 882672
e-mail paolo.zatelli@ing.unitn.it

Riassunto

La corretta gestione dell'informazione gioca un ruolo fondamentale nei processi di decisione. In particolare, nella gestione delle emergenze e nelle operazioni di ricerca e soccorso è estremamente importante utilizzare correttamente tutte le informazioni possibili per massimizzare la probabilità di prendere la corretta decisione. Spesso chi decide non utilizza tutte le informazioni disponibili oppure è affetto da bias cognitivi. Per questo motivo è stato messo a punto un sistema di supporto alle decisioni per la ricerca e il soccorso in ambienti montani.

Questo sistema combina le caratteristiche della persona dispersa, attraverso variabili fisiologiche, con le caratteristiche del territorio in cui si muove. Per questo motivo l'ambiente naturale per lo sviluppo di questo sistema è un GIS, con la possibilità di integrare tutte le informazioni disponibili, spaziali e non. Attraverso la valutazione della massima velocità raggiungibile dal disperso, in base alle sue caratteristiche fisiologiche e del terreno che attraversa, è possibile determinare la distanza massima raggiungibile ad un dato tempo dalla scomparsa, delimitando quindi l'area di ricerca. Per la costruzione della mappa dell'area raggiungibile il modello tiene conto, oltre che delle variabili indicate sopra, della presenza di ostacoli (ad es. fiumi non guadabili, ecc.) e di vie preferenziali (strade, sentieri, ecc.).

I parametri fisiologici utilizzati sono: età, sesso e grado di allenamento. I parametri del terreno: quota, pendenza, densità della vegetazione e accidentalità del terreno. Si tiene inoltre conto della visibilità, modificando la velocità in base alla luce presente.

Il modello è stato tarato sui pochi dati disponibili in letteratura e sull'esperienza dei corpi di soccorso e delle guide alpine. E' stata inoltre effettuata una campagna GPS dedicata per ricavare traiettorie di spostamenti di persone con caratteristiche significativamente differenti e su terreni di tipo diverso che ha permesso di verificare l'attendibilità del modello. Infine è stata fatta una analisi di sensibilità per valutare come l'incertezza dei parametri del modello si ripercuote sulla stima delle aree di ricerca e quindi la precisione attendibile nella loro determinazione.

E' in via di implementazione un sistema integrato GIS, DBMS spaziale e WebGIS per la gestione del modello con creazione automatica di un archivio interventi e la possibilità di interrogazione e gestione remota.

Abstract

Information plays a basic role in decision making processes. In particular in the emergency management and SAR (Search and Rescue) operations, it is extremely important to take into account and use correctly as much information as possible to maximize the possibility of making the right decisions. Quite often decision makers do not consider all the available information. Moreover, cognitive biases cause several errors in the decision making process. These are some of the reasons that justify the effort for trying to build a decision support system, based on a normative approach to the decision-making, to manage missing person search in mountain areas. Since cognitive biases influence the way the rescue squads act, and the environment affects the way a lost person thinks and

moves, it is possible to start the design of a decision support system by trying to evaluate in a combined way both environmental and individual variables. The more natural and logical way to manage environmental information, i.e. geographical data, is to use GIS (Geographic Information Systems), while the best way to model the behavior of lost people is to study the way they think and act. The implementation in a GIS allows the integration and the management of different kind of information.

The maximum speed of a missing subject is evaluated on the base of physiological variables and terrain features and it is used to evaluate the maximum reachable extent, thus defining the area the missing person can be found in. A map is built where isochronous lines are drawn around the last known position, defining the maximal search area for a given time. The model takes into account the morphological features of the searching area, the presence of physical obstructions to the lost person walk as well as preferential paths and some simple physiological parameters. The morphological parameters used are: height, terrain slope, vegetation density and the ground unevenness. Age, sex and training level of the subject are considered as physiological parameters. Visibility is another relevant parameter, accounting for the influence of light and darkness on the subject motion. Another important parameter that can strongly influence the lost person path is the presence of preferential paths or obstacles. It is possible to consider rivers as well as bridges, roads and mountain paths as elements influencing the velocity the lost person can or can not achieve.

