

GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DALLE CATASTROFI IDROGEOLOGICHE

LINEA 3

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

RAPPORTO SEMESTRALE 1998

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

1. – SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE NEL PRIMO SEMESTRE 1998

1.1 – Obiettivi

L'attività di ricerca del primo semestre 98 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, in particolare dalle UU.OO dirette dai Proff. Natale, Santoro e Becchi alla la mappatura del rischio idrologico, mentre dalle restanti UU.OO alla modellazione in tempo reale, sia degli eventi meteorologici critici, sia degli eventi idrologici estremi al suolo.

1.2 - Risultati

I risultati sono stati riferiti in più di 30 pubblicazioni a stampa, redatte dai Responsabili delle UU.OO e dai loro collaboratori.

I risultati di ordine generale della Linea di ricerca sono relativi al ruolo crescente che le ricerche finanziate dal GNDCI hanno nell'ambito europeo e alla introduzione dei nuovi temi dell'interazione tra meteorologia quantitativa del Mediterraneo ed eventi estremi nella penisola italiana.

Per quanto riguarda il ruolo europeo deve essere ricordato che la visibilità dell'attività di ricerca del GNDCI ha avuto particolare risalto in Europa nel corso della prima metà del 1998, 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 sono stati i Symposium organizzati dal Dott. Fausto Guzzetti, sul tema delle strategie e delle tecniche per la mitigazione dei rischi naturali, che hanno ricevuto un alto numero di contributi scientifici. E' con piacere che va fatto rilevare che il Dott. Fausto Guzzetti è uno dei Segretari del IWG II on Natural Hazards dell'EGS e vice – chairman of landsliding hazards subgroup.

Per quanto riguarda le ricerche di meteo-idrologia quantitativa nel Mediterraneo è importante notare che nel corso della prima metà del 1998, le UU. OO associate coordinate dalla U.O 3.16, diretta dal Prof. Giorgio Roth, presso il Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale dell'Università di Genova, hanno condotto attività, in modo coordinato, nell'ambito dell'incertezza meteo-idrologica, promuovendo seminari scientifici.

Le attività di consulenza istituzionale e di supporto tecnico nel corso della prima metà del 1998 sono state:

- La partecipazione alla Commissione per la stesura del Piano di Emergenza Bacino PO;
- La partecipazione al gruppo di lavoro Stato – Regioni per l'espletamento delle attività istruttorie relative alle competenze attribuite alla Conferenza Stato – Regioni in materia di difesa del suolo, ai sensi dell'art. 7, comma 1, del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281 (Atto della Conferenza del 9 ottobre 1997 – Repertorio n. 335).

Inoltre, la consulenza scientifica prestata dal GNDCI, e in particolare dalla Linea 3, nei confronti della Regione Liguria, ha condotto, anche nel corso della prima metà del 1998, 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. Le procedure di allerta 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.

2. - ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTA DALLE UU.OO.

Istituti C.N.R.

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

Valutazione del rischio geologico ed idraulico a varie scale

Obiettivo

L'obiettivo di lungo termine della ricerca è quello di progettare e sperimentare tecniche e metodologie per la definizione della pericolosità geologica ed idrologica a varie scale e di definire il rischio ad essa connesso in ambiti fisiografici diversi.

Attività svolta

Durante il primo semestre del 1998, l'attività svolta dall'unità operativa 3.1 si è articolata in due settori: il coordinamento e lo sviluppo delle attività connesse alla gestione del progetto AVI; e la definizione della pericolosità da frana e del rischio ad essa connesso, a varie scale ed in ambienti fisiografici differenti.

Progetto AVI

(in collaborazione con le unità operative 3.29, SGA, Genova, Responsabile F. Cipolla e 3.30, CoGeo Umbria, Perugia, Responsabile O. Lolli)

Relativamente alle attività connesse con la gestione e lo sviluppo del progetto AVI, si è provveduto a:

1. Proseguire nell'attività di validazione, correzione ed integrazione dell'archivio digitale;
2. Migliorare gli strumenti ed incrementare i sistemi per la diffusione dell'informazione storica;
3. Valutare il grado di completezza dell'archivio storico.

La validazione dell'archivio

Attraverso un attento lavoro di revisione, organizzato in più fasi, si è provveduto dapprima a controllare e correggere errori sintattici ed ortografici presenti nell'archivio e, successivamente, a confrontare le informazioni presenti nell'archivio digitale con quelle presenti nelle schede dell'archivio cartaceo. L'operazione, tuttora in corso e che terminerà probabilmente entro la fine del 1998, ha permesso di incrementare del 30% circa la quantità di informazioni presenti nell'archivio digitale. L'incremento riguarda in particolare il numero delle località colpite, le date degli eventi e le informazioni sui danni subiti. Al termine della fase di validazione l'archivio digitale rappresenterà, salvo errori, una copia fedele e completa dell'archivio cartaceo del progetto AVI (schede S1 e superiori).

L'aggiornamento ha, più volte, costretto a modificare, anche in modo significativo, la struttura delle tabelle e delle relazioni dell'archivio AVI. Le modifiche della struttura delle tabelle sono state apportate sia per esigenze connesse allo stoccaggio dell'informazione, per evitare la

perdita di dati, sia per rendere l'archivio compatibile con la versione dello stesso accessibile attraverso la rete internet.

La validazione, ed in particolare l'incremento nel numero di località note per essere state colpite da frane o da inondazioni, ha tuttavia messo in luce una parziale incongruità fra l'archivio digitale ed il catalogo delle località colpite da catastrofi idrogeologiche.

Diffusione dell'informazione

Uno degli obbiettivi strategici dell'unità operativa è quello di progettare, sperimentare ed implementare sistemi e strumenti per la diffusione dell'informazione sulle catastrofi idrogeologiche a disposizione del GNDICI, con particolare riferimento ai dati storici censiti dal progetto AVI. In quest'ambito, nei primi mesi del 1998 sono stati compiuti numerosi progressi.

L'archivio digitale accessibile attraverso la rete internet è stato ristrutturato ed aggiornato. Sono state aggiunte numerose funzionalità che permettono ad utenti remoti di accedere a tutta l'informazione al momento disponibile in forma digitale. Particolare attenzione è stata posta allo sviluppo di procedure per l'interrogazione dell'archivio da parte di utenti non esperti. Allo scopo sono state sviluppate oltre 50 procedure in linguaggio ISQL che permettono ricerche mirate su singole schede, ricerche gerarchiche e ricerche di tipo statistico.

Per rispondere alla crescente richiesta d'informazioni relative al progetto AVI e, più in generale, alla disponibilità di informazioni storiche sui dissesti idrogeologici, si è provveduto ad implementare un nuovo sito Web dedicato al progetto. Dalla *home page* (avi.gndci.pg.cnr.it) sono ora accessibili sia le informazioni generali sul progetto stesso, sui risultati ottenuti, sui prodotti disponibili e sulle ricerche in corso, sia tutti gli archivi digitali ad oggi disponibili. L'accesso agli archivi può avvenire attraverso il sistema informativo del GNDICI, accessibile all'indirizzo wwwdb.gndci.pg.cnr.it, o, in alternativa, scaricando dal sito Web archivi in formato Microsoft Access.

Si è anche provveduto a progettare ed a realizzare un prototipo di CD-ROM per la diffusione del catalogo delle località colpite da frane ed inondazioni. Il prodotto, realizzato utilizzando la tecnologia Geomedia, cortesemente messa a disposizione dalla Intergraph, permetterà di visualizzare le località colpite da catastrofi idrogeologiche, di conoscere le date degli eventi, di produrre mappe tematiche e di effettuare semplici analisi statistiche. Allo scopo si è provveduto a digitalizzare tutte le località storicamente colpite da frane e da inondazioni, precedentemente cartografate come punti a scala 1:100.000. Il catalogo così ottenuto contiene informazioni relative ad oltre 30.000 eventi di frana o di inondazione in oltre 10.000 località.

Si è infine provveduto a preparare per la stampa la seconda edizione della "Carta delle località storicamente colpite da movimenti franosi e da inondazioni". La carta riporta la localizzazione di tutti i siti censiti classificandoli in base alla frequenza degli eventi occorsi, in due classi per le frane ed in tre classi per le inondazioni. La carta riporta anche una classificazione, a scala sinottica, dell'intero territorio nazionale, basata sulla densità degli eventi censiti in ciascuno degli 8102 comuni italiani.

Il grado di completezza dell'archivio

E' stato effettuato un tentativo di valutare il grado di completezza dell'archivio digitale. La valutazione è stata compiuta esclusivamente per l'archivio delle frane. Gli enti di frana censiti nell'archivio sono stati classificati in 3 classi di "intensità" (o di "magnitudo") in base alla tipologia ed alla gravità dei danni prodotti. Si è quindi semplicemente contato il numero di eventi "lievi", "gravi" e "molto gravi" censiti in ogni anno in tutta Italia. I dati hanno evidenziato in modo chiaro come vi siano diversi gradi di completezza nell'archivio, in funzione del periodo storico e della gravità dell'evento. Più in particolare, il catalogo risulta, indipendentemente dalla gravità dell'evento, più completo per il periodo successivo al 1950 che per il periodo precedente ad esso. Questo "bias", già noto, è legato sia alla quantità di

informazione disponibile nei giornali, sia al numero di testate consultate durante la fase di censimento.

Per il periodo successivo al 1950 l'archivio presenta un grado di completezza variabile a seconda della gravità degli eventi censiti. L'archivio appare completo ("stazionario") per gli eventi di più grande intensità, che hanno causato danni molto gravi, e meno completo per gli eventi di intensità inferiore. Ciò è messo in evidenza dal confronto fra il periodo precedente il 1991 ed il periodo compreso fra il 1991 ed il 1994. Il secondo periodo è stato di recente oggetto dell'aggiornamento, effettuato consultando un numero di quotidiani locali (oltre 50) assai superiore a quello utilizzato durante la fase di censimento originale. Nel periodo 1991-1994 il numero di eventi di frana di magnitudo elevata è del tutto confrontabile con quello degli anni precedenti. Maggiore è invece il numero di eventi di frana di magnitudo intermedia od inferiore.

Definizione della pericolosità e del rischio da frana

(in collaborazione con l'unità operativa 3.21, CNR-CSITE, Bologna, Responsabile A. Carrara)

Nell'ambito della definizione della pericolosità da frana e della valutazione del rischio ad essa connesso, l'attività di ricerca si è concentrata su due fronti:

- L'acquisizione di dati relativi ai dissesti verificatisi a seguito dell'evento meteorico del dicembre 1996-gennaio 1997;
- L'informatizzazione delle basi di geologiche e geomorfologiche per l'alto bacino del F. Tevere allo scopo di valutare la vulnerabilità del territorio e di definire il rischio geoidrologico.

L'interpretazione di fotografie aeree in bianco e nero a scala 1:20.000, realizzate *ad hoc* a seguito dell'evento meteorologico, ha permesso di individuare e cartografare oltre 3500 frane innescate dal rapido scioglimento della neve. Si tratta in generale di frane superficiali (scorrimenti) anche se sono presenti frane di estensione superiore ai 5 ha e di volumetria superiore ai 500.000 m³. I dissesti hanno interessato lo 0.15% circa del territorio regionale. Stime preliminari indicano come, tenendo conto di possibili errori cartografici, oltre l'80% dei dissesti si è verificata in aree già in frana. Si tratta sia di vere e proprie riattivazioni di porzioni limitate di corpi di frana preesistenti, sia di frane superficiali innescatesi nelle coltri alterate dei corpi di frana maggiori.

L'ottima corrispondenza fra la distribuzione dei dissesti prodotti dall'evento meteorico e la distribuzione dei dissesti mappati in precedenza con tecniche foto-interpretative consente di verificare la qualità e l'affidabilità predittiva delle carte inventario e dei modelli di pericolosità da essi derivati, e di avanzare ipotesi sul possibile utilizzo in campo applicativo, per la pianificazione e la programmazione a scala regionale, delle cartografie dei dissesti.

Relativamente al secondo punto, l'attività si è concentrata nell'informatizzazione e nella validazione delle cartografie foto-geologiche e dei domini giacitureali prodotte attraverso l'interpretazione di più voli di fotografie aeree. Data la complessità delle cartografie e delle loro relazioni spaziali, l'informatizzazione ha richiesto più tempo di quanto originariamente preventivato. Si è anche iniziata una nuova fase di acquisizione di informazioni territoriali per le aree del bacino del F. Tevere non precedentemente studiate ma all'interno delle quali si sono verificati numerosi dissesti a causa del repentino scioglimento della neve nel gennaio del 1997.

Limitatamente al settore più settentrionale dell'alto bacino del Tevere (1100 km² ca.), sono stati ulteriormente sviluppati modelli di pericolosità basati sull'analisi multivariata di parametri morfologici, litologici, strutturali e dell'uso del suolo. Sono anche state sperimentate, con buoni risultati, unità cartografiche di riferimento ("*mapping units*") ottenute suddividendo i versanti elementari ("*slope units*") in base alle principali unità litologiche in essi presenti. Le nuove unità cartografabili assumono una valenza morfologico-litologica e, da analisi preliminari, sembrano particolarmente affidabili là dove, per ragioni morfologiche e topografiche, i versanti elementari sono molto estesi o comprendono condizioni litologiche molto diverse fra loro. Sono infine state sperimentate procedure e metodi per la rappresentazione cartografica dei risultati della modellazione statistica.

Altre attività

L'unità operativa è stata impegnata nell'organizzazione scientifica del simposio "Geomorphological hazards: extent, evaluation and mapping techniques" e del simposio "Transferring scientific information to the users" svoltisi nell'ambito della XXIII General Assembly dell'European Geophysical Society, a Nizza, nel mese di Aprile.

Il seguito dell'attività sismica che ha colpito l'Appennino umbro-marchigiano a partire dal 26 settembre 1997, l'unità operativa è stata impegnata in attività di ricerca e reperimento di informazioni relative agli effetti al suolo prodotti dalle scosse sismiche, sia di supporto tecnico al Dipartimento della Protezione Civile.

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

Sommario

L'attività di ricerca della Unità Operativa nel primo semestre 98 ha avuto per oggetto lo studio di tecniche radar-satellite per la stima dell'intensità di precipitazione a scopi idrologici. L'uso del canale IR di Meteosat in congiunzione con i dati radar è stato studiato per tre eventi di precipitazione nel nord Italia prodotti da fronti freddi autunnali. L'analisi basata sui soli sensori satellitari di tali eventi è resa problematica dal carattere stratiforme delle formazioni e dalla loro sensibilità a forzature orografiche che sfuggono alla osservazione satellitare. Una conoscenza della struttura di questi eventi è tuttavia necessaria poichè essi sono i responsabili di disastri idrogeologici nella nostra penisola.

