

## PREVISIONI INCERTE DECISIONI DIFFICILI

ELISA GUAGENTI GRANDORI (\*)

Nota presentata dal m.e. Giannantonio Sacchi Landriani  
(Adunanza del 22 maggio 2014)

SUNTO. – Si considerano rischi con piccole e incerte probabilità di accadimento e gravi possibili danni conseguenti. Si espone a grandi linee un criterio utile a giudicare la credibilità di un modello previsionale e a vagliarne il confronto con altri possibili modelli in competizione. Si mettono in evidenza le principali componenti del processo conoscitivo-decisionale da mettere in atto per la difesa dai suddetti rischi, con particolare attenzione alla procedura decisionale. Si accenna alla efficacia della previsione a breve termine e alla scelta del rischio accettabile. Si danno esempi applicativi per alcuni casi di terremoti, frane, inquinamento.

\*\*\*

ABSTRACT. – This work focuses on decision problems concerning risk reduction in the case of catastrophic events, which are scarcely predictable but associated to severe expected damage. A criterium is outlined in order to judge the relative credibility of competing models. The knowledge-decision process is dissected in its components. The steps of the procedure from knowledge to final decision are analyzed. The effectiveness of short-term prediction and the choice of the acceptable risk are also discussed. A few case studies, related to earthquakes, landslides and pollution, are exposed.

Ho condiviso la vita con Giuseppe Grandori e anche parecchi passi della ricerca scientifica. Desidero ripercorrerne qualche pensiero, che ancor oggi può contenere utili indicazioni per le difficili decisioni che devono basarsi su previsioni molto incerte.

---

(\*) Politecnico di Milano, Italy.  
E-mail: elisa.guagenti@polimi.it

Il titolo, al fine di esprimere non solo aspetti problematici, dovrebbe essere più lungo: “Ricerche esistono, utili anche a livello operativo, per accordare un certo grado di credibilità a previsioni incerte, e per rendere sostanzialmente accettabili decisioni difficili”. L’argomento: i grandi rischi.

## IL RISCHIO E LE STRATEGIE DI DIFESA

L’argomento da noi affrontato riguarda specificamente la difesa dal rischio sismico. Ma le caratteristiche del problema sono comuni alla difesa da tanti rischi cui oggi siamo esposti e di cui poco sappiamo. Si tratta di grandi rischi dovuti a eventi che hanno piccole probabilità di manifestarsi, per di più incerte, ma che possono provocare ingenti danni.

La nostra società, cosiddetta post-industriale, è così attanagliata da simili problemi da essere addirittura definita come “società del rischio” (1). Rischi che tipicamente sono implicati dai problemi complessi nati con le potenti tecnologie. Basti pensare all’uso del nucleare o alle trivellazioni nel profondo degli oceani cui in tempi recenti si sono accompagnate tragedie di enorme portata come la tragedia nucleare del Giappone o il gravissimo inquinamento delle acque e delle coste oceaniche. Ma sono anche rischi antichi, oggi aggravati dagli interventi umani, come quelli implicati da terremoti, frane, inondazioni, storicamente accettati come catastrofi naturali e oggi faticosamente entrati nel dominio dell’approccio razionale della ricerca scientifica.

Le decisioni inerenti sono estremamente difficili. Esse infatti coinvolgono aspetti di ricerca e di raccolta di informazioni, storiche e attuali, tipicamente in campi poco esplorati; scelte discrezionali di pesatura di diversi obiettivi tra diversi possibili corsi d’azione.

Cosicchè facilmente può accadere che i dibattiti attorno alle possibili decisioni avvengano secondo pregiudizi piuttosto che secondo analisi argomentate. Sovrapponendo e mescolando conoscenze e decisioni, quando non addirittura opinioni e decisioni.

Intento di questo scritto è, appunto, porre in evidenza la diversa natura delle varie componenti del processo conoscitivo-decisionale concernente i grandi rischi, e i metodi per una loro ragionata e affidabile integrazione.

Parte essenziale di tale processo è il calcolo del rischio. Esso, nella sua stessa definizione, implica le probabilità. Detto in parole, il rischio

è *la possibilità* che il sistema sia esposto a eventi più violenti di quelli che esso può sopportare. Espresso come calcolo, il rischio consegue alla trattazione congiunta della *pericolosità* del fenomeno catastrofico e della *vulnerabilità* del sistema esposto. La modellazione di entrambe le componenti si avvale di conoscenze fisiche che non sono in generale esaustive e che comunque non escludono situazioni estreme con piccolissime probabilità di accadimento. Particolarmente complessa e affetta da incertezze è perciò la modellazione di pericolosità, generalmente nota come *hazard assessment*. Essa fornisce la previsione dell'accadimento, cercando di rispondere alle domande: dove, quando, con che violenza si produrranno i prossimi eventi? Con quali caratteristiche locali, e come se ne diffonderanno gli effetti? La modellazione di vulnerabilità fornisce la risposta del sistema (in termini di danno) all'evento catastrofico. Il calcolo del rischio consiste nella valutazione della probabilità di un dato livello di danno al sistema, in un certo periodo di tempo; danno atteso, secondo la previsione dell'accadimento e la vulnerabilità del sistema esposto. Calcolo affetto, inevitabilmente, da incertezze.

