

CNR CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

*GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DALLE
CATASTOFI IDROGEOLOGICHE*

LINEA 3

**Valutazione del rischio idraulico geologico e
zonazione; strategie di intervento per la
mitigazione degli effetti degli eventi estremi**

RAPPORTO SEMESTRALE 1997

Prof. Ing. FRANCO SICCARDI
Responsabile Linea 3
Università di Genova
Istituto di Idraulica
Via Montallegro, 1
16145 - GENOVA

PREMESSA

L'attività di ricerca del primo semestre 97 ha visto sviluppare da tutte le UU.OO. di ricerca finanziate, delle quali al punto 2 successivo sono allegati i rapporti semestrali di ricerca, le attività contrattuali; le ricerche sono state finalizzate, da una parte alla valutazione del rischio idraulico geologico e alla sua zonazione, in particolare per quanto riguarda le UU.OO dirette dal Prof. Natale, dal Prof. Santoro e dal Prof. Becchi, e dall'altra alla osservazione e alla modellazione in tempo reale sia degli eventi meteorologici critici sia degli eventi idrologici al suolo in tutte le UU.OO. Al punto seguente si sottolineano soltanto i principali risultati conseguiti mentre al punto successivo, come già indicato, sono allegati i rapporti delle UU.OO.

1. ATTIVITÀ GENERALE DELLA LINEA DI RICERCA

La visibilità dell'attività di ricerca del GNDCI ha avuto particolare risalto in Europa, nel corso della prima metà del 1997, perché l'European Geophysical Society nella sua Assemblea Generale in Vienna ha organizzato un consistente numero di Symposia, particolarmente all'interno del Interdisciplinary Working Group on Natural Hazards, orientati ai temi di ricerca che da un decennio il GNDCI persegue.

Di particolare rilevanza è stato il Symposium organizzato dal Dott. Fausto Guzzetti sul tema delle strategie e delle tecniche per la mitigazione dei rischi naturali, che ha ricevuto un così alto numero di contributi scientifici di buona qualità da essere proposto per una edizione speciale del Journal of Physics and Chemistry of the Earth.

E' con piacere che va fatto rilevare che il Prof. Fausto Guzzetti è stato proposto per la Segreteria del IWG on Natural Hazards della EGS e nel secondo semestre dell'anno ufficialmente designato dal Council.

Nel corso del semestre, la Dott.ssa Angela C. Taramasso ha terminato l'organizzazione della documentazione relativa al Piano di Emergenza per il Bacino del Po e sono state tenute diverse riunioni tra funzionari di Protezione Civile, Funzionari Prefettizi e Funzionari delle Amministrazioni Regionali per l'esecuzione della "Esercitazione Po", la quale sarà tenuta nella primavera 1998: i Proff. Natale, Siccardi e Tibaldi insieme al Dott. Coccolo della Regione Piemonte e al Geom Landrini del Dipartimento della Protezione Civile costituiranno il Gruppo di Disegno degli eventi che saranno simulati e trasmessi alle Regioni, Prefetture e Autorità delle Comunità Montane e Comunali per la simulazione delle attività di salvaguardia.

La consulenza scientifica prestata al GNDCI, e in particolare la Linea 3, nei confronti della Regione Liguria, ha condotto nel corso del primo semestre 97, alla formalizzazione delle procedure di emissione degli allerta regionali in condizioni meteorologiche avverse per le quali si temano valori di portata nei corsi d'acqua prossimi a livelli di inondazione. La procedure di allerta, conseguentemente a quanto fatto osservare nel convegno "Tempeste Mediterranee", tenutosi in Savona nel semestre precedente, prendono in conto in modo operativo l'incertezza delle previsioni meteorologiche e la sintetizzano in messaggi di allerta che si estendono su ampie aree della regione, secondo l'impostazione data dalla U.O 3.16.

Nel corso del primo semestre 97, la nuova U.O 3.37, diretta dal Dott. Oreste Reale, presso International Center for Theoretical Physics di Trieste, ha iniziato l'attività, anche in pendenza della assegnazione del finanziamento. Il Dott. Reale ha

presentato più volte la sua attività scientifica relativa alla predicibilità di cicloni estremi sul Mediterraneo, operando come se il finanziamento fosse già disponibile; la sua relazione semestrale non appare tuttavia in questo rapporto per ragioni formali.

2. ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTA DALLE UU.OO.

U.O. 3.1 - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nell'Italia Centrale (CNR)
[Resp. Dott.ssa F. Melone]

Modelli operativi per il preannuncio delle piene

Premessa

L'attività di ricerca si inquadra in tre progetti fra loro complementari: MIEP, ARA-PIN e METEO ed ha come obiettivo globale lo sviluppo di modellistica semplificata per la rappresentazione della trasformazione afflussi-deflussi a scala di sottobacino e della propagazione dell'onda di piena con fenomeni di esondazione.

1. Obiettivi

L'attività di ricerca nell'ambito del Progetto MIEP è indirizzata verso lo sviluppo di un modello concettuale spazialmente semidistribuito per il preannuncio delle piene in tempo reale su medi e grandi bacini.

L'attività di ricerca nell'ambito del Progetto ARA-PIN ha come obiettivo lo sviluppo di una modellistica matematica, di tipo idraulico, per lo studio del trasferimento dell'onda di piena con fenomeno di esondazione e di inondazione sul piano, come supporto all'individuazione delle aree a rischio di inondazione.

L'attività di ricerca nell'ambito del Progetto METEO ha come obiettivo l'analisi della struttura a scala meso-locale dei campi di precipitazione di origine frontizia ottenuti da misure puntuali a terra e loro interazione con l'orografia.

2. Risultati conseguiti

Progetto MIEP

La ricerca ha riguardato lo sviluppo di soluzioni analitiche per: a) l'equazioni di De Saint Venant per il trasferimento dell'onda di piena su canali con afflusso laterale non trascurabile; b) l'equazione dell'onda cinematica non lineare per il trasferimento del deflusso superficiale sulle aree drenanti e lungo la rete dei canali.

a) Nell'ambito dell' accordo internazionale tra il CNR-GNDCI ed il Department of Civil and Environmental Engineering del Massachusetts Institute of Technology (MIT), l'unità operativa ha partecipato ad un progetto riguardante la modellistica afflussi deflussi basata su una schematizzazione del bacino in "hillslopes", intese come naturali unità drenanti, e canali. In particolare, ci si è occupati del trasferimento dell'onda di piena lungo un canale con apporto laterale determinato dalle corrispondenti aree drenanti utilizzando una modellistica di routing basata sulla teoria lineare. Seguendo l'approccio di Harley, la risposta di un canale ad un impulso uniformemente distribuito è stata ottenuta attraverso la linearizzazione delle equazioni di De Saint Venant in forma completa e dove il termine relativo agli afflussi laterali non è nullo. Le equazioni linearizzate sono state poi risolte utilizzando la

trasformata di Laplace che ha consentito di ottenere la soluzione analitica data come somma della funzione di Harley ed una nuova funzione che caratterizza il contributo degli afflussi laterali all'uscita del canale. L'affidabilità della soluzione analitica è stata verificata mediante confronto con la soluzione numerica delle equazioni di De Saint Venant basata sullo schema del Two step Lax Wendroff. Le applicazioni sono state eseguite per un canale con diverse pendenze di fondo e coefficienti di scabrezza. I parametri di linearizzazione sono stati stimati considerando la condizione di moto uniforme ed applicando la formula di Manning. Dal confronto si evince che la soluzione analitica trovata rappresenta adeguatamente il fenomeno di routing relativo agli afflussi laterali sia per quanto riguarda la portata di picco che il tempo al picco.

b) La soluzione analitica in questo caso è basata su una forma assegnata del profilo della superficie liquida di tipo sinusoidale con l'aggiunta di un termine uniforme lungo la direzione del flusso e variabile nel tempo che rappresenta la condizione al contorno superiore dell'unità elementare in cui viene suddiviso il bacino idrografico. Tale termine permette di considerare la presenza di elementi in cascata. Il modello ottenuto si riconduce alla soluzione di un'equazione differenziale ordinaria la cui soluzione richiede un ridotto sforzo di calcolo rispetto a quella dell'onda cinematica nonlineare e non presenta problemi di stabilità. Tale approccio è stato utilizzato per studiare il deflusso superficiale su piccoli bacini schematizzati come una sequenza di piani in cascata e canali. L'affidabilità del modello è stata verificata mediante confronto con un modello fisicamente basato, KINEROS, e dati sperimentali relativi a tre bacini statunitensi di area inferiore al Km².

L'attività ha anche riguardato la modellistica dell'infiltrazione. In particolare, è stato realizzato un modello per l'infiltrazione e redistribuzione in suoli verticalmente non omogenei e sono stati analizzati gli effetti della variabilità spaziale delle proprietà idrauliche del suolo sulla formazione del deflusso superficiale Hortoniano.

È continuata inoltre l'attività di acquisizione ed archiviazione di eventi di piena più significativi osservati in sezioni strumentate dell'alto bacino del fiume Tevere (4147 km²) e di alcuni suoi affluenti, nonché degli eventi meteorici che li hanno provocati.

Progetto ARA-PIN

L'attività svolta ha riguardato l'applicazione di modelli semplificati per il routing lungo l'asta del fiume Tevere. In particolare sono stati simulati alcuni eventi storici caratterizzati da differenti portate di picco attraverso un approccio diffusivo linearizzato. Gli eventi sono stati osservati in un tratto strumentato del Tevere in cui è presente la confluenza del fiume Chiascio. Con lo scopo di valutare l'influenza del parametro celerità (C) e diffusione(D) sulla risposta del sistema, differenti tecniche di routing sono state applicate: lineare, multilineare e non lineare. Dal confronto con le misure osservate la tecnica non lineare è sembrata la più idonea a simulare l'evento. Tuttavia, nell'ambito di limitati errori sulla portata di picco e sul relativo tempo, l'approccio lineare può essere utilmente adottato dato anche il minore onere di calcolo richiesto.

Con lo scopo di valutare le aree a rischio di inondazione attraverso una modellistica bidimensionale è stata completata la cartografia numerica relativa ad un'area vulnerabile del fiume Tevere. In particolare, attraverso l'acquisizione digitale dei differenti elementi territoriali potenzialmente coinvolti, si è definita la base dati relativa ad una griglia territoriale di assegnata risoluzione.

In collaborazione con il Dipartimento delle Acque del Politecnico di Bari è stato completato lo studio sulle inondazioni a valle di dighe in seguito a manovra degli organi di scarico. In particolare, per un fissato idrogramma di piena in ingresso al serbatoio, la metodologia individua le aree inondate ed i corrispondenti danni

economici facendo uso di un modello monodimensionale di trasferimento dell'onda interfacciato ad un sistema informativo territoriale.

Progetto METEO

L'attività ha riguardato principalmente la gestione della rete di misura idrometeorologica di proprietà dell'IRPI operante su un'area del bacino dell'Alta Valle del Tevere di circa 2000 km² caratterizzata da una complessa orografia di tipo collinare. Si è continuato ad aggiornare l'archivio relativo alle situazioni di pioggia intense suddivise in base al tipo di perturbazione meteorologica, corredandole di dati meteorologici a varie quote ed immagini da satellite (METEOSAT).

3. Bibliografia

Corradini C., Melone F., Smith R.E. "A unified model for infiltration and redistribution during complex rainfall patterns" J. Hydrol., 192, pp 104-124, 1997.

Govindaraju R.S., Morbidelli R., Corradini C. "Similarity solutions for overland and stream flows to study watershed runoff" Annales Geophysicae, Supplement II to volume 15, C 319, 1997.

Corradini C., Melone F., Morbidelli R. "Local infiltration in a crusted soil: simulation by a conceptual approach" In M.H. Hamza (Editor): Modeling and Simulation, IASTED ACTA PRESS, Anaheim, California, pp.409-412, 1997.

Corradini C., Morbidelli R., Melone F. "On the interaction between infiltration and Hortonian runoff" (Accettato per la pubblicazione su J. Hydrol).

Melone F., Corradini C., Singh V.P. "On the simulation of direct runoff hydrograph at basin outlet" (Accettato per la pubblicazione su Hydrological Processes).

Moramarco T., Ying F., Bras R.L. "An analytical solution for channel routing with lateral inflow". Sottoposto a J. Hydraulic Eng. ASCEE

Castorani A., Moramarco T. " L'uso dei Sistemi Informativi Territoriali nella progettazione di un'opera di sbarramento ", sottoposto ad "Idrotecnica"

U.O. 3.2 - Istituto di Fisica dell'Atmosfera (CNR) [Resp. Dott. A. Mugnai]

Misura delle precipitazioni mediante radar meteorologico e radiometri alle microonde su satellite

1. Sommario

Come anticipato nel programma scientifico previsto nella richiesta di finanziamento 1997, l'attività svolta nel primo semestre dell'anno, ha riguardato principalmente:

- Campagne di misura con il radar Polar 55C in dotazione all'Istituto di Fisica dell'Atmosfera, con particolare riferimento ad eventi critici che interesseranno il Bacino dell'Arno.
- Applicazione degli algoritmi per la stima della precipitazione per eventi sul bacino dell'Arno a partire dai dati radar.
- Applicazione dell'algoritmo per la stima della precipitazione a partire dai dati forniti dai radiometri alle microonde Special Sensor Microwave / Imager (SSM/I) per eventi sul territorio nazionale.

- Simulazioni numeriche di eventi osservati tramite un modello di nube.

U.O. 3.20 - Istituto per lo Studio dei Fenomeni Fisici e Chimici della Bassa ed Alta Atmosfera (CNR) [Resp. Dott. F. Prodi]

2. Introduzione

L'attività di ricerca si è svolta nel semestre con:

- analisi dei campi di precipitazione;
- stima dell'intensità di precipitazione usando in combinazione satelliti meteorologici, dati radar, dati convenzionali e rete di pluviometri;
- analisi dei campi di precipitazione.

Al fine di migliorare questa analisi sono stati sviluppati programmi di pre-processamento dati meteorologici allo scopo di elaborare i dati rilevati dalle stazioni OMM a terra e da radiosondaggi, producendo files binari e in formato ASCII che possono essere visualizzati per esempio in forma mappale.

I programmi sono stati realizzati in linguaggio ANSI C compatibile con il compilatore presente sugli elaboratori SUN con sistema operativo UNIX e non necessita dell'installazione di librerie particolari se non quelle accoppiate al compilatore stesso.

Quanto ai dati di radiosondaggio i campi vengono analizzati alle diverse quote selezionando volta per volta tutti i dati utili all'interpolazione. I risultati della interpolazione vengono raccolti per ogni campo in una matrice tridimensionale che viene poi registrata su file una volta esaminati tutti i livelli predefiniti.

- Stima dell'intensità di precipitazione usando in combinazione satelliti meteorologici, dati radar, dati convenzionali e rete di pluviometri

a) L'uso del canale infrarosso di Meteosat per le stime dell'intensità di precipitazione è stato studiato per due eventi di precipitazione intensa nell'Italia Settentrionale collegati a fronti freddi autunnali (vedi report precedente).

I risultati sono stati presentati alla Conferenza di Eumetsat e pubblicati nei proceedings della stessa. L'influenza della aggregazione temporale e spaziale sulla prestazione della tecnica NAW di stima della intensità di precipitazione è stata analizzata e si è visto che i parametri di skill possono essere più efficacemente ottimizzati aumentando l'aggregazione temporale piuttosto che quella spaziale.

b) Sono stati ripresi tre eventi del 1992 che prendono origine da una struttura ciclonica nel periodo dal 22 Settembre al 6 Ottobre. L'analisi è avvenuta sulla base della sovrapposizione dei dati dei diversi satelliti e quando possibile dal radar. La disponibilità dei dati non è completa per tutti i tre eventi, ed alla fine viene definito un processo di ottimizzazione delle analisi a seconda delle disponibilità informative.

Evento 1 - Vaison le Romaine e Savona, 27-28 Settembre, Revidenziato lo sviluppo e di soluzione.

Evento 2 - Genova, 27-27 Settembre, Evidenziata la fase di sviluppo verticale dei sistemi convettivi.

Evento 3 - Veneto, 2-7 Ottobre, Evidenziate le strutture a bande stratificate che ne caratterizzano la natura di ciclone invernale. Per questo evento si è avuta la completezza della base dati: Meteosat, SSMI, Radar e dati pluviometrici al suolo.

3. Bibliografia

Porcù, F., M. Borga and F. Prodi, 1996, "Precipitation fields analysis: case studies using satellite, radar and raingauge network. The 1966 Mert. Satellite data users, Conference "Geostationary systems", Vienna 16-20 Sept. Proceedings 313-320.

Levizzani, V., F. Porcù, F. S. Marzano, A. Mugnai, E. A. Smith and F. Prodi, 1996, "Investigating a SSM I algorithm to calibrate Meteosat infrared instantaneous rainrate estimates", Meteorol. Appl. 3, 5-7.

U.O. 3.22 – Centro di Studio per l'Informatica e i Sistemi di Tele-comunicazioni
(CSITE) [Resp. Dott. A. Carrara]

Sistemi informativi geografici nella valutazione del rischio idrogeologico

Nel corso del primo semestre del 1997, sono state svolte le seguenti attività di ricerca:

- acquisizione di dati per la realizzazione di una cartografia della pericolosità geologico-idraulica dell'alto bacino del Tevere;
- produzione di cartografie sperimentali a media scala della pericolosità franosa per una vasta porzione dell'alto bacino del Tevere;
- sperimentazione di tecniche di fotogrammetria digitale per la generazione di DTM ad alta precisione piano-altimetrica;
- sperimentazione di tecniche per la generazione di DTM in aree di pianura derivati da dati altimetrici puntuali;
- sviluppo di tecniche multimediali per la diffusione dell'informazione inerente i rischi naturali.

Modelli predittivi della pericolosità di frana

Progetto Alto Tevere: cartografia della pericolosità idrogeologica

L'attività delle U.O. di Bologna e Perugia si è concentrata nella realizzazione di un data-base territoriale di dettaglio di tutte le informazioni utili alla produzione di modelli statistici sulla distribuzione della pericolosità geo-idrologica nell'alto bacino del F. Tevere. In quasi tre anni di lavoro si è provveduto a:

- produrre una nuova cartografia dei dissesti;
- produrre un dettagliato DTM ed una rete sintetica del drenaggio e degli spartiacque;
- compilare una cartografia litologica e dei domini giaciturali;
- compilare una carta dell'uso del suolo.