Si è pertanto valutata l'utilità del radar nel calibrare la tecnica di Negri Adler e Wetzel e migliorare la stima dell'intensità di precipitazione.

E' stata sviluppata una tecnica detta RTC - Run Time Calibration - che utilizza simultaneamente NAW e stima radar regolando i coefficienti NAW per ogni immagine. Un'area di calibrazione e' individuata entro il dominio del radar. Si sono migliorate sensibilmente le stime per aree di integrazione medie. I risultati sono stati presentati alla 9th Conference on Satellite meteorology and oceanography, Parigi 25-29 Maggio 1998.

La ricerca è stata condotta in collaborazione con il Dr. M. Borga, DT e SAF, Università di Padova.

La parte del programma di lavoro a suo tempo presentato riguardante la preparazione di una pagina web che documenti le attività sarà iniziata quanto prima.

Bibliografia

Porcù, F., M. Borga e F. Prodi, "A radar-satellite estimation technique for hydrological applications", repr. 9th Int. Conference on Satellite Meteorology and oceanography. 25-29 May 1998, Paris AMS Ed, Boston, Ma.

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

Sistemi informativi geografici nella valutazione del rischio idrogeologico

Sommario

Nel corso del primo semestre 1998, l'U.O. del CNR-CSITE (ex-CIOC) di Bologna, in collaborazione con altre unità operative (CNR-IRPI, Perugia) ed altri gruppi di ricerca (Istituto di Topografia dell'Università di Bologna) interessati alle tematiche in oggetto, ha svolto le seguenti attività:

- raccolta dati per la realizzazione della cartografia della pericolosità idrogeologica per l'intero alto bacino del Tevere;

- un'analisi comparata tra i dati dell'archivio AVI e quelli ottenuti/ottenibili tramite l'indagine geomorfologica al suolo e a mezzo di foto-interpretazione;
- sperimentazione di sistemi multimediali per l'accesso all'informazione distribuita sui rischi naturali;
- sperimentazione di tecniche per la generazione di DTM da fotogrammetria digitale;
- editing e reviewing dei proceedings di un Symposium EGS (Vienna, '97)

Cartografia della pericolosità di frana

Progetto Alto Tevere: cartografia della pericolosità idrogeologica

Anche nel corso del primo semestre dell'anno corrente, 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 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 (vedi relazione della U.O. CNR-Perugia), 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 unbro-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 fine dell'anno corrente.

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, è proseguita 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 la fine dell'anno, 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.

In tale contesto, assume particolare rilevanza il risultato conseguito utilizzando un approccio basato al contempo su:

- un modello statistico multivariato in grado di predire correttamente il dissesto in oltre il 70% delle unità territoriali (emibacini elementari) in esame, sulla base di 40 fattori geologico-geomorfologici;
- la stima della propensione al dissesto di ogni emibacino basata sulla conoscenza di un esperto.

La media pesata tra i valori del modello statistico (convertiti in probabilità di occorrenza di frana) e quelli del esperto (anche essi espressi come probabilità) ha portato ad un documento cartografico che si è rivelato molto aderente alle reali caratteristiche di propensione al dissesto

del territorio in esame (queste ultime desunte da nuovi sopralluoghi in campagna svolti in aree “critiche”).

Analisi comparata tra i dati dell'archivio AVI e quelli ottenuti dall'indagine geomorfologica

La seconda attività ha comportato una valutazione della qualità ed attendibilità dei dati dell'archivio AVI per il territorio umbro-marchigiano e, in particolare, per l'alto bacino del Tevere. Parimenti, si è inteso proseguire nell'analisi comparata tra dato AVI e quello ottenuto tramite l'indagine geologico-geomorfologica sul terreno e a mezzo della foto-geologia, ciò al fine di individuare i criteri per l'integrazione ottimale tra i primi e i secondi.

I risultati fino ad ora emersi indicano l'esigenza di porre mano ad **una revisione** dei dati attualmente esistenti nell'archivio. Tale iniziativa dovrebbe comportare:

- raddoppio del lasso di tempo attualmente coperto tramite l'impiego dei repertori redatti a cavallo dei due secoli;
- integrazione dell'esistente a mezzo dell'impiego di archivi già realizzati da parte di enti pubblici e società private;
- indagini sul campo (o areofotografica) per la localizzazione di campioni significativi di eventi storici;
- riesame dei dati esistenti al fine di individuare una strategia efficiente per l'individuazione dei errori e la riduzione delle incertezze.

Detta operazione non sarà né semplice né a basso costo. Tuttavia, non prendere una decisione sul problema in oggetto in tempi brevi, vuol dire compromettere l'intero progetto AVI per gli anni a venire

Sistemi multimediali per l'accesso ai dati relativi ai rischi naturali

Nell'ambito delle attività svolte in collaborazione con le altre UU.OO. afferenti alla ricerca in oggetto (CNR-Perugia), intende costituire una rete distribuita di informazioni rigorosamente scientifiche inerenti il rischio idrogeologico; in particolare, la medesima di articolerà su:

- un database (l'archivio AVI) consultabile tramite interrogazioni SQL (WWW di Perugia);
- 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).
- 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, 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* 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*; 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, 1998):

- WWW servers e applicazioni *CGI*;
- WWW servers e applicazioni *Pug-ins*;
- WWW servers e applicazioni *ActiveX* o *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.

E' stato sviluppato un modulo prototipale per l'interrogazione di dati spaziali e tabellari tramite i più comuni *browsers*. In tale contesto, è in via di implementazione tale modulo (realizzato in

ambiente Java) per l'accesso remoto a mappe vettoriali (in formato .shp di ArcView) relative ai dati AVI ed ad altri archivi idrogeologici.

Fotogrammetria digitale per la generazione di dtm

Questa linea di studio prevede di proseguire le ricerche per la generazione di DTM, ragionevolmente affidabili, inerenti aree a basso rilievo. L'argomento, che riveste un notevole interesse sia per la pianificazione urbana, sia per studi volti alla perimetrazione di aree esondabili, non ha ancora ricevuto un'adeguata attenzione da parte degli studiosi.

Attualmente, la maggior parte dei DTM è ottenuta da curve di livello digitali di cartografie esistenti. Tale scelta scaturisce da considerazioni economiche e funzionali. 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 hanno evidenziato potenzialità e limiti dei di uno dei più moderni sistemi di fotogrammetria digitale (Helava, Leica). La ricerca è proseguita con l'analisi comparata di altri sistemi digitali (Intergraph, Zeiss, ecc.), nonché tra questi e la fotogrammetria analitica tradizionale. Si spera di giungere a risultati concreti ed operativi entro la primavera dell'anno prossimo.

Altre attività

Da ultimo, si menziona il paziente lavoro, iniziato nel novembre 1997, volto alla revisione correzione e stampa dei numerosi (oltre 25) contributi presentati al Congresso EGS (Vienna 1997), Simposio "*Techniques and tools for mapping natural hazards and risk impact on the developed environment*". Lavoro di cui si spera di vedere la fine entro l'anno !

Bibliografia

- Carrara A., Guzzetti F., Cardinali M. e Reichenbach P., 1998. Limitations in modelling landslide hazard. *Proceed. Congr. Int. Ass. Mathematical Geology, Ischia, 5-8 October 1998*.
- Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., e Reichenbach P., 1998. Landslide hazard evaluation: an aid to a sustainable development. *Int. Ass. Geomorphology - Binghamton volumes (in stampa)*.
- Carrara A., Cardinali M., Guzzetti F. e Reichenbach P., 1998. Use of GIS technology in the prediction and monitoring of landslide hazard. In Carrara A & Guzzetti F. (eds.), *Techniques and tools for mapping natural hazards and risk impact on the developed environment, Proceed. EGS 97, Vienna. (in stampa)*.
- Carrara A., M., Guzzetti F. (eds.), 1998. *Techniques and tools for mapping natural hazards and risk impact on the developed environment, Proceed. EGS 97, Vienna. (in stampa)*.
- Carrara A., Pasqui V., 1998. Tecniche per l'accesso e l'elaborazione dei dati geografici in Internet. *Rivista It. Telerilevamento (in stampa)*.

Istituti e Dipartimenti Universitari

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.

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.

Attività di ricerca

La ricerca è stata orientata su cinque diversi 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, lo studio della circolazione atmosferica alla mesoscala, lo studio dei fenomeni di trasporto solido e di colate detritiche (debris flows) in aree di conoide, lo studio di un modello stocastico dei deflussi giornalieri.

Dinamica dei fenomeni valanghivi

Nel corso del primo semestre 1998 è proseguita l'attività di ricerca dell' U.O 3.6 relativa alla modellazione della dinamica dei fenomeni valanghivi. Gli sforzi investigativi sono stati essenzialmente rivolti al miglioramento dei modelli fisico - matematici predisposti nel corso del triennio 1994-1996; l'obiettivo è quello di pervenire alla definizione di strumenti tecnico - scientifici che consentano di affrontare in maniera sempre più sistematica e accurata la mappatura del rischio da valanga e la progettazione degli interventi difensivi. Due sono le direzioni che si sono seguite a questo proposito.

Da un lato è stata effettuata una campagna sistematica di simulazioni di eventi reali con l'obiettivo specifico della validazione e taratura dei modelli predisposti. In questo contesto è stata eseguita, in collaborazione con altri istituti europei operanti nel settore, una raccolta di casi di studio su scala europea. Questo ha garantito la disponibilità di una casistica piuttosto vasta e completa di eventi reali con caratteristiche generali anche molto dissimili (sia in termini di caratteristiche topografiche del sito che di proprietà fisiche della neve), e ha permesso una calibrazione preliminare dei modelli. Sulla base di questa analisi è stato inoltre possibile valutare le potenzialità dei modelli in termini di mappatura del rischio con riferimento a condizioni "operative" (topografia, disponibilità dei dati), anche molto diverse le une dalle altre, e compararle con quelle di altri modelli attualmente in uso in ambito europeo.

Al tempo stesso l'attività di ricerca è stata volta a superare alcuni dei maggiori limiti che i modelli attualmente disponibili ancora presentano. In questo contesto particolare attenzione è stata diretta alla definizione di una legge di resistenza al moto che consenta di descrivere in modo più realistico della legge "pseudo-empirica", attualmente in uso, i processi dissipativi messi in gioco da una valanga durante il suo movimento. E' stata avviata a questo proposito una attività di ricerca specifica volta ad investigare il problema della modellazione reologica per ammassi nevosi in movimento, per ora concretizzatasi nella stesura di un rapporto interno, che costituirà parte di una tesi di dottorato, dal titolo "*Modelli reologici per lo studio degli scorrimenti nevosi*".

Parallelamente è stata avviata una campagna di studi teorico - sperimentali relativi ai fenomeni di erosione/deposito di neve al suolo, che appaiono avere una influenza considerevole su tutte le principali caratteristiche di un evento (distanze di arresto, velocità, altezze di scorrimento) e sono attualmente trascurati nei modelli in uso. Questa attività di ricerca è stata condotta in collaborazione con l'Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe di Davos (SFISAR), e con il Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica di Arabba (CSVDI).

Nel corso dell'inverno 1997-98 sono state eseguite sul sito sperimentale Mt. Pizzac (Dolomiti Bellunesi) misure sperimentali di bilanci di massa su eventi reali; l'analisi dei dati è attualmente in corso di svolgimento.

E' inoltre proseguita l'attività di collaborazione dell'U.O. 3.6 al progetto di ricerca Europeo SAME, il cui termine è previsto il 1 Dicembre 1998.

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, limitati a due eventi di scarsa rilevanza a causa della prolungata siccità della stagione invernale.

Sono stati sviluppati algoritmi ricorsivi di identificazione dei parametri del modello con l'introduzione di vincoli sui valori che i parametri stessi possono assumere ottenendo così un deciso miglioramento nella capacità predittiva del modello.

E' proseguito il 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. Con la gestione informatica di tali informazioni i responsabili della Protezione Civile disporranno così di uno strumento di facile e diretta interpretazione per decidere l'attivazione del piano di emergenza e le conseguenti operazioni di protezione civile.

Nell'ambito della collaborazione con la Prefettura di Pavia e dietro richiesta specifica del Prefetto nel corso dei primi sei mesi del 1998 l'U.O. 3.6 ha inoltre curato la raccolta di informazioni sulle aste idrometriche a lettura diretta dislocate nel territorio della provincia di Pavia (ubicazione planimetrica, localizzazione, descrizione, presenza di capisaldi per l'effettuazione di rilievi topografici, ecc.) e ha prodotto il volume "Monografie degli idrometri a lettura diretta posizionati lungo il corso dei fiumi Po, Ticino e Sesia". E' stato inoltre predisposto un questionario da distribuire ai Comuni nella cui competenza territoriale è situato un idrometro; la compilazione di tali questionari permetterà di integrare il volume sopra citato fornendo al Prefetto di Pavia una alternativa alla ricezione in tempo reale dei dati di livello idrico trasmessi dalla strumentazione a ultrasuoni appositamente installati nel corso degli ultimi tre anni.

Circolazione atmosferica alla mesoscala

Nell'ambito dell'interesse per i problemi di circolazione atmosferica alla mesoscala definito nel programma di ricerca 1998, sono stati individuati alcuni specifici argomenti sui quali l'U.O.3.6 intende focalizzare la propria attività di ricerca.

L'argomento di dinamica atmosferica che si è stabilito di approfondire è quella dell'influenza dell'orografia sulle circolazioni atmosferiche. In particolare, l'approccio scelto è quello dello studio dell'interazione di flussi stratificati (ossia presentanti densità, temperatura e velocità variabili con la quota) con ostacoli idealizzati bi e tri dimensionali.

Tale studio verrà condotto mediante la simulazione numerica; i codici di calcolo che si intende utilizzare sono sia di tipo *ad hoc* per la modellazione delle circolazioni atmosferiche a mesoscala che di tipo *general purpose*, ossia destinati a più generali applicazioni in ambito fluidodinamico. Tali studi sono rivolti in primo luogo alla comprensione di importanti fenomeni atmosferici quali i *downslope winds* (*Bora* e *Foehn*, per esempio) ed i *gap winds* (venti nelle valli).