E' senz'altro questa, ora descritta, la prima importante fase del processo conoscitivo-decisionale, fase che nel suo insieme chiameremo di modellazione (a volte semplicemente modello). Ma altre due essenziali componenti si riconoscono nel processo: la procedura decisionale, che valuta, accanto al rischio, le incertezze di modellazione, altre informazioni di contorno, costi e benefici per diverse alternative decisionali e per diversi obiettivi; e, solo infine, la terza componente: la decisione a tutela dal rischio. Le prime due, modellazione e procedura decisionale, di carattere analitico-conoscitivo; la terza, la decisione che viene assunta a tutela dal rischio, di carattere politico, nel senso di scelta fra alternative possibili.

Ricorriamo a un banale e familiare esempio di processo decisionale in cui riconoscere le tre componenti suddette. Decidere se prendere o no l'ombrello in caso di pioggia prevista. La parte analitico-conoscitiva è affidata alle osservazioni da satellite, alla modellazione matematica del movimento dei venti e delle nuvole, al complesso di studi meteorologici che porta alla definizione di probabilità di pioggia (il calcolo del rischio è palesemente inessenziale nel caso di normali piogge). La procedura decisionale, pur non esplicitata, consiste in effetti nella consapevolezza di sé, se siamo prudenti nel volerli cautelare da un raffreddore oppure se siamo poco vulnerabili o addirittura tipi da

“Singing in the rain”, felici di bagnarci sotto la pioggia; nell’interpellare forse per consiglio un familiare con un “che ne dici?”; nell’accordare maggiore o minore credibilità alla previsione. La decisione infine, se prendere l’ombrello oppure no, è una scelta, non direttamente implicata dal bollettino meteo.

Si è voluto mettere in particolare evidenza la seconda componente, la procedura decisionale, che pur di solito decorre implicitamente, proprio perché la decisione dipende da tale procedura, dalle sue valutazioni, tenuto conto dell’informazione meteorologica. Ed è proprio quella che manca come sostegno alle direttive ufficiali. E’ ben vero che oggi, nel caso di rischi prodotti dall’uomo, vengono assegnate soglie ammissibili per l’accettazione del livello potenzialmente dannoso, cioè della pericolosità. Ma, in assenza di giustificazione decisionale, tali soglie son quello che Ulrich Beck chiama “l’imbroglio dei valori massimi consentiti”. Secondo le sue parole, per l’emissione di sostanze tossiche nell’aria nell’acqua negli alimenti, i legislatori “ammettono le emissioni e, nello stesso tempo, le legittimano all’interno dei limiti stabiliti”. E l’Autore aggiunge parole severe a proposito della mancanza di criterio decisionale: “Le piante, gli animali e gli uomini tollerano un poco grande o un poco piccolo di veleno? Cosa significa tollerare? Sono questi i simpatici problemi da incubo prodotti dal calderone tossico della civiltà progredita, i problemi con cui si ha a che fare quando si stabiliscono i valori massimi consentiti”.

Anche nelle trattazioni tecniche la procedura decisionale non viene usualmente esplicitata. Esse giungono alla previsione e, nemmeno sempre, alla valutazione esplicita del rischio. Ciò favorisce l’errore di considerare la valutazione del rischio, a volte solo la previsione, come esaustiva ai fini della decisione. Peraltro, anzi vorrei dire come conseguenza, il giudizio sulla decisione che viene adottata è sovente polemica fra posizioni contrapposte: nucleare sì, nucleare no; tav sì, tav no; idem per l’allerta sismico e per altre analoghe situazioni.

Si potrebbero invece formulare giudizi argomentati alla luce della procedura decisionale che esplicitasse costi e benefici in funzione della vulnerabilità del sistema esposto e degli obiettivi da privilegiare, come si è voluto evidenziare nel banale esempio della pioggia. Se ne farà riferimento relativamente a problemi reali.

Tornando intanto al caso della pioggia, si riscontra che non abbiamo elementi per giudicare isolatamente la decisione finale. Non giudicheremo per esempio di per sé errata la decisione “non ombrello in

caso di pioggia”. Se infatti l’individuo considera se stesso poco vulnerabile o se addirittura ama cantare sotto la pioggia, ha perseguito bene il suo obiettivo.

Questa banale osservazione vorrebbe sottolineare l’importanza della procedura decisionale esplicitata per capire e giudicare se una decisione sia *giusta* o no, cioè coerente con le analisi e argomentazioni svolte. Favorirebbe, nel caso di protezione dai grandi rischi, l’adozione di decisioni che siano capite e condivise. Quel che fornisce elementi per giudicare una decisione è proprio la procedura decisionale. Non è la decisione in sé, con il senno di poi, da giudicarsi giusta o sbagliata. Il giudizio va spostato all’indietro, *dalla decisione alla procedura che la sostiene*.