Rimandando ad altra sede per informazioni più particolareggiate, vale qui ricordare che, allo stato, il progetto è ancora nella fase di acquisizione e validazione dei dati. In particolare è conclusa la fase di produzione del DTM e della rete drenante (suddivisione dell'area in versanti elementari e calcolo per ciascuno di essi di parametri geometrici, morfologici ed idrologici ritenuti significativi per la distribuzione dei dissesti, ecc.). Per quel che riguarda i tematismi geologici (carta litologica e carta dei domini giaciturali) e geomorfologici (carta dei dissesti) è stata completata

l'interpretazione fotografica ed il controllo in campagna per circa il 70% del territorio. Solo la metà dei dati è tuttavia già disponibile in formato digitale. E' anche in corso l'acquisizione dei dati inerenti la sismicità del territorio umbro-marchigiano, dati di recente raccolti ed elaborati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. E' auspicabile che il completamento della fase di acquisizione ed archiviazione dati avvenga entro la prima metà del prossimo anno.

Cartografie sperimentali a media scala della pericolosità franosa dell'alto bacino del Tevere

Sulla base dei dati disponibili per una sottozona di circa 1100 km², e' stata avviata una analisi statistica degli stessi ricorrendo tanto a modelli multivariati diversi (regressione lineare pesata, regressione logistica, reti neurali), quanto a suddivisioni dell'area in studio secondo criteri idro-morfologici, geo-strutturali e morfo-lito-strutturali.

I risultati di tali sperimentazioni, previsti per il primo semestre del '98, permetteranno di verificare la possibilità di estendere i modelli sviluppati per piccoli bacini (T. Tescio e del T. Carpina) ad aree vaste o ad intere regioni, per le quali l'enorme volume degli archivi, gli elevati tempi computazionali e la grande variabilità spaziale dei fattori tradizionalmente utilizzati per redigere detti documenti cartografici, costituiscono tutti problemi di non facile soluzione.

MODELLI DIGITALI DEL TERRENO

Fotogrammetria digitale per la generazione di DTM

Attualmente, la maggior parte dei DTM inerenti aree collinari-montuose e' ottenuta da curve di livello digitali di cartografie esistenti. Tale scelta scaturisce da considerazioni economiche e funzionali. Nei paesi occidentali sono generalmente disponibili cartografie topografiche recenti e a grande scala, la cui realizzazione ha comportato ingenti investimenti. Grazie alla tecnologia degli scanner elettronici, la conversione digitale delle isoipse può essere effettuata in modo sufficientemente agevole. Tuttavia, gli errori altimetrici di tali cartografie sono in genere poco conosciuti o trascurati, mentre la generazione di DTM dalle curve di livello trasferisce i medesimi nel modello stesso, incrementati dalle inevitabili imprecisioni delle tecniche interpolatrici.

Una possibile soluzione può essere ricercata nell'impiego delle recenti tecniche di stereoscopia automatica. Al riguardo, in collaborazione con l'Istituto di Topografia dell'Università di Bologna, sono in corso indagini volte a valutare il potenziale di tale nuova tecnologia che, in prospettiva, potrebbe costituire uno efficiente strumento di acquisizione del dato altimetrico in grado di fornire DTM per aree estese, con precisioni adeguate e a costi contenuti.

I primi risultati dello studio (Bitelli et al., 1996; Carrara et al., 1997) hanno evidenziato potenzialità e limiti di uno dei più moderni sistemi di fotogrammetria digitale (Helava, Leica). La ricerca proseguirà con l'analisi comparata di altri sistemi digitali (Intergraph, Zeiss, ecc.), nonché tra questi e la fotogrammetria analitica tradizionale.

DTM in aree di pianura

Se nella letteratura scientifica e' ampiamente trattato il problema della produzione di DTM per aree collinari-montane, la generazione di DTM, ragionevolmente affidabili,

di aree a basso rilievo costituisce argomento non sufficientemente approfondito.

Tradizionalmente, le procedure intese alla generazione di DTM prevedono come input curve di livello digitali integrate o meno da punti quotati. In queste condizioni, è possibile sviluppare procedure interpolatrici "contour specific", in grado, cioè, di sfruttare le proprietà topologiche delle curve stesse (Carrara et al., 1997).

Nelle aree di pianura, la sola presenza di una semina di punti quotati con distribuzione casuale non permette tale approccio; pertanto, è necessario ricorrere ad interpolatori di tipo "generico", destinati, cioè, a manipolare dati di qualsiasi natura e distribuzione spaziale.

Nell'ambito di una collaborazione con la regione Emilia-Romagna volta alla messa a punto di metodi di generazione di DTM in zone di pianura, sono stati scelti e sperimentati alcuni dei più noti interpolatori di dati puntuali; nella scelta si è tenuto conto dei seguenti fattori:

- a) capacità dell'interpolatore di fornire soluzioni sia esatte che filtrate (nel primo caso il punto interpolato ricadente in prossimità di un punto originario (d'ingresso) assumerà un valore uguale a quello originario; nel secondo, potrà discostarsene in misura variabile, funzione di alcuni parametri modificabili dall'utente;
- b) efficienza dell'algoritmo in termini di velocità computazionale e di occupazione della memoria di massa.

Tenendo presente quanto sopra enunciato, si è quindi ricorso alle seguenti famiglie di algoritmi:

- generatori di reticoli a triangoli irregolari (triangulated irregular networks o TIN);
- interpolatori basati su tecniche di kriging;
- interpolatori basati su funzioni splines;
- interpolatori basati su medie pesate per la distanza.

La sperimentazione condotta su un'area campione del territorio comunale di Bologna ha evidenziato pregi e limiti sia dei dati d'ingresso, sia delle diverse procedure interpolatrici utilizzate.

I primi, tratti dalla carta tecnica regione (scala 1:5.000), sono affetti da errori medio e massimo, rispettivamente, dell'ordine di 1 e 2 m. Benché siano distribuiti sul territorio in esame con una densità sufficientemente uniforme (dell'ordine di 1 punto quotato per ha), una percentuale significativa degli stessi è situata su rilevati stradali, ferroviari o su altri manufatti. Altri sono collocati nella parte più depressa di aree di cava o dell'alveo del F. Reno che attraversa la zona di studio.

A fronte di dati d'ingresso con tali caratteristiche, si è ritenuto necessario sperimentare i più noti interpolatori disponibili in letteratura.

La tassellazione triangolare dello spazio (TIN) ha rivelato pregi e difetti già ampiamente noti: elevata capacità di onorare i punti d'ingresso a mezzo di un'algoritmo veloce e di semplice impiego; impossibilità di controllare il grado di smoothing della superficie calcolata.

Le tecniche di kriging hanno fornito risultati interessanti che possono essere ulteriormente migliorati ricorrendo a livelli diversi di generalizzazione dei dati d'ingresso. L'approccio tuttavia è condizionato da tempi di calcolo elevati e da una certa complessità nella individuazione dei parametri più idonei per il processamento dei dati.

Le funzioni splines offrono potenzialità e limiti in qualche misura confrontabili a caso precedente; ciò con ulteriore limitazione: l'imprevedibilità del risultato in circostanze particolari quali la presenza di massimi e minimi locali posti a breve distanza.

La media pesata per l'inverso della distanza ha evidenziato aspetti positivi e negativi ben noti in letteratura. A una grande semplicità concettuale e ad una elevata

efficienza dell'algoritmo, fa incontro un forte grado di empirismo nell'individuazione dei parametri ottimali per ottenere DTM con un grado di generalizzazione che sia in armonia con l'incertezza associata ai dati d'ingresso.

E' stato anche possibile mettere a punto un metodo semplice volto ad individuare automaticamente i punti quotati posti su manufatti, nonché per minimizzare l'errore dei dati d'ingresso (Carrara, 1997).

Se nel corso della sperimentazione tale metodo e' stato confinato all'uso di algoritmi basati sulla media pesata per la distanza, sara' sufficientemente agevole estendere l'approccio quantomeno al kriging universale od altri interpolatori che consentano soluzioni con gradi diversi di smoothing.

Rimane tuttavia aperto il problema dell'attendibilita' di un DTM derivato da punti quotati affetti da un errore medio prossimo al metro e da errori casuali vicini a 2 m. Se la sua utilita' nell'ambito di studi o applicazioni a carattere conoscitivo appare indubbia, assai meno certa e' la sua idoneita' ad affrontare problemi di intervento puntuale in un territorio ad alto valore economico, quale e' quello di gran parte delle aree di pianura.

Anche in tal caso si pone il problema di individuare nuove tecniche per la creazione di modelli altimetrici ad alta precisione plano-altimetrica. Fra queste, la fotogrammetria digitale da foto aeree o immagini digitali di sensori multispettrali sembrano le piu' promettenti.

Le indagini programmate per il 1998 intendono pertanto di sperimentare il potenziale di queste nuove tecnologie al fine di contribuire alla risoluzione di un problema ormai vecchio: la produzione di modelli numerici del terreno altamente affidabili.

SISTEMI MULTIMEDIALI PER L'ACCESSO ALL'INFORMAZIONE INERENTE I RISCHI NATURALI

Nell'ambito delle attivita' svolte in collaborazione con le altre UU.OO. afferenti alla ricerca in oggetto, e' stato creato, presso il CNR-CSITE, un sito WWW. Questo raccoglie una serie di informazioni ipertestuali intese ad integrare l'archivio AVI del GNDCI, residente presso il sito WWW del CNR-IRPI di Perugia. In altre parole, verra' a costituirsi una rete distribuita di informazioni rigorosamente scientifiche inerenti il rischio idrogeologico; in particolare, la medesima di articolerà su:

- a) un database (l'archivio AVI) consultabile tramite interrogazioni SQL (WWW di Perugia);
- b) un insieme di documenti ipertestuali relativi a metodologie e normative per la valutazione e mappatura della pericolosità e del rischio idrogeologico (WWW di Perugia e Bologna).
- c) un WWW-GIS gateway per permettere l'accesso e l'elaborazione di dati spaziali.

Si sottolinea l'utilità di fornire alla comunità scientifica e a quanti preposti alla gestione del territorio, un insieme di informazioni accompagnate da una ampia documentazione grafica (mappe 2D e 3D), a costi e in tempi molto "ragionevoli", caratteristiche queste ben note agli utilizzatori di questo nuovo strumento di comunicazione.

Si sottolineano altresì i problemi emersi durante la realizzazione di detti documenti ipertestuali. Allo stato, gli attuali browsers (Netscape) e il linguaggio HTML non prevedono un'immediata integrazione tra ambiente WWW ed ambiente GIS. Il primo prevede di fatto solo la visualizzazione di immagini raster (sensitive o meno); il secondo necessita di strutture sia raster che vettoriali in cui all'elemento geometrico sono associate informazioni tabellari di complessità varia.

Un'indagine su quanto realizzato, a livello internazionale, da parte di organizzazioni

pubbliche di ricerca e da società private ha messo in luce che al momento sono perseguiti quattro principali filoni, riconducibili a all'impiego di (Carrara e Pasqui, 1997):

- WWW servers e applicazioni CGI;
- WWW servers e applicazioni Plug-ins;
- WWW servers e applicazioni ActiveX;
- WWW servers e applicazioni Java.

Al fine di realizzare un efficiente sistema di interrogazione di dati spaziali distribuiti, i più promettenti sviluppi sembrano essere legati all'uso sia di Java che di Plug-ins; mentre la tecnologia basata su applicazioni CGI non è pare possa avere un futuro di grande rilievo.

Ricreare le potenzialità dell'ambiente GIS su rete ipermediale può costituire un obiettivo di grande interesse applicativo che sarà oggetto di studio da parte dell'U.O. di Bologna per il prossimo biennio.

Bibliografia

Bitelli G., Carrara A., e Vittuari L., 1996. Comparison of DTMs from contour lines and digital photogrammetry. Unguendoli M. (ed.), Reports on surveying and geodesy, p. 159-179, DISTART, Nautilus.

Carrara A., Bitelli G. e Carla' R. 1997. Comparison of techniques for generating digital terrain models from contour lines. Int. Jour. of Geographical Information Science, v. 11, p.451-473.

Carrara A., 1997. Modelli digitali del terreno in aree di pianura. CNR-CSITE-Regione Emilia-Romagna, Rapporto Tecnico, 25 p.

Carrara A., Cardinali M., Guzzetti F. e Reichenbach P., 1997. Current trends in coping with natural hazards. EGS 97, Vienna.

Carrara A. e Pasqui V., 1997. WWW-GIS gateways and natural hazards. MultiMedia (in stampa).

U.O. 3.6 - Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Ambientale (Univ. di Pavia) [Resp. Prof. L. Natale]

Mappatura delle aree a rischio idraulico. Progetti: ARA-PIN, ARA-COD, ARA-SBAR.

1. Sommario

L'attività svolta dalla Unità Operativa 3.6 può essere suddivisa in:

- ricerca;
- consulenza e supporto tecnico per il Dipartimento della Protezione Civile;
- formazione;
- collaborazioni.

2. Attività di ricerca

La ricerca è stata orientata su tre differenti filoni di indagine, aventi come obiettivo lo studio della dinamica dei fenomeni valanghivi, la realizzazione di un modello di preannuncio delle piene in tempo reale e lo studio dei fenomeni di trasporto solido e di colate detritiche (debris flows) in aree di conoide per identificare una metodologia di mappatura del rischio idraulico nei conoidi.

Dinamica dei fenomeni valanghivi

E' proseguita nel primo semestre 1997 l'attività di ricerca dell'U.O. nel campo delle valanghe di neve, che, inquadrata nel contesto più generale degli interessi rivolti allo studio di una vasta classe di rischi idrogeologici (debris flows, inondazioni), ha per oggetto principale di studio la modellazione matematica e numerica della dinamica degli scorrimenti nevosi.

Due sono le direzioni principali verso cui sono stati rivolti gli sforzi investigativi nel semestre in esame.

Da un lato, a seguito della definizione del modello matematico e della predisposizione dei codici di calcolo mono e bidimensionali ad esso relativi, l'interesse è stato rivolto allo sviluppo di interfacce che abilitino l'integrazione dei codici di calcolo suddetti con sistemi informativi territoriali; lo scopo è quello di sviluppare uno strumento integrato modello-GIS che renda più agevole e diretta la stesura delle carte di rischio. Questa attività di ricerca è condotta in accordo con altri istituti europei operanti nel settore (CEMAGREF di Grenoble, SFISAR di Davos, NGI di Oslo, IMO di Reykjavik) e prevede in una seconda fase l'applicazione comparativa dei modelli integrati messi a punto nei diversi paesi ad un definito gruppo di casi di studio reali, la cui raccolta su scala europea è già stata avviata. Si intende così pervenire ad una prima valutazione di limiti e potenzialità dei differenti modelli attualmente disponibili con riferimento al problema della mappatura del rischio da valanga.

D'altro canto è proseguita l'attività volta alla validazione delle ipotesi teoriche alla base del modello sviluppato dall'U.O. e alla taratura dei parametri in esso contenuti. A questo proposito è stata predisposta la prosecuzione della campagna di test, avviata nel corso del 1996, che prevede l'applicazione dei codici di calcolo alla simulazione di eventi alla scala di prototipo. Dalle prime esperienze, effettuate sia con riferimento ai dati relativi ad eventi reali acquisiti sul sito sperimentale italiano di "Monte Pizzac" (questo tipo di attività è parte integrante di un progetto di collaborazione in atto tra il Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Ambientale dell'Università di Pavia e il Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica della Regione Veneto) che con riferimento a dati di letteratura relativi ad altri eventi storici (valanga Aulta, Svizzera; valanga Panzenhlaner, Austria; valanga Ironton Park, Stati Uniti) è risultato evidente come tanto la validazione delle ipotesi modellistiche adottate, quanto la taratura sistematica dei parametri non risulti possibile sulla base dei dati sperimentali attualmente disponibili, inadeguati sia per quanto riguarda il tipo che per quanto concerne l'accuratezza dell'informazione fornita. In effetti dati quantitativi relativi ai profili di concentrazione, alla distribuzione delle granulometria all'interno dell'ammasso in movimento, ai processi di erosione e deposito, agli andamenti della velocità lungo la verticale, attualmente non disponibili se non in misura estremamente limitata e comunque affetti da un ridotto livello di accuratezza, risultano essenziali ai fini di una analisi approfondita di alcuni aspetti. Le variazioni spaziali e temporali della densità, il comportamento reologico della neve in movimento, le condizioni cinematiche e dinamiche all'interfaccia neve in movimento-neve al suolo, sono infatti attualmente trascurati o implementati nel modello

attraverso relazioni empiriche che si sono dimostrate in molti casi inadeguate. Le incertezze relative a tali aspetti del problema, che costituiscono le lacune fondamentali di tutti i modelli di letteratura, rappresentano peraltro il principale oggetto degli attuali sviluppi teorici; tali lacune potranno essere superate solo con l'ausilio di più approfondite e accurate indagini sperimentali.

A questo proposito nell'ambito del progetto europeo SAME ("Snow Avalanche Mapping in Europe") attualmente in fase di svolgimento sono state avviate a partire dall'inverno 1996-1997 campagne sperimentali su di un sito comune (sito La Vallee de La Sionne, Svizzera). L'obiettivo di questa attività sperimentale comune è quello di sviluppare un'attività sperimentale maggiormente efficiente e mirata alla validazione sistematica dei modelli esistenti e all'investigazione approfondita degli aspetti del fenomeno ancora oscuri, mediante la convergenza progressiva su questo sito delle esperienze e delle tecniche strumentali dei singoli paesi europei e la contemporanea stretta collaborazione fra sperimentatori e modellisti.

Modello di preannuncio delle piene in tempo reale

L'attività di ricerca iniziata nel 1996, avente come oggetto il preannuncio delle piene in tempo reale, è proseguita con uno sforzo di affinamento della modellistica sviluppata e di validazione attraverso dati sperimentali provenienti dall'applicazione del modello al preannuncio per la città di Pavia che purtroppo sono mancati, a causa della prolungata siccità della stagione invernale.