Preliminarmente alla vera e propria attività di simulazione numerica, si è reso necessario un approfondimento della problematica affrontata. A tale riguardo, è in fase di elaborazione un rapporto interno, che costituirà parte di una tesi di dottorato, di introduzione al problema dell'interazione di flussi stratificati con ostacoli, comprendente sia sviluppi teorici che osservazioni sperimentali raccolti in letteratura. Si intende inoltre aggiornare continuamente tale rapporto tenendo conto dei contributi più recenti.

Altro elemento propedeutico all'attività di ricerca propriamente intesa è consistito nello stabilire rapporti con Enti di ricerca che vantano una consolidata esperienza nel settore della dinamica atmosferica. In particolare, in collaborazione con l'Istituto di Dinamica Oceanica e Atmosferica del Centro Ricerche ENEA - Casaccia di Roma, è stato possibile effettuare alcune simulazioni numeriche relative ai *gap flows*.

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

La scrittura delle equazioni che descrivono il movimento di una corrente detritica rappresenta una questione per certi versi ancora aperta. Sono ormai stati sviluppati vari modelli matematici per i debris flows, ma ciascuno di essi sembra concepito per l'applicazione ad una particolare casistica molto ristretta, per cui risulta difficile, se non impossibile, utilizzarlo in situazioni diverse da quelle per cui il modello è stato realizzato.

Durante la ricerca svolta dall'U.O.3.6 è stata addirittura evidenziata la mancanza in letteratura di una classificazione univoca e rigorosa del fenomeno basata su diversi possibili aspetti quali: opportuni parametri fisici di riferimento (concentrazione, densità, viscosità); composizione granulometrica; differenze tra i tipi di deflusso basate su considerazioni di natura cinematica o fluidodinamica.

E' stato appurato che gli aspetti reologici sono stati oggetto di indagini da parte di numerosi autori senza però che questo abbia consentito di giungere a una comune teoria circa il legame costitutivo caratteristico dei debris flows e dei miscugli granulari solido - liquidi in generale. Il ristretto intervallo di variazione dei parametri e le condizioni, spesso semplificative della realtà fisica, che caratterizzano le esperienze di laboratorio, portano a credere che le considerazioni conclusive a cui si è giunti non possano godere di validità generale. Si ritiene, pertanto, che sia necessario ampliare il numero e il tipo di esperimenti, per approfondire le conoscenze, ancora limitate, in questo campo.

L'analisi del materiale a disposizione ha dimostrato la limitatezza della teoria circa la formazione della colata detritica, esposta in modo esaustivo dal solo Takahashi e basata su ipotesi semplificative della realtà fisica e su considerazioni di natura puramente statica.

Le leggi che governano il movimento in condizioni di moto uniforme sono strettamente legate alle ipotesi fatte circa la reologia del materiale e, pertanto, suscettibili delle stesse critiche. Ne discende che l'intera meccanica dei miscugli granulari solido - liquidi, interpretata nell'ambito di uno schema continuo della materia, deve essere ulteriormente indagata, sia dal punto di vista teorico che dell'approccio sperimentale.

L'attività dell'U.O. sugli aspetti sopra elencati ha fornito i seguenti risultati:

- predisposizione di un modello matematico semplificato per la valutazione rapida delle aree soggette a rischio: è stato elaborato un metodo speditivo derivato da procedure sviluppate presso il Disaster Prevention Research Institute dell'università di Kyoto diretto da Tamotsu Takahashi e da informazioni desunte da altre fonti;
- predisposizione di un modello matematico per il calcolo del moto vario di una colata detritica: è pronta la versione unidimensionale di un modello di moto vario bifase comprendente erosione e deposizione di materiale sul fondo;
- calcolo della velocità di erosione o di deposizione: sono state sviluppate dall'U.O. nuove formule di calcolo, elaborate sulla base dell'interpretazione fisica dei meccanismi erosivi fornita da Takahashi (1991) e da Egashira e Ashida (1987);
- resistenza al moto: è stata verificata la metodologia di Takahashi (1991), che si basa sul modello reologico di Bagnold (1954), saggiandone i limiti in fase sia di modellazione che di interpretazione di dati sperimentali.

Modello stocastico dei deflussi giornalieri

L'analisi delle serie temporali dei deflussi giornalieri secondo un'interpretazione "fisicamente basata", ha suggerito di realizzare un modello stocastico complesso risultante dalla composizione di più processi.

L'analisi delle osservazioni ha evidenziato l'esistenza di due processi distinti modellati con il modello della tendenza a lungo termine, che descrive la modulazione di base nella serie dei deflussi e il modello a breve termine, che interpreta le perturbazioni rispetto alle oscillazioni stagionali. I deflussi giornalieri sintetici sono così ottenuti dalla sovrapposizione, nello spazio dei logaritmi, di tre componenti distinte: la modulazione di lungo termine, la ciclicità stagionale e la portata residua (portata disaggregata).

La serie delle portate residue è stata pensata come una successione di "idrogrammi" collegati tra loro attraverso le portate minime. Il modello delle portate residue si compone di due parti principali: il modello di interrelazione tra gli idrogrammi (modello della durata dell'idrogramma, modello della durata di esaurimento e modello delle portate minime) e il modello interno a ciascun idrogramma (modello delle curve di esaurimento e modello della fase di concentrazione).

Il modello stocastico dei deflussi giornalieri è stato applicato alle serie osservate per quattro bacini idrografici distinti: Po (70091 km²), Arzino (123 km²), Tevere a Ponte Nuovo (4147 km²) e Argentina (192 km²) consentendo, non solo la valutazione delle capacità del modello a rappresentare il processo stocastico osservato, ma anche l'individuazione delle caratteristiche comuni, ovvero delle differenze, nelle serie dei deflussi osservati tra bacini di differente estensione e collocazione climatica.

Il modello si è rivelato in grado di riprodurre gran parte delle caratteristiche riscontrabili nella serie osservata sebbene molte di queste non siano esplicitamente imposte anche se un affinamento della descrizione dell'esaurimento e delle procedure di stima di alcuni parametri dovrebbe portare a un sicuro miglioramento.

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.

Attività di formazione

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

- È stato organizzato il corso dal titolo "Verifica idraulica e gestione delle reti di bonifica con il programma S.O.C.S. - *Simulation Of Channel System*", nel periodo 30 marzo - 1 aprile 1998. Il corso è stato articolato in lezioni e dimostrazioni dell'uso dei codici di calcolo. Le lezioni teoriche hanno illustrato il programma S.O.C.S. nelle sue varie parti dopo alcuni brevi cenni sulle problematiche delle reti idrauliche. Le dimostrazioni hanno riguardato l'uso del programma S.O.C.S. per la simulazione del moto vario nelle reti di canali e, più in generale, nei sistemi rete - bacino. Il programma di calcolo SOCS per la simulazione del moto vario nelle reti idrauliche è stato implementato introducendo la possibilità di trattare sezioni composte con banche e di forma qualunque. È stato notevolmente migliorato ed arricchito il modulo idrologico per la simulazione della formazione delle piene sul bacino, particolarmente importante per le reti di bonifica, sia dal punto di vista del calcolo delle perdite idrologiche, sia da quello del trasferimento in rete (IUH di diverso tipo).
- Sono state tenute alcune lezioni al "Corso di Professionalizzazione Tecnica per la Protezione Civile", organizzato dall'Università di Pavia con il patrocinio dell'Unione Europea, del Ministero del Lavoro e della Regione Lombardia.
 - 7 maggio 1998 "Difesa dalle inondazioni" (prof. L. Natale)
 - 7 maggio 1998 "Simulazione di scenari di rischio da inondazione" (prof. M. Gallati)
 - 14 maggio 1998 "Bacini di montagna" (prof. M. Fugazza)
- Partecipazione al convegno organizzato da AGAC, Bonifica Bentivoglio - Enza e Bonifica Parmigiana - Moglia - Secchia con la collaborazione del Consorzio di Bonifica Agro Mantovano Reggiano e con il Patrocinio del Ministero delle Politiche Agricole, "Rischio idraulico: questo sconosciuto. La sua conoscenza condizione di un suo governo". Il convegno si è svolto a Reggio Emilia in data 22 aprile 1998.
- Partecipazione alla giornata di studio organizzata dall'Archivio di Stato di Roma e dal CNR-GNDCI sotto l'Egida del Comitato Italiano IHP-UNESCO "I rischi del Tevere: modelli di comportamento del fiume di Roma nella storia". La giornata di studio si è svolta a Roma in data 23 aprile 1998.
- Partecipazione al convegno organizzato dalla Regione Lombardia - Direzione Generale Agricoltura - Direzione Generale Urbanistica con il contributo della Banca Regionale Europea "Le aree agricole nella pianificazione del territorio". Il convegno si è svolto a Pavia in data 9 maggio 1998.

- È stato organizzato il corso (suddiviso in due corsi brevi) dal titolo "I problemi di flusso e di trasporto di inquinanti negli acquiferi - con speciale interesse per l'inquinamento da idrocarburi risolti con Groundwater Vistas® e altri codici recentemente aggiornati". Il corso, tenuto in lingua italiana dal Dr. Daniel Feinstein del United States Geological Survey, si è svolto nei periodi 29 giugno-3 luglio 1998 e 6-10 luglio 1998. Il corso, di taglio pratico - applicativo, è indirizzato a ingegneri e geologi che, per la loro attività professionale, siano interessati all'impiego di codici di calcolo potenti e largamente affidabili per la soluzione dei problemi di flusso e di trasporto e diffusione di inquinanti negli acquiferi.
- Organizzazione del corso del CILEA (Consorzio Interuniversitario Lombardo per l'Elaborazione Automatica) "L'impiego della simulazione numerica nei problemi di Idraulica Ambientale", 18-20 Febbraio 1998. 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, mappatura delle aree inondabili.

Attività di collaborazione

L'Unità Operativa 3.6 ha instaurato (o sono proseguite) nei primi sei mesi dell'anno collaborazioni con:

- Servizio Opere Idrauliche e Difesa del Suolo della Regione Lombardia, sulla metodologia per la mappatura del rischio idrogeologico in aree di conoide;
- Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe di Davos (SFISAR) e con il Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica di Arabba (CSVDI) per la sperimentazione nel campo della dinamica valanghiva;
- Comune di Pavia e Prefettura di Pavia per la realizzazione del modello di preannuncio dei livelli di piena del Ticino a Pavia;
- Autorità di Bacino per la definizione delle portate di riferimento lungo l'asta del fiume Po;
- Servizio di Protezione Civile della Regione Lombardia per la predisposizione di un sistema di monitoraggio idrologico in tempo reale e per la redazione del Programma di Previsione e Prevenzione Regionale.

Bibliografia

L. Natale: Valutazione del rischio idraulico nel territorio della bonifica Bentivoglio - Enza, Pubblicazione del Consorzio di Bonifica Bentivoglio - Enza, Tecnograf. S.p.A., 1998.

M. Fugazza: "Utilizzazione e regime delle acque", Convegno "Le aree agricole nella pianificazione del territorio" organizzato dalla Regione Lombardia - Direzione Generale Agricoltura - Direzione Generale Urbanistica con il contributo della Banca Regionale Europea, Pavia, 9 maggio 1998.

Saltalippi C. e Natale L.: A Moving Horizon Based Approach for Real Time Flood Forecasting, Proceedings of the IASTED/ISMM International Conference "Modelling and Simulation", Pittsburgh, Pennsylvania, USA, May 13-16, 1998.

N. Tartaglione, P.M. Ruti, P. Espa: Mesoscale Idealized Gap Flows, MAP Meeting 1998 Chamonix Mont-Blanc, 17-19 June 1998.

L. Natale, F. Rossi e B. Sirangelo: A review of dam-break studies in Italy, Dam Safety, L. Berga (ed.), Volume 1, Proceedings of the International Symposium on "New Trends and Guidelines on Dam Safety", Barcelona, Spain, June 17-19, 1998.

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

Metodologie GIS per la valutazione del rischio di allagamento

Sommario

Le attività di ricerca che l'U.O. 3.11 ha intrapreso nel 1998 hanno come obiettivo la messa a punto di metodologie, le quali, attraverso l'uso di strumenti che nel prossimo futuro saranno

sempre più diffusi nella utilizzazione delle informazioni territoriali (i Sistemi Informativi Territoriali), consentano di gestire tali informazioni, e di fornire strumenti attraverso cui valutare, a scala anche regionale, l'aspetto idraulico della propagazione delle acque.

Introduzione

Un concreto supporto per l'analisi delle problematiche legate alla gestione e alla pianificazione urbanistica del territorio è rappresentato dalle tecniche proprie dei GIS (Geographic Information Systems), connesse all'uso di modelli in grado di descrivere le caratteristiche del territorio stesso utilizzando i dati in forma distribuita.

Le potenzialità di un GIS trovano, tra l'altro, una idonea applicazione nella analisi del complesso fenomeno dell'allagamento di aree, più o meno estese, latitanti un corso d'acqua: le possibilità di stima dei danni causati da un'alluvione, così come l'attuazione dei provvedimenti atti a limitarli, sono ovviamente subordinati alla preliminare individuazione delle aree vulnerabili.

Sintesi dell'attività svolta

L'attività di ricerca riguarda una procedura, semplice e di rapida applicazione, che consenta la perimetrazione delle aree a differente rischio di allagamento tramite la realizzazione di carte del rischio potenziale di inondazione: l'analisi prescinde dalla conoscenza dell'entità e delle modalità di propagazione dei volumi idrici esondati, in quanto la individuazione delle aree inondabili viene effettuata sulla base di parametri morfologici quali la pendenza del terreno, la direzione di deflusso all'interno di ciascuna unità elementare in cui la zona analizzata viene suddivisa, la distanza dal corso d'acqua e la quota topografica dell'area elementare, fattori tutti che sono sintomatici del rischio cui una data area può essere esposta.

Un contributo essenziale alla stesura di simili mappature è rappresentato proprio dall'uso degli strumenti tipici dei GIS, i quali consentono di sviluppare modelli in grado di correlare le diverse entità spaziali: la costruzione di Modelli Digitali delle Elevazioni (DEM), in particolare, insieme all'applicazione delle tecniche proprie dei GIS, consente di effettuare una classificazione delle "aree a rischio" in funzione di quanti e quali "fattori di rischio" siano presenti contemporaneamente su di esse.

Nell'ambito di una tale procedura è particolarmente importante tener conto dell'incertezza introdotta dalla scelta dei valori di soglia, discriminanti la presenza ovvero l'assenza del rischio, i quali rappresentano i parametri di maggiore interesse: il problema può essere convenientemente affrontato introducendo i concetti propri della logica fuzzy.