The model has been tuned on the few data available in literature and on walk speed estimates provided by professional mountain guides and by the "Aiut Alpin Dolomites" rescue corp. A GPS campaign has been carried out to collect data to verify the results and the reliability of the model. A sensibility analysis has also been performed to evaluate the role and the relative influence of the different parameters of the model.

A GRASS module implementing the model is being built and will be released soon.

Current developments include the development of a full DBMS approach, where all data, both semantic and cartographic, are stored in a spatial database. A web interface will be used both to feed the DBMS and run the model and to browse the modeloutput and the database.

Introduzione

Le operazioni di ricerca e soccorso richiedono un massiccio coinvolgimento di risorse umane e tecniche, l'efficienza di queste operazioni dipende fortemente dal coordinamento e dall'impiego ottimale delle risorse disponibili, il tutto in tempo reale. L'esperienza di operatori conoscitori dell'ambiente interessato dalla ricerca gioca un ruolo centrale, la conoscenza dell'ambiente rappresenta infatti uno dei fattori maggiormente rilevanti. Da una parte l'impiego di personale esperto rappresenta quindi una risorsa importante, dall'altra introduce un elevato indice di soggettività nella gestione dell'emergenza. La disponibilità di informazioni geografiche digitali e la potenzialità di analisi dei sistemi informativi territoriali (GIS) ne suggeriscono l'utilizzo come strumenti di supporto alle operazioni di ricerca. Attraverso un GIS risulta quindi possibile definire un sistema di supporto alle operazioni di ricerca che permetta la valutazione combinata di tutti i tipi di informazione collegati dai loro attributi spaziali e la produzione in tempo reale di mappe direttamente fruibili dagli operatori. L'idea di base consiste nel combinare, all'interno di questo strumento, tutte le informazioni disponibili sull'area di ricerca e le informazioni relative al disperso per definire un modello che permetta la definizione dell'area entro la quale ricercare il disperso dati la posizione e il tempo trascorso dall'ultimo avvistamento.

Si devono combinare due tipologie di dati: informazioni geografiche, che descrivono l'ambiente all'interno del quale il disperso si colloca, e parametri fisiologici, che descrivono la capacità di movimento del disperso. Combinando questi due tipi di informazioni è possibile valutare la velocità massima sostenibile dal disperso in ogni pixel che discretizza l'area di ricerca. Da questa informazione è possibile derivare l'area massima potenzialmente attraversabile dal disperso, ad un certo tempo dalla scomparsa del soggetto.

Il modello prende in considerazione la presenza di ostacoli non superabili, come ad esempio i fiumi, la presenza di percorsi preferenziali, strade o sentieri, e la presenza di passaggi che permettono di superare un certo ostacolo (ponti).

Stima della velocità

Il modello si basa sulla valutazione della velocità massima che una persona è in grado di raggiungere in una certa area, date le caratteristiche dell'area e quelle fisiologiche della persona. La letteratura disponibile sull'argomento è particolarmente povera, la maggior parte degli studi si concentra sulla realizzazione di mappe di localizzazione in ambienti desertici o in mare o, ancora, sui modelli comportamentali adottati da persone disperse, (Heth, Cornell, 1998). Sono reperibili alcuni studi mirati alla valutazione della velocità di escursionisti lungo sentieri di montagna segnati. Una stima del tempo di percorrenza in funzione della pendenza è stata valutata dal Schweizer Wanderwege (Ente Svizzero Pro Sentieri). Il limite di questo lavoro consiste nella scarsa significatività per i percorsi seguiti fuori dai sentieri segnati, per i quali le condizioni del terreno e della vegetazione devono necessariamente essere presi in considerazione. Non viene riportata nessuna indicazione riguardo alla variabilità della velocità della persona in funzione delle sue caratteristiche fisiologiche o di quelle ambientali. Alcune informazioni si possono ancora desumere da studi riguardanti la velocità di cammino in ambienti urbani attraverso la definizione di parallelismi tra questi ambienti e quelli montani. Diversi studi (Knoblauch, Pietrucha, 1996) investigano la determinazione della durata ottimale dei cicli dei semafori pedonali derivata dallo studio della dipendenza della velocità di cammino da diversi fattori (tipo di strada, condizioni di traffico, condizioni meteo e altri). Solo alcuni dei parametri considerati in questi lavori trovano una effettiva significatività in aree montane. I dislivelli di marciapiedi e strutture pedonali possono, ad esempio, essere correlati alla accidentalità del terreno, mentre le condizioni meteo giocano un ruolo diametralmente opposto. Mentre in ambienti urbani condizioni meteo avverse spingono i pedoni a camminare più velocemente, in aree montane si riscontra un effetto opposto. Altri studi (Yung, 1999) descrivono la velocità di cammino negli aeroporti in funzione della densità di persone presenti. In questo caso è possibile individuare una analogia tra la densità di persone e quella della vegetazione.