Infine, sempre nell’intento di analizzare e capire la responsabilità delle varie fasi del processo, l’affermazione “previsione smentita dai fatti”, che pur accade di sentire, non andrebbe usata. La previsione infatti non afferma se l’evento accadrà oppure no. Ne misura la probabilità di accadimento. Non esclude quindi che un evento previsto con alta probabilità in effetti non accada. Ed è anche per questo che le decisioni, specialmente quelle implicanti alti costi sociali, vanno argomentate.

Veniamo alla protezione dai grandi rischi. Pensiamo a terremoti, frane, inquinamento di cui sono in grado di accennare a qualche esempio applicativo nel senso: modellazione-procedura decisionale- decisione.

A differenza dai fenomeni meteorologici, oggi ben prevedibili con sistemi di equazioni e osservazioni da satellite, per altri fenomeni, tipicamente per gli eventi sismici, la dinamica del loro accadimento è talmente complessa da non poter essere imbrigliata nelle equazioni predittive di un sistema dinamico. La modellazione è affidata all’interpretazione probabilistica sia delle conoscenze fisiche disponibili, sia delle informazioni storiche. Tali interpretazioni comportano inevitabili, anche notevoli, incertezze. Peraltro piccole sono generalmente le probabilità di accadimento del fenomeno, mentre sono gravissimi i danni possibili al sistema esposto. Per quanto riguarda la seconda componente del processo decisionale, che abbiamo chiamato procedura decisionale, di rado essa viene esplicitamente trattata, mentre sarebbe particolarmente utile a giustificare la decisione che verrà adottata, viste le incertezze su cui la decisione si dovrà basare. Per quanto riguarda la terza componente del processo decisionale, l’adozione di una strategia di difesa, mancando la sua giustificazione e implicando essa stessa disagi e sofferenze (si pensi alle decisioni di evacuazione), spesso non viene accettata senza contrasti, sia fra gli esperti che fra la cittadinanza.

Nascono con ciò due questioni tipicamente connesse al tema dei grandi rischi, che riguardano proprio la procedura decisionale.

- 1) Il tema è discorso strettamente scientifico o da aprirsi a pubblico dibattito?
- 2) Le incertezze possono essere misurate? O, in termini complementari, può essere definito un grado di credibilità alle previsioni?

La dimensione dei danni coinvolti è a volte spaventosa. I danni sono spesso sofferti da tutta la popolazione negli aspetti ordinari e quotidiani dell'esistenza. Che la popolazione si senta coinvolta è fatto ben comprensibile, ma è anche auspicabile che lo sia, secondo il parere argomentato e gli studi di molti autorevoli scienziati (2,3,4,5). È anche parere di chi scrive. Tali problemi di rischio, e soprattutto la messa in atto di strategie di difesa preventiva, necessitano della partecipazione e della consapevolezza della cittadinanza. Ciò sia perché in mancanza di una completa conoscenza, è proprio la cittadinanza che può fornire una rete di prezioso monitoraggio minuto e diffuso che affianchi e arricchisca il monitoraggio tecnico, sia perché le strategie da mettere in atto possono, sì, essere razionalmente e scientificamente affrontate, ma sono tutt'altro che oggettivamente e univocamente conseguenti a teorie certe e a informazioni esaustive. Per esse la scelta discrezionale è ampia. Si presenta, pertanto, anche il compito non facile ma necessario di una corretta divulgazione informativa. Compito particolarmente difficile perché occorre far capire che qualunque decisione non può annullare il rischio, ma solo ridurlo: questo significa "mettere in sicurezza". Difficile perché occorre anche saper diffidare da consensi non basati su conoscenza (6). Difficile perché occorre inevitabilmente implicare concetti probabilistici, purtroppo non familiari alla nostra cultura, che, neppure in ambito alto, è sempre disposta a accettarli, quasi che solo il metodo deterministico possa ottenere effettiva conoscenza, o che un'analisi causale e fisica di un fenomeno sia alternativa a una formulazione probabilistica. Le conoscenze fisiche sono invece prezioso elemento da inglobare nell'analisi probabilistica, operando sinergicamente con degli *e*, anziché separando polemicamente con degli *o*.

Difficile non significa ovviamente che non si possa, vorrei dire non si debba, intraprendere un'opera di informazione-formazione-consultazione diffusa. Nella descrizione che qui si è data del processo conoscitivo-decisionale, tale lavoro costituisce una componente della procedura decisionale, analoga (anche se decisamente meno sbrigativa) alle considerazioni che l'individuo della pioggia svolge su di sé e chiedendo il parere del famigliare.

La seconda esigenza, la trattazione delle incertezze, è anch'essa componente della procedura decisionale. Come l'uomo della pioggia, cerchiamo di misurare, in modo meno soggettivo, il grado di fiducia da accordare alle previsioni.

Nella prassi corrente della modellazione probabilistica sono definiti dei livelli di significatività che consentono di giudicare la attendibilità dei risultati (stime, previsioni) prodotti da un modello. Quel che purtroppo spesso accade è che essi giudichino pariteticamente i risultati, anche molto diversi fra loro, provenienti da diversi modelli. Che fare?