La maggiore flessibilità di tale logica (Ross, T.J., 1995) rispetto alla metodologia classica, consiste nella possibilità di assegnare a ciascuna area elementare, sulla base del valore ivi assunto dalla grandezza indice x , un "grado di appartenenza" $\mu(x)$, variabile tra 0 e 1, all'insieme "zone a rischio di inondazione", senza che sia necessario discriminare in maniera netta fra le situazioni assolute di "rischio" e "non rischio."

Oltre ad essere influenzata dalla scelta dei valori di soglia dei parametri morfologici indice del rischio di inondazione, l'affidabilità di una mappa del rischio a priori è ovviamente limitata dalla precisione associata alla scala di riferimento: è opportuno, pertanto, che i risultati ottenuti siano verificati tramite l'applicazione di metodologie che consentano, seppure in via approssimata, di rappresentare il fenomeno dell'allagamento e di individuare la distribuzione delle massime altezze idriche raggiungibili all'interno dell'area oggetto di studio.

In definitiva, le mappe del rischio potenziale di inondazione possono essere considerate uno strumento semplice, rapido e sufficientemente affidabile per la delimitazione di aree allagabili: l'applicazione e la valutazione della metodologia proposta possono essere condotte con riferimento sia ad aree extraurbane, sia a zone densamente urbanizzate.

Va peraltro sottolineato come l'utilizzazione di informazioni derivanti dalla morfologia può consentire di ottenere risultati comparabili, in termini di probabilità di errore, con quelli derivati dall'applicazione di modelli idrologico-idraulici privi di calibrazione.

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

In questo senso l'affinamento di un modello di propagazione bidimensionale agli elementi finiti basato sulle equazioni di De Saint Venant ha permesso di comprendere l'affidabilità del modello e soprattutto, della sua risposta.

Infatti, la capacità predittiva di questi strumenti, in termini soprattutto di ricostruzione e individuazione delle aree inondabili, è strettamente legata alla scelta dei dati d'ingresso quali la rappresentazione numerica della topografia delle aree, la valutazione dei coefficienti di scabrezza idraulica, gli idrogrammi di piena. In pratica, cioè, si tratta di definire sia una pre-elaborazione dei dati basata su una buona modellistica del terreno, sia di valutare i parametri da assegnare al modello sulla base delle caratteristiche topografiche, della presenza di infrastrutture, della copertura vegetale. In questo senso, l'affinamento della modellistica è preliminare alla determinazione degli allagamenti

Il prosieguo della ricerca ha evidenziato, infatti, l'importanza di questi parametri nell'accettabilità delle predizioni. L'uso di tecniche statistiche e di tecniche fuzzy ha messo in luce quanto le caratteristiche fisiche degli allagamenti (altezze idriche e velocità di propagazione) siano affette da una incertezza modellistica, quantificandola e indicando dei criteri per la sua valutazione.

Elenco dei prodotti nel I semestre 1998

- Modello idraulico bidimensionale agli elementi finiti a parametri di ingresso distribuiti
- Sistema Informativo Territoriale per aree urbane ed extraurbane per l'identificazione di zone a rischio di allagamento

Bibliografia

Sono in fase di completamento, infine, le seguenti pubblicazioni:

G.Aronica, C.Nasello, T.Tucciarelli, A 2D Multilevel Model for Flood Propagation in Flood Affected Areas ASCE - Journal of Water Resources Planning and Management, Vol.124, n.4, Luglio 1998;

E.Oliveri, L.Noto, P.Calabrò, Metodologie semplificate per la delimitazione di aree a rischio di inondazione, Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Catania, 9-12 Settembre 1998;

L. Noto, E.Oliveri, M. Santoro, I sistemi informativi territoriali nella delimitazione delle aree a rischio di inondazione, Convegno su " Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo", Accademia dei Lincei, Roma, 1-2 Ottobre 1998.

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

Metodologie e tecniche non strutturali

Obiettivi

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.

Un obiettivo principale 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. Uno secondo obiettivo riguarda l'interferenza tra i fenomeni alluvionali e la rete dei trasporti.

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 in attuazione della legge n.225/92, per l'intervento tecnico-scientifico in condizioni di emergenza, attività di ricerca e di vigilanza

scientificamente relativamente ad aree esposte a rischio idrogeologico e fornitura di consulenza scientifica e tecnica nel settore del rischio idrogeologico.

In tale ambito l'attività U.O. 3.12 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, le infrastrutture di trasporto 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 1998 si è sviluppata secondo due linee principali: analisi delle interferenze tra eventi intensi di precipitazione e fenomeni alluvionali con la circolazione stradale e sviluppo di tecnologie avanzate di misura per il preannuncio delle piene.

Interazione fra eventi idrologici estremi e traffico viario

I presupposti della linea di ricerca derivano da precedenti studi che hanno evidenziato come il maggior numero di vittime in caso di evento alluvionale si riscontrino in corrispondenza di interferenze tra l'esondazione e il traffico viario. Inoltre, nel contesto di inondazioni in ambito urbano è stato più volte osservato che corpi mobili normalmente presenti nel reticolo viario, quali autoveicoli e motocicli parcheggiati, interferiscono in modo rilevante col moto del fluido, sia a causa delle loro dimensioni che della loro mobilità. È inoltre noto come sia spesso sufficiente un evento di precipitazione particolarmente intenso, anche non in presenza di fenomeni alluvionali, per provocare una diminuzione delle condizioni di sicurezza nella guida. In questo ambito si è quindi proceduto a sviluppare due distinte attività di ricerca.

La prima è quindi orientata alla quantificazione dell'interazione tra corpi mobili e flusso, sia in termini di resistenza opposta al moto che di condizioni di inizio del moto dell'ostacolo stesso, anche tramite analisi statistica della formazione spontanea di agglomerati di ostacoli una volta che questi si siano mobilitati. L'analisi è condotta su una situazione semplice, riproducibile con modello idraulico fisico: una strada urbana rettilinea con vetture parcheggiate in modo regolare, per evidenziare la dipendenza del fenomeno dai parametri che caratterizzati da maggiore variabilità (profondità della corrente, disposizione planimetrica delle autovetture, ingombro della sede stradale).

Allo stato attuale, dopo un'analisi preliminare della dinamica del fenomeno che ha permesso l'assunzione di alcune ipotesi semplificative, è iniziato l'allestimento dell'apparato sperimentale. La seconda attività, ovvero analisi della correlazione tra eventi di precipitazione e condizioni di sicurezza della guida, si è sviluppata attraverso l'individuazione preliminare di zone caratterizzate da frequenti e intensi fenomeni meteorologici che presentassero inoltre caratteristiche della sede stradale particolarmente gravose dal punto di vista della sicurezza, ovvero tendenza all'accumulo delle acque di pioggia; lo scopo è valutazione dello spessore di acqua sul manto stradale in funzione dell'intensità di precipitazione e dell'influenza della permeabilità della superficie e della sua variabilità spaziale sulla formazione del velo idrico.

In parallelo è stata progettata una stazione sperimentale di monitoraggio, composta da una telecamera, un pluviometro, un disdrometro e un apparato per l'attivazione del sistema di misura nel caso di precipitazioni intense. Tale stazione è in fase di realizzazione.

In questo ambito è stata attivata anche una collaborazione con la Società Autostrade e le Ferrovie, in questo primo semestre di tipo interlocutorio e organizzativo, per l'eventuale valutazione del rischio lungo le infrastrutture di trasporto.

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 a scala di bacino al fine di verificare la possibilità di prevedere condizioni critiche di piena con un tempo di preavviso sufficiente per l'organizzazione di efficienti piani di protezione civile. In questo ambito al fine di sperimentare un sistema per la valutazione del grado di saturazione del suolo per la predizione degli stati di piena e la diffusione della conoscenza del relativo grado di rischio sono state elaborate immagini da satellite Landsat Thematic Mapper, per ottenere alcuni indici del contenuto d'acqua nel suolo e

produrre delle mappe di umidità per una parte del bacino dell'Arno. L'elaborazione è stata effettuata relativamente a due immagini del 1991 corrispondenti a due situazioni stagionali nelle quali si suppone che il terreno si trovi in condizioni idrologiche diverse.

Sulle immagini è stata effettuata un'analisi delle Componenti Principali per ottenere delle informazioni che siano direttamente relazionabili alle condizioni del suolo e il meno possibile influenzate da altri fattori quali la presenza di copertura vegetale.

Inoltre allo scopo di migliorare la ricostruzione dei fenomeni di interazione acqua-terreno è stato messo a punto un metodo per ricostruire la variabilità spaziale di alcune proprietà idrologiche fondamentali attraverso strategie di generazione casuale di dati (metodo Monte Carlo), basato sulle caratteristiche pedologiche e le condizioni fisiografiche (pendenza, esposizione) del terreno. Le proprietà così ottenute sono state utilizzate per l'applicazione di un modello idrologico distribuito, con il quale è stato valutato con passo giornaliero il grado di saturazione del suolo in uno dei principali sottobacini dell'Arno, quello del fiume Era. I risultati preliminari del modello ovvero le mappe di saturazione ottenute dal modello per le due date corrispondenti alle immagini, sono state infine confrontate statisticamente con gli indici di umidità ottenuti da satelliti, valutando l'andamento dei risultati nelle varie condizioni di tipo di suolo e copertura vegetale.

Relativamente al sottoprogetto VAPI, finalizzato alla valutazione delle piene sono state completate le indagini relative su un'area comprendente il territorio di competenza del Servizio Idrografico di Pisa ed i bacini del Fiora e del Magra. L'analisi dei dati relativi alle 484 stazioni di misura distribuite sul territorio indagato ha convalidato l'ipotesi di suddivisione in 3 zone omogenee di primo livello, ed in 4 sottozone omogenee di secondo livello. È in fase di completamento il controllo e la validazione dei dati per l'allestimento di un sistema informativo contenente oltre ai dati già raccolti sulle precipitazioni, i dati di portata massima annua per le stazioni idrometrografiche ricadenti nel comprensorio analizzato, nonché le caratteristiche geografiche delle stazioni, quali quota sul livello del mare, esposizione, pendenza media del versante e distanza dal mare.

In parallelo e preliminarmente sono stati inoltre condotti studi al fine di verificare la possibilità di utilizzare, quale funzione di probabilità cumulata di pioggia, combinazioni di distribuzioni di Gumbel costruite e pesate in maniera differente dalla TCEV. A questo scopo è già stata avviata un'analisi dei dati con una distribuzione a cinque parametri, ottenuta dalla somma pesata di due funzioni di Gumbel rappresentative delle due popolazioni di pioggia (straordinaria ed ordinaria) già individuate dalla TCEV. I risultati ottenuti finora suggeriscono lo studio inferenziale di tale funzione di distribuzione così da ottenere una valutazione dei parametri che minimizzi l'errore residuo.

In questo primo semestre, tra le attività della U.O vi è stata inoltre la partecipazione alle varie fasi dell'esercitazione Nazionale di Protezione Civile "Arno 32" sul rischio idrogeologico, che si terrà a Firenze Domenica 8 Novembre 1998.

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

Sommario

Il presente rapporto riferisce sulle attività di ricerca e relativi risultati ottenuti della U.O. 3.15 nel corso del primo semestre 1998. Tali attività hanno riguardato lo studio di metodi di stima del vapor d'acqua mediante sensori satellitari.

Il vapore d'acqua in atmosfera riveste un ruolo di primaria importanza in discipline come la meteorologia, la climatologia e l'idrologia, con applicazioni che vanno dalla previsione del tempo, alla stima del flusso di calore latente, allo studio dell'interazione mare-atmosfera e dell'effetto serra, all'affidabilità delle collegamenti di telecomunicazioni. Poiché la presenza di vapore d'acqua è altamente correlata con la formazione di nubi e di precipitazione, una descrizione accurata della distribuzione di umidità sia nello spazio che nel tempo è cruciale nello studio del complesso dei fenomeni atmosferici mediante modelli numerici di previsione meteorologica. È dunque necessario uno sforzo per cercare di migliorare le stime e le tecniche di analisi del vapore d'acqua.

Anche se il modo più diretto per misurare il vapore d'acqua è quello di utilizzare le osservazioni da radiosondaggi, vi sono alcuni aspetti correlati a tale tecnologia (come ad esempio l'alta variabilità spaziale e temporale del vapore d'acqua o gli alti costi per coprire vaste aree in mare) che hanno spinto la comunità scientifica verso tecniche da telerilevamento sempre più accurate grazie sia alla migliorata accuratezza radiometrica, sia alla più avanzata modellistica del trasporto della radiazione.

Nel bacino del Mediterraneo sono state eseguite poche campagne di validazione e di studio: per questa ragione si è scelto di concentrare le ricerche su questa importante area. A causa della sua relativamente piccola estensione, della sua localizzazione in latitudine e dell'estrema importanza di stimare la distribuzione verticale di parametri quali la temperatura, il vapore d'acqua e la pressione, è stato implementato un metodo di misura basato su un modello fisico di trasporto radiativo.

Tale modello diretto – sviluppato allo stato attuale per condizioni di cielo sereno – considera il trasferimento polarizzato di radiazione monocromatica in atmosfera piano-parallela in assenza di scattering e in equilibrio termodinamico locale, in approssimazione di Rayleigh-Jeans, ben verificata nella regione spettrale delle microonde. Tramite esso vengono calcolate, introducendo opportune condizioni al contorno, le temperature di brillanza alla cima dell'atmosfera in polarizzazione verticale ed orizzontale, in funzione dei parametri fisici atmosferici, delle condizioni al contorno scelte e della frequenza di osservazione. Calcolando lo scarto quadratico medio minimo fra le temperature calcolate in corrispondenza delle frequenze di osservazione del radiometro a microonde SSM/I e le temperature di brillanza misurate da tale radiometro si possono misurare i profili efficaci di temperatura, pressione e vapore d'acqua oltre che l'acqua precipitabile totale.

I valori di acqua precipitabile totale misurati vengono poi confrontati con quelli ottenuti tramite algoritmi statistici di largo uso, a partire direttamente dalle temperature di brillanza misurate dal sensore.

Riferimenti

H. J. Liebe, "MPM - an atmospheric millimeter-wave propagation model," *Int. J. Infrared Millimeter Waves*, vol. 10, No. 6, pp. 631-650, 1989.