L'affidabilità del sistema di preannuncio dipende in primo luogo dal corretto funzionamento della rete di telerilevamento. La rete, che è sempre funzionante, attiva il modello di previsione quando rileva potenziali condizioni di piena; i criteri adottati per l'azionamento del sistema di previsione sono del tipo a soglia - livello idrico o intensità e durata di pioggia maggiori di una soglia prefissata. La rete di rilevamento predisposta per la città di Pavia è stata appena completata ed è stata quindi oggetto di approfondite e ripetute osservazioni riguardanti sia la funzionalità che l'affidabilità. In particolare l'U.O. ha periodicamente effettuato sopralluoghi presso la Sede Provinciale di Protezione Civile della Prefettura di Pavia e controllato che le acquisizioni delle rilevazioni strumentali fossero tali da garantire una previsione attendibile.

La principale evoluzione subita dal modello di previsione è costituita dall'introduzione dei limiti di confidenza, ovvero di fasce fiduciarie all'interno delle quali il valore di livello idrico che si realizzerà ha una probabilità prefissata di trovarsi.

L'U.O. sta sviluppando inoltre un processo di acquisizione e di elaborazione dei dati cartografici relativi alle Mappe Comunali del Comune di Pavia al fine valutare l'estensione e la localizzazione delle aree inondabili corrispondenti al superamento di preassegnati livelli idrici del fiume; il decisore, soggetto costituente il sistema di preannuncio unitamente ai già citati rete di rilevamento e modello di previsione, disporrà così di uno strumento di facile e diretta interpretazione per decidere l'attivazione del piano di emergenza e le conseguenti operazioni di protezione civile.

Fenomeni di trasporto solido e di colate detritiche (debris flows) in aree di conoide

La letteratura esistente sull'argomento può essere distinta in quattro filoni: studi reometrici su miscugli granulari secchi o in presenza di liquido; studi teorici sulla meccanica dei miscugli secchi; studi teorici sulla meccanica dei miscugli granulari solido-liquido; studi sui problemi di ingegneria della previsione, controllo e prevenzione dei debris flows. Su quest'ultimo argomento si è principalmente

orientata l'attività della U.O. di Pavia.

In assenza di una base teorica consolidata, i problemi di ingegneria derivanti dai debris flows vengono oggi affrontati basandosi in larga parte su metodologie empiriche o arbitrariamente semplificate. Ciò è evidente anche dall'esame dei più recenti modelli proposti in letteratura su cui si basano metodologie predittive in uso in vari paesi.

Un primo confronto fra i contributi dei vari autori ha permesso di individuare notevoli argomenti di cui è indispensabile un approfondimento. Innanzitutto non esiste ancora una metodologia universalmente adottata per la classificazione dei vari tipi di movimento dei debris flows: in letteratura vi è discordanza persino sui parametri da utilizzare per definire i limiti dei campi di moto. Manca inoltre una impostazione teorica di riferimento per lo sviluppo delle equazioni differenziali del movimento.

I modelli matematici monodimensionali e bidimensionali proposti in letteratura sono tutti basati su equazioni di struttura analoga a quella delle note equazioni delle acque basse di norma impiegate per le correnti liquide monofase, differenziandosi da queste per la presenza di alcuni termini tipici della miscela bifase quali: velocità di erosione del letto granulare, velocità di deposizione dei sedimenti, sforzo tangenziale al fondo. Malgrado la modellazione di questi ultimi aspetti sia fondamentale per una corretta simulazione dei debris flows, pare mancare ad oggi una definitiva impostazione di riferimento, per cui la ricerca condotta della U.O. di Pavia si è orientata su questi temi.

Per quanto invece concerne la valutazione del rischio, l'analisi dei criteri geomorfologici rinvenuti in letteratura ha mostrato che questi si configurano come un utile strumento per valutare la predisposizione di un bacino ad ospitare un determinato tipo di deflusso ma non danno conto dell'effettivo rischio di alluvionamento, per la stima del quale è necessario sviluppare opportuni modelli matematici di supporto.

Nel corso dell'indagine concernente gli strumenti normativi applicati nei paesi europei ed extraeuropei è stato raccolto del materiale riguardante la protezione civile e la prevenzione delle catastrofi in Austria, Portogallo, Giappone e Confederazione Elvetica: in quest'ultima, e precisamente nel Canton Ticino, è da poco tempo in vigore uno strumento normativo che prevede una procedura di mappatura del rischio basandosi su modelli matematici bidimensionali per la simulazione del movimento delle colate detritiche.

3. Attività di consulenza e supporto tecnico per il dipartimento della protezione civile

Si è svolta sui seguenti oggetti:

- partecipazione alle riunioni tecniche dell'Autorità di Bacino del Fiume Po in rappresentanza del Dipartimento della Protezione Civile;
- partecipazione alle riunioni tecniche presso varie Prefetture lombarde in rappresentanza del Dipartimento della Protezione Civile;
- partecipazione al gruppo di lavoro per la predisposizione del Piano Nazionale di Emergenza dell'Area del Bacino del Po connesso a situazioni di emergenza derivanti da rischio alluvione;
- partecipazione al Comitato Tecnico di cui all'art.2 dell'Ordinanza Ministro dell'Interno-Protezione Civile n°2544 del 27/3/'97;
- sopralluoghi e partecipazioni alle riunioni tecniche per l'esame delle situazioni a rischio idrogeologico (San Rocco al Porto (LO)).

4. Attività di formazione

Nell'ambito della formazione su argomenti di interesse del GNDCI sono stati promosse le seguenti attività.

- Organizzazione del corso del CILEA (Consorzio Interuniversitario Lombardo per l'Elaborazione Automatica) "L'impiego della simulazione numerica nei problemi di Idraulica Ambientale", 26-28 Febbraio 1997 e 5-7 Marzo 1997. Alcuni degli argomenti affrontati durante il corso sono: modelli di simulazione delle correnti negli alvei naturali, simulazione del moto permanente negli alvei naturali, propagazione delle piene fluviali, sommersione degli alvei naturali prodotta da eventi catastrofici, simulazione degli allagamenti in campo bidimensionale e nelle aree urbane, sommersione prodotta da rotture di argini alla scala locale, problemi di trasporto solido negli alvei naturali, problematiche relative ai sistemi di drenaggio urbano, modelli di trasformazione afflussi-deflussi, idrodinamica delle reti di canali.
- Il programma di calcolo MUSS (MULTichannel System Simulation) per la simulazione del moto vario nelle reti idrauliche è stato modificato e ne è stata ricavata una nuova versione che permette di trattare alcune problematiche relative alle reti di bonifica e di irrigazione, come la presenza e la gestione di organi di regolazione e manovra. Il nuovo programma, derivato da MUSS, è stato chiamato SOCS (Simulation Of Channel System). Sono stati organizzati due corsi dal titolo "Verifica idraulica e gestione delle reti di bonifica e fognatura con il programma SOCS", tenuti nei periodi 14-16 Aprile 1997 e 5-7 Maggio 1997.
- E' in corso la realizzazione dei moduli di interfaccia input-output del programma interattivo FRESCURE (FREe Surface CURrent Evaluation) che dovrà essere distribuito durante i corsi pratici di mappatura delle aree inondabili che l'U.O. si propone di promuovere nel prossimo futuro.

5. Attività di collaborazione

L'Unità Operativa 3.6 ha instaurato collaborazioni con:

- Servizio Opere Idrauliche e Difesa del Suolo della Regione Lombardia, sulla metodologia per la mappatura del rischio idrogeologico in aree di conoide;
- Settore Prevenzione del Rischio Geologico-Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte. E' in atto l'applicazione a un caso prototipo (città di Santena) della metodologia di mappatura delle aree inondabili urbane, che la Regione medesima intende adottare come procedura abituale per la verifica delle proposte di sviluppo urbanistico. E' inoltre avviata una ricerca per la simulazione delle modalità di inondazione della città di Alessandria dovuta alla piena del Tanaro;
- Comune di Pavia e Prefettura di Pavia per la realizzazione di un modello di preannuncio dei livelli di piena del Ticino a Pavia;
- Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino per compiere studi idraulici per la delimitazione delle fasce fluviali del Ticino fra il Lago Maggiore e il Po secondo le prescrizioni dell'Autorità di Bacino;
- Autorità di Bacino per la definizione delle portate di riferimento lungo l'asta del fiume Po.

6. Bibliografia

Natale, L., Saltalippi, C., (1997): Application of a model for flood forecasting, Proceedings of the IASTED/ISMM International Conference "Modelling and Simulation", May 15-17, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.

U.O. 3.11 - Istituto di Idraulica (Univ. di Palermo) [Resp. Prof. M. Santoro]

Sistemi informativi per la valutazione del rischio di esondazione in aree rivierasche e nei centri abitati

1. Sommario

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di un modello idrologico afflussi-deflussi del tipo a dati distribuiti; la modellazione dei bacini idrografici viene effettuata utilizzando informazioni di carattere idrologico, pedologico e pluviometrico gestibili mediante Sistemi Informativi Territoriali quali ad esempio il S.I.B.S. (Sistema Informativo Bacini Siciliani) (Di Natale et Al., 1992) (Ferro et Al, 1994) (Minacapilli, 1996).

In particolare, la calibrazione del modello a dati distribuiti verrà effettuata utilizzando i dati raccolti nel bacino sperimentale di Maganoce, attualmente in fase di predisposizione, per il quale sono disponibili informazioni molto dettagliate riguardanti la morfologia, l'uso dei suoli, etc...

Le portate di piena valutate nelle sezioni di interesse rappresentano le informazioni di base necessarie all'applicazione dei modelli idraulici di propagazione già precedentemente implementati, da inquadrare nell'ambito di un Sistema di Supporto alle Decisioni che consenta di svolgere scelte di pianificazione basate anche sulla valutazione dei danni conseguenti agli allagamenti.

2. Introduzione

La ricerca è stata orientata su due differenti filoni di indagine, aventi come obiettivo l'affinamento dei codici di calcolo già implementati, su cui basare considerazioni di carattere economico per la valutazione dei danni prodotti nelle aree allagate e la messa a punto di un modello afflussi-deflussi a dati distribuiti.

3. Sintesi dell'attività svolta

Nel campo dell'idrologia applicata recenti studi finalizzati alla comprensione dei processi di formazione e di trasferimento dei deflussi idrici superficiali hanno consentito la verifica di nuovi modelli matematici a base fisica che utilizzano parametri fisici spazialmente distribuiti molti dei quali possono essere gestiti mediante l'utilizzo congiunto di tecniche GIS e di Remote Sensing.

Questi modelli si sono sviluppati in contrapposizione ai più tradizionali modelli di tipo lumped, che, non potendosi giovare delle recenti tecniche informatiche, sono stati messi a punto utilizzando parametri fisici invariabili nello spazio.

Dal punto di vista computazionale i modelli distribuiti richiedono una grossa mole di dati e, pertanto, risultano applicabili solo con l'ausilio di un supporto informatico. In particolare le tecniche GIS per la modellazione del territorio mediante DEM (Digital

Elevation Model) e l'Image Processing dei dati provenienti da sensori remoti consentono la totale ricostruzione della topografia e della copertura del suolo.

Queste informazioni, rese in forma spazialmente distribuita, possono essere utilizzate per sopperire alla scarsa disponibilità dei parametri idrologici del terreno (permeabilità, contenuto salino, etc.) la cui corretta identificazione richiederebbe lo svolgimento di complesse ed onerose analisi di misurazioni in pieno campo.

Ad esempio l'utilizzo dei sensori remoti ad alta risoluzione ed operanti nel campo delle microonde fornisce utili informazioni qualitative sul contenuto idrico del terreno che, in futuro, potranno essere migliorate al fine di ottenere anche stime di tipo quantitativo. Per quanto riguarda lo studio delle precipitazioni sono in continua fase di sviluppo i radar meteorologici in grado di fornire stime sulla distribuzione spaziale delle precipitazioni con risoluzione di circa 1 km². Un altro parametro che è possibile ricavare oggi con l'ausilio del telerilevamento è la distribuzione spaziale dell'uso/copertura del suolo la cui mappatura è ormai da considerare come un'operazione di routine in grado di fornire risultati attendibili e strettamente collegati ad altre grandezze idrologiche quali l'evaporazione, l'intercettazione o la macroscabrezza del suolo.

La procedura utilizzata trae spunto dal modello TOPMODEL (Beven, Wood, 1983), (Beven et Al., 1984), (Beven, 1986), (Quinn et Al., 1991, 1993, 1995) finalizzato alla simulazione su base fisica dei meccanismi di formazione del deflusso superficiale all'interno di un bacino idrografico descritto utilizzando la schematizzazione raster a celle regolari del Modello Digitale delle Elevazioni (DEM).

In particolare il modello utilizza in maniera congiunta il meccanismo dunniano (Dunne e Black, 1970) che prevede che il deflusso superficiale sia fornito esclusivamente da quelle aree che si trovano in condizioni di saturazione e la cui localizzazione varia dinamicamente in funzione delle caratteristiche dell'evento meteorico, mentre per le zone restanti viene utilizzato il meccanismo hortoniano (Horton, 1945) in base al quale il deflusso viene considerato, istante per istante, pari alla differenza tra l'intensità di pioggia e la velocità d'infiltrazione nel terreno.

La particolarità del modello utilizzato consiste nell'ipotesi in base alla quale la pendenza topografica del versante viene considerata la grandezza responsabile della formazione delle aree contribuenti e, quindi, del deflusso idrico superficiale. In particolare viene definito un indice topografico i che esprime il potenziale di saturazione di ciascuna cella elementare del DEM secondo la seguente espressione:

$$i = \ln a/tg$$

in cui a rappresenta l'area cumulata di monte (A_C) che drena nella cella in esame, per unità di contorno drenante (C) ($a=A_C/C$), mentre tg esprime la pendenza locale della cella.

Determinata la distribuzione spaziale dell'indice i all'interno del bacino è possibile simulare la dinamica spazio-temporale delle aree sature durante un dato evento meteorico determinando quindi i conseguenti volumi di deflusso superficiale $p(t)$ (overland flow).

Per il trasferimento del deflusso superficiale verso la sezione di chiusura viene utilizzato un metodo basato sull'idrogramma unitario spazialmente distribuito (Maidment, 1993). Il valore di tale idrogramma al generico tempo t è dato dalla pendenza della curva area-tempi del bacino (Dooge, 1973). Quest'ultima rappresenta la funzione che esprime la variazione nel tempo della percentuale di superficie del bacino che contribuisce al deflusso superficiale attraverso la sezione di chiusura, la cui deduzione necessita la conoscenza della distribuzione spaziale dei tempi di trasferimento T_i delle particelle liquide da ogni cella fino alla sezione di chiusura del bacino.

La grandezza T_i relativa alla cella i è dunque data dalla sommatoria dei tempi di trasferimento all'interno delle N celle attraversate lungo il percorso di drenaggio:

$$T_i = \sum_{j=1}^N T_{ij} \quad (1)$$

Il tempo di percorrenza T_{ij} di ogni singola cella è dato dal rapporto tra la lunghezza del percorso di drenaggio L e la velocità di trasferimento v sulla cella stessa. Per quanto riguarda L questa può essere pari alla dimensione della cella D_m del DEM se questa viene attraversata in una delle direzioni cardinali, viceversa è pari al prodotto $1.41 D_m$. La velocità v è invece data dal prodotto del coefficiente di scabrezza di Manning n , per la pendenza p per un coefficiente ??? compreso tra 0 e 1, funzione dell'area drenata nella cella A_c , dell'area di soglia A_s e della superficie totale del bacino A :

$$T_{ij} = \frac{L_j}{v_j} = \frac{cD_j}{\frac{1}{n} p^{0.5} \mathbf{y}}$$

Una volta determinati i tempi di residenza di ogni cella del DEM, si procede alla costruzione della curva area-tempi $A(t)$ prima e dell'idrogramma unitario distribuito $u(t)$ la cui espressione è la seguente:

$$u(t) = \frac{1}{A} \frac{A(t) - A(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

Nota l'espressione dell'idrogramma unitario distribuito è possibile infine ricostruire l'idrogramma di piena $q(t)$ mediante una convoluzione tra la funzione $u(t)$ e i volumi idrici di scorrimento superficiale $p(t)$ precedentemente determinati:

$$q(t) = \int_0^t u(t - \mathbf{t}) p(\mathbf{t}) d\mathbf{t}$$

Affinamento della modellistica per la simulazione delle inondazioni e la valutazione del danno

Lo sviluppo delle attività di ricerca ha riguardato l'uso dei modelli idraulici per la simulazione delle inondazioni come fonte da cui ottenere informazioni su cui basare considerazioni di carattere economico, volte alla valutazione dei danni verificatisi nelle aree allagate.

L'uso di un modello idraulico di simulazione della propagazione è strettamente legato alla scelta dei dati d'ingresso; in pratica, cioè, si tratta di definire sia una preelaborazione dei dati basata su una buona modellistica del terreno, sia di valutare i parametri da assegnare al modello sulla base della dimensione delle celle di calcolo, della presenza di infrastrutture, della copertura vegetale. In questo senso, l'affinamento della modellistica è preliminare alla determinazione degli allagamenti.

Note le caratteristiche fisiche degli allagamenti, cioè sostanzialmente le altezze idriche massime raggiunte nel corso di una data simulazione, la valutazione dei danni prodotti può essere effettuata sulla base delle caratteristiche economiche delle aree allagate nonché di notizie relative ad eventi passati. Tuttavia, date le difficoltà nel reperimento di dati all'uopo utilizzabili, cioè serie di danni storici relativi ad aree con caratteristiche simili a quelle delle zone oggetto di studio, il danno si potrebbe valutare come percentuale del valore totale della proprietà, variabile in funzione dell'altezza d'acqua ed eventualmente del tempo di permanenza.

L'applicazione di un opportuno modello economico, che permetta di associare un valore del danno a ciascuna simulazione, cioè a ciascun tempo di ritorno, consentirebbe la stima di una funzione di probabilità del danno.

Se poi si prendono in considerazione differenti soluzioni progettuali attinenti alla difesa idraulica della zona a rischio, un confronto tra esse ed un giudizio sulla loro efficacia potrebbero basarsi proprio sull'andamento della funzione di probabilità del danno relativa a ciascuna soluzione.

3. Elenco dei prodotti

- Implementazione del modello idrologico afflussi-deflussi del tipo a dati distribuiti.
- Implementazione del modello idraulico bidimensionale agli elementi finiti con la soluzione delle equazioni per acque basse in domini con discontinuità verticali.