Nello studio proposto lo sviluppo del modello per la stima della velocità massima raggiungibile in aree montane è stato condotto in tre passi:

- identificazione dei parametri rilevanti;
- definizione di una espressione analitica che leghi la velocità ai parametri individuati;
- taratura dei coefficienti per rendere i risultati del modello coerenti con valori sperimentali.

La definizione dei parametri significativi è stata condotta sulla base della letteratura disponibile e sulla esperienza di campo acquisita dai soccorritori. L'espressione analitica è stata mantenuta la più semplice possibile per permettere una agevole valutazione dell'importanza dei parametri stessi e garantire l'efficienza dell'implementazione numerica. La taratura dei coefficienti è stata condotta basandosi su dati reperibili in letteratura e su dati di archivio delle operazioni di soccorso. La verifica delle ipotesi adottate si è condotta una campagna di test dove, attraverso l'impiego di ricevitori GPS, si sono tracciati traiettorie e percorsi di operatori che simulavano la condizione di dispersi.

La relazione tra velocità e parametri è quindi espressa come:

$$velocità = pendenza \cdot quota \cdot dens_veg \cdot acc_terr \cdot età \cdot sesso \cdot cond_fis \cdot fatica \cdot visib \quad [1]$$

dove i parametri che compaiono sono:

- *pendenza* pendenza del terreno;
- *quota* quota del terreno;
- *dens_veg* densità della vegetazione;
- *acc* accidentalità del terreno;
- *età* età del disperso;
- *sesso* sesso del disperso;
- *cond_fis* condizione fisica (allenamento) del disperso;
- *fatica* affaticamento del disperso, funzione del tempo trascorso;
- *visib* visibilità sperimentata dal disperso, funzione dell'ora del giorno.

Questa semplice formulazione consente una facile taratura dei parametri e la quantificazione analitica della influenza dell'incertezza con la quale sono noti sulla stima del valore di velocità.

Le caratteristiche del terreno quali pendenza e copertura vegetale influenzano in modo diretto la

velocità di cammino. La accidentalità del terreno è un parametro generalmente disponibile nei piani di assestamento forestale, la cui variabilità viene rappresentata con una scala da 0 a 3. Non sono disponibili in letteratura relazioni che legano questo parametro alla velocità di cammino. Si è quindi impiegata una espressione empirica, verificata in fase di test, e descritta in Tabella 1.