J. R. Wang and L. A. Chang, "Retrieval of water vapour profiles from microwave radiometric measurements near 90 and 183 GHz," *J. Appl. Meteor.*, vol. 29, pp. 1005-1013, 1990.

G. Poe, "Optimum interpolation of imaging microwave radiometer data," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 28, No 5, pp. 800-810, 1990.

S. Nativi, E.C. Barrett, and M.J. Beaumont, "Microwave Monitoring of Rainfall: Intercomparison of data from the Chillbolton radar and the DMSP- SSM/I", *Meteorological Applications Journal*, 4, pp. 101-114, 1997.

P. Schluessel, and W.J. Emery, "Atmospheric water vapour over oceans from SSM/I measurements", *Int. Journal of Remote Sensing*, , vol. 11, pp. 753-766, 1990.

U.O. 3.16 - Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (Univ. di Genova) [Resp. Prof. G. Roth]

Previsione e valutazione degli eventi idrometrici estremi. Sviluppo di tecniche di previsione e disaggregazione dei campi di precipitazione e di modellistica idrologica distribuita a scala regionale.

Sommario

L'attività svolta dall'Unità Operativa 3.16 può essere suddivisa in:

- ricerca;
- consulenza e supporto tecnico.

Attività di ricerca

L'obiettivo complessivo delle ricerche condotte presso il CIMA dalla Unità Operativa 3.16 è lo sviluppo di modellistica idrologica finalizzata alla predizione degli effetti al suolo di campi di precipitazione previsti da modelli meteorologici. Si è quindi provveduto a sviluppare, sia modelli di disaggregazione dei campi di precipitazione previsti al fine di ripristinare la congruenza di scala spaziale e temporale con la modellistica idrologica, sia modelli idrologici afflussi deflussi appropriati per la previsione delle piene in tempo reale a scala regionale in ambienti ad orografia tormentata.

Sviluppo di tecniche di previsione e disaggregazione dei campi di precipitazione

Nel corso del primo semestre 1998 è proseguita l'attività di ricerca dell'U.O. 3.16 relativa allo sviluppo di tecniche di disaggregazione dei campi di precipitazione.

Uno dei maggiori problemi che riguardano le procedure operative di previsione delle piene in regioni caratterizzate da orografia complessa e forti precipitazioni di origine convettiva è rappresentato dalla mancanza di conoscenza delle proprietà statistiche a scala fine dei campi di precipitazione. Le più recenti proposte suggeriscono di colmare l'incongruenza tra le scale dei modelli a circolazione globale (GCM) e le scale spazio-temporali di risposta dei bacini delle regioni mediterranee ad orografia tormentata, attraverso l'utilizzo di modelli di disaggregazione basati sulla geometria multifrattale. Il modello proposto dall'Ing. Roberto Deidda per la generazione di campi multifrattali definiti positivi, attraverso uno sviluppo di wavelet definite positive con coefficienti estratti da una cascata stocastica, è stato tarato e validato nel tempo utilizzando le serie storiche pluviometriche ad alta risoluzione osservate a Genova ed a Milano. I risultati hanno mostrato come le proprietà statistiche delle serie pluviometriche osservate poco si discostano da quelle dei segnali generati.

Sono in corso su una ventina di serie storiche di stazioni pluviometriche site in Regione Piemonte ulteriori indagini per analizzare la funzione di struttura e stimare i parametri del generatore di tipo log-poissoniano per la costruzione di segnali di precipitazione disaggregati nel tempo. Nello spazio le analisi dei campi di precipitazione sono state eseguite sui dati radar della campagna GATE (GARP, Global Atmospheric Research Program, Atlantic Tropical Experiment), però la comprensione delle proprietà di scala della statistica dei campi di pioggia risulta ancora lacunosa per la mancanza di dati affidabili e di diversi ordini di grandezza. Infatti un altro risultato della modellazione multifrattale nel tempo è stato quello di evidenziare la necessità, per indagare le proprietà della funzione di struttura della precipitazione nello spazio, di conoscere almeno quattro ordini di grandezza della scala del campo di precipitazione. Si è iniziata quindi una fase di raccolta ed archiviazione di dati spazio-temporali provenienti da diversi sensori:

- dati provenienti dal radiometro SSM/I alle microonde passive, a bordo del satellite polare DMSP (Defence Meteorological Satellite Program), a 4 frequenze di cui tre a doppia polarizzazione;
- dati provenienti dal radar e dal radiometro a bordo del satellite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), satellite che ruota ad un'altezza di 350 km con un'inclinazione di 35° rispetto all'equatore;
- dati provenienti dalla rete radar nello stato dell'Arkansas – Red Basin, USA.

L'analisi dei dati è attualmente in corso di svolgimento.

Parallelamente l'unità operativa 3.16 ha partecipato alla stesura del "proposal in response to Nasa AO-98-OES-01" per la stesura progettuale della missione OMEGA-SAT (An Advanced Microwave Observatory for Multi-parameter and Vertical Motion Measurements in Precipitating Clouds), che rappresenta una missione di caratteristiche simili al TRMM che ha come scopo lo studio delle precipitazioni alle medie latitudini e quindi sull'area mediterranea. Su tali dati verrà effettuata una stima delle caratteristiche multifrattali dei campi di precipitazione convettiva bi e tri-dimensionali e sarà testata la capacità dei modelli di disaggregazione di riprodurre tali caratteristiche.

Modellistica idrologica distribuita a scala di bacino

Alcuni ambienti morfologici sono caratterizzati da strutture drenanti di dimensioni spaziali estremamente ridotte, tali che l'intervallo temporale intercorrente tra un evento intenso di precipitazione e la relativa piena risulta estremamente limitato. Gli strumenti previsionali operanti in tempo reale devono conseguentemente fare riferimento a informazioni di fonte meteorologica sul campo di precipitazione ed essere in grado di simulare l'evento complessivo su un'area geografica estesa. Ne deriva la necessità di identificare una schematizzazione dei processi fisici semplice e in grado di mantenere comunque una robusta capacità descrittiva, eventualmente anche a scapito dell'accuratezza nella riproduzione degli aspetti ritenuti di minore rilevanza. La forma della risposta idrologica di un sistema idrografico ad eventi intensi di precipitazione è fortemente dominata dalla morfologia del bacino e, conseguentemente, dai diversi processi che contribuiscono a determinare la dissezione del territorio per crescita e biforcazione della rete idrografica. Lo sviluppo verso monte dei drenaggi superficiali è limitato da una soglia di canalizzazione che costringe il versante ad assumere una lunghezza tale da permettere la formazione ed il sostentamento del drenaggio alveato. La variabilità spaziale nelle caratteristiche del territorio si riflette nella eterogeneità della lunghezza dei versanti e della densità dei drenaggi, eterogeneità di particolare rilievo nello studio della risposta idrologica: l'inizio del deflusso alveato rappresenta infatti il punto di confine, lungo il percorso superficiale del deflusso, fra due diversi specifici processi di trasporto.

Sulla base di queste considerazioni è stato sviluppato un modello semi - distribuito in grado di simulare la risposta di un sistema idrografico a eventi singoli di precipitazione. I dati di ingresso necessari al modello, distribuiti su una maglia regolare georeferenziata che copre il territorio in esame, consistono, per ogni cella della maglia, nella quota media del terreno da cui è possibile derivare percorso di drenaggio seguendo la linea di massima pendenza e area drenata a monte, e nelle specifiche caratteristiche del terreno connesse al processo di infiltrazione. La struttura idrografica ottenuta mette in evidenza le componenti, alveate e non, del deflusso superficiale e permette di introdurre informazioni relative alla cinematica dei processi idraulici che per le due componenti hanno rispettivamente luogo. La scala della risposta idrologica è quindi determinata assumendo velocità diverse, V_v e V_c , rispettivamente a rappresentare la propagazione del deflusso sui versanti e nei canali, elementi caratterizzati da scale cinematiche che differiscono di almeno un ordine di grandezza. La distribuzione dei tempi di corrivazione alla foce, determinati dalla combinazione delle distanze percorse alle diverse velocità, ricalcando la struttura del reticolo alveato, evidenzia l'importanza relativa delle diverse porzioni di territorio nella formazione della risposta idrologica.

Il modello riproduce la distribuzione spaziale della produzione di ruscellamento e può tenere in conto la variabilità spazio-temporale delle piogge e le eterogeneità spaziali delle caratteristiche del suolo: il processo di generazione del ruscellamento è simulato utilizzando il metodo proposto dal U.S. Soil Conservation Service, che permette la parametrizzazione delle caratteristiche del suolo per mezzo di un unico parametro sintetico. Il modello necessita della taratura di cinque parametri: due sono legati al riconoscimento della struttura della rete idrografica - k , AS^k -, due alla cinematica del deflusso - V_v , V_c - e uno alla rappresentazione delle condizioni iniziali di umidità del suolo antecedenti l'evento di precipitazione - AMC -.

L'andamento temporale del deflusso, determinabile per ogni sezione appartenente alla rete idrografica, è ottenuto applicando il concetto dell'integrale di convoluzione, base della teoria dei sistemi lineari formalizzata nel metodo dell'IUH, anche se con alcune differenze: la risposta istantanea unitaria di bacino è infatti usualmente tempo-invariante mentre nel modello qui descritto la rappresentazione spazio-temporale delle piogge e delle caratteristiche del territorio porta ad una risposta istantanea unitaria tempo-variante, che tiene conto della distribuzione spazio-temporale del ruscellamento all'interno del bacino.

La calibrazione dei parametri e la loro validazione è stata condotta con riferimento ad un campione significativo di eventi intensi registrati sia in termini di precipitazioni sia di portate in alcuni bacini liguri di varia scala spaziale: Bisagno $\approx 100 \text{ km}^2$, Vara $\approx 200 \text{ km}^2$, Centa $\approx 400 \text{ km}^2$ e Magra $\approx 1000 \text{ km}^2$ considerando sia la portata al colmo sia la forma della risposta. I

risultati della calibrazione mostrano come sia possibile proporre un unico insieme per i valori dei parametri morfologici e cinematici – $k=1.7$, $AS^k=1 \cdot 10^5 \text{ m}^2$, $V_v=0.16 \text{ ms}^{-1}$, $V_c=2.5 \text{ m s}^{-1}$. I risultati presentati sono ottenuti tutti con tali valori dei parametri, mentre è consentito solo al parametro che misura le condizioni di bagnamento antecedente del suolo di essere determinato diversamente da evento a evento, com'è naturale. E' evidente dai risultati che essi si riferiscono a bacini che appartengono ad una regione omogenea dal punto di vista morfologico e climatico, ma che tuttavia presentano diversa localizzazione geografica e dimensione planimetrica estremamente variabile. Il realistico valore delle velocità ottenute in calibrazione, rafforza la convinzione che le componenti della rete di drenaggio, efficaci ai fini della formazione della risposta idrologica, siano bene identificate dall'approccio morfologico utilizzato e avvalora l'idea di poter ottenere una buona rappresentazione della risposta di bacini idrografici, sollecitati da eventi intensi, appartenenti alla costa del Mediterraneo settentrionale. L'invarianza dei parametri morfologici e cinematici è comunque la caratteristica più interessante del modello sia dal punto di vista teorico, sia da quello applicativo. La robustezza mostrata in calibrazione e validazione permette l'utilizzo del modello in fase di simulazione previsionale in tempo reale anche su bacini non strumentati.

Attività di consulenza e supporto tecnico

- Partecipazione alla Commissione per la stesura del Piano di Emergenza Bacino PO.
- Partecipazione al gruppo di lavoro per l'elaborazione di una direttiva specifica per la pianificazione dell'emergenza nelle aree della Campania esposte al rischio di colate di fango e individuate ai sensi dell'Ordinanza n. 2787/98 del Dipartimento della Protezione Civile.
- Partecipazione alle riunioni tecniche del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino della Regione Liguria.
- Partecipazione alle riunioni tecniche del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino della Provincia di Savona.
- Partecipazione alle riunioni tecniche del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino della Provincia di Imperia.
- Studi relativi al piano stralcio di bacino del fiume Magra riguardanti la valutazione delle aree inondabili e le relative proposte operative – Responsabile Prog. G. Roth – Finanziamento REGIONE LIGURIA e REGIONE TOSCANA.
- Studio di fattibilità di un Centro di Eccellenza nella depurazione - Responsabili Prof. M. Rovatti e Prof. F. Siccardi - Finanziamento REGIONE LIGURIA.
- Realizzazione e messa a punto di un sistema di monitoraggio e preallarme finalizzato alla costituzione di un Centro Meteo-Idrologico sperimentale in Liguria - Responsabile Prof. F. Siccardi – Finanziamento REGIONE LIGURIA.
- Partecipazione e coordinamento al Progetto ACROSS – Analyzed Climatology of Rainfall Obtained from Satellite and Surface data for the mediterranean basin - Responsabile Prof. F. Siccardi – Finanziamento Programma Europeo AVICENNE.
- Progettazione e realizzazione della rete di rilevamento dati meteorologici, idrologici e nivologici dell'Osservatorio Meteo-Idrologico della Regione Liguria - Responsabile Prof. F. Siccardi – Finanziamento REGIONE LIGURIA.
- Valutazioni meteo-idrologiche per la caratterizzazione delle precipitazioni intense e della risposta al suolo nei bacini montani delle Alpi Marittimi sul versante francese ed italiano - Responsabile Prof. F. Siccardi – Finanziamento REGIONE PIEMONTE – Programma EU/INTERREG II.
- Realizzazione di un atlante delle piogge intense sulle Alpi occidentali italo-svizzere - Responsabile Prof. F. Siccardi – Finanziamento REGIONE PIEMONTE – Programma EU/INTERREG II.
- Partecipazione e coordinamento al Programma EU/INTERREG IIC per la gestione del territorio e la prevenzione dalle inondazioni - Finanziamento Programma EU/INTERREG IIC.