U.O. 3.12 - Dipartimento di Ingegneria Civile (Univ. di Firenze) [Resp. Prof. I. Becchi]

1. Sommario

Il campo d'indagine dell'Unità Operativa 3.12 riguarda la definizione e sperimentazione di metodologie e tecniche non strutturali negli stati di rischio idrogeologico.

Uno degli obiettivi riguarda la definizione di tecniche e metodi per la percezione del rischio alluvionale della popolazione ovvero la realizzazione di una struttura sperimentale di divulgazione delle conoscenze sui fenomeni alluvionali intesa sia come laboratorio di ricerca sia come laboratorio di formazione e addestramento. In tale contesto un approfondimento riguarda l'interferenza tra i fenomeni alluvionali e la rete dei trasporti stradali.

Un secondo obiettivo consiste nella sperimentazione di tecnologie avanzate di misura per il preannuncio delle piene, ovvero di un sistema integrato di acquisizione ed elaborazione dati per il monitoraggio a scala di bacino, finalizzato essenzialmente alla predisposizione di efficienti piani di Protezione Civile.

2. Presupposti scientifici

Le attività di ricerca formulate hanno come scopo principale quello di fornire un supporto all'impegno che il GNDCI è chiamato ad esercitare tramite decreto interministeriale 10/02/1992 in attuazione della legge n. 225, relativamente a: 1) intervento tecnico-scientifico in condizioni di emergenza; 2) attività di ricerca e di vigilanza scientifica relativamente ad aree esposte a rischio idrogeologico, anche mediante copertura di sorveglianza; 3) fornitura di consulenza scientifica e tecnica nel settore del rischio idrogeologico.

In tale ambito l'attività della linea di ricerca 3 del GNDCI si è perciò da sempre indirizzata da una lato verso il monitoraggio delle condizioni di rischio idrogeologico mediante le tecniche più idonee alla formulazione di efficienti piani di protezione civile, dall'altro verso l'analisi e l'identificazione del rapporto tra l'evoluzione dei fenomeni alluvionali e la reazione della popolazione.

A fronte di queste premesse, l'attività di ricerca dell'Unità Operativa 3.12 nel corso del primo semestre del 1997 si è sviluppata secondo due linee distinte.

Nell'ambito della prima linea di ricerca ci si è proposti di realizzare una struttura sperimentale di divulgazione delle conoscenze sui fenomeni alluvionali che possa servire sia da laboratorio di ricerca sia da palestra di addestramento degli operatori, degli insegnanti e della popolazione civile. Infatti, dalle indagini sulla diffusione (TuttoCittà di Firenze 1986, 1987 e 1991) e il comportamento della popolazione ai messaggi di allertamento (Campi Bisenzio 1992), svolte dal GNDCI allo scopo di

identificare il rapporto tra l'evoluzione dei fenomeni alluvionali e la reazione della popolazione, è risultato che una larga parte dei cittadini non possiede una precisa cultura di riferimento cui ricorrere nell'imminenza di un fenomeno alluvionale. Di qui la necessità di una struttura dedicata sia alla divulgazione di informazioni alla popolazione che all'addestramento degli addetti ai lavori.

Inoltre, nel Piano di Protezione Civile per l'alluvione dell'Arno a Firenze (1986) è stata condotta un'attenta analisi delle interferenze tra il traffico viario e lo scenario alluvionale. Questa analisi, estesa ai fenomeni alluvionali che hanno funestato il territorio nazionale negli ultimi 5 anni, ha messo in evidenza come il maggior numero di vittime si riscontri in corrispondenza di interferenze tra l'esondazione e il traffico viario. Quest'ultima attività è stata in questo primo semestre di tipo meramente interlocutorio e organizzativo al fine di attivare una nuova collaborazione con la Sezione Trasporti del Dipartimento di Ingegneria Civile di Firenze.

La seconda linea di attività di ricerca ha invece trattato la messa a punto di metodologie e procedure per il monitoraggio degli stati di rischio alluvionale e sperimentazione di un sistema integrato di acquisizione ed elaborazione dati, per il monitoraggio del bacino del Fiume Arno, al fine di verificare la possibilità di prevedere condizioni critiche di piena con un tempo di preavviso sufficiente per organizzare efficienti piani di protezione civile.

3. Tecniche e metodi per la diffusione delle conoscenze sui fenomeni alluvionali in ambiente urbano

L'obiettivo del progetto è la realizzazione di una struttura ospitante:

- un ampio modello fisico della città di Firenze, su cui verranno riprodotti i fenomeni alluvionali; oltre ad attività di tipo didattico, il modello fisico sarà anche strumento di ricerca sulla previsione delle piene;
- una galleria di osservazione che permetta a personale anche non qualificato di seguire le sperimentazioni sul modello fisico con la guida di idonei sistemi di informazione;
- una serie di spazi espositivi dedicati all'allestimento di mostre sulle tematiche concernenti i fenomeni alluvionali; in particolare, le caratteristiche geologiche ed idrauliche del bacino dell'Arno, la ricostruzione storica degli interventi sul territorio ed il loro impatto sul verificarsi dei fenomeni di piena, l'analisi morfoclimatologica del bacino, i sistemi di rilevamento di dati meteorologici ed i modelli di previsione delle piene.
- uno spazio dedicato alla riproduzione dei fenomeni alluvionali mediante tecniche di "realtà virtuale", sempre a scopo didattico;
- un centro di raccolta ed archiviazione di dati concernenti i fenomeni alluvionali.

I ricercatori che verranno coinvolti in questo sforzo ricostruttivo - educativo convergeranno in tre gruppi di lavoro così strutturati:

- a) area "uomo", comprendente i settori della sociologia, psicologia, storia e urbanistica;
- b) area "terra", comprendente i settori della geologia, dell'idrologia e dell'idraulica;
- c) area "tecnologia", comprendente i settori dell'informatica, della telematica e della metrologia.

La durata del progetto è di oltre due anni, per cui sono state previste 4 fasi. In questo primo semestre del 1997, in attesa della conferma della destinazione della struttura nello spazio espositivo dei musei universitari di Scienze Naturali a Firenze, area "Ex-Macelli", è stato completato il progetto di massima e per ciascuna area sono iniziate le attività di raccolta e predisposizione del materiale specifico rispettivamente per la parte espositiva, la parte modellistica e la parte del supporto tecnologico.

4. Tecnologie avanzate di misura per il preannuncio delle piene

Obiettivo della ricerca è la messa a punto di metodologie e procedure per il monitoraggio degli stati di rischio alluvionale nel bacino del Fiume Arno, tramite un sistema sperimentale integrato di acquisizione ed elaborazione dati. In particolare, l'attività di sperimentazione è volta a verificare la possibilità di prevedere condizioni di critiche di piena con un tempo di preavviso sufficiente per organizzare piani di protezione civile.

A tale scopo in questo primo semestre del 1997 è stata intensificata l'attività di collaborazione con il Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale. In tale ambito sono iniziati i lavori, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Elettronica di Firenze, l'I.F.A.-C.N.R e il PIN Centro Studi Ingegneria di Prato, per l'adeguamento del Radar Meteorologico installato a Montagnana. Il responsabile della U.O. partecipa infatti al gruppo di lavoro per la definizione del programma delle attività riguardanti l'inserimento della stazione radar di Montagnana nel sistema di monitoraggio in tempo reale del territorio da questa coperto, di proprietà del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale. Inoltre con l'Ufficio di Pisa del Servizio Idrografico, è in fase di avviamento una convenzione finalizzata a Studi e ricerche per il monitoraggio del grado di saturazione dei suoli che ha come obiettivo la messa a punto e sperimentazione di un sistema per la valutazione del grado di saturazione del suolo ai fini della predizione degli stati di piena e la diffusione della conoscenza del relativo grado di rischio.

Già da qualche anno sono state acquisite ed installate alcune stazioni automatiche: tre sono della società SIAP e sono dotate di soli pluviometri, altre tre sono stazioni meteorologiche della società CAE. In particolare queste ultime stazioni sono tutte dotate di sensori di precipitazione, temperatura, umidità, velocità e direzione del vento, solo una delle stazioni, installata presso la Facoltà di Ingegneria di Firenze, è dotata anche di un solarimetro. Tutte le stazioni sono state collocate nell'area di pianura tra Prato e Firenze ritenuta a distanza ottimale del sito radar allo scopo di consentire, se pure su di un'area limitata, il rilevamento di dati pluviometrici, termometrici e igrometrici al suolo con una densità spaziale tale da consentire la sperimentazione per la messa a punto di tecniche di integrazione fra dati pluviometrici a terra e dati radar.

Durante questo primo semestre, con la società CAE di Bologna è stata operata una manutenzione straordinaria delle tre stazioni meteorologiche nonché il loro adeguamento al fine dell'inserimento nella rete di monitoraggio in telemisura, gestita dall'Ufficio di Pisa del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, che opera sul bacino dell'Arno. Restano da adeguare o meglio ancora da trasformare le tre stazioni automatiche SIAP al momento dotate di un solo pluviometro i cui dati vengono memorizzati su memoria EPROM.

Tra le attività di questo primo semestre del 1997 vi è inoltre quella relativa al sottoprogetto VAPI. In tale ambito sono state completate le indagini relative ai primi due livelli di regionalizzazione estese ad un'area comprendente il territorio di competenza del Servizio Idrografico di Pisa ed i bacini del Fiume Arno e del Fiume Magra. L'analisi dei dati relativi alle 176 stazioni di misura con almeno 40 anni di misure omogeneamente distribuite sul territorio indagato ha validato l'ipotesi di suddivisione dell'area in 3 zone omogenee di primo livello, suddivise da confini con direzione Est-Ovest, ed in 4 sottozone omogenee di secondo livello, due delle quali coincidenti con la zona di appartenenza. E' inoltre iniziata la redazione di un rapporto regionale nel quale verranno riportate le indagini effettuate nonché la cartografia digitale approntata per svolgere l'indagine relativa al terzo livello di regionalizzazione.

Al fine di sperimentare le tecniche di acquisizione e di integrazione dei dati, è proseguita inoltre la sperimentazione dell'analisi idrologica di tipo distribuito

spazialmente mirata alla valutazione dei deflussi mediante l'utilizzo di mappe digitali distribuite sia nella rappresentazione delle caratteristiche geomorfologiche ed idrologiche del bacino idrografico, sia per l'impiego di dati idrometeorologici provenienti da misure puntuali o da sensori avanzati (radar meteorologico, satellite). La modellazione si sviluppa prima secondo un bilancio di massa idrica nello strato superficiale del suolo e successivamente tramite la modellazione della propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico. E' continuata anche l'analisi del legame tra le caratteristiche delle serie storiche di precipitazioni giornaliere e quelle ricavabili da registrazioni pluviometriche approfondendo le motivazioni fisico - climatiche che producono significative disomogeneità di comportamento tra le varie stazioni. Infine, sempre allo scopo di sperimentare le tecniche adottate è proseguita la caratterizzazione delle precipitazioni convettive e lo studio del potenziale utilizzo dei modelli meteorologici per la derivazione di parametri indicativi delle condizioni favorevoli allo sviluppo di tale tipo di precipitazioni. L'utilizzo di previsioni qualitative e quantitative dei campi di pioggia viene valutato esaminando in particolare la distorsione della risposta idrologica legata a tali previsioni.

U.O. 3.15 - Dipartimento di Ingegneria Elettronica (Univ. di Firenze) [Resp. Prof. D. Giulii]

1. Sommario

Il presente rapporto riferisce sulle attività di ricerca e relativi risultati ottenuti della U.O. 3.15 nel corso del primo semestre 1997. Tali attività hanno riguardato essenzialmente il trattamento dei segnali Doppler ottenibili dal radar POLAR 55C di Montagnana (Firenze) per la definizione di algoritmi per l'ottenimento di campi di velocità totali (radiali e tangenziali) a partire dai dati di velocità radiale Doppler media ottenuti da scansioni coniche a basso angolo di elevazione, sfruttando la continuità spaziale dei campi misurati.

L'utilizzo congiunto di radar operanti ad elevazioni molto basse e sensori posti a terra (ad esempio pluviometri e disdrometri) ha permesso di integrare e migliorare le informazioni riguardanti il fenomeno fisico osservato. In quest'ottica, la conoscenza della velocità orizzontale delle particelle a bassa quota risulta molto utile per estrapolare molte delle caratteristiche dell'evento meteorologico; ad esempio tramite essa, noti i tempi di ritardo e le dimensioni delle particelle stesse, è possibile risalire alla regione di provenienza delle gocce che cadono sul pluviometro, correlando così le due diverse misure. Tuttavia, essendo un vettore su un piano caratterizzato da due parametri indipendenti (modulo e fase), solo attraverso due radar Doppler che effettuino una scansione conica PPI sulla medesima regione è possibile una ricostruzione univoca della velocità orizzontale del campo, note le proiezioni radiali nelle rispettive direzioni di puntamento dei due sensori (dual Doppler). L'obiettivo delle ricerche svolte nel primo semestre è stata l'individuazione di un metodo che, sfruttando le informazioni fornite da un singolo radar Doppler, permetta di fornire una stima della componente tangenziale di velocità orizzontale dei campi di vento. Il problema è stato affrontato ricorrendo al cosiddetto 'metodo aggiunto', sulla base di una implementazione più efficiente di algoritmi disponibili in letteratura.

A partire dalle leggi fondamentali di moto della fluidodinamica (e tra queste soprattutto la legge di Navier-Stokes) e tenendo conto delle peculiari caratteristiche fisiche dell'evento meteorologico osservato, è derivato un algoritmo che determina una stima della velocità tangenziale media in un intervallo d'osservazione, ove sono disponibili alcune scansioni radar in successione. Esso si basa sostanzialmente sulla minimizzazione del funzionale quadratico definito dall'errore tra il campo osservato e

quello ricostruito.

Sono stati analizzati e messi in luce i problemi legati all'implementazione del metodo aggiunto e sono proposte soluzioni specifiche rispetto a quelle parti che nell'algoritmo originale risultano di difficile comprensione e realizzazione o che implicano tempi di elaborazione che oltrepassano i normali requisiti posti da applicazioni di radar meteorologia.

Attraverso un'analisi dell'applicabilità delle diverse tecniche di discretizzazione alle differenze finite al problema oggetto di studio, è stata sviluppata una procedura specifica che riconduce le equazioni differenziali alle derivate parziali nelle variabili spazio e tempo ad ordinarie nella coordinata temporale. In questo modo è infatti possibile avvalersi dei metodi di Runge-Kutta, con elevati vantaggi in termini di stabilità ed accuratezza della soluzione nonché di tempi d'esecuzione. Nel seguito è descritta in maggiore dettaglio la tecnica usata e sono riportati alcuni esempi dei risultati ottenuti.

Gli sforzi principali sono stati quindi incentrati da una parte nel trovare una giustificazione teorica (dal punto di vista fisico e matematico) il più possibile esauriente del modello, dall'altra nell'individuare l'implementazione che traducesse in modo numerico adeguato il complesso problema matematico a monte. I risultati sperimentali rendono ragione di tali sforzi, nel senso che dal confronto tra le mappe di velocità originali e quelle ricostruite emerge una sufficiente robustezza del metodo, che si rivela equivalente ad un buon simulatore di radar dual Doppler, a partire dalle misurazioni effettuate da un solo sensore.

L'impiego di campi simulati, su cui verificare la validità della tecnica, derivati da un modello teorico si è rivelato estremamente utile, perché, rispettando essi fedelmente le leggi generali della fluidodinamica (cosa evidentemente non possibile per dati misurati sperimentalmente); è lecito attribuire ogni deviazione dei risultati rispetto ai valori attesi esclusivamente ai limiti intrinseci dell'algoritmo implementato.

I campi ricostruiti riproducono con elevata attendibilità quelli forniti dal modello utilizzato in presenza di fenomeni dalle normali caratteristiche di variabilità temporale e spaziale, con un fattore di errore molto basso, sia in termini di modulo che di fase. In presenza di gradienti spaziali molto forti, il metodo implementato mostra ovviamente una capacità di ricostruzione peggiore: si osserva una tendenza dell'algoritmo a 'smussare' le variazioni da una cella all'altra, rispettando comunque l'andamento generale del campo. Le stesse considerazioni emergono da un'analisi delle variazioni temporali tra le diverse mappe: la generale correlazione tra risultati e valori osservati viene meno laddove il campo ha un'elevata non stazionarietà. Da ciò si deduce che le approssimazioni effettuate, sia nello sviluppo del modello (ad esempio la rimozione della derivata radiale della pressione nell'equazione di Navier-Stokes che comporta un'approssimazione pesante in presenza di vortici) che nell'implementazione alle differenze, risultano non adeguate in presenza di campi dalle caratteristiche particolari.

Nel seguito sono descritti in maggiore dettaglio i punti salienti del lavoro svolto e riportati alcuni esempi dei risultati più significativi.

U.O. 3.16 - Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (Univ. di Genova) [Resp. Prof. P. La Barbera]

1. Descrizione della ricerca

La ricerca iniziata in questa prima fase dell'attività 1997/98 è stata orientata alla formalizzazione di tecniche di disaggregazione delle previsioni meteorologiche fisicamente basate nel caso di eventi estremi di precipitazione. In particolare si sono

studiate metodologie di trasferimento del contenuto previsionale fornito in tali previsioni in termini di volumi totali di precipitazione su ampi intervalli di spazio (10-30 km) e di tempo (3-6 ore) in stime probabilistiche della struttura interna del campo di pioggia al fine di valutare il rischio di crisi nei bacini idrografici di medio-piccole dimensioni (10-100 km²).