Dice G. Grandori: "A volte è stato suggerito di usare un certo numero di modelli e poi adottare come misura dell'incertezza un coefficiente di variazione inteso a includere sia le incertezze statistiche che di modellazione. Questo modo di procedere deve essere pazientemente ma fermamente confutato e scoraggiato. Va notato, innanzitutto, che i risultati ottenuti con diversi modelli non costituiscono un campione casuale di cui abbia significato stimare valor medio e varianza. Inoltre la dispersione dei valori stimati dipende dalla scelta soggettiva dei possibili modelli, e così pure il loro valor medio. Perciò la procedura è formalmente non corretta."

Quel che si può proporre è invece spostare l'attenzione, anche qui all'indietro, *dalla validazione dei risultati alla credibilità del modello* che li produce. L'argomento da noi affrontato ha riguardato i terremoti, ma il metodo si può enunciare in termini generali (7).

Piuttosto che voler "validare" i risultati, si costruisca un banco di prova per il modello. Si metta per così dire sotto processo il modello, nei panni di interprete di una "verità" congetturale. Produca, quella verità congetturale, supposta nota, tramite il modello e il metodo Monte Carlo, un ricco insieme di campioni sintetici, ciascuno di alta numerosità. Così non abbiamo più un solo campione a disposizione, costituito dagli eventi reali, e con pochi eventi, ma tanti campioni e della numerosità desiderata. Possiamo allora costruire la distribuzione campionaria di quella grandezza, chiamiamola  $A$ , l'incertezza della cui stima ci assilla; possiamo calcolare la probabilità di errore nella sua stima, secondo il modello adottato. Nell'ipotesi, per ora, che la verità sia proprio quella congetturata. E', questa probabilità, una misura di *credibilità del modello* nei confronti di quella verità. La sua forma analitica è

$$\Delta_r^0 = \Pr \{ A^0 - kA^0 < \hat{A}_r < A^0 + kA^0 \}$$

dove  $A^0$  è il valore di  $A$  nella verità congetturale,  $\hat{A}_r$  il suo valore stimato secondo il modello  $r$ ,  $k$  una significativa soglia di errore percentuale. Si ripeta il procedimento con un altro modello, misurando la sua credibilità. Si viene così a instaurare un confronto fra modelli in competizione, che può decidere il vincitore, sempre che la verità sia quella ora presa in considerazione. Il guaio è che l'effettiva verità è sconosciuta. E allora? Che ne facciamo? Ripetiamo il procedimento nei confronti di altre verità congetturali, nel ragionevole panorama su cui al momento la ricerca indaga. Si costruisce così un criterio capace di discernere quale modello, in quali ipotesi, e a quali fini, sia preferibile a un altro. Senza entrare in dettagli sottolineo che tale indagine tiene conto sia delle incertezze statistiche che di quelle epistemiche e valuta la robustezza del modello. Si viene a definire un grado di credibilità per il modello, non in assoluto, ma per la stima di una particolare grandezza, e limitatamente al panorama, pur vasto ma non esaustivo, delle verità scandagliate.

Infine un cenno al problema forse più difficile della procedura decisionale: "how safe is safe enough?" In questa forma è ormai universalmente riconosciuto il problema della scelta del rischio accettabile (8,9,10). A che livello diventa accettabile il rischio residuo, che per quanto piccolo qualsiasi strategia di difesa comporta? Non è ovviamente possibile giungere a regole definitive, ma è possibile formulare argomenti per scegliere ragionevoli livelli di sicurezza.

Una importante grandezza che serve come primo orientamento è il costo totale di una strategia, comprensivo della sua realizzazione e del costo dei danni futuri che quella strategia comporterà, in senso probabilistico, per via del suo rischio residuo. E' ragionevolmente questa una grandezza da confrontare con l'analogo costo totale della "strategia di non intervento". Ed è utilissimo il confronto, perché spesso si constata che la situazione di fatto è talmente malsicura che addirittura converrebbe, in soli termini finanziari, intervenire a favore della sicurezza. Confronto che lascia quasi in secondo piano la difficile domanda di quale livello di sicurezza perseguire. Ma, deprecabile fermarsi all'analisi economica. Quel che è grandezza principale da valutare è la perdita in vite umane. Si è a volte purtroppo pensato di porre fra i costi anche la perdita di vite umane. Che tale approccio vada accettato o rifiutato non è questione tecnica, ma scelta di impostazione. Val la pena sottolineare l'importanza di tale questione cruciale: "quali variabili siano da analizzare e quali fra esse siano monetizzabili oppure no" non è questione di modellazione o di calcolo. E' preliminare scelta per qualunque strategia.



Sembra molto criticabile la tendenza a voler tutto monetizzare. Gli Economisti stessi hanno speso autorevoli parole sull'argomento.

E mi piace segnalare a questo proposito un fatto minore, che fa sperare in una più estesa sensibilità sull'argomento. Nel mese di febbraio è apparso sul quotidiano *la Repubblica* a firma Salvatore Settis un articolo che critica, appunto, la tendenza a voler tutto monetizzare (come aveva appena fatto il governo italiano a proposito della cultura), e cita in alternativa un rapporto esemplare, commissionato dal Ministero francese dell'Economia, dal titolo "L' economie de l'immatériel", il quale esegue, sì, valutazioni economiche, ma per analizzare le positive conseguenze di interventi nel campo culturale non certo per monetizzare direttamente la cultura.