Bibliografia

- Ferraris, L., A. Romairone e F. Siccardi, From flood forecasting to regional warning, *Annales Geophysicae*, 16(IV), C1170, 1998.
- Boni, G., A. Cavallo, L. Ferraris, P. Gollo, A. Romairone e C. Versace, The experience of the Liguria region in the extreme events management, *Annales Geophysicae*, 16(IV), C1173, 1998.
- Boni, G., A. Cavallo, L. Ferraris e A. Romairone, Flood Forecasting in small e medium catchments, Proceedings of the 25th International Conference on Alpine Meteorology, 209-213, Torino, 14-19 Settembre, 1998.
- Boni, G., A. Cavallo, L. Ferraris, P. Gollo, A. Romairone e C. Versace, "Management of the hydrometeorological risk in Alpine and Apenninic environment", Booklet of Abstracts of 25th International Conference on Alpine Meteorology, 71, Torino, 14-19 Settembre, 1998.
- Boni, G., L. Ferraris e F. Siccardi, Will Pilgrims of the Year 2000 Jubilee be Flooded in Rome?, American Geophysical Union Fall Meeting, S.Francisco, Dicembre, 1998.
- Deidda, R., R. Benzi e F. Siccardi, Multifractal Analysis of rainfall fields in space and time, *Annales Geophysicae*, 16(IV), C1080, 1998.
- Deidda, R., R. Benzi, e F. Siccardi, A model for numerical simulation of the statistical properties of precipitation fields, *Annales Geophysicae*, 16(IV), C1080, 1998.
- Parodi, U., L. Ferraris, L. Colla e F. Siccardi, The experience of intensive training courses for the enhancement of professional competencies in the field of natural disasters mitigation, International Symposium The Learning Society and Water Environment, Parigi, 2-4 Giugno, 1999.
- Balsamo, I. e G. Roth, Sul ruolo della morfologia delle sezioni idriche nella stima del minimo deflusso vitale, Convegno Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1-2 Ottobre, 1998.
- Giannoni, F., G. Roth, R. Rudari e F. Siccardi, Sul ruolo di versanti e canali nella modellazione idrologica distribuita: primi risultati, Convegno Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1-2 Ottobre, 1998.
- Giannoni, F., G. Roth, R. Rudari e F. Siccardi, A hydrological response model founded on watershed morphology, American Geophysical Union Fall Meeting, S.Francisco, Dicembre, 1998.
- Roth, G., e F. Siccardi, The Italian policy for the mitigation of flood effects, American Geophysical Union Fall Meeting, S.Francisco, Dicembre, 1998.

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

Sommario

Nell'ambito del progetto METEO, l'attività di ricerca dell'U.O. 3.24 durante il primo semestre 1998 è stata indirizzata su due obiettivi: 1) 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 (*range related bias*) e per la correzione di errori dovuti ad una distorsione uniforme del campo radar (*mean field bias*); 2) sviluppo di procedure di integrazione radar-satellite (METEOSAT-IR).

Nell'ambito del progetto MIEP, è stata condotta un'analisi di validazione dell'affidabilità delle stime radar di precipitazione (corrette e non corrette per le sorgenti di errore sopra menzionate) per la previsione dell'idrogramma di piena in bacini caratterizzati da orografia accidentata.

Progetto METEO

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 ed 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 1998 tale ricerca è stata proseguita con lo scopo di sviluppare e testare procedure per la correzione del *mean field bias*. Le procedure di correzione per le due diverse sorgenti di distorsione (*mean field* e *range-dependent*) sono quindi state integrate dando luogo ad una metodologia di correzione combinata, le cui potenzialità sono state testate su una serie di 6 eventi di piena osservati in corrispondenza di due bacini idrografici (Posina ed Alpone, di area rispettivamente pari a 116 e 77 km²). I baricentri dei due bacini distano dal radar circa 60 km nel caso del bacino del Posina e 38 km nel caso dell'Alpone (Figura 1). Da un punto di vista altimetrico, l'area è prevalentemente occupata dai rilievi delle Prealpi Venete. Maggiori dettagli sulle caratteristiche fisiografiche dei bacini sono riportati da Borga et al. (1998).

Una rete costituita da 52 stazioni pluviografiche gestite dal CSIM ha fornito le misure di precipitazione oraria utilizzate per il confronto. La posizione delle stazioni è evidenziata in Figura 1, in cui è riportata anche l'area di studio. Solo le misure di precipitazione rilevate da 12 pluviografi (vedi Figura 1), tutti distanti dai bacini di studio, sono state utilizzate per rimuovere il *mean field bias*. Il confronto è stato effettuato per sei eventi di precipitazione, descritte sinteticamente in Tabella 1. Per ciascun bacino e per ciascun evento di precipitazione sono state calcolate, sulla base dei dati misurati da pluviografo e tramite kriging, le precipitazioni medie areali ad intervalli orari. Analogamente, le stime radar di precipitazione ottenute rispettivamente ad elevazione 1.5° e 2.5° sono state cumulate ad intervalli orari ed aggregate spazialmente su ciascun bacino; sul bacino dell'Alpone sono state utilizzate e comparate le stime radar ottenute ad elevazione pari ad 1.5°, su quello del Posina le stime ottenute a 2.5°. Il confronto fra stime di precipitazione media areale calcolata a scala di bacino è stato preferito alla più consueta comparazione effettuata a scala di pixel in corrispondenza dei singoli pluviografi al fine di evitare i problemi determinati dal diverso tipo di campionamento caratteristico dei due sensori. La conversione della riflettività in intensità di precipitazione è stata effettuata utilizzando la relazione di Marshall-Palmer (1948).

Sono stati considerati quattro diversi e successivi livelli di elaborazione del segnale: dati radar non corretti; dati corretti solo per gli effetti del range; dati corretti solo per gli effetti del *mean field bias*; dati corretti per entrambe le sorgenti di distorsione.

Tabella 1: Descrizione degli eventi

Evento	Inizio dell'evento	Durata (ore)	Precipitazione media areale cumulata	
			Alpone	Posina
OCT92	2 Oct., 1992	120	237.6	440.3
SEP94	14 Sept. 1994	26	28.4	53.6
NOV94	6 Nov. 1994	72	100.6	149.9
OCT96	14 Oct. 1996	96	127.5	299.8
NOV96	13 Nov. 1996	120	75.7	179.9
DEC97	18 Dec 1997	84	101.1	126.1

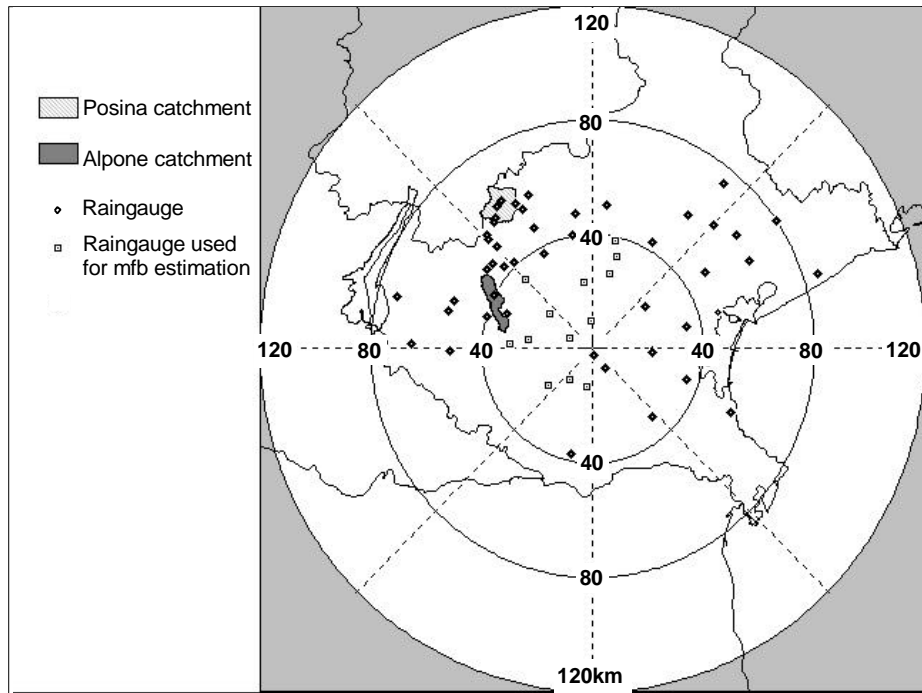


Figura 1: Posizione dei bacini e dei pluviografi rispetto al radar (stazione radar di Teolo, Regione Veneto)

Gli statistici utilizzati per la comparazione delle diverse stime di precipitazione media areale sono rappresentati dall'errore standard frazionario (FSE) e dall'errore medio relativo (MRE). I valori corrispondenti sono riportati in Tabella 2 per il bacino dell'Alpone ed in Tabella 3 per il bacino del Posina.

Tabella 2 Alpone: valori di MRE and FSE per stime radar non corrette e corrette

Event	1.5°		1.5° vpr		1.5° bias		1.5° vpr bias	
	MRE	FSE	MRE	FSE	MRE	FSE	MRE	FSE
OCT92	-0.266	0.970	-0.301	0.962	-0.086	0.634	-0.120	0.627
SEP94	0.141	0.461	-0.231	2.268	0.076	2.637	0.084	0.807
NOV94	-0.365	0.870	-0.368	0.877	-0.088	0.575	-0.094	0.602
OCT96	-0.385	0.905	-0.451	0.970	-0.171	0.596	-0.255	0.705
NOV96	0.161	2.124	0.050	1.624	0.357	2.271	0.251	1.718
DEC97	0.464	1.020	-0.123	0.526	0.605	0.990	0.015	0.570

1.5°: uncorrected radar estimates;

1.5° vpr: radar estimates corrected for range-related bias;

1.5° bias: radar estimates corrected for mean-field bias;

1.5° vpr bias: radar estimates corrected for both range-related and mean-field bias.

**Tabella 3 Alpone: valori di MRE and FSE
per stime radar non corrette e corrette**

Event	2.5°		2.5° vpr		2.5° bias		2.5° vpr bias	
	MRE	FSE	MRE	FSE	MRE	FSE	MRE	FSE
OCT92	-0.639	1.112	-0.293	0.790	-0.533	0.753	-0.096	0.773
SEP94	-0.356	1.286	-0.134	1.300	-0.136	1.424	-0.146	1.299
NOV94	-0.841	1.453	-0.371	0.740	-0.779	1.356	-0.122	0.552
OCT96	-0.711	1.052	-0.459	0.908	-0.614	0.971	-0.232	1.045
NOV96	-0.713	1.308	-0.446	0.925	-0.662	1.264	-0.339	0.900
DEC97	-0.796	1.243	-0.444	0.917	-0.766	1.215	-0.354	0.918

2.5°: uncorrected radar estimates;

2.5° vpr: radar estimates corrected for range-related bias;

2.5° bias: radar estimates corrected for mean-field bias;

2.5° vpr bias: radar estimates corrected for both range-related and mean-field bias.

L'esame dei risultati riportati in Tabella mostra chiaramente come l'applicazione delle diverse procedure di correzione consenta di ridurre considerevolmente l'errore di stima delle precipitazioni medie areali. E' inoltre evidente che l'utilizzazione del tipo di correzione integrato consente di ottenere risultati migliori rispetto alle correzioni individuali, anche se la correzione per il solo VPR (*range-related bias*) consente di conseguire performances simili sul bacino del Posina (più lontano, e quindi più suscettibile rispetto a questo tipo di errori).

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 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. I risultati ottenuti (descritti in dettaglio da Porcù et al., 1998) verranno riportati e discussi sinteticamente nel rapporto annuale.

Progetto MIEP

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 agli errori insiti nella stima radar di precipitazione, sia non corretta che corretta.

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

Lo studio precedentemente descritto per il Progetto METEO è stato proseguito utilizzando le diverse stime di precipitazione media areale per la simulazione idrologica di eventi di piena osservati in corrispondenza dei bacini dell'Alpone e del Posina.

A tal fine, è stata sviluppata un'analisi di validazione, basata sull'utilizzazione del modello afflussi-deflussi TOPMODEL, ad evento, precedentemente calibrato (Diego Da Ros, 1996), per la modellazione degli eventi di piena osservati tramite radar. Il modello è stato quindi validato su eventi che al momento della sua calibrazione non erano, in gran parte, ancora stati osservati. Questa indagine ha quindi permesso di accertare, su un campione di sei piene osservate su due diversi bacini, sia il grado di affidabilità di modelli a base concettuale come TOPMODEL quando utilizzati per la modellazione dei fenomeni di piena, che le potenzialità di impiego delle stime radar per la simulazione idrologica.

Alcuni risultati sono riportati, per due diversi eventi di piena e per i due bacini, in Figg. 2 e 3.

Una sintesi dei risultati ottenuti dallo studio verrà riportata in occasione della stesura della relazione annuale.

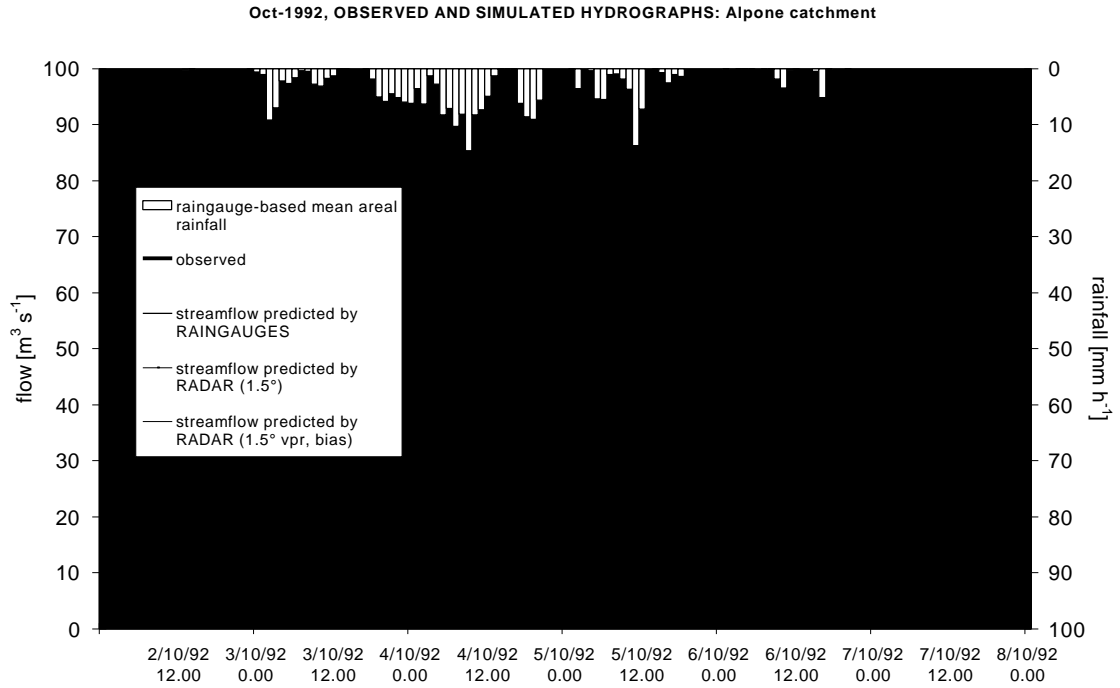
Bibliografia

Borga, M., Anagnostou, E.N., E Frank, E., 1998: On the use of real-time radar rainfall estimates for flood prediction in mountainous basins. Rapporto Interno, Università di Padova.