In particolare è stata impostata la formulazione di una metodologia stocastica per la disaggregazione delle previsioni di pioggia in presenza non più di un vincolo di carattere puntuale (come era oggetto della ricerca svolta nell'ambito dell'attività 1996/97 e di cui si è ampiamente relazionato nella corrispondente relazione annuale) quanto di un vincolo integrale quale quello costituito dagli output dei modelli meteorologici ad area limitata (LAM) attualmente utilizzati – ormai anche in fase operativa – dai Servizi

2. Meteorologici nazionali e regionali

La metodologia si basa su di un semplice algoritmo di generazione di un campo aleatorio nello spazio e nel tempo che sfrutta le caratteristiche di omogeneità delle scale di risoluzione della previsione e simula le fluttuazioni del campo rispetto ai valori medi in forma indipendente nel dominio del tempo e nel dominio dello spazio. La generazione nel dominio dello spazio è ottenuta per mezzo di realizzazioni bi-dimensionali di campi aleatori Gaussiani con media nulla, varianza unitaria ed assegnata struttura di correlazione. I risultati preliminari di questa prima fase sono già stati pubblicati in alcune comunicazioni a congressi nazionali ed internazionali (Lanza e La Barbera, 1997).

Sono stati inoltre sviluppati i modelli di simulazione idrologica dei processi di trasformazione afflussi-deflussi in grado di simulare la risposta di un comprensorio multi-bacino a fenomeni meteorici intensi. Tali modelli sono basati su di una struttura gerarchizzata del reticolo a scala regionale e consentono, grazie all'estrema efficienza computazionale, la simulazione contemporanea della risposta di numerosi bacini. E' possibile inoltre – per la stessa ragione - utilizzare tali modelli di metodologie di stima di probabilità degli effetti al suolo a scala regionale, attraverso generazioni Monte Carlo di scenari di disaggregazione diversi e mediante l'immediata trasformazione della piogge intense in portate di piena in corrispondenza di un elevato numero di sezioni di potenziale interesse.

La modellazione afflussi-deflussi a carattere distribuito per la caratterizzazione in tempo reale del rischio di piena nei bacini italiani a seguito di allarme idro-meteorologico è stata affrontata mediante lo sviluppo di metodologie computazionali in grado di ottimizzare lo sfruttamento del contenuto informativo della struttura geomorfologica del territorio per una estrema efficacia nella modellazione di vasti comprensori geografici, come richiesto dall'applicazione in tempo reale nell'ambito di procedure di allerta idro-meteorologico.

L'impostazione di tali procedure è stata effettuata a livello regionale per quanto riguarda il comprensorio multibacino della Regione Liguria, e verrà successivamente estesa potenzialmente all'intero territorio nazionale, sviluppando procedure di autocalibrazione del modello in funzione dei bacini idrografici simulati.

In collaborazione con il DIST (Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Telematica) dell'Università di Genova, si è inoltre impostato il problema dello sviluppo di sistemi di monitoraggio integrati, capaci di gestire – alle scale corrette di interpretazione del rispettivo contenuto informativo – dati ed informazioni quali-quantitative provenienti da diversi sensori.

L'ultimo passo in questa direzione sarà quello di studiare ed impostare le modalità con cui tale sistema potrà interagire con una banca di modelli idrologici in grado di riprodurre in tempo reale il comportamento dei bacini di maggiore interesse chiusi

alle sezioni ove maggiore è l'esposizione al rischio e quindi la vulnerabilità del territorio.

Per quanto riguarda infine il progetto Formazione, sono state definite alcune linee guida e procedure finalizzate alla preparazione di Corsi e materiali formativi sia in forma tradizionale che ,multimediale ed interattiva, costituiti da moduli didattici ripetibili ed utilizzabili per esperienze di formazione a distanza.

In quest'ambito è risultata particolarmente sinergica la partecipazione al progetto pilota URBAN SUD "La pianificazione in aree soggette a rischio sismico ed idrogeologico", nell'ambito del Programma Leonardo Da Vinci, della Comunità Europea.

In questa prima fase dell'attività sono stati definiti la struttura ed i contenuti di alcuni "corsi tipo" di riferimento per la formazione nell'ambito del rischio idro-meteorologico, costituiti da diversi moduli indipendenti che – combinati opportunamente tra loro – forniscono le strutture di riferimento per le diverse tipologie di utenti preliminarmente identificate (tecnici, gestori, amministratori, professionisti, giornalisti, volontari, etc.). Anche in questo caso una breve descrizione dell'attività svolta e dei risultati ottenuti è stata presentata a convegni internazionali relativi al progetto URBAN SUD (Lanza, 1997).

3. Riferimenti citati

Lanza, L. e La Barbera, P. (1997). The prediction of extreme events in highly urbanized areas: from quantitative meteorology to the assessment of ground effects. Proc. Conv. SIMA/SMS: "Meteorologia ed Aree Metropolitane", Roma, 25-27 Marzo 1997. In stampa su Nimbus.

Lanza, L.G. (1997). Protezione civile e pianificazione di bacino: esperienze di formazione ed aggiornamento di tecnici e funzionari della pubblica amministrazione. Progetto Urban Sud. Convegno su: "Rischio Sismico ed Idrogeologico nelle Realtà Territoriali", Imperia, 14-15 Marzo 1997.

U.O. 3.24 - Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (Univ. di Padova) [Resp. Prof. S. Fattorelli]

1. Sommario

L'attività di ricerca dell'U.O. 3.24 relativa al progetto METEO svolta nel primo semestre del 1997 è stata indirizzata su due obiettivi: sviluppo di procedure di correzione da applicare alle osservazioni radar di precipitazione per la rimozione di errori relativi alla eterogeneità verticale del campo di riflettività; sviluppo di procedure di integrazione radar-satellite. Per quanto riguarda il progetto MIEP, è stata condotta un'analisi di sensibilità relativa all'influenza degli errori di campionamento e di stima radar dei campi di precipitazione sulla modellazione dell'idrogramma di piena.

Progetto METEO

1. Introduzione

L'errore complessivo che affligge le stime radar di precipitazione può essere concettualmente scomposto in tre componenti: una distorsione sistematica che interessa uniformemente l'intero campo di osservazione (mean field bias); una distorsione sistematica che dipende dalla distanza fra il punto osservato ed il sito radar (range-dependent error); un errore di tipo casuale di media nulla (random error). La distorsione in range è dovuta ad una serie di fenomeni che possono essere preliminarmente identificati con la variabilità verticale del campo di riflettività, l'attenuazione del segnale radar dovuta alla presenza di idrometeore lungo il percorso antenna-bersaglio-antenna, il riempimento parziale del fascio. La ricerca condotta dall'U.O. 3.24 negli scorsi anni è stata concentrata sulla correzione degli effetti dovuti alla variabilità verticale del campo di riflettività, soprattutto in ragione del peso che tali errori hanno sulle osservazioni radar in zone montane.

Nel corso del 1997 tale ricerca è proseguita, con lo specifico intento di testare una serie di metodologie di correzione delle stime radar di precipitazione in relazione agli effetti del Profilo Verticale di Riflettività. Questo tipo di errore si manifesta sia quando l'osservazione radar dell'atmosfera è vincolata all'utilizzazione di elevazioni d'antenna notevoli, al fine di evitare effetti di schermatura indotti da ostacoli artificiali o naturali (osservazioni radar in zone montane), sia quando vengono osservate precipitazioni a debole sviluppo verticale di tipo stratiforme (Borga et al., 1997a; Borga e Da Ros, 1996; Da Ros, 1996). In queste condizioni, al variare della quota si incontrano strati in cui le idrometeore hanno forma e costituzione fisica diversa: in basso la pioggia, quindi, poco al di sotto della quota dello zero termico, uno strato dello spessore di qualche centinaio di metri (noto come strato di scioglimento), dove si trovano neve e ghiaccio in fase di scioglimento, ed infine, a quote superiori allo zero termico, ghiaccio secco. L'intercettazione dello strato di fusione da parte del fascio radar causa una accentuata variazione nel valore di riflettività misurato (un effetto indicato usualmente con il termine 'bright band') determinata dalle diverse proprietà dielettriche delle particelle intercettate, e può indurre a forti sovrastime dell'intensità di precipitazione (Borga et al., 1996, Da Ros et al., 1996).

L'indagine relativa all'integrazione fra osservazioni radar di precipitazione e osservazioni da satellite (METEOSAT) è stata condotta in collaborazione con l'U.O. 3.20, diretta dal Prof. Franco Prodi. L'obiettivo di tale indagine, tuttora in corso, è stato quello di identificare metodologie appropriate per l'uso combinato di osservazioni radar e stime di precipitazione ottenute da satellite geostazionario utilizzando il canale dell'infrarosso.

2. Sintesi dell'attività svolta e dei risultati ottenuti

[Simulazione di osservazioni radar di precipitazione e validazione di un algoritmo di correlazione degli errori dovuti alla presenza di "bright band"](#)

In collaborazione con alcuni ricercatori dell'Iowa Institute of Hydraulic Research, è stato sviluppato un ambiente di simulazione delle osservazioni radar di precipitazione (Anagnostou e Krajewski, 1997; Borga et al., 1997a,b). L'ambiente di simulazione è stato concepito secondo i seguenti passi:

- generazione della distribuzione spazio-temporale dell'intensità di precipitazione al suolo sull'area di monitoraggio, utilizzando un modello stocastico di precipitazione alla WGR (Waymire et al., 1984);
- generazione della distribuzione di precipitazione lungo la verticale, includendo nel modello la distinzione fra nuclei convettivi e precipitazione di tipo stratiforme e, per quest'ultima, la presenza dello strato di scioglimento e la simulazione della variazione delle proprietà di 'scattering' elettromagnetico al variare del contenuto liquido d'acqua dell'idrometeora;
- generazione delle osservazioni radar associate ai campi tridimensionali di precipitazione, tenendo conto degli effetti geometrici dovuti alla propagazione del fascio in atmosfera, dei gradienti di riflettività, della presenza di diversi stati di aggregazione della precipitazione e delle fluttuazioni statistiche degli echi meteorologici all'interno della singola cella di risoluzione radar; elaborazione delle osservazioni radar grezze e calcolo della precipitazione radar stimata al suolo. In questa fase viene introdotta anche la procedura per l'identificazione del Profilo Verticale di Riflettività (PVR) (Andrieu e Creutin, 1995 ; Vignal et al., 1997), e la successiva correzione e stima della precipitazione al suolo. Tale procedura di correzione richiede la disponibilità di osservazioni radar relative a due elevazioni d'antenna e postula l'omogeneità orizzontale della funzione di PVR.

La procedura di correzione è stata applicata secondo modalità diverse: (1) simulando un'utilizzazione climatologica della metodologia di identificazione - soluzione, questa, che consente l'utilizzazione di fattori di correzione calcolati off-line ; (2) identificando il PVR ogni volta che ciascun volume di osservazioni radar si rende disponibile - alternativa che consente il calcolo del PVR più adeguato per rappresentare le condizioni attuali, ma che presenta qualche svantaggio dal punto di vista della complessità dell'elaborazione da effettuare on line e dell'accuratezza della soluzione ottenuta, in quanto potenzialmente affetta da fonti di rumore presenti nel limitato campione di dati. L'analisi effettuata operando in ambiente di simulazione ha indicato come l'identificazione on line del PVR consenta di ottenere risultati di maggiore accuratezza rispetto all'alternativa di identificazione climatologica del PVR, anche se il margine di miglioramento non risulta particolarmente rilevante. Per tale ragione, la ricerca si orienta in questa fase ad un'utilizzazione on line più appropriata dei volumi di osservazione radar disponibili tramite l'impiego di una procedura di identificazione del PVR di tipo multi-beam, in grado di identificare funzioni di PVR variabili in range ed azimuth.

[Integrazione fra stime radar di precipitazione e osservazioni da satellite METEOSAT](#)

La ricerca relativa all'integrazione fra stime radar di precipitazione ed osservazioni da satellite METEOSAT è intesa all'affinamento e calibrazione della stima di precipitazione desunta da satellite utilizzando le stime radar sull'area dove entrambe le misure sono disponibili, e quindi utilizzando le stime satellitari 'corrette' in una regione più ampia dove la stima radar è solo qualitativa oppure assente. L'utilizzazione più immediata di tale tecnica è probabilmente quella mirata alla previsione a brevissimo termine delle precipitazioni tramite l'analisi delle immagini METEOSAT. La ricerca pone delicati problemi di scala, in quanto (1) radar e satellite osservano il campo di precipitazione (per il radar) e quello nuvoloso (per il satellite) a scale diverse ; (2) non è chiaro quale tipo di aggregazione del dato radar può essere effettuata al fine di effettuare la calibrazione prima menzionata ; (3) deve essere precisata l'estensione dell'area all'interno della quale l'estrapolazione della calibrazione del satellite rimane valida.

L'analisi sperimentale ha preso in considerazione due eventi di precipitazione intensa di tipo frontale (verificatisi nei periodi 2-6.10.1992 e 6-9.10.1993), osservati tramite il radar di Monte Grande (CSIM, Regione Veneto). Per quanto riguarda le stime di precipitazione da satellite, sono state utilizzate, e successivamente ricalibrate, le tecniche sviluppate da Arkin (1978) e da Negri et al. (1984). Alcuni risultati preliminari sono stati riportati da Porcù et al. (1996), mentre i risultati conseguiti verranno descritti nel rapporto annuale 1997.

Progetto MIEP

1. Introduzione

Nell'ambito del progetto MIEP sono previste ricerche destinate alla modellazione e previsione dei deflussi di piena tramite l'impiego di modelli idrologici di tipo distribuito e stime radar di precipitazione. In particolare, la ricerca intende approfondire alcuni aspetti relativi alla sensibilità della trasformazione afflussi-deflussi (descritta tramite un modello idrologico di tipo distribuito a base fisica - Fattorelli et al., 1996 ; Da Ros e Borga, 1996) rispetto ad una classe di errori radar ed alla correzione di tali errori. Lo scenario meteorologico di interesse è in questo caso costituito dagli eventi di precipitazione di tipo frontale, nell'ambito dei quali le precipitazioni di tipo stratiforme incorporano cluster di celle convettive (Bacchi et al., 1997). In queste condizioni, l'errore radar nella stima di precipitazione è spesso dominato dall'influenza della variabilità del Profilo Verticale di Riflettività. La scala spaziale di interesse è quella dei bacini di piccola e media ampiezza (10-100 km²), per i quali l'utilizzazione del radar meteorologico per la previsione in tempo reale dei deflussi di piena può essere particolarmente importante.

2. Sintesi dell'attività svolta e dei risultati ottenuti

[Analisi di sensibilità di un modello distribuito di trasformazione afflussi-deflussi rispetto agli effetti di distorsione presenti nelle stime radar di precipitazione](#)

La ricerca svolta nell'ambito del progetto MIEP nel corso del primo semestre del 1997 è stata focalizzata sull'analisi di sensibilità di un modello idrologico distribuito a base fisica (Fattorelli et al., 1996), applicato e calibrato su una serie di bacini appartenenti al bacino scolante della laguna veneta, rispetto ad errori radar di precipitazione legati alla variabilità verticale del PVR (Profilo Verticale di Riflettività). In tale contesto è stato utilizzato l'ambiente di simulazione delle osservazioni radar di precipitazione, per una descrizione del quale si rimanda al rapporto relativo al progetto METEO. Ai fini della identificazione del PVR e della correzione di tale fonte di errore è stata utilizzata una procedura sviluppata da Andrieu e Creutin (1995) e da Vignal et al. (1996). In particolare, è stata indagata l'influenza della distanza fra radar e bacino (range) su (1) l'entità dell'errore radar, (2) l'influenza di tale errore sugli idrogrammi di piena ricostruiti dal modello, (3) l'affidabilità della procedura di correzione. I risultati conseguiti (utilizzando osservazioni radar ad un'elevazione minima di 1°) hanno dimostrato la notevole influenza della classe di errore radar considerata sulla stima di precipitazione al suolo e la sua forte dipendenza dal range (Borga et al., 1997a, Borga et al., 1997b). L'errore medio percentuale di stima relativo alle precipitazioni medie areali cumulate a scala di evento per un bacino di 100 km² risulta pari al 25% ad un range di 50 km ed al -30% ad un range di 80 km. La sovrastima e la sottostima dominanti alle due diverse classi di distanza sono dovute alle caratteristiche del PVR: sovrastima per la classe di distanza che corrisponde ai

valori di range per cui il fascio radar intercetta la bright band, e sottostima a distanze maggiori. In ragione della forte non linearità della trasformazione afflussi-deflussi, gli idrogrammi ottenuti sono fortemente influenzati da tali errori di stima. Il valore assoluto dell'errore medio percentuale per la portata di picco è pari al 50-60% alle diverse classi di distanza.

L'applicazione dell'algoritmo di correzione consente di ridurre in maniera sostanziale l'effetto delle menzionate sorgenti di errore. L'errore medio percentuale relativo ai volumi di pioggia si mantiene a livelli inferiori al 10%. E' comunque interessante osservare che l'affidabilità della correzione si riduce all'aumentare del range, in misura sostanziale per classi di distanza superiori agli 80 km. In particolare, si evidenziano le seguenti conclusioni, valide per le condizioni esaminate nello studio: (1) l'utilizzazione quantitativa delle stime radar di precipitazione, anche se corrette per gli effetti legati al PVR ed al range in generale, deve essere intrapresa con estrema cautela a distanze dal sito radar superiori ai 100 km; (2) le stime radar di pioggia possono costituire un input adeguato per la modellazione idrologica quando gli effetti del PVR siano stati presi in considerazione e la distanza dal sito radar non superi gli 80 km.

3. Bibliografia

Borga M. E Vizzaccaro A.: On the interpolation of hydrologic variables: formal equivalence of multiquadratic surface fitting and kriging. *J. Hydrol.*, 195, 160-171, 1997.

Borga M., Anagnostou E., Andrieu H. E Krajewski W.: Runoff modelling sensitivity to range dependent radar rainfall errors. Rapporto interno, Univ. di Padova, 40 pp, 1997.

Borga, M., E.N. Anagnostou E W.F. Krajewski: A simulation approach for validation of a bright band correction method. *Journal of Applied Meteorology*, in press, 1997.

Borga, M., E.N. Anagnostou E W.F. Krajewski: Propagation of radar-rainfall estimation errors in rainfall-runoff modelling. *Proceedings of "13th Conference on Hydrology"*, AMS Annual Meeting, 2-7 February 1997, CA.

Da Ros D. E Borga M.: Adaptive use of a conceptual model for real time flood forecasting. *Nordic Hydrol.*, in press, 1997.

Da Ros D. E Borga M.: On the use of digital elevation model data for the derivation of the geomorphologic instantaneous unit hydrograph. *Hydrological Processes*, 11, 13-33, 1997.