Negli esempi che seguono la vita umana è un intangibile, non monetizzabile. La sua salvezza è obiettivo della strategia. Gli effettivi costi monetari fungono da vincoli o da considerazioni collaterali.

Quanto finora esposto ha cercato di inquadrare i problemi che tipicamente si incontrano nell'affrontare il tema dei grandi rischi. Vediamone qualche esempio applicativo.

## I TERREMOTI

### *La credibilità della previsione*

Vediamo dapprima come sia stato applicato il citato criterio per superare le incertezze. Per esempio era in discussione se credere o no al modello di "terremoto caratteristico". Secondo tale modello ci sarebbe, da parte della faglia sismica, una certa preferibilità per generare uno specifico terremoto di alta intensità; in tal caso non sarebbe valido il modello esponenziale, che di solito si assume, e che fornisce probabilità di accadimento sempre decrescenti al crescere della magnitudo. Grazie al banco di prova introdotto si è potuto asserire la maggior credibilità del modello di terremoto caratteristico piuttosto che del modello esponenziale. Si è potuto asserirlo, non in assoluto, ma limitatamente alla stima di una particolare preoccupante grandezza (in questo caso un valore critico dell' accelerazione al suolo che interviene nella normativa antisismica). Conclusione limitata, ma importante perché comporta maggior aspettativa di pericolo e suggerisce maggior severità nella normativa antisismica (11).

Analogamente si è proceduto per altri importanti argomenti gra-

vati da incertezze, trattati e risolti con lo stesso metodo: meglio una distribuzione spaziale uniforme degli epicentri zona per zona, o seguire le difformità da catalogo? o ancora: quale numerosità del campione, cioè quanti anni di osservazioni, sono necessari per ottenere un certo grado di credibilità?

### *La scelta del rischio accettabile*

Strumento fondamentale per la difesa dai terremoti è la normativa antisismica. Grazie a essa la vulnerabilità delle costruzioni è drasticamente ridotta. Infatti nelle ultime decadi la ricerca strutturale ha raggiunto un così alto livello di conoscenza del comportamento delle costruzioni in risposta al terremoto da consentire una progettazione con rischio residuo ridottissimo, anche in paesi molto sismici. L'esempio del Giappone è eloquente. Durante terremoti anche molto violenti, gli edifici subiscono vistosi effetti dinamici, ma non crollano. In Italia, la cui situazione sismogenetica comporta terremoti di minor violenza, le costruzioni antisismiche, ma anche costruzioni in cemento armato correttamente costruite secondo la consueta normativa, e perfino diverse costruzioni in muratura hanno dato buona prova, come testimoniato anche a L'Aquila in occasione del terremoto del 2009 (e si potrebbe valutare il rischio, altissimo, del cattivo costruire!).

Alla normativa si è giunti per il progredire della conoscenza del terremoto e dei suoi effetti sugli edifici, non certo per adozione diretta di una soglia di rischio giudicato accettabile. Ma la lettura a posteriori del rischio residuo, che implicitamente viene accettato nella normativa, è preziosa come termine di confronto per operare con opportune strategie di rafforzamento su edifici che non sono a norma. Che in Italia sono molti, sia per la presenza di antichi nuclei abitativi, sia per non corrette pratiche costruttive o per dannose modifiche eseguite su edifici esistenti. Queste situazioni sono note. Esiste anche un accurato lavoro di censimento di tutti gli edifici pubblici in Italia, catalogati con il loro grado di vulnerabilità. Tali conoscenze permettono strategie di adeguamento giustificate da una esplicitata procedura decisionale, e secondo priorità temporali, suggerite dai modelli previsionali cui si è fatto cenno. Questa procedura decisionale, che costituisce importante esempio di quanto si è prima esposto, è stata effettivamente applicata negli anni 90 in Italia per una dettagliata programmazione di interventi in Emilia Romagna (12). Purtroppo non ha ancora avuto esito applicativo.

Un'indagine volta alla scelta di un rischio accettabile si fonda sul *costo marginale di una vita salvata*, concetto introdotto da Grandori negli anni 60. Esso consente non già di scegliere direttamente l'accettabile livello di rischio, bensì di leggere e di confrontare, fra le scelte adottate e adottabili, quanto esse contengano come somma che siamo disposti a pagare per *salvare una vita umana in più* rispetto alla prassi corrente. Grazie a tale concetto, Grandori costruisce un mezzo, applicato già nella prima mappa sismica italiana del 1980, per orientare le scelte e diminuire disomogeneità fra normative esistenti (13).