Tipo di terreno	accidentalità	<i>acc</i>
non sconnesso	0	1.00
localmente sconnesso	1	0.95
parzialmente sconnesso	2	0.90
sconnesso	3	0.85

Tabella 1 – Relazione tra accidentalità del terreno e il parametro “acc”

I parametri fisiologici che influenzano la velocità del disperso presi in considerazione sono l'età, il sesso e le condizioni fisiche (allenamento). La relazione tra età e velocità di cammino è stata derivata dalla disponibilità di tempi di percorrenza di percorsi di gara di sky-runners e di competizioni sci-alpinistiche e dai dati riportati in (Knoblauch, Pietrucha, 1996). La relazione tra velocità e sesso è stata derivata dai risultati riportati in: (Knoblauch, Pietrucha, 1996), (Sanders, Mitchell, 2000) e (TranSafety Inc., 1997). Si è derivata una riduzione media dell'8% della velocità raggiungibile da un individuo di sesso femminile rispetto a quella di un individuo di sesso maschile. Il parametro *sesso* assume quindi valore 0.92 per individui di sesso femminile e 1.00 per quelli di sesso maschile. Il parametro relativo alla condizione fisica del disperso è stato stimato facendo riferimento alle definizioni di persona media redatte dall'Ente Svizzero Pro Sentieri (SPTB): individuo maschio in buone condizioni fisiche ma senza particolari capacità atletiche o alpinistiche. Le tipologie di persone prese in considerazione sono: 1. non allenato; 2. sedentario in buone condizioni fisiche; 3. praticante attività sportiva irregolare; 4. atleta (almeno 4 allenamenti a settimana). Si sono considerati ulteriori due parametri a variabilità temporale: visibilità e affaticamento. Per quanto riguarda la visibilità il parametro *visib* varia in un range di tre valori corrispondenti a tre differenti condizioni di luminosità. Dall'alba al tramonto la velocità non è influenzata dal parametro *visib*, dal tramonto a pieno buio la velocità viene ridotta, mentre durante la notte, fino all'alba, il parametro *visib* assume il valore 0 e la velocità risulta quindi nulla. L'affaticamento influenza a sua volta la velocità riducendone il valore al passare del tempo. Si rimanda a (Ciolli et al., 2006) per una trattazione completa delle definizioni e delle espressioni delle relazioni tra i vari parametri considerati, morfologici, fisiologici e ambientali, e la velocità di cammino in ambiente montano.

Percorsi preferenziali e ostacoli

Nella valutazione della velocità raggiungibile da un soggetto disperso in ambiente montano risulta rilevante considerare, oltre ai citati parametri morfologici, ambientali e fisiologici, anche la presenza sul territorio di percorsi preferenziali, quali sentieri e strade, quanto di ostacoli non superabili, come ad esempio i fiumi. Sentieri e strade sono in genere intrapresi e velocemente percorsi da un disperso, gli ostacoli limitano l'estensione dell'area di ricerca e la presenza di passaggi (ponti) riducono il tempo necessario al raggiungimento di una certa area, altrimenti maggiormente difficile da raggiungere.

Mappe delle isocrone

Note tutte le informazioni descritte in precedenza, la velocità di cammino viene valutata su di una griglia ad una adeguata risoluzione spaziale per tutti gli elementi nell'intorno del punto in cui il disperso è stato visto per l'ultima volta. Nota la velocità, cella per cella, si produce una mappa riportante i tempi minimi necessari a raggiungere ogni cella a partire dal punto di scomparsa e prendendo in considerazione come ostacoli e percorsi preferenziali modificano la “raggiungibilità” di un dato punto. Mappe, come quella riportata in Figura 1, costituiscono il risultato principale del modello e rappresentano una fonte di informazione direttamente utilizzabile durante le operazioni di ricerca.

Il modello implementato è stato sottoposto a test per verificare la correttezza dell'implementazione

numerica e per la taratura dei parametri considerati. Dati relativi a percorsi noti, per i quali tempi di percorrenza e parametri sono stati registrati appositamente, sono stati utilizzati a questo scopo. Le due aree interessate dalla verifica sono localizzate in val di Rabbi, (Trentino, Italia). Si rimanda a (Ciolli et al., 2006) per i dettagli relativi alle campagne di misura effettuate e ai relativi test per la taratura del modello. A valle della taratura dei parametri è stato condotto uno studio sulla sensibilità del modello alla variazione di ogni singolo parametro. Lo scopo di questa analisi consiste nella quantificazione dell'effetto, sul valore di velocità, derivante dall'adozione di un valore errato dei parametri. Il parametro la cui incertezza influenza maggiormente la stima della velocità è risultato essere la condizione fisica del disperso. Un errore nella scelta del suo valore si ripercuote in modo rilevante sulla mappa prodotta dal modello, mentre gli altri parametri presentano globalmente una minor incidenza, si veda ancora (Ciolli et al., 2006) per maggiori dettagli.