U.O. 3.28 - Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Telematica (Univ. di Genova)
[Resp. Prof. R. Minciardi]

Tecniche di analisi di dati multi-sensori per la realizzazione di un sistema di supporto alla valutazione del rischio idrogeologico

1. Premessa

Il progetto di ricerca in cui ricadono le attività della U. O. è:

Progetto METEO: Osservazioni multisensori dei campi di precipitazione: modelli di simulazione e previsione delle piogge (coord. Prof. La Barbera).

2. Sommario

L'attività di ricerca svolta nel periodo considerato ha avuto sempre come oggetto principale lo sviluppo di sistemi e metodi per l'acquisizione di immagini Meteosat e per l'integrazione delle informazioni estraibili da tali immagini con quelle provenienti da altri sensori. Inoltre, è stata affrontata una tematica nuova, relativa alla definizione della struttura di un sistema per lo scambio, in tempo reale, di informazioni multimediali in caso di eventi estremi.

3. Introduzione

Negli anni passati l'Unità Operativa presso il DIST ha messo a punto un sistema per l'acquisizione, l'elaborazione e l'archiviazione di immagini Meteosat nella banda dell'infrarosso; l'attività di ricerca ha inoltre riguardato lo sviluppo e l'impiego di tecniche per l'integrazione di informazioni provenienti da sensori diversi e la determinazione delle caratteristiche strutturali e parametriche di campi di pioggia.

L'attività di ricerca svolta nel semestre in oggetto ha avuto ancora come obiettivo il miglioramento delle prestazioni e delle caratteristiche del sistema per l'acquisizione e l'elaborazione delle immagini Meteosat, e lo sviluppo di tecniche statistiche per l'integrazione ottimale dell'informazione multisensore. In particolare, l'attività di ricerca ha riguardato i seguenti punti:

a) Sistema per l'acquisizione e l'elaborazione di immagini Meteosat.

Lo scopo di questa attività di ricerca è innanzitutto quello di individuare le aree ad alta probabilità di precipitazione intensa. In tale ambito, sono state perfezionate le tecniche precedentemente sviluppate per l'identificazione ed il tracking di tali aree. E' proseguita inoltre l'attività relativa alla ricezione ed all'archiviazione di immagini, ed all'aggiornamento del sistema complessivo.

b) Determinazione di modelli stocastici di campi di pioggia mediante l'integrazione ottimale di dati provenienti da sensori diversi.

L'attività riguardante questo punto, tuttora in corso di svolgimento, ha come obiettivo quello di sviluppare ed applicare metodi per l'identificazione delle caratteristiche strutturali e statistiche dei campi di pioggia, con particolare riferimento all'applicazione di tecniche geostatistiche, ed all'integrazione di dati provenienti da sensori pluviometrici, da radar meteorologico, e dall'elaborazione di immagini Meteosat.

Accanto alle due tematiche sopra menzionate, è stato affrontato un nuovo tema di ricerca, relativo alla definizione della struttura e delle specifiche del sistema telematico di supporto ad un sistema per la valutazione in tempo reale del rischio idrogeologico.

4. Sintesi dell'attività svolta nel primo semestre 1997

Per quanto riguarda la tematica a) di sopra, l'Unità ha proseguito l'attività di ricezione dei dati diffusi dal satellite Meteosat e di archiviazione delle relative immagini, nelle bande del visibile, dell'infrarosso termico e del vapore acqueo, su supporti ad elevato grado di affidabilità, quali i CD-ROM scrivibili. Si è provveduto inoltre ad aggiornare la configurazione software del programma di ricezione sulla base della nuova temporizzazione del Meteosat 6. E' inoltre proseguita l'attività relativa alle tecniche di

tracking e di previsione dell'evoluzione delle aree ad alta probabilità di precipitazione intensa. Tali tecniche sono state calibrate sulla base delle immagini acquisite in occasione dell'evento estremo di precipitazione dello scorso anno sulla Versilia, impiegando diversi tipi di funzioni interpolanti e diversi livelli di filtraggio dei contorni.

Relativamente alla tematica b), è stato sviluppato un approccio per l'identificazione di modelli stocastici spazio-temporali di campi di pioggia, basati sull'impiego di tecniche geostatistiche. Sono stati definiti i passi fondamentali di una procedura che prevede l'integrazione dei dati provenienti dall'elaborazione delle immagini Meteosat con gli altri dati (quelli pluviometrici, e quelli ottenuti dal radar meteorologico) e con i risultati dei modelli LAM. L'identificazione di modelli stocastici che tengano conto della molteplicità delle tipologie di dati e di sensori, caratterizzati da diverse caratteristiche di affidabilità e di risoluzione, pone non pochi problemi, sia dal punto di vista metodologico, sia da quello applicativo. Nel corso del primo semestre del 1997 sono stati formalizzati, dal punto di vista matematico, i diversi problemi di integrazione dei dati e sono state definite alcune tecniche per la soluzione di tali problemi. Tali tecniche sono attualmente oggetto di analisi e calibrazione, tramite lo studio di casi specifici.

Come si è detto, è stata inoltre affrontata una nuova tematica, relativa alla definizione di un sistema radio, per la trasmissione in tempo reale di informazioni multimediali, fra il campo ed i vari centri decisionali, in situazioni caratterizzate da alto rischio idrogeologico. In particolare, è stata definita la possibile struttura di una rete radio a pacchetto e sono state valutate tecniche di compressione di immagini adatte al trasporto su canali asincroni e alla particolare tipologia di immagini da trasmettere.

5. Risultati conseguiti

I risultati conseguiti si riferiscono a tutte e tre le tematiche affrontate nello svolgimento della ricerca. Per quanto riguarda il sistema per la ricezione ed il trattamento delle immagini, si è provveduto a migliorare la sua funzionalità e ad adattare le sue prestazioni alle mutate condizioni operative del satellite Meteosat. Le tecniche di identificazione e di inseguimento delle aree ad alta probabilità di precipitazione intensa sono state calibrate e testate sulla base di casi di studio.

Si è proceduto inoltre ad una revisione complessiva delle tecniche di identificazione di modelli stocastici di campi di pioggia sulla base di dati provenienti da sensori diversi, e sono state definite alcune procedure le cui prestazioni sono attualmente sotto esame.

Infine, è stato affrontato il problema della definizione dell'architettura telematica necessaria alla messa a punto di un sistema di supporto alla valutazione in tempo reale del rischio idrogeologico.

[U.O. 3.29 - Studio Cipolla Sebastiani Geologi Associati \[Resp. Dott. C. Sebastiani\]](#)

1. Sommario

L'Unità Operativa 3.29 ha, nel corso dei primi sei mesi del 1997 dato avvio al Contratto n. 96.00843.PF42 (Sviluppo del Progetto AVI: revisione, attualizzazione, sintesi, fruibilità per le Pubbliche Amministrazioni). Inoltre, nel corso del mese di gennaio e parte di febbraio, ha portato a termine le attività previste nell'ambito del precedente Contratto n. 95.00291.PF42 (Sviluppo del Progetto AVI: aggiornamento dell'Archivio per gli anni dal 1991 al 1994) e per i risultati del quale si rimanda senz'altro alla Relazione Conclusiva consegnata al Coordinamento Scientifico del Gruppo nel febbraio del 1997, nonché al Rapporto consuntivo annuale 1996.

2. Introduzione

Le attività previste si inseriscono nel più ampio quadro di valorizzazione e sviluppo del Progetto AVI previsto nel corso del Triennio 1996-1998. In tale periodo si è ritenuto di dover perseguire e/o mantenere:

1. Il carattere nazionale del Progetto,
2. l'individuazione dei limiti dell'Archivio stesso,
3. la progressiva trasformazione di ogni documento prodotto da cartaceo a digitale,
4. la creazione di prodotti intermedi e/o definitivi di impatto e larga diffusione.

Con tali premesse gli obiettivi principali perseguiti nell'ambito dell'attività svolta sono stati:

1. l'analisi e l'utilizzo dell'informazione contenuta a livello di Scheda S0,
2. la validazione dell'Archivio informatico.

3. Sintesi dell'attività svolta

Nel corso del primo semestre l'attività si è concentrata totalmente nella realizzazione del nuovo Catalogo generale S0, cioè il catalogo che tiene conto non solo delle informazioni già archiviate come Schede S2 ed S1, ma anche di tutta quell'informazione che, nella prima fase del progetto AVI, fu censita, ma rimase a livello cartaceo senza andare ad incrementare l'Archivio digitalizzato. A questa informazione è stata poi aggiunta tutta l'informazione ricavata dall'up-date 1991-1994.

Sostanzialmente l'attività ha permesso di realizzare un nuovo catalogo delle Località colpite sia da piene che da frane ricavate dalle schede S0, dalle Schede S1 digitalizzate e dalle Schede S2. Sono stati pertanto realizzati dei fogli dati contenenti gli stessi campi già usati per realizzare l'aggiornamento 1991-1994.

In particolare, per ogni località sono stati ricavati:

- il Foglio al 100.000 di appartenenza, la tavoletta e la sua denominazione,
- un numero univoco di identificazione per ogni singola località,
- un valore di incertezza di localizzazione spaziale dell'evento,
- il corso d'acqua esondato (solo per le piene),
- la data dell'evento,
- il riferimento della scheda S0, S1, S2.

Successivamente tutte le località così individuate sono state ubicate su di un indeformabile sovrapposto alla cartografia al 100.000. In particolare un triangolo vuoto indica le piene, un cerchio vuoto le frane. Sono stati usati colori diversi per distinguere l'informazione acquisita attraverso le fasi di aggiornamento 1991-1994 da quella proveniente dall'originario AVI.

A tutt'oggi sono stati realizzati i Cataloghi e l'ubicazione su carta delle località relative alle seguenti regioni:

- Lazio, Liguria, Lombardia, Toscana.

E' in corso l'attività relativa al Trentino Alto Adige, Piemonte, Valle D'Aosta, Sardegna, Basilicata e Puglia che si presume sarà terminata entro la fine dell'estate.

1. Sommario

L'Unità Operativa 3.30 Co.Geo. Umbria s.c.r.l. è stata finanziata attraverso fondi 1996 (Contratto n.96.00838.42) nell'ambito del Progetto AVI. In particolare, nel corso del 1997, L'U.O. è impegnata nella Ricerca dal titolo: " Sviluppo del progetto AVI: revisione, attualizzazione, sintesi, fruibilità per le pubbliche amministrazioni" ed inoltre ha portato a termine i lavori del precedente contratto 1995: "Completamento ed estensione del Progetto AVI a tutto il 1994" per 10 regioni italiane, per il quale era stata richiesta ed ottenuta una proroga fino al 12-4-97 in quanto, in pieno accordo con il coordinamento scientifico, è stato incrementato il numero delle edizioni locali di alcune testate giornalistiche al fine di garantire una maggiore copertura del territorio, anche a scala provinciale, con conseguente incremento dell'attività di ricerca.

2. Introduzione

La Ricerca effettuata dall'Unità Operativa 3.30 nel corso del primo semestre del 1997, è stata finalizzata al conseguimento di due obiettivi operativi:

Il primo è relativo alla conclusione dei lavori del precedente contratto 1995: "Completamento ed estensione del Progetto AVI a tutto il 1994" per 10 regioni italiane, per il quale era stata richiesta ed ottenuta una proroga fino al 12-4-97, in quanto, in pieno accordo con il coordinamento scientifico, è stato incrementato il numero delle edizioni locali di alcune testate giornalistiche al fine di garantire una maggiore copertura del territorio, anche a scala provinciale, con conseguente incremento dell'attività di ricerca. L'aggiornamento dell'Archivio AVI per gli anni 1991-1992-1993-1994 ha previsto la consultazione sistematica di alcuni quotidiani locali relativi alle seguenti 10 regioni: Abruzzo, Calabria, Campania, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Marche, Molise, Sicilia, Umbria, Veneto.

Le informazioni raccolte (fotocopie di articoli) sono state sintetizzate in schede di tipo cartaceo. Il Progetto ha portato inoltre alla creazione di un catalogo sintetico digitale degli eventi censiti.

La Ricerca è stata condotta in coordinamento con l'Unità Operativa 3.29 S.G.A. di Genova per le restanti 10 regioni italiane.

Si è proceduti attraverso una serie di azioni secondo i criteri utilizzati per il censimento AVI.

Le attività sono state articolate in due livelli:

- attività di 1° Livello finalizzate alla raccolta dell'informazione,
- attività di 2° Livello finalizzate alla manipolazione ed organizzazione dell'informazione acquisita secondo schemi congruenti con l'Archivio AVI.

Il lavoro ha avuto termine ed è stato consegnato in data 14 marzo 1997 ed è stato successivamente collaudato sia dal punto di vista tecnico-scientifico che da quello amministrativo.

Il secondo obiettivo è propriamente quello relativo all'attività finanziata attraverso fondi 1996 (Contratto n.96.00838.42) nell'ambito del Progetto AVI. In particolare, L'U.O. , impegnata nella Ricerca dal titolo: " Sviluppo del progetto AVI: revisione, attualizzazione, sintesi, fruibilità per le pubbliche amministrazioni" , ha svolto una serie di azioni che hanno riguardato la fase 1, la fase 2 e la fase 3 del programma particolareggiato della ricerca, ovvero è stata avviata la compilazione delle schede S3 relative alle informazioni riferite alle due categorie "alluvioni-frane" reperite nel corso del precedente contratto di ricerca, è stata effettuata la compilazione di parte delle schede S3 relative alle schede di notizia S0 non trasformate in S2-S3 nel corso del

Progetto AVI, è stata avviata l'attività di validazione dell'Archivio informatizzato AVI per le frane. Oltre al completamento delle attività sopra elencate, rimarrà da realizzare, nel corso del secondo semestre, il Catalogo Nazionale delle Calamità Idrogeologiche (alluvioni, frane) aggiornato al 1994.

3. Sintesi dell'attività svolta

Primo obiettivo: conclusione dei lavori del precedente contratto 1995:

"Completamento ed estensione del Progetto AVI a tutto il 1994" per 10 regioni italiane.

Consultazione sistematica di alcuni quotidiani locali relativi alle seguenti 10 regioni: Abruzzo, Calabria Campania, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Marche, Molise, Sicilia, Umbria, Veneto, per gli anni 1991-1992-1993-1994:

- Attività di 1° Livello finalizzate alla raccolta dell'informazione,
- Attività di 2° Livello finalizzate alla manipolazione ed organizzazione dell'informazione acquisita secondo schemi congruenti con l'Archivio AVI.

Si è passati, rispetto ai 10 giornali previsti, alla consultazione di 33 Edizioni locali di 9 testate giornalistiche. Sono stati raccolti circa 3600 articoli di giornale. Il numero di eventi censiti (frane/piene) nei quattro anni di aggiornamento risulta estremamente elevato: le calamità geologiche ed idrauliche per anno, rispetto alla prima edizione dell'Archivio AVI (livello di dettaglio: Schede S2), sono superiori di oltre un ordine di grandezza.

Secondo obiettivo: relativo all'attività finanziata attraverso fondi 1996 (Contratto n.96.00838.42) "Sviluppo del progetto AVI: revisione, attualizzazione, sintesi, fruibilità per le pubbliche amministrazioni". Sono state svolte ad oggi le seguenti attività:

- compilazione di parte delle schede S3 relative alle informazioni riferite alle due categorie "alluvioni-frane" reperite nel corso del precedente contratto di ricerca;
- compilazione di parte delle schede S3 relative alle schede di notizia S0 non trasformate in S2-S3 nel corso del Progetto AVI;
- avvio dell'attività di validazione dell'Archivio informatizzato AVI per le frane.

4. Risultati dell'attività di ricerca relativa al primo semestre 1997

Il Progetto AVI e le elaborazioni statistiche sviluppate nell'ambito dei Rapporti Regionali di Sintesi, oggetto delle attività di ricerca degli anni 1993 e 1994, hanno dimostrato come, in via generale, sia lecito affermare che quanto vulnerato in passato sarà con elevata probabilità nuovamente vulnerato.

Tale affermazione è ulteriormente avvalorata dai risultati che sono emersi dalle attività di aggiornamento relative a tutte le regioni italiane e che prendono in considerazione gli eventi catastrofici verificatisi negli anni 1991 - 1994. Questi dati che derivano dal censimento sistematico svolto su quotidiani, sia nazionali che locali, hanno permesso di ottenere elevati successi in termine di sovrapposizione di località già vulnerate in passato.

La scelta di edizioni provinciali delle testate giornalistiche consultate ha inoltre permesso di raggiungere un livello di dettaglio ben superiore. Per le calamità idrauliche le informazioni raccolte permetteranno una prima mappatura di dettaglio riferita anche a corsi d'acqua minori (fossi, rii, canali). Inoltre, ad ogni evento meteo-pluviometrico sarà possibile associare anche una serie consistente di piccoli movimenti franosi e di smottamenti localizzati lungo la rete viaria.

Inoltre le attività di integrazione dell'Archivio digitale AVI permettono di integrare il

patrimonio informativo AVI fruibile, con l'inserimento di un consistente numero di eventi, generalmente minori, fino ad oggi non direttamente utilizzabili perché nascosti dentro l'Archivio generale in forme non sempre facilmente estraibili. Ciò permette un'utilizzazione dell'archivio per analisi sempre più complete e diversificate.

U.O. 3.33 - Centro Internazionale di Idrologia D. Tonini [Resp. Prof. A. Rinaldo]

1. Sommario

La simulazione e previsione delle piene è uno degli obiettivi di primaria importanza per la gestione in condizioni di sicurezza delle risorse idriche di un bacino fluviale e richiede pertanto la messa a punto di efficienti schemi per la modellazione dei fenomeni idrologici rilevanti.

Un'affidabile simulazione in tempo reale di piene e inondazioni deve mirare ad una descrizione dei processi fisici principali, evitando tuttavia l'impiego di un eccessivo numero di parametri, difficilmente stimabili per taratura su un numero (limitato per definizione) di eventi estremi.

Viene tuttavia riconosciuto in ruolo cruciale svolto dalla forma dei sistemi idrografici nei processi di trasformazione e trasporto che presiedono alla risposta idrologica e i modelli proposti sono di tipo distribuito nella descrizione morfologica del bacino, ma concentrati nei parametri che consistono in (poche) grandezze di significato fisico. La recente disponibilità di mappe digitali del terreno (DEM, Digital Elevation Models) ha del resto consentito un'agevole e automatica interpretazione dei caratteri geomorfologici dei sistemi fluviali e il loro inserimento in modelli di simulazione e previsione degli eventi di piena.