### *Previsione a breve termine*

La componente previsionale nella difesa dai terremoti ha compito essenziale, se pur non unico, nelle politiche di emergenza da attivare in occasione di un terremoto giudicato imminente. Infatti, la probabilità di un terremoto distruttivo nei prossimi pochi giorni, che normalmente è dell'ordine di 0.0002 nelle regioni sismiche Italiane, si innalza in presenza di certi fenomeni detti appunto precursori. Il più conosciuto fra essi è costituito dal verificarsi di scosse medio-deboli. Si tratta di un precursore debole, con alta probabilità di falso allarme. Perciò la probabilità di terremoto distruttivo a valle del suo verificarsi, pur innalzandosi di circa 100 volte, rimane piccola come valore assoluto. Si dimostra però che si innalza poi di ben 3000 volte in presenza di un secondo fenomeno indipendente dal primo, pur debole anch'esso (14). Un secondo precursore di questo tipo sembra essere costituito da emissioni anomale di gas radon. Un elenco di fenomeni ufficialmente candidati è stato pubblicato nella "Decade of natural hazard reduction" (1990-2000), ma per il decennio successivo la ricerca sui precursori è stata negletta. Solo negli ultimi anni sembra ridestare attenzione (15,16).

A proposito della previsione dei terremoti si sono sviluppate infruttuose polemiche, anche recentemente.

Una critica ricorrente dice "saranno pure precursori le scosse medio-deboli, peccato che lo sapremo dopo il verificarsi o meno del terremoto; non si può a priori dire se siano precursori". La critica non sta in piedi per almeno due motivi: 1) contiene un "si può" che non ha cittadinanza scientifica se non precisando il campo di validità dell'affermazione; 2) in campo probabilistico non ha senso: la probabilità non dice se un evento accadrà oppure no, ne fornisce la probabilità di accadimento. Se la probabilità si può calcolare e se la probabilità di un terremoto forte nei prossimi giorni,

dato l' indizio, è maggiore di quella in mancanza di indizio, allora l' indizio è precursore (in senso probabilistico). Analogamente mal posta l' affermazione che si è tanto sentita circolare "i terremoti non si possono prevedere". Dipende: deterministicamente è vera, probabilisticamente no. Del resto tutti gli studi di hazard assessment e anche la normativa esistente si avvalgono proprio di modelli di previsione, come si è detto.

Altra critica "La probabilità è piccola. Impossibile prendere decisioni che sarebbero spesso inutilmente allarmanti". Questo è proprio un esempio diretto della confusione fra conoscenze e decisione e della mancanza di una procedura decisionale che, sulla base di questa pur piccola ma ben aumentata probabilità, valuterà costi sociali, vulnerabilità delle costruzioni, altri possibili indizi, si avvarrà della consapevolezza dei cittadini...condurrà a una decisione accettabile pur se difficile.

## LE FRANE

### *Prevedere per progettare*

Non occorre richiamare alla mente come sia pressante il rischio idrogeologico in Italia. Proprio mentre queste pagine vengono scritte, i notiziari sono un susseguirsi di annunci drammatici: frane, allagamenti, crolli di caseggiati, distruzione di aziende, morti. Il dissesto idrogeologico è stato favorito negli ultimi decenni da un dissennato uso del territorio, ormai largamente riconosciuto.

La pericolosità è nota da tempo. Le frane sono censite e quelle attive si contano a migliaia. Dettagliati studi quantitativi esistono che possono guidare decisioni per un corretto uso del territorio.

Assenti invece, per gli interventi operati nel nostro paese, le procedure decisionali che li abbiano sostenuti. O meglio, forse presenti e sottaciuti, criteri speculativi incuranti di un rischio che, per essere ridotto in casi palesemente rischiosi, non avrebbe neppure necessità di modelli interpretativi. Che invece sono indispensabili come guida per razionali decisioni in situazioni di incertezza interpretativa.

Esistono modelli di hazard che misurano l' instabilità di un terreno e prevedono l' innesco di frane. Giungono anche a definire termini di rischio come probabilità di lesioni indotte sulle strutture, specialmente in occasione di attività sismica che produca notevoli spostamenti del terreno. Per situazioni ben monitorate il modello può consistere

nella diretta lettura delle registrazioni e suggerire con ciò criteri decisionali di emergenza in condizioni di aumentata pericolosità.

Nelle trattazioni più attente di previsioni incerte, diversi possibili modelli vengono messi a confronto affinché possa essere giudicato quale sia il più credibile per lo specifico scopo progettuale. Cito come esempio di tale procedura decisionale in condizione di incertezza lo studio, pionieristico nel campo (seppur riferito a una problematica ambientale non specificatamente correlata alle frane), per la progettazione di un canale attorno alla laguna cagliaritana (17).

Ai fini della pianificazione urbana si possono anche usare modelli probabilistici per la definizione di aree esposte a rischio. Sarebbe quindi possibile progettare, per non piangere col senno di poi, procedendo secondo modellazione-procedura decisionale-decisione.

Cito come esempio di questo tipo una mappatura che definisce quali zone siano soggette a rischio frane nell'Oltre Po Pavese, mappatura che è stata approntata ai fini della pianificazione regionale nell'area (18).

Più complicata si presenta la modellazione previsionale per la progettazione di opere che si estendano sul territorio, incontrando terreni con diversi livelli di stabilità. Per questi casi l'innesco di frana è dovuto a un complesso di movimenti interdipendenti, anche non vistosi localmente. Ma anche per tali casi modelli interpretativi esistono. Per esempio, un raffinato modello neurale è stato messo a punto per la progettazione di un gasdotto (19).