Porcu', F., Borga, M. E Prodi, F., 1998: Rainfall estimation by combining radar and infrared satellite data for nowcasting purposes. Meteorological Applications, Royal Met. Society, 1998, in press.

Da Ros, D., 1996: Utilizzo di stime radar di precipitazione nella simulazione dei deflussi di piena. Dissertazione finale per il conseguimento del Dottorato di Ricerca, Università di Padova.

a)



b)

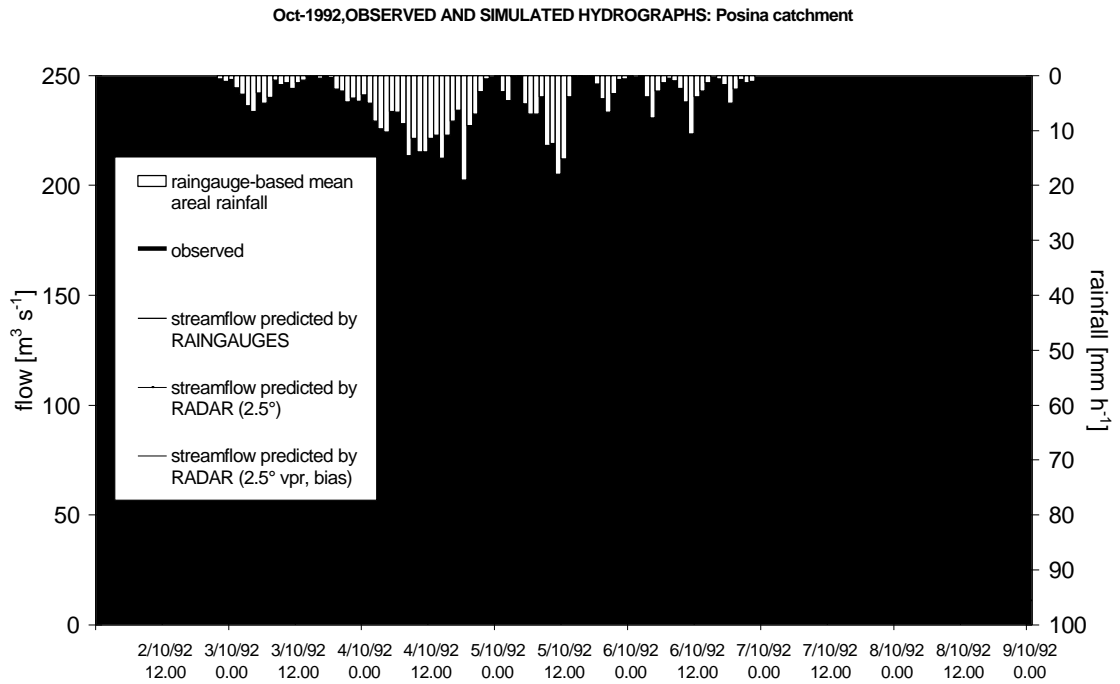
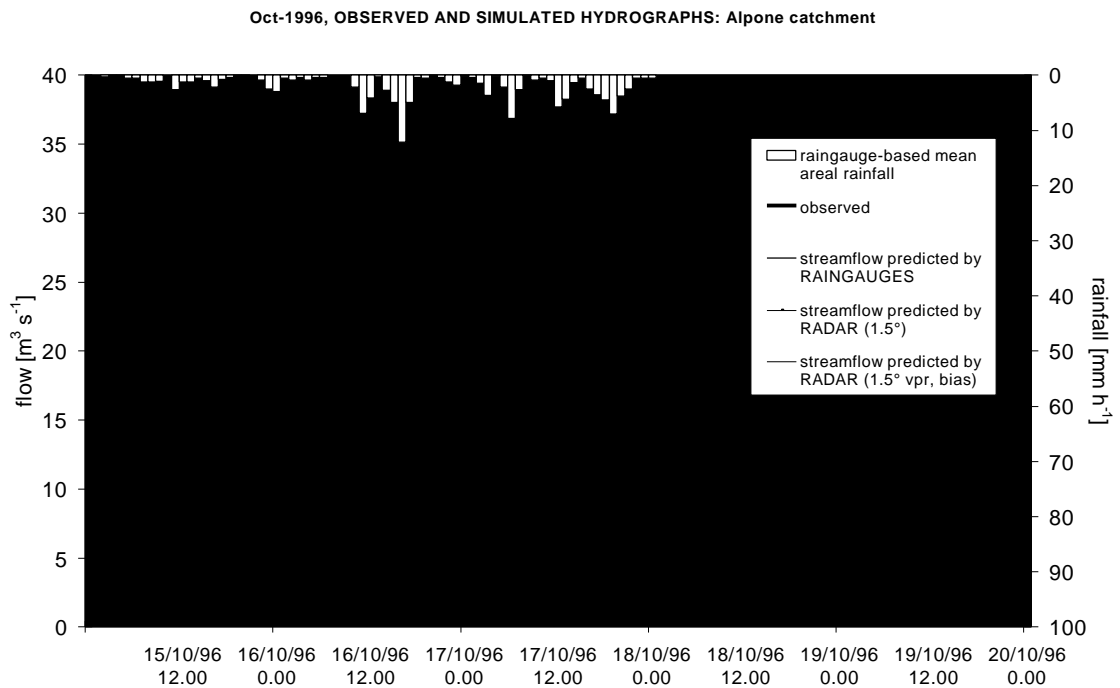


Figura 2: OCT92, idrogrammi osservati e simulati per a) bacino dell'Alpone e b) bacino del Posina.

a)



b)

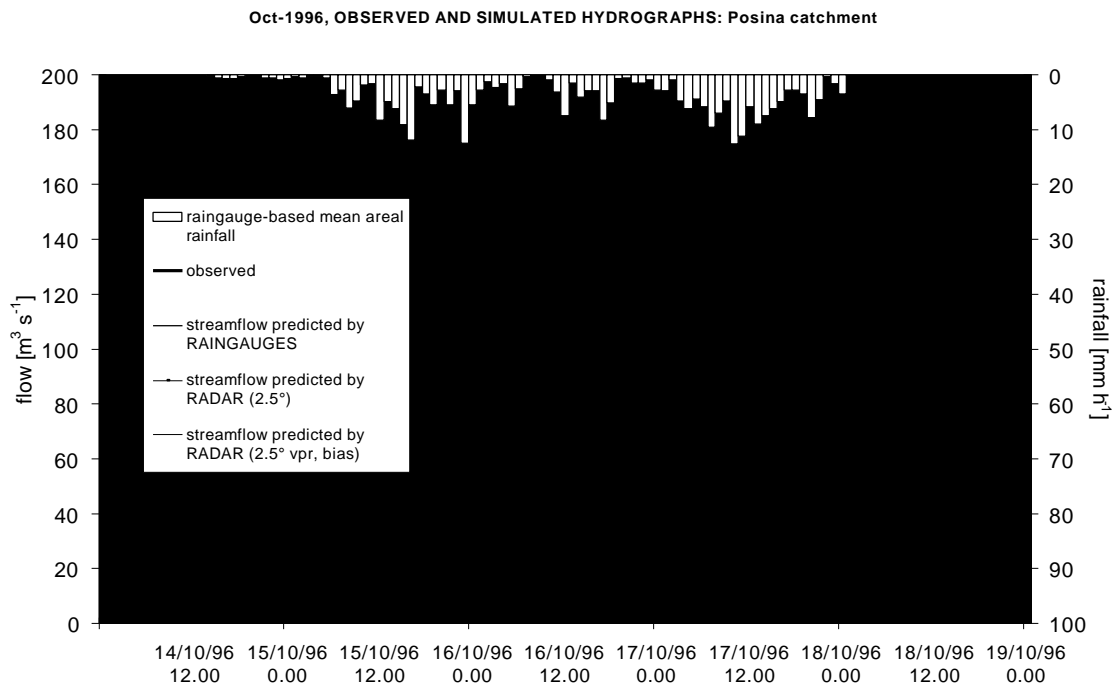


Figura 3: OCT96, idrogrammi osservati e simulati per a) bacino dell'Alpone e b) bacino del Posina.

Rischi collegati all'azione del mare sui litorali [LIT]

Sommario

La ricerca ha continuato a svilupparsi nei due settori dello studio delle tecniche per la protezione civile delle coste e l'analisi dei dati di vento da stazioni di misura costiere.

Tecniche per la protezione civile delle coste

Per quanto riguarda questo aspetto si è prodotta, utilizzando in maniera sinergica il contributo della provincia di Salerno, una cartografia computerizzata della fascia costiera che evidenzia gli oggetti potenzialmente a maggior rischio in caso di mareggiata. Tale cartografia, che comprende consiste in circa 100 chilometri di costa di vario tipo (rocciosa e spiaggiosa), integra i dati terrestri, ottenuti da supporti cartacei ed informatici di vario formato forniti dagli enti locali con la batimetria ottenuta dalle carte dell'Ufficio Idrografico della Marina Militare.

Attraverso una semplice applicazione software Autocad è possibile ottenere i profili delle sezioni trasversali che possono venire impiegati sia per ricavare i parametri di semplici formule empiriche per il Run up, sia come dato di ingresso per un programma di calcolo della risalita basato sull'impiego delle equazioni non lineari delle acque basse.

Impiegando il primo metodo, più speditivo, sono state prodotte carte di potenziale allagamento in caso di mareggiate con determinati valori di onde significative. Tuttavia ciò non basta a ricavare vere e proprie mappe di rischio per determinate probabilità. Mentre infatti non è eccessivamente difficile risalire ai valori significativi dell'onda al largo per determinati tempi di ritorno impiegando per esempio le analisi del moto ondoso al largo prodotte da parte dell'UO di Reggio Calabria,, né ricostruire la trasformazione delle onde dal largo fino ad un determinato sito sottocosta, la geometria della maggior parte delle situazioni a rischio è assai più complessa di quella posta alla base delle formule empiriche solitamente impiegate. Ciò rende indispensabile l'uso dei modelli di tipo più complesso di cui si è accennato sopra.

A margine di questo filone principale si è studiata una tecnica numerica per il calcolo della diffrazione al fine di rendere possibile lo studio del moto ondoso in geometrie relativamente complesse in maniera computazionalmente economica.

Analisi dei dati di vento da stazioni di misura costiere

Per quello che riguarda lo studio del regime anemometrico costiero si sono raccolti ed analizzati i dati disponibili per ricavare informazioni statistiche sul regime di venti nelle zone costiere; tali dati sono stati integrati con dati di una boa ondometrica per studiare l'applicabilità di modelli di moto ondoso in configurazioni costiere complesse. L'attività è stata concentrata sui fenomeni di brezza: a tale scopo si sono esaminati preliminarmente i dati del vento registrati nelle stazioni costiere e si sono eliminati i periodi in cui erano presenti perturbazioni di intensità sensibile. Si può quindi ritenere che il vento registrato nelle serie così depurate sia dovuto esclusivamente all'effetto di brezze; per limitare ulteriormente l'analisi alle sole brezze di mare, si sono estratti dalle serie di i dati quelli relativi alle ore comprese tra le 10 e le 18.

Per identificare l'intensità del fenomeno di brezza si è considerato il valore dell'energia totale per metro quadrato e si sono cercate le correlazioni tra l'intensità delle brezze, definite attraverso tali parametri e le altezze significative delle onde misurate in vicinanza delle coste.

U.O. 3.39 – DITIC - Politecnico di Torino - Torino [Resp. Prof. Giannantonio Pezzoli]

Sommario

In questo Rapporto di Ricerca del I° semestre viene presentato il lavoro svolto dall'UU.OO. di Torino si sono approfonditi alcuni aspetti della meteo-idrologia, ovvero, a partire da un'attenta analisi delle condizioni meteorologiche che possono interessare l'ambiente alpino piemontese, si è cercato di attingere informazioni di tipo idrologico, utili a molti fini tra cui quello dell'assistenza al trasporto terrestre.

Sulla base del Contratto di Ricerca n. 98.00624.PF42 stipulato tra il CNR ed il prof. Giannantonio Pezzoli che prevede come data di inizio della Ricerca il 01/09/98 e come data di termine della ricerca il 31/08/99, ed in seguito al programma inviato precedentemente alla stesura del contratto, al prof. Franco Siccardi, responsabile della Linea di Ricerca n. 3, in data 14/01/98, si è pensato di suddividere il lavoro in tre fasi.

La prima, di programmazione della ricerca (v. Tabella 1) e di analisi dei dati, è terminata a Giugno 1998; la seconda, di applicazione del modello previsionale, terminerà entro il Dicembre 1998, mentre la terza, che riguarderà la "produzione" dei risultati e la pubblicazione degli stessi su una Rivista Internazionale, partirà a Gennaio 1999 e terminerà ad Agosto 1999.

Attività di ricerca

Come detto, nella parte iniziale, si è pensato di fornire una descrizione del bacino piemontese, dal punto di vista topografico, fisico, idrologico, geo-idrologico e meteorologico, informazioni importanti per avere una chiara conoscenza della zona geografica oggetto dello studio.

In seguito sono stati presi in esame tre bacini alpini (Valgrande, Val Chisone, Valle del Gesso di Barra) rappresentativi del bacino imbrifero piemontese occidentale, essendo situati rispettivamente da nord a sud, e dei quali si è a conoscenza dei dati pluviometrici che ci sono forniti dalle misure ottenute alle stazioni automatiche gestite dall'Ufficio Meteomont della Brigata Alpina Taurinense.

Nella stessa fase di Ricerca si sono successivamente introdotti importanti concetti generali di meteorologia, che ci permettono di comprendere i fenomeni che avvengono nell'atmosfera, e che sono quindi la causa delle precipitazioni che successivamente vengono elaborate nella previsione. Questa descrizione meteorologica parte da una scala globale, illustrando quindi il fenomeno del movimento delle masse d'aria su larga scala, fino ad arrivare a una scala più opportuna, ovvero la bassa mesoscala, che interessa la zona di studio.

La cartografia meteorologica sinottica è oggetto della fase successiva (fase di Ricerca n. 2). Ne verrà data appunto una descrizione, spiegando come e da quali enti vengono redatte e tutti i valori che vi sono riportati, ciò è in effetti di particolare importanza per poter effettuare delle previsioni.