L'aggregazione spaziale delle precipitazioni incide pure sui caratteri della risposta idrologica e i modelli tradizionali raramente ne hanno tenuto conto, preferendo il riferimento ad ipotesi di uniformità della precipitazione e andando a caricare lo schema di generazione del deflusso anche delle incertezze derivanti dalla mancata conoscenza della variabilità spaziale delle piogge. Un'impostazione, questa, che appare improponibile per bacini di medio-grandi dimensioni e che di certo non contribuisce alla comprensione dei fenomeni idrologici di rilievo. Sono stati pertanto proposti modelli distribuiti anche nella descrizione dei campi di precipitazione: questi potranno essere forniti in tempo reale da strumentazioni radar oppure generati per interpolazione ottimale dei valori misurati da stazioni di misura a terra.

Lo studio della risposta idrologica è sempre legato sia a quello della struttura morfologica dei bacini idrografici che alle dinamiche atmosferiche responsabili dei fenomeni di precipitazione.

Sono stati pertanto proseguiti alcuni studi in corso in materia di geomorfologia fluviale e lagunare evidenziando in particolare alcune proprietà di scala di rilievo, mirando in particolare alla comprensione delle dinamiche idrologiche che controllano l'evoluzione di questi sistemi.

L'indagine ha infine riguardato l'effetto delle interazioni suolo-atmosfera nella generazione delle precipitazioni indotte da dinamiche di mesoscala. È stato evidenziato con alcuni modelli come le condizioni di umidità del terreno dominino l'impatto del suolo sui fenomeni atmosferici, essendo in grado di accentuare le circolazioni di mesoscala e le precipitazioni convettive da queste indotte. Queste dinamiche locali sono responsabili della spontanea autorganizzazione del sistema in uno stato nel quale si osservano strutture ed eventi su tutte le scale.

Alcuni modelli basati sul bilancio idrologico hanno simulato gli effetti di queste dinamiche, riproducendo distribuzioni delle variabili climatiche simili a quelle osservate in natura.

La rilevanza di queste analisi sta nella possibilità di identificare le ragioni dinamiche dell'invarianza di scala osservata nella configurazione spazio-temporale dei campi di precipitazione, di saturazione del terreno e di evaporazione. Di qui la possibilità, anche nelle applicazioni, di generare campi idrologici fisicamente significativi senza ricorrere al cieco impiego di algoritmi o parametrizzazioni.

2. Responsabile scientifico e collaboratori alla ricerca

La ricerca è stata coordinata dal Prof. Andrea Rinaldo, Ordinario di Costruzioni Idrauliche all'Università di Padova e Direttore del Centro.

Nel corso del primo semestre 1997 hanno collaborato alla ricerca:

- Il Dott. Riccardo Rigon, Ricercatore presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Trento;
- Il Dott. Ing. Marco Marani, Ricercatore presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica Marittima e Geotecnica dell'Università di Padova;
- Il Dott. Ing. Sergio Fagherazzi, studente di dottorato di ricerca in Ingegneria Idraulica presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica Marittima e Geotecnica dell'Università di Padova;
- Il Dott. Ing. Paolo D'Odorico, , studente di dottorato di ricerca in Ingegneria Idraulica presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica Marittima e Geotecnica dell'Università di Padova.

3. Bibliografia

Rodriguez-Iturbe, I. e A. Rinaldo, Fractal River Networks: Chance and Self-Organization, Cambridge University Press, New York, 558 pp., 1997

Rinaldo e A. Marani (editori) Biological Models, Proceedings of the Summer School on Environmental Dynamics, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia, 196 pp., 1997

Maritan, A., A. Colaiori, F. Flammini, A. Rinaldo, J.R. Bavanar, On the sculpting of a river basin, Physical Review Letters, in stampa, 1997

Rinaldo, A., I. Rodriguez-Iturbe, Channel networks, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, in stampa, 1997.

Caldarelli, G., A. Giacometti, A. Maritan, I. Rodriguez-Iturbe, A. Rinaldo, Randomly pinned landscape evolution, Physical Review E, 55, 4865-4869, 1997.

U.O. 3.34 - Centro Studi Ingegneria [Resp. Dott. L. Baldini]

Tecnologie E Servizi Per Il Monitoraggio Idrometeorologico

1. Sommario

L'attività svolta dall'unità operativa 3.34, costituita nel 1994 presso il PIN Centro Studi Ingegneria nell'ambito dei compiti di supporto a specifiche attività di Protezione Civile, che possono utilmente avvalersi di tecniche di monitoraggio che utilizzano il radar meteorologico, durante il primo semestre 1997 si è concretizzata attraverso due filoni principali. Il primo riguarda la realizzazione di uno studio di fattibilità per il monitoraggio delle precipitazioni sull'Alto Tirreno e sul territorio ligure per mezzo di una rete di radar meteorologici, mentre il secondo riguarda l'integrazione di dati radar e da radiometri a microonde per il miglioramento della stima della precipitazione.

2. Introduzione

La linea di ricerca che ha caratterizzato la U.O. 3.34 ha riguardato l'uso del sensore radar in un contesto di monitoraggio operativo basato su un sistema multisensore. In particolare, si sono sperimentate soluzioni multisensore nelle quali si adottano tecniche di collezione, elaborazione e diffusione dei dati facilmente automatizzabili e tali da essere adottate all'impiego nel contesto di un servizio di monitoraggio operativo.

Gli obiettivi previsti dall'attività della U.O. nel primo semestre 1997 sono essenzialmente due. Un primo obiettivo riguarda la realizzazione di uno studio di fattibilità per la verifica della possibilità di impiego di una rete di radar meteo per l'osservazione e la stima della precipitazione sull'Alto Tirreno e sul territorio della regione Liguria. Lo studio è in corso di perfezionamento e verrà rilasciato al termine della attività della U.O. prevista per il 30 agosto 1997. Esso prevede l'impiego sia di radar esistenti che di radar la cui installazione è prevista in tempi ragionevolmente brevi, e si concentra essenzialmente sui problemi di visibilità radar dell'area di interesse.

Il secondo obiettivo riguarda la sperimentazione di metodologie multisensore per il monitoraggio idrometeorologico, basate comunque sul radar meteorologico, per la stima dei campi di precipitazione. In particolare sono state considerate, oltre alle misure radar, misure da satellite con sensori passivi operanti alle microonde.

Di seguito si riportano i principali risultati delle attività svolte.

3. Valutazione delle possibilità di monitoraggio delle precipitazioni sulla Regione Liguria con una rete di radar meteorologici

È stato condotto uno studio allo scopo di individuare le potenzialità di una rete di sensori radar per il monitoraggio delle precipitazioni sul Mar Ligure e sul territorio della Regione Liguria. La rete di radar meteorologici si propone un duplice obiettivo:

- monitorare la formazione di celle di precipitazione sull'Alto Tirreno e sul Mar Ligure
- monitorare con elevata risoluzione spaziale e temporale le precipitazioni (ed in special modo quelle estreme), in atto sul territorio della Regione Liguria.

L'ipotetica rete comprende sia radar esistenti che radar la cui installazione è prevista in tempi ragionevolmente brevi ed egualmente radar da introdurre soprattutto per garantire un'adeguata copertura del territorio della Regione Liguria.

Lo studio si è concentrato essenzialmente sui problemi di visibilità radar dell'area di interesse, in quanto direttamente legata alla presenza di cause di errore che degradano le stime di precipitazione che si possono ottenere da radar.

Per eseguire il presente studio sono state utilizzate una mappa di altimetria digitalizzata e le caratteristiche tecniche di alcuni sistemi radar. La cartografia utilizzata è un DTM. Tale mappa ha una risoluzione di 250 m a terra e di 1 m in altitudine, caratteristiche che la rendono utilizzabile per uno studio come quello presentato. Per quanto riguarda le specifiche dei sistemi radar si fa riferimento o a radar esistenti o a dati tipici di sistemi per quanto riguarda i radar previsti.

Nel presente studio sono stati considerati due tipi di radar meteorologico, entrambi operanti in banda C. Il primo, con caratteristiche tipiche per un impiego di tipo idrogeologico, è caratterizzato da buone caratteristiche di precisione nella stima delle osservabili radar. Per questo tipo di radar si è supposto una ampiezza del fascio di 1° in azimut e in elevazione e un range di 150 km, valori tipici per i radar meteorologici

comunemente impiegati in ambito operativo. In genere, i moderni radar operanti con queste caratteristiche consentono anche misure Doppler e in doppia polarizzazione. In realtà questi radar possono operare con portate superiori, ma nello studio si è considerata una limitazione a 150 km che rappresenta la portata massima utilizzabile per stime quantitative di precipitazione oltre che la portata massima per la quale vengono resi disponibili i dati Doppler e in diversità di polarizzazione. Il secondo tipo di radar simulato è un radar di piccole dimensioni con caratteristiche di precisione nella stima dei parametri radar ovviamente peggiori rispetto a quelle dell'altro tipo, ma comunque sufficienti per l'osservazione dell'evoluzione di fenomeni di precipitazione. Per questo tipo di radar sono stati adottati i valori in range e di ampiezza del fascio che si riscontrano nel radar modello Aries C commercializzato dalla SMA ed utilizzato presso la stazione radar di Radicondoli gestita dall'ARSIA. Si è pertanto supposta un'ampiezza del fascio pari a 5.4° in azimuth ed elevazione e un range di 90 km. I radar che appartengono alla prima categoria sono il Polar 55C presso la Stazione Radar meteorologica e i radar tipo GPM 500 SMA in uso, ad esempio, presso l'Aeronautica Militare di Pisa. Le caratteristiche di interesse relative ai due tipi di radar considerati sono mostrate in Tabella. 1.

	PORTATA	AMPIEZZA FASCIO AZIMUT	AMPIEZZA FASCIO ELEVAZIONE
RADAR TIPO 1	150 km	1°	1°
RADAR TIPO 2	90 km	5.4°	5.4°

Tabella A: Caratteristiche tecniche dei radar simulati

Sono stati considerati diversi siti di installazione, alcuni operanti, alcuni previsti. Per i radar liguri si sono considerati alcuni siti ipotetici.

Per la scelta del sito di installazione sono state considerate diverse possibilità valutando vantaggi e svantaggi ottenuti con ognuna di queste disposizioni.

Inizialmente sono state considerate installazioni già presenti, per valutare quanta utilità potrebbero avere i dati ottenuti da tali radar, anche soltanto per una eventuale osservazione qualitativa del fenomeno meteorologico in atto. Sono state studiate allora le seguenti installazioni: Pisa, Radicondoli e Capo Corso. Quest'ultima installazione non è attualmente operativa; i radar considerati appartengono, almeno quelli esistenti, ad enti operativi (Aeronautica Militare per Pisa e ARSIA per Radicondoli). Come verrà mostrato in seguito queste installazioni, sebbene utili, non risultano sufficienti per un adeguato monitoraggio dell'Alto Tirreno e del territorio della Regione Liguria. Sono state pertanto studiate altre soluzioni, che fanno riferimento all'uso congiunto di due radar, uno situato in Liguria Occidentale, nella zona a nord di Imperia e uno, con caratteristiche complessive inferiori, in Liguria Orientale, a nord di La Spezia. La localizzazione dei radar considerati nel presente studio è mostrata in Tab. 2.

	TIPO	EST-UTM	NORD-UTM	QUOTA
PISA	1	600368	4807718	15
RADICONDOLI	2	666531	4784582	100
CAPO CORSO	1	532599	4760412	1000
LIGURIA OCCIDENTALE	1	432147	4899496	1400
LIGURIA ORIENTALE	2	540959	4911690	1225

Tabella 2: Localizzazione dei radar simulati.

In primo luogo si è valutato se la copertura garantita dalle cinque installazioni precedenti è sufficiente. In Fig.1 sono mostrati, per ogni radar, un arco di cerchio corrispondente alla massima copertura, e un arco di cerchio corrispondente alla copertura ottimale, cioè quella entro la quale, essendo il volume di risoluzione più limitato, ci si può attendere una maggiore accuratezza dei dati. Tale arco è stato preso pari a metà della copertura massima. Si nota come i due radar principali, destinati alla osservazione dell'Alto Tirreno (Liguria Occidentale e Liguria Orientale) presentino, combinati, una ottima copertura dell'area ligure.

Gli altri radar consentono di osservare l'area di interesse, con l'eccezione di quello posizionato a Radicondoli, che a causa della modesta distanza di osservazione raggiunge l'area di interesse soltanto all'estremità del suo campo di osservazione e quindi con attendibilità scarsa.

Dato che le caratteristiche di osservazione dei due radar di cui si è simulato l'installazione in Liguria Occidentale e Liguria Orientale, appaiono complementari, si è provveduto ad una valutazione della osservabilità ottenuta tramite combinazione dei due radar suddetti.

In conclusione, si evidenzia come l'utilizzo di radar presenti o previsti a Pisa e Capo Corso, possa risultare utile per una valutazione dell'evoluzione del fenomeno, potendo fornire valide osservazioni della situazione meteorologica che interessa il Golfo Ligure, ma insufficiente per una misura quantitativa della precipitazione sul territorio della Liguria. L'installazione di un singolo radar non appare sufficiente per ottenere una copertura accettabile dell'intera area di interesse, a causa della complessa orografia del territorio. La combinazione di due radar, uno di buona qualità e uno di qualità inferiore, opportunamente posizionati, consente invece una buona osservazione come mostrato in Fig. 2.

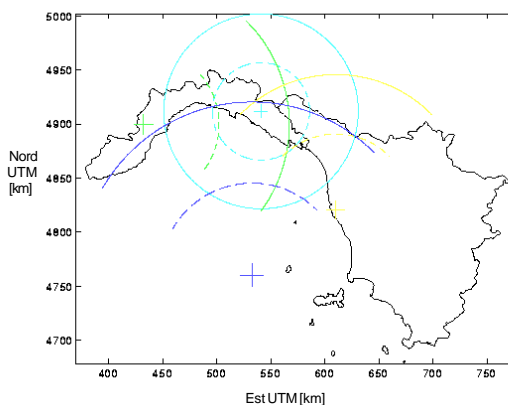


Fig. 1. Copertura dei radar considerati nella simulazione.

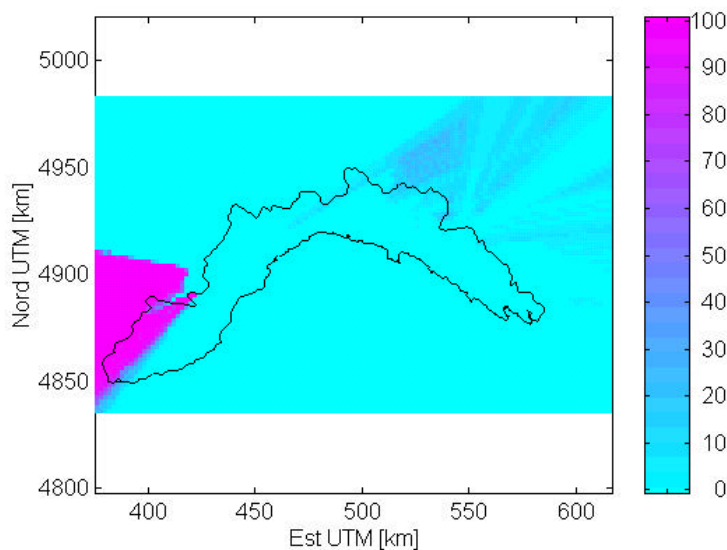


Fig. 2. Mappa della percentuale di oscuramento per la combinazione dei radar posizionati in Liguria Occidentale e Orientale.

Integrazione dei sensori a microonde per applicazioni meteorologiche

Lo scopo dello studio è stato quello di individuare e testare alcune procedure per l'integrazione dei dati acquisiti da sensori attivi e passivi operanti alle microonde, in modo da poter valutare il grado di correlazione esistente fra i due sensori e migliorare le possibilità di applicazione in ambito meteorologico.

In particolare si è fatto riferimento a dati ottenuti da radar meteorologico operante in banda C a doppia polarizzazione e dal radiometro SSM/I montato sui satelliti DMSP della NASA.

Si sono definite procedure di elaborazione per il trattamento dei dati di entrambi i sensori, al fine di consentire una corretta sovrapposizione delle rispettive mappe, necessaria per poter analizzare correttamente la correlazione delle informazioni ricavate dai due strumenti. Al fine di implementare procedure per l'integrazione ed il confronto dei dati ottenuti dai due tipi di sensori, è stato necessario affrontare le seguenti problematiche:

- i dati radar devono essere elaborati ed analizzati con cura a causa dei vari problemi di natura fisica, geometrica e tecnologica, che possono causare errori nella stima dei parametri misurati;
- le due modalità di presentazione dei dati radar (CAPPI ed RHI) sono estremamente utili, ma operativamente la loro acquisizione contemporanea può risultare problematica. In particolare l'utilizzo di più scansioni a diverse elevazioni causa dei problemi legati alla non stazionarietà del fenomeno indagato durante il tempo di acquisizione radar;
- la risoluzione spaziale dei dati radar e satellitari è molto diversa;
- i dati SSM/I sono relativamente poco frequenti e la problematica del miglior matching temporale tra i dati radar e quelli satellitari è stata poco studiata;
- l'interpretazione dei dati satellitari viene spesso resa complicata dall'effetto del problema di beam-filling dovuto alla scarsa risoluzione dei dispositivi passivi alle microonde;

- i dati satellitari sono soggetti a problemi di misnavigazione che ne rendono problematica la corretta proiezione a terra.

Ai fini di un corretto svolgimento dell'analisi, le sopracitate problematiche di integrazione sono state affrontate in modo da ottenere una procedura operativa per l'interpretazione quantitativa delle osservazioni radiometriche a microonde della pioggia al suolo.

L'attività svolta viene riassunta in Fig. 3, che illustra il procedimento complessivo di elaborazione svolto, che consiste in due catene di elaborazione dei dati acquisiti dai due sensori, successivamente fusi per effettuare l'analisi della correlazione dei due sensori. La procedura realizzata prevede due fasi di elaborazione per la preparazione dei dati acquisiti dal sensore attivo e passivo seguite da una fase finale di analisi statistica finalizzata alla determinazione del grado di correlazione delle informazioni dedotte dai due sensori.