La modellazione disponibile è quindi ormai fruibile anche a livello operativo, e potrebbe avere un notevole positivo impatto sul governo del territorio. Essa infatti permetterebbe un confronto fra diverse possibili scelte progettuali la cui efficacia possa essere misurata nei confronti di obiettivi dichiarati.

Potrebbe in particolare essere usata sia per allerta in condizioni di aumentato rischio, sia per una corretta collocazione di nuovi insediamenti, sia per stabilire la priorità d'urgenza nel *mettere in sicurezza* situazioni gravemente esposte a rischio frana, purtroppo numerose sul nostro territorio.

## L'INQUINAMENTO

### *L'imbroglione dei valori massimi ammissibili*

Sull'argomento si sono riferite le critiche di Ulrich Beck. In effetti

la definizione di soglie sarebbero giustificate a valle di considerazioni che, come si è cercato di argomentare, formino una attenta procedura decisionale. Altrimenti può facilmente accadere che l'imposizione di soglie possa risultare inefficace rispetto all'obiettivo che si voglia perseguire.

E' quanto mostra il seguente esempio, studiato per il caso del fiume Lambro (20), il cui deplorabile stato reale si voglia migliorare.

La legge ministeriale 319/76 e la successiva modifica 650/79 imponevano valori limite di accettabilità al contenuto inquinante dei reflui lungo il decorso dei fiumi.

Se ne può valutare l'efficacia operando come si è cercato di descrivere.

Si proceda alla fase previsionale del fenomeno. Esso è studiato e conosciuto sia nel comportamento fluidodinamico delle acque sia nella loro capacità di svolgere un lavoro da reattore chimico. L'hazard assessment può perciò esprimersi secondo una modellazione (addirittura deterministica in questo caso) capace di fornire il contenuto di inquinante lungo tutto il percorso del fiume, note le sorgenti inquinanti e le caratteristiche del fiume stesso. Si configuri uno scenario in cui tutti i reflui in immissione lungo il corso del Lambro presentino un carico inquinante pari a quello ammesso dalla legge. Si ottiene con ciò la situazione la situazione del fiume *legale*. La si confronti con la situazione reale. Ebbene, la situazione reale, che si vorrebbe migliorare, risulta del tutto compatibile con la normativa imposta! Il fiume è legalmente inquinato. Con ciò si constata l'inefficacia, in questo caso, dei valori massimi imposti.

Per ottenere indicazioni utili a scelte giustificate occorre almeno porsi domande basilari: "Il carico inquinante (l'hazard, in questo caso) quale rischio comporta? A quale sistema, di quale vulnerabilità?" avremo risposte diverse a seconda che si voglia ridurre l'inquinamento per proteggere l'agricoltura, piuttosto che il rimpinguamento della falda o la balneazione.

Le ricerche eseguite consentirebbero non solo di rimediare a situazioni esistenti, ma anche, come si è indicato per il caso delle frane, progettare limitando danni conseguenti. Segnalo per esempio la valutazione di impatto che un insediamento urbano avrebbe sull'inquinamento fluviale (20) e il confronto che viene eseguito fra alternative con diverse dimensioni dell'insediamento. Ciò fornisce criteri orientativi per una progettazione consapevole dell'aumento di hazard in essa contenuto.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Oggi è crescente la drammaticità di grandi rischi che affliggono l'umanità. Difficili le decisioni, molti i settori disciplinari di ricerca e le istituzioni amministrative che non possono dichiararsene estranei. Faticosamente cominciano a convergere sforzi di indagine. Ma il lavoro sarà immane. Ricorro per concludere alle parole dello studioso Paul Slovic (21):

“Giudicare quale sia il rischio è operazione fallibile.....Poiché cittadini non specialisti, anche se ben informati, hanno difficoltà a giudicare accuratamente il calcolo del rischio, si è tentati di escludere la cittadinanza dai processi decisionali. Tale azione sembra non giustificata per diverse ragioni. Primo, un attento esame mostra che i cittadini capiscono bene alcuni fatti, anche se la loro prospettiva può spesso essere diversa da quella degli esperti. Secondo, in molti se non moltissimi casi, l'effettivo governo dell'hazard richiede la cooperazione di un gran numero di non esperti...che devono obbedire alle regole sulla sicurezza e usare consapevolmente il sistema legislativo.....In alcuni casi la forte paura e la resistenza dei cittadini alle rassicurazioni degli esperti può essere fondata sulla loro sensibilità ai potenziali eventi catastrofici, sulla consapevolezza del disaccordo fra gli esperti a proposito delle probabilità e del livello di tali eventi, e sulla conoscenza di seri errori compiuti in passato dagli esperti....

In casi difficili, quali il conflitto sul nucleare, un'atmosfera di fiducia e un riconoscimento che sia gli esperti sia i profani cittadini hanno contribuito da fornire possono permettere scambi di informazioni e approfondimento di prospettive...