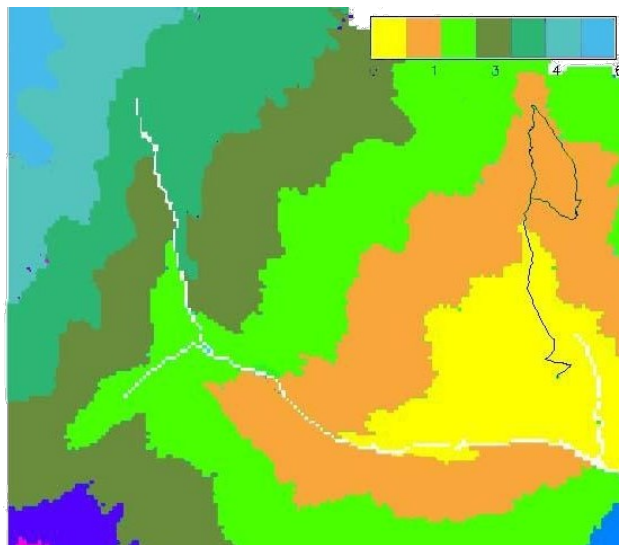


Figura 1 – Mappa del tempo di raggiungimento. I tempi sono espressi in ore, con un passo temporale di 30 minuti, la linea bianca rappresenta una strada, la nera un percorso di test.

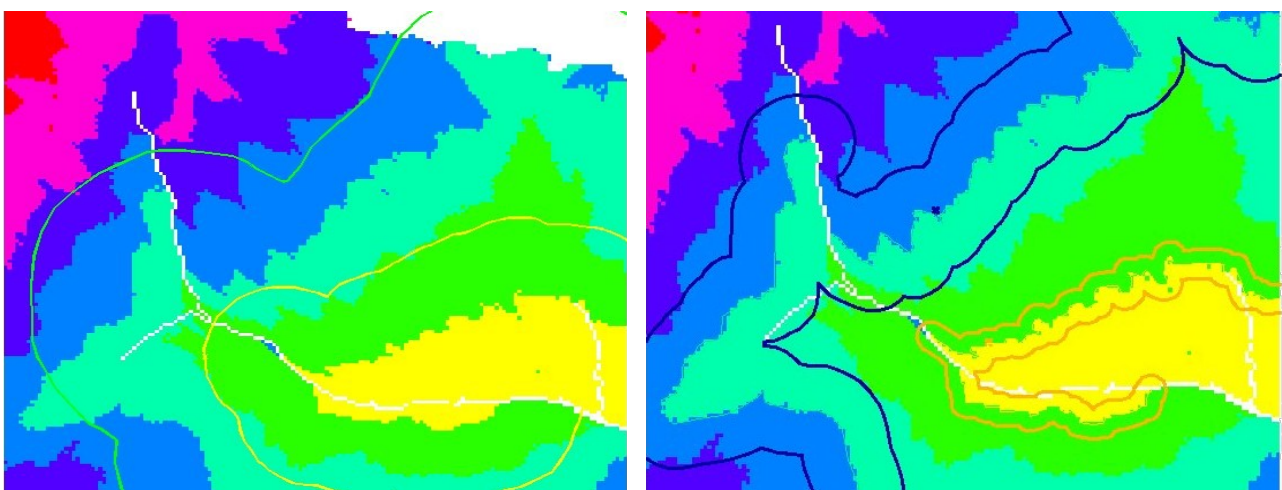


Figura 2 – Mappa del tempo di raggiungimento con gli sqm per le prime due aree (giallo e verde), calcolati considerando l'incertezza di tutti i parametri del modello, a sinistra.