I risultati mostrano un buon accordo con la teoria, in quanto i parametri SSM/I relativi a frequenze più elevate presentano maggiore correlazione con i dati radar relativi ad altitudini più elevate, mentre quelli relativi a frequenze inferiori si correlano preferibilmente con gli strati più bassi. Questi ultimi presentano anche valori di correlazione inferiori, presumibilmente a causa dell'effetto del background superficiale.

Nell'analisi statistica dei risultati si è provveduto ad eseguire dei filtraggi in base ai parametri che maggiormente possono influire sulla correlazione tra i parametri derivanti dai due diversi sensori. Si è così evidenziato come sia necessario provvedere ad una corretta classificazione delle idrometeore per ottenere una buona correlazione tramite filtraggio dei dati radar. Eseguendo infatti un filtraggio in base ad opportuni valori limite del fattore di riflettività orizzontale e differenziale, i valori di correlazione variano notevolmente. In alcuni casi risultano in effetti sufficientemente elevati da suggerire la possibilità di una applicazione pratica dell'integrazione dei dati radar-SSM/I ad esempio per scopi di calibrazione e validazione. In particolare si è anche evidenziato come tale classificazione debba essere eseguita separatamente per ogni diversa quota a causa della scarsa capacità discriminatoria dei due parametri radar utilizzati (fattore di riflettività orizzontale e riflettività differenziale).

In definitiva appare confermata la possibilità dell'integrazione di sensori diversi per l'impiego in ambito idrometeorologico.

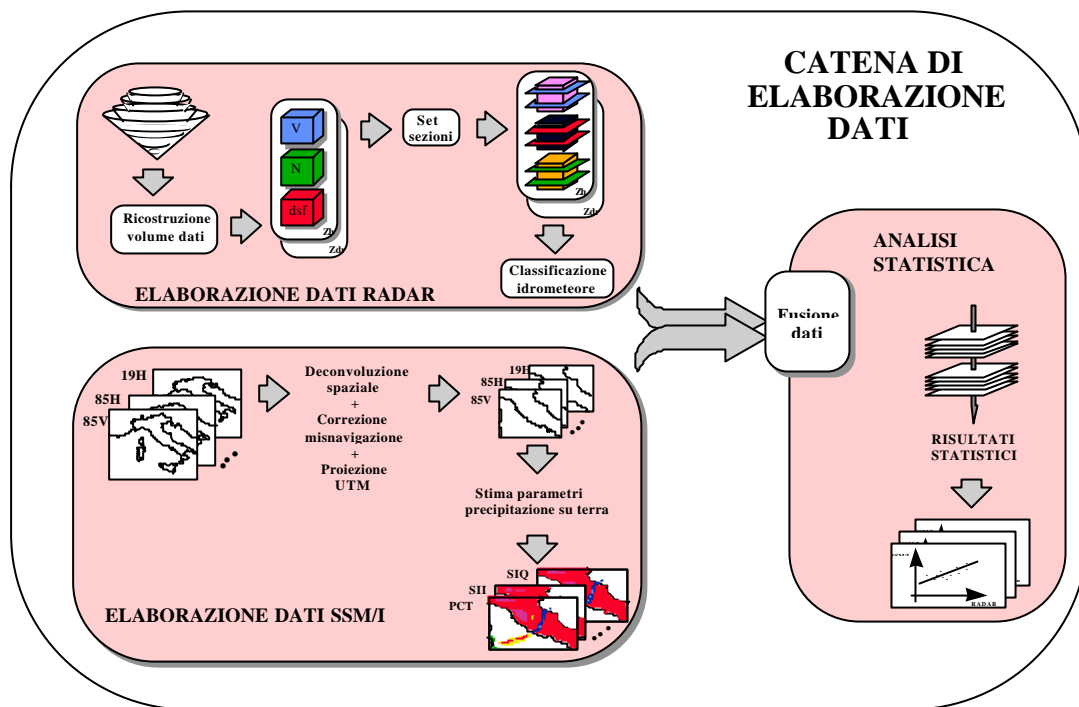


Fig. 3 Catena di elaborazione dei dati acquisiti da radar e da satellite per l'analisi del grado di correlazione.

4. Pubblicazioni e altri prodotti

Studio di fattibilità per il monitoraggio dell'Alto Tirreno per mezzo di una rete di radar meteorologici (in corso di preparazione)

Nativi S., Padoin M., Mazzetti P., Baldini L., Giuli D., Microwave rainfall monitoring: a Tuscany study case, inviato a IGARSS '97, Singapore.

Padoin M., Integrazione di sensori a microonde per applicazioni meteorologiche, Aprile 1997, Tesi di Laura, Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università di Firenze.

Nativi S., Mazzetti P., Légér F., Giuli D., Cloud vertical profile analysis through active and passive microwave data, inviato a Int. Conference on: Water in the Mediterranean, Nov. 1997.

Giuli D., Baldini L., Miraglino P., Padoin M., Palmisano E., Study for meteorological radar visibility of Liguria and the upper Tirrenian Sea, inviato a International Conference on: Water in the Mediterranean, Nov. 1997.

Valutazione di parametri idrologici mediante telerilevamento passivo per il monitoraggio e la modellizzazione degli eventi alluvionali

1. Sommario

L'attività dell'U.O. 3.35 svolta nel primo semestre 1997 e' stata rivolta all'analisi di alcuni parametri geofisici di interesse nella modellistica idrologica distribuita della risposta idrologica a scala di bacino derivabili dal telerilevamento con sensori passivi operanti nelle bande ottiche. In particolare ciò si è realizzato sia mediante l'analisi di immagini acquisite da satellite sia mediante analisi di dati radiometrici acquisiti in campo durante una apposita campagna di misure condotta in collaborazione con DIIAR, Politecnico di Milano, durante la campagna RADARSAT-97 sul bacino del torrente Virginiolo.

2. Introduzione

Uno dei principali obiettivi nella ricerca idrologica rimane una migliore comprensione e quantificazione dei processi che conducono a cambiamenti nell'immagazzinamento e nei flussi idrologici sia a scala locale che regionale. In questo contesto diversi modelli idrologici numerici sono stati sviluppati per modellizzare le condizioni del bilancio energetico idrologico alla superficie e per il monitoraggio della loro evoluzione nel tempo. Nell'ambito del progetto METEO, le ricerche che si intendono sviluppare in collaborazione con DIIAR, Politecnico di Milano, si propongono di utilizzare i dati provenienti da sensori ottici passivi, in particolare del Landsat Thematic Mapper (TM), per la estrazione dei parametri geofisici da usare per la stima delle componenti del bilancio radiativo in relazione ai processi idrologici. I modelli distribuiti richiedono informazioni circa le condizioni iniziali (es. contenuto di umidità del suolo) e la distribuzione spaziale e temporale di alcune caratteristiche superficiali (es. stato della copertura vegetale).

In presenza di nuvole o quando è necessario disporre di informazioni più frequentemente rispetto ai passaggi del satellite, l'uso di misure radiometriche raccolte a terra in siti rappresentativi del bacino potrebbe fornire la possibilità di stimare alcune componenti del bilancio energetico in modo semidistribuito sul bacino.

3. Sintesi dell'attività svolta e risultati ottenuti

Nel primo semestre 1997 l'attività di ricerca ha visto la partecipazione alla campagna RADARSAT-97, per la valutazione del bilancio idrologico a scala di bacino, condotta sul bacino del Virginiolo dal DIIAR, Politecnico di Milano e dall'Università di Gent (Belgio) a cavallo dei mesi di maggio e giugno. In particolare sono state effettuate una serie di misure di radiometria e di parametri della vegetazione in alcuni siti del bacino in coincidenza con il passaggio Landsat-5 del 4 giugno.

La copertura nuvolosa sulla zona ha reso inutilizzabile l'immagine del satellite ed i parametri di interesse idrologico sono stati estratti in modo distribuito a partire da due scene Landsat TM acquisite in tempi diversi, in maggio e agosto.

Attraverso la classificazione automatica delle immagini multispettrali Landsat TM si è prodotta una stratificazione del bacino idrografico secondo le classi di uso del suolo. Quindi i parametri geofisici di interesse idrologico, quali albedo, indice di vegetazione

e LAI, temperatura superficiale, sono stati ricavati sia come valore medio di ciascuna classe sia come valore medio dei campi test su cui sono state condotte le misure a terra.

Tali campi sono stati scelti in modo da essere rappresentativi della classe di uso del suolo, sulla base della stratificazione del bacino, e della sua distribuzione morfologica (pendenza, quota, esposizione) all'interno del bacino, per poter assegnare il loro valore alla classe di appartenenza e applicare il modello idrologico in modo semidistribuito. Gli stessi parametri sono stati derivati anche dalle misure a terra condotte nei medesimi campi test per un confronto.

Nelle tabelle seguenti viene riportata una sintesi dei risultati ottenuti da questa analisi per le due classi di uso del suolo più estese, seminativo a frumento (18%) e vigneto (46%), sulle immagini da satellite e sui campi test (f#).

	NDVI		LAI		ALBEDO	
	Primavera	Estate	Primavera	Estate	Primavera	Estate
	0.619 / 0.664 / 0.709	0.243 / 0.292 / 0.341	3.107/ 3.711 / 4.315	0.563 / 0.803 / 1.043	0.134/ 0.143 / 0.152	0.118 / 0.127 / 0.136
f	0.660	0.239	3.602	0.549	0.150	0.122
1						
f	0.632	0.328	3.254	0.971	0.140	0.130
2						
f	0.625	0.313	3.176	0.893	0.147	0.142
3						
f	0.552	0.279	2.454	0.729	0.144	0.118
4						

Parametri derivati da satellite per la classe Frumento

	NDVI		LAI		ALBEDO	
	Primavera	Estate	Primavera	Estate	Primavera	Estate
	0.388 / 0.467/ 0.546	0.381 / 0.439 / 0.497	1.286/ 1.845 / 2.422	1.249 / 1.632 / 2.015	0.135/ 0.147 / 0.159	0.114 / 0.123 / 0.132
f	0.394	0.403	1.333	1.386	0.141	0.129
1						
f	0.528	0.426	2.246	1.523	0.138	0.119
2						
f	0.356	0.394	1.118	1.331	0.173	0.136
3						
f	0.408	0.412	1.417	1.439	0.143	0.125
4						

Parametri derivati da satellite per la classe Vigneto

04 giugno 1997							
Frumento	NDVI	LAI	ALBEDO	Vi g ne to	NDVI	LAI	ALBEDO
f1	0.767	5.586	0.121	f1	0.575	2.657	0.171
f2	0.537	2.321	0.170	f2	0.420	1.484	0.174
f3	0.712	4.397	0.237	f3	0.301	0.835	1.169
				f4	0.391	1.311	0.206

Parametri derivati dalle misure radiometriche eseguite nei campi test

Se le misure a terra sono eseguite su campi test rappresentativi sia delle classi di uso del suolo, sia della loro distribuzione morfologica all'interno del bacino idrografico, i parametri di interesse idrologico derivati dalle misure radiometriche di terreno possono essere estrapolati alla corrispondente classe di uso del suolo, e la stima del bilancio energetico può essere eseguita in modo semidistribuito.

4. Elenco delle Pubblicazioni

Colombo R., P.A. Brivio, E. Zilioli and M. Mancini, 1997. Evaluation of spatially distributed remotely sensed data to estimate hydrological-related parameters. European Symp. On Aerospace Remote Sensing, 22-26 September, London, UK (in press).

Colombo R., P.A. Brivio, E. Zilioli, 1997. Valutazione di parametri idrologici mediante telerilevamento passivo. 1a Conf. Nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali, 30 settembre - 3 ottobre 1997, Parma, pp. 295-300.

U.O. 3.36 – Università di Salerno - CUGRI [Resp. Prof. Eugenio Pugliese Carratelli]

Rischi Collegati Allazione Del Mare Sui Litorali

1. SOMMARIO

Il LIT svolge una attività interlinea (Linee 1, 2 e 3), che si propone di costituire una base di dati dinamica del rischio di origine meteoemarina lungo i litorali italiani e di mettere a punto adeguate di metodologie di prevenzione e di intervento per la protezione civile.

Essa è articolata in tre linee (Climatologica, fluidodinamica e Geologica); La ripartizione dei programmi delle varie unità operative non è tuttavia strettamente vincolata alle denominazioni formali ed ai settori delle linee cui esse fanno capo, ma cerca di utilizzare al massimo le competenze e le risorse dei componenti.

Si riporta nel seguito la situazione di avanzamento. Rispetto ai punti del programma di ricerca presentato a suo tempo, il settore che è maggiormente progredito è quello del monitoraggio del vento.

2. Situazione del vento a mare e lungo la costa

L'obiettivo è lo studio di una rete anemometrica ed ondometrica finalizzata alle necessità dello sviluppo sostenibile e della protezione civile delle aree costiere.

La situazione, al GIUGNO 1996 è la seguente : è stata installata ed è attualmente operativa una stazione Anemometrica nella località di Sant' Agata dei due Golfi. Il software e l' Hardware di calcolo sono stati acquistati e messi in opera. Ma sono stati evidenziati problemi di interferenza elettromagnetica da parte di ponti radio situati nelle vicinanze, problemi che sono in corso di risoluzione con la collaborazione della ditta installatrice. Nel frattempo è assicurata comunque la raccolta dati sia in via remota che localmente.

Secondo i piani originari si prevedeva di installare una seconda stazione di misura, entro il semestre ; tuttavia si è rivelata l' impossibilità di utilizzare il sito originariamente proposto per il lato Ovest del Golfo di Napoli (Chiesa di San Michele a Procida), a causa della sua eccessiva esposizione ai fulmini. E' stato quindi preso in esame il sito alternativo di Vivara, ed è stata richiesta la relativa autorizzazione alla Regione Campania; nelle more - che rischiano di essere lunghe - è stato deciso di installare provvisoriamente una delle stazioni in un sito gestito dall'Istituto Universitario Navale nell' Isola di Ischia. Il lavoro di installazione inizierà quanto prima. Grazie alla migliore esposizione di questa posizione sarà necessario un solo sensore, ciò che renderà disponibile uno dei due che erano stati ordinati per il lato Ovest. Questo sensore verrà integrato in una stazione a basso costo, ottenuta impiegando un computer portatile anzichè un data logger. Questa terza stazione verrà messa a punto presso la sede dell' Istituto Universitario Navale, già dotata di apparecchiature meteorologiche per la calibrazione, e verrà poi trasferita nel golfo di Salerno.

Le conoscenze che si sono ottenute e si otterranno sul campo di vento nella penisola sorrentina potrebbero essere utilmente essere integrate da misure di pioggia. Si prevede a tale scopo di installare due stazioni pluviometriche avanzate, circa a livello del mare, in corrispondenza della sezione trasversale della penisola dove è situata la stazione di Sant' Agata dei due Golfi.

Il Lavoro di analisi e di ricerca è progredito grazie al software ed alle registrazioni di vento e onde già disponibili. Si sono dunque approfonditi i criteri di posizionamento degli anemometri costieri, le tecniche di trasmissione dati e di connessione in rete, la necessità di manutenzione e calibrazione; intendendo con quest' ultimo termine non solo la necessità di verificare i sensori, ma anche di considerare con cura gli effetti che la configurazione dei rilievi circostanti esercitano sul campo di vento nelle vicinanze degli strumenti; problema quest' ultimo spesso trascurato e che introduce una forte distorsione sui dati rilevati.

Problemi idrodinamici costieri

Il lavoro svolto in questo settore può essere articolato come segue:

[Interazione livello marino-corrente fluviale](#)

L'individuazione delle condizioni di sbocco a mare dei fiumi rappresenta un dato essenziale per la determinazione delle altezze idriche e conseguentemente per molti problemi di protezione civile. Si è considerato in particolare il caso della foce del fiume Esaro e della città di Crotona, su cui si sono resi disponibili parecchi dati.

La situazione marina può influenzare in due modi distinti il profilo della corrente fluviale in occasione di eventi di piena : attraverso la formazione di un ostacolo

solido che può provocare la formazione di uno stato critico e quindi un rigurgito a monte oppure attraverso l'innalzamento del livello medio del mare (set up)

La barra dunale è costituita dalla differenza tra l'apporto di materiale solido del corso d'acqua ed e, a seconda dei casi, dall'effetto netto di erosione o deposito esercitato dalla corrente marina lungo costa. Occasionalmente, in corrispondenza delle portate di piena, la barra dunale viene erosa lasciando libero deflusso alla corrente fluviale nella fase crescente della piena per riformarsi, almeno in parte, nella fase discendente della piena stessa. La presenza di barre dunali può essere accentuata quando il corso d'acqua ha carattere torrentizio e quando la foce è posta in una zona di deposito da parte della corrente marina lungo costa.

Nel caso che nel corso dei fenomeni di piena l'energia della corrente sia sufficiente ad aprire la barra sabbiosa ed a garantire il libero deflusso dell'acqua le condizioni di sbocco e condizioni al contorno sono fissate dal livello medio mare ; nel caso invece che l'energia della corrente non sia sufficiente ad aprire la barra sabbiosa le condizioni di deflusso dipendono dall'altezza della barra e dalle condizioni di stato critico.

Sono stati realizzati alcuni semplici modelli e schemi di calcolo, ed i risultati sono in corso di elaborazione.

Effetti di risalita delle onde

Questo argomento - come già riportato nella relazione di Febbraio - è in corso di studio sul caso reale costituito dalla fascia costiera della Provincia di Salerno.

Sulla base della cartografia disponibile si sono ricavate alcune sezioni di spiaggia (sommersa ed emersa) ed è stato valutato attraverso formule sperimentali (Van der Meer) l'effetto di risalita in occasione di eventi eccezionali.

In collaborazione con l' Hydraulic Research di Wallingford, si prevede di utilizzare modelli e software avanzati per il calcolo del run-up : in attesa dei primi risultati di questa collaborazione, nonché delle analisi del moto ondoso al largo prodotte da parte dell' UO di Reggio Calabria, in questo sottosettore non sono stati ancora realizzati progressi significativi.

Questa attività è stata descritta in un Poster Paper presentato al Congresso IGU di Vienna presentata per l'Aprile 1997.