Anche se gli esperti fossero giudici molto migliori dei profani cittadini, dare solo agli esperti la esclusiva franchigia per la gestione del rischio significherebbe sostituire un'efficienza di breve termine a uno sforzo su lungo periodo per creare una cittadinanza informata.

Per i non esperti ciò pone una serie di sfide: essere più informati, affidarsi meno a giudizi non documentati o non ben argomentati, essere consapevoli dei fattori che possono alterare il giudizio sul rischio, essere più aperti a nuove evidenze; in breve, realizzare il potenziale per ricevere correttamente le informazioni conoscitive. Per gli esperti e per i decisori ciò pone sfide forse più difficili: ammettere i limiti delle proprie conoscenze, tentare di educare, non di propagandare, riconoscere la legittimità delle preoccupazioni del pubblico, e far sì che esse trovino espressioni in decisioni collettive senza che, nel processo, si generi più calore che luce.”

Sembra azzardato associare categorie come il calore (dei sentimenti) e la luce (della ragione). Eppure, come può spiegarsi una specie di insensibilità di fronte a rischi che vanno assumendo la dimensione di

stragi planetarie? Grandi rischi vanno crescendo. Proprio il calore di sentimenti e la luce della ragione sembrano affievolirsi. Tentando spiegazioni, nuove categorie comportamentali vengono studiate e definite, proprio ricorrendo anche a considerazioni considerate finora estranee a impostazioni razionali: *psychic numbing*, *collapse of compassion*, *irrational economy*.....(22).

Argomenti morali e analisi rigorose vengono riconosciuti indispensabili per vincere questa specie di intorpidimento e proporre strategie di prevenzione. Ma queste non verranno messe in atto se non se ne costruiranno i "pilastri" (23): strutture di buon governo, uso delle conoscenze per educare i bambini, i giovani, i leaders politici.... Occorreranno anche strumenti legislativi internazionali. Ma occorrerà soprattutto avviare un profondo processo culturale in mancanza del quale non giungeremo a decisioni assennate.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Beck U., 2000. "La società del rischio. Verso una nuova modernità". Carocci.
- [2] Schwing R.C. *et al.* (eds), 1980. "Societal Risk Assessment. How safe is safe enough?". Plenum Press.
- [3] Ross L. *et al.*, 1977. "Social roles, social control, and biases in social perception processes". *Journal of personality and social psychology*.
- [4] Kahneman D., 2003. "A perspective on judgment and choice: Mapping bounded rationality". *American Psychologist*.
- [5] Slovic P., 1980. "Who shall decide?" in "Societal Risk Assessment" loc. cit.
- [6] Miller B., 2013. "When is consensus knowledge based? Distinguishing shared knowledge from mere agreement". *Synthese* n. 190.
- [7] Grandori G. *et al.*, 1998. "A proposal for comparing the reliabilities of alternative seismic hazard models". *Journ. of Seismology* n. 2.
- [8] Fischhoff B., Slovic P. *et al.*, 1978. "How safe is safe enough?" "A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits". *Policy Sciences*.
- [9] Grandori G. e Benedetti D., 1973. "Problemi connessi con la scelta del rischio accettabile". *Ist. Lomb. Accademia di Scienze e Lettere* v. 106.
- [10] Fischhoff B. *et al.*, 1981. "Acceptable risk". Cambridge Univ. Press.
- [11] Grandori G. *et al.*, 2006. "Earthquake catalogues and modelling strategies. A new testing procedure for the comparison between competing models". *J Seismol*.
- [12] Petrini V., 1993. "Rischio sismico di edifici pubblici". GNDT-CNR.
- [13] Grandori G. *et al.*, 1973. "On the choice of acceptable risk. A new approach". 5<sup>th</sup> WCEE Roma.
- [14] Grandori G. *et al.*, 1988. "Alarm System Based on a Pair of Short Term Precursors". *Bulletin of Seismological Society of America*.



- 
- [15] Johnson B.F., 2009. "Earthquake prediction- Gone and back again". EARTH.
  - [16] Kamiyama M. *et al.*, 2012. "Precursors of crustal movements before the 2011 great east Japan earthquake". Proc of the Int Symp Eng Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, Tokyo, Japan.
  - [17] Crespellani T. *et al.*, 1985. "A decision model for optimal design under uncertain soil conditions". Riv. It. Geot. n. 2.
  - [18] Luzi L. *et al.*, 1999. "Slope instability in static and dynamic conditions for urban planning: the Oltre Po Pavese case history (Regione Lombardia-Italy)". Natural Hazard n. 20.
  - [19] Binaghi E. *et al.*, 2004. "Prediction of displacements in unstable areas using a neural model". Natural Hazard n. 32.
  - [20] Garavaglia E., 1998. "Il linguaggio dei modelli. Un caso applicativo: il fiume Lambro". Territorio, Franco Angeli.
  - [21] Slovic P., 1980. in "Societal risk assessment. How safe is safe enough?" loc cit.
  - [22] Slovic P. "The collapse of compassion" in press.
  - [23] Hamburg D.A., 2008. "Preventing genocide: practical steps toward early detection and effective actions". Boulder CO: Paradigm.