La cartografia sinottica è pertanto il mezzo che fornisce gli inputs per l'utilizzo del modello previsionale dell'altezza di pioggia sul bacino alpino piemontese, elaborato dall'UU.OO. di Torino e che si fonda su una metodologia introdotta inizialmente da Bardossy e Plate (1991; 1992) e poi adeguata per condizioni al contorno dettate dal bacino stesso. Questo metodo previsionale si basa sulla circolazione atmosferica a grande scala correlata agli elementi idrologici e climatologici locali; si è cercato quindi un inquadramento dei fenomeni in un ambito in parte stocastico ed in parte deterministico.

Per i bacini considerati si hanno quindi dei tipi di tempo e dei percorsi di circolazione, individuati in un precedente studio (Pezzoli A., 1996), ed in un modello di previsione già testato con dati pluviometrici reali (Buffo, 1996). In questa fase della Ricerca viene preso in considerazione un evento piovoso (06/11/97), dimostrando la validità del modello previsionale e comparando i dati previsti con quelli reali misurati da tre stazioni di rilevamento automatiche. Per utilizzare il modello vengono adoperate le carte sinottiche di previsione meteorologica elaborate dal centro tedesco di Francoforte Offenbach, con comparazione a quelle americane del N.O.A.A. e a quelle italiane dell'Istituto di Fisica Nucleare di Bari basate sul modello del Centro Meteorologico di Previsione a Medio Termine di Reading (ECMWF).

Le carte sinottiche sono state ricevute ed elaborate dal Laboratorio Meteoidrologico del D.I.T.I.C. del Politecnico di Torino.

Il modello, che ha già mostrato una grande affidabilità nella previsione a 36 h (Pezzoli A. e Curnis, 1996; Buffo, 1996), può esser ritenuto valido per poter redigere un bollettino da presentare per l'assistenza ai trasporti terrestri.

Questa seconda parte della Ricerca riguarda, per l'appunto, l'assistenza ai trasporti terrestri; in effetti utilizzando i notevoli sviluppi degli ultimi anni nel campo della previsione meteorologica a scala locale (Bassani, 1985), è possibile ottenere previsioni sempre più precise e immediate.

Per questo si è cercato infatti, di redigere un bollettino tipo per l'evento meteorologico sopracitato, fornendo, a intervalli di 2h, degli *indici di operatività* che, correttamente e tempestivamente forniti agli enti preposti alla gestione delle infrastrutture stradali, possono con sufficiente anticipo evitare situazioni pericolose o comunque a rischio.

Ovviamente un lavoro coordinato e interagente fra i vari enti può, in prospettiva per il futuro prossimo, fornire un più intelligente e ragionato utilizzo della rete stradale in funzione dei livelli di attenzione previsti, in particolare in corrispondenza di ore o di giorni a traffico elevato (weekends e festività). Questo in un'ottica di un'ottimizzazione dell'utilizzo delle arterie stradali e per un corrispondente aumento di sicurezza degli autoveicoli, avendo quindi come risultante un incremento del livello di servizio dei trasporti terrestri.

Il bollettino è costruito a "schema" prendendo spunto, come strutturazione, da quello per l'assistenza ai trasporti marittimi già elaborato ed utilizzato da diversi anni dal Laboratorio Meteorologico del D.I.T.I.C. (Del Prete, Pezzoli A., Pezzoli G., 1998).

In definitiva si pensa di riportare ogni 2-3 h i dati di vento ed un indice funzione dello stato stradale e degli asfalti (*indice di operatività*), quindi viene espressa l'altezza di pioggia cumulata nelle 24 h con 5 *livelli di attenzione* che risultano di notevole interesse anche per una corretta gestione del territorio ed eventuali operazioni di prevenzione per il "rischio idraulico".

Da notare come anche il Servizio Meteorologico Francese (MétéoFrance) esprime le precipitazioni previste nelle 6 h successive suddividendole in 4 classi (Moisselin, 1998).

Ovviamente il bollettino dev'essere relativamente breve e di facile comprensione anche ai meno esperti, in maniera tale da diventare, magari in futuro, un vero e proprio strumento di consultazione per l'utente stradale che potrà organizzare i propri spostamenti in funzione delle informazioni acquisite.

Il risultato che si vorrebbe ottenere da questa ricerca e che verrà proposto nella terza fase per la pubblicazione in una Rivista Internazionale (per es.: "Hydrological Sciences Journal" dell'IAHS o "WEATHER AND FORECASTING" dell'American Meteorological Society), consiste nella dimostrazione di come oggi sia possibile con relativa oggettività e anticipo, prevedere sulla nostra regione fenomeni meteorologici sfavorevoli, usando modelli tarati per il microclima alpino piemontese ad un livello di dettaglio temporale preciso (ovviamente accettando un certo grado di errore prestabilito) e stilando un'interfaccia standard per un bollettino di semplice utilizzo.

Bibliografia

Bardossy A., Plate E.J. (1991): "Modeling daily rainfall using a semi-Markov representation of circulation pattern occurrence"; J. of Hydrology, 122, 33-47.

Bardossy A., Plate E.J. (1992): "Space-time model for daily rainfall using atmospheric circulation patterns"; Water Resources Research, 28, 5, 1247-1259.

Bassani M. (1985): "Circolazione a mesoscala". Rivista Meteorologia Aeronautica, n°45.

Buffo B. (1996): "Meteorologia ed analisi dei fattori di rischio nei bacini imbriferi Piemontesi". Tesi di Laurea del Politecnico di Torino, Dicembre 1996.

Curnis E., Pezzoli A. (1996): "Synoptic weather forecasting methods for heavy rainfall events: an application to the Chisone River Alpine basin (North-Western Piedmont).

Del Prete R, Pezzoli A., Pezzoli G. (1998): "Current methods for meteorological and marine forecasting for the assistance of navigation and shipping operations". Journal of Navigation, Cambridge University Press (*in corso di pubblicazione*).

Moisselin J.M. (1998): "Les tables de contingence: un outil adapté au contrôle des précipitations prévues par les modèles numériques". La Météorologie, 8, 22.

Pezzoli A. (1996): "Metodologie attuali per la previsione di eventi alluvionali nei bacini idrografici"; XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino.

Pezzoli A. (1996): "Analisi meteorologica degli afflussi nei bacini piemontesi. Previsione di

eventi di piena"; XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino.

Altri Enti

U.O. 3.29 - Studio Cipolla Sebastiani Geologi Associati [Resp. Dott. C. Sebastiani]

Sviluppo del Progetto AVI: validazione ed analisi di completezza dell'Archivio AVI. Sviluppo del Progetto Formazione.

Sommario

L'Unità Operativa 3.29 ha, nel corso dei primi sei mesi del 1998 dato avvio al Contratto n. 97.00078.PF42 (Sviluppo del Progetto AVI: validazione ed analisi di completezza dell'Archivio AVI; Sviluppo del Progetto Formazione). Inoltre, nel corso dei mesi di gennaio e parte di febbraio, ha portato a termine le attività previste nell'ambito del precedente Contratto n. 96.00843.PF42 (Sviluppo del Progetto AVI: revisione, attualizzazione, sintesi e fruibilità per le pubbliche amministrazioni; Sviluppo del Progetto Formazione: formazione dei tecnici e dei formatori per la gestione del rischio) e per i risultati del quale si rimanda senz'altro alle Relazione Conclusiva consegnate al Coordinamento Scientifico del Gruppo in sede di collaudo nel marzo del 1998, nonché al Rapporto consuntivo annuale 1997.

Sviluppo Progetto AVI

Le attività previste si inseriscono nel più ampio quadro di valorizzazione e sviluppo del Progetto AVI previsto nel corso del Triennio 1996-1998.

L'attività di Validazione ed Analisi di completezza dell'Archivio, già iniziata nel corso del precedente Contratto di Ricerca ed effettuata in piena sintonia con l'Unità Operativa omologa 3.30 Co.Geo Umbria s.c.r.l., si è esplicata, nell'ambito del periodo in osservazione, attraverso una fase di completamento della validazione che ha riguardato l'analisi sistematica ed il controllo dell'esistente con verifica e correzione dei possibili errori dovuti sostanzialmente a perdita di informazione nel passaggio schede cartacea - scheda informatizzata.

Sintesi dell'attività svolta

Nel corso del primo semestre di attività, attraverso l'utilizzo dei medesimi strumenti già utilizzati nel corso della prima fase di validazione (Archivi Digitali del progetto AVI, Frane e Piene, in formato .MDB Microsoft Access 97TM) si è effettuato un controllo sistematico dell'informazione digitale disponibile confrontandola con le rispettive schede cartacee.

In particolare si sono applicate le seguenti procedure operative:

- ✓ verifica della corrispondenza delle informazioni contenute nella scheda cartacea ed in quella digitale. Nel caso di difformità di informazione si è verificata l'esattezza delle stesse privilegiando la fonte cartacea;
- ✓ inserimento delle informazioni non contenute direttamente nella scheda cartacea da validare nei casi in cui nel Quadro F delle schede S2 si rimandi alle schede S1;
- ✓ inserimento delle informazioni aggiuntive contenute nel Quadro F della scheda cartacea nei campi pertinenti nei casi non già trattati nel corso delle attività concluse nel precedente contratto di Validazione;
- ✓ trasferimento delle informazioni contenute nelle schede cartacee S3 nelle rispettive schede S2.

A tutto giugno '98 l'attività ha riguardato la validazione di circa il 50% delle schede AVI Frane con particolare attinenza alle regioni Puglia, Basilicata, Piemonte, Valle d'Aosta e parte della Toscana.

In termini quantitativi questa parte rappresenta circa il 30% delle schede di frana da validare (poco più di 1530 su un totale complessivo di 5148)

Questo a fronte dell'ambito territoriale di competenza della nostra Unità Operativa che raggruppa le seguenti 10 regioni:

Basilicata, Lazio, Liguria, Lombardia, Piemonte, Puglia, Sardegna, Toscana, Trentino Alto Adige, Valle d'Aosta.

Attualmente è in corso l'attività, anche sull'Archivio Piene, per le restanti regioni, con l'intento di concludere le attività entro l'anno 1998.

Sviluppo Progetto FORMAZIONE

Nella sua articolazione pluriennale il programma del Progetto prevede la messa a punto di strumenti ed azioni finalizzati alla divulgazione dell'informazione nei confronti di determinate categorie di fruitori.

Nel corso del precedente Contratto di ricerca (1996) era stata preparata una prima Bozza di Piano Master relativa ad uno specifico contesto ambientale e per uno spettro definito di problematiche.

Nel corso del primo semestre la Bozza è stata ulteriormente modificata al fine di costruire un documento definitivo di specifico valore formativo definito come "Linee Guida per la predisposizione del Piano Comunale di Protezione Civile".

Il documento così realizzato espone una via tecnica, rigorosa e concreta finalizzata alla messa a punto di strumenti comunali di emergenza per quanto attiene il rischio idrogeologico e, più in particolare, di inondazione.

Il documento, attualmente in corso di stampa, è stato corredato, oltrechè di una Appendice Normativa, anche di una serie di Tavole di supporto in grado di indirizzare gli Utenti sulle scelte grafiche da intraprendere nella costruzione del documento di supporto alla gestione dell'emergenza nelle diverse fasi: pre-evento, evento, soccorso.

U.O. 3.30 - Co.Geo Umbria [Resp. Dott. O. Lolli]

Sviluppo del Progetto AVI: validazione ed analisi di completezza dell'Archivio AVI

Sommario

L'Unità Operativa 3.30 ha, nel corso dei primi sei mesi del 1998, dato avvio al Contratto n. 97.00074.42 (Sviluppo del Progetto AVI: validazione ed analisi di completezza dell'Archivio AVI).

Inoltre, nel corso del mese di gennaio, ha portato a termine le attività previste nell'ambito del precedente Contratto n. 96.00838.42 (Sviluppo del Progetto AVI: revisione, attualizzazione, sintesi e fruibilità per le pubbliche amministrazioni) e per i risultati del quale si rimanda senz'altro alla Relazione Conclusiva consegnata al Coordinamento Scientifico del Gruppo in sede di collaudo nel febbraio del 1998, nonché al Rapporto consuntivo annuale 1997.

Sviluppo Progetto AVI

Le attività previste si inseriscono nel più ampio quadro di valorizzazione e sviluppo del Progetto AVI del Triennio 1996-1998.

L'attività di Validazione ed Analisi di completezza dell'Archivio, già iniziata nel corso del precedente Contratto di Ricerca ed effettuata in piena sintonia con l'Unità Operativa omologa 3.29 SGA Genova, si è esplicitata, nell'ambito del periodo in osservazione, attraverso una fase di completamento della validazione che ha riguardato l'analisi sistematica ed il controllo dell'esistente con verifica e correzione dei possibili errori dovuti sostanzialmente a perdita di informazione nel passaggio schede cartacea - scheda informatizzata.

Sintesi dell'attività svolta

Nel corso del primo semestre di attività, attraverso l'utilizzo dei medesimi strumenti già utilizzati nel corso della prima fase di validazione (Archivi Digitali del progetto AVI, Frane e

Piene, in formato .MDB Microsoft Access 97TM) si è effettuato un controllo sistematico dell'informazione digitale disponibile confrontandola con le rispettive schede cartacee.

In particolare si sono applicate le seguenti procedure operative:

- verifica della corrispondenza delle informazioni contenute nella scheda cartacea ed in quella digitale (nel caso di difformità di informazione si è verificata l'esattezza delle stesse privilegiando la fonte cartacea);
- inserimento delle informazioni non contenute direttamente nella scheda cartacea da validare nei casi in cui nel Quadro F delle schede S2 si rimandi alle schede S1;
- Inserimento delle informazioni aggiuntive contenute nel Quadro F delle scheda cartacea nei campi pertinenti nei casi non già trattati nel corso delle attività concluse nel precedente contratto di Validazione;
- trasferimento delle informazioni contenute nelle schede cartacee S3 nelle rispettive schede S2.

A tutto giugno '98 l'attività ha riguardato la validazione di tutte le schede AVI Piene (n. 1856) relative all'ambito territoriale di competenza della nostra Unità Operativa che raggruppa le seguenti 10 regioni: Abruzzo, Calabria, Campania, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Marche, Molise, Sicilia, Umbria, Veneto.

Attualmente è in corso la validazione dell'Archivio Frane (n.6320 schede), con l'intento di concludere le attività entro l'anno 1998.