Mappa del tempo di raggiungimento con gli sqm per le prime due aree (giallo e verde), calcolati considerando il parametro "cond_fis" noto senza errore e l'incertezza degli altri parametri del modello, a destra

Conclusioni

Il modello presentato costituirà uno dei componenti di un più completo strumento per il supporto di operazioni di ricerca e soccorso. I risultati dell'approccio deterministico verranno affiancati da quelli ottenuti da un nuovo modello stocastico: questi due modelli interagiranno attraverso la condivisione delle informazioni di ingresso e l'integrazione dei risultati. A fronte dei risultati riportati in questo lavoro, ancora preliminari, sono in corso attività atte alla calibrazione del modello esistente, al test dei risultati prodotti e alla realizzazione dell'infrastruttura globale.

Il modello è attualmente disponibile come modulo del GIS GRASS, sono stati condotti test per verificarne il corretto funzionamento anche all'interno di questo ambiente GIS.

E' attualmente in sviluppo una re-implementazione del modello stocastico basata sull'adozione di un DBMS spaziale per la gestione di tutte le informazioni, semantiche e spaziali, coinvolte nel modello.

Attraverso una apposita interfaccia web sarà possibile gestire il database, richiedere l'esecuzione del modello e visualizzarne i risultati. La struttura del database è in fase di definizione, così come la migrazione dei dati di input verso il database stesso. La struttura del database è progettata per ben discriminare informazioni statiche, coefficienti, da informazioni proprie del disperso. L'interfaccia webGIS permette la consultazione della cartografia e la possibilità di ottenere le coordinate del punto di scomparsa attraverso la sua individuazione sulla cartografia stessa, nonché il supporto alla ricerca per toponimi. E' in fase di sviluppo anche una funzionalità PHP per l'esecuzione automatica dei moduli GRASS utilizzati nel modello, la cui esecuzione verrà affiancata da un sistema di messaggistica. Differenti test sono in fase di realizzazione per verificare l'affidabilità del modello in differenti regioni alpine.

Sviluppi futuri prevedono l'adozione di modelli comportamentali e parametri psicologici per la stesura di un modello stocastico e la sua implementazione nel GIS GRASS. Sono previsti ulteriori test e la realizzazione di campagne di misura ad-hoc per il rilievo di dati reali attraverso i quali verificare l'affidabilità generale del sistema. In questo senso si prevede il coinvolgimento di figure competenti nei settori di ricerca non propri degli autori e necessarie ad uno sviluppo completo dei modelli comportamentali.

Riferimenti bibliografici

- Knoblauch R.L., Pietrucha M.T. e Nitzburg M. (1996), "Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-up Time", *Transportation research records*, 1538, 27-38
- Sanders J. E., Mitchell S. B. (2000), "An accurate inexpensive system for the assessment of Walking Speed", *Journal of prosthetics and orthotics*, vol. 12, 4, 117-119
- Young S. B. (1999), "Evaluation of Pedestrian Walking Speeds in Airport Terminal", *Transportation research records*, 1674, 20-26
- Cerretelli P. (1967), "Lactate O₂ debt in acute and chronic hypoxia", in *Exercise at altitude*, Excerpta Medica Foundation, Amsterdam, 58-64
- Schweizer Wanderwege (Ente Svizzero Pro Sentieri), "Walking time estimate for trails", CH-4125 Riehen
- Heth, C. D., Cornell E. H. (1998), "Characteristics of travel by persons lost in Alaskan wilderness areas", *Journal of Environmental Psychology*, 18, 223-235
- TranSafety, Inc. (1997), "Study compares older and younger pedestrian walking speed", *Road Management & Engineering Journal*.
- Ciolfi M., Mengon L., Vitti A., Zatelli P. e Zotte F. (2006), "A GIS-based decision support system for the management of SAR operations in mountain areas", *Geomatics Workbooks* 6 - <http://geomatrica.comopolimi.it/workbooks>