



X meeting degli utenti italiani di GRASS

Cagliari, 26-27 Febbraio 2009



Modello numerico in GRASS per la
creazione di mappe di inondazione
in caso di rottura dighe

Roberto Marzocchi & Massimiliano Cannata
Istituto Scienze della terra- Lugano

Analisi del rischio

L'analisi di rischio è fondamentale sia per la gestione dell'emergenza che per l'attività pianificatoria volta alla riduzione del rischio.

L'attuazione di questi piani permette, con la massima efficacia, di ridurre le perdite economiche, i danni alle persone ed alle cose, e di preservare il patrimonio artistico.



Analisi del rischio

Il Rischio totale è in genere definito come il seguente prodotto:

$$R_t = \sum_i P_i \cdot E_i \cdot V_i$$

P (Pericolo) :
pericolosità, ovvero
la probabilità che
un determinato
evento si verifichi
con una certa
intensità



analisi idrauliche

E (Esposizione):
elementi a rischio
quantificati in base
al loro valore
sociale ed
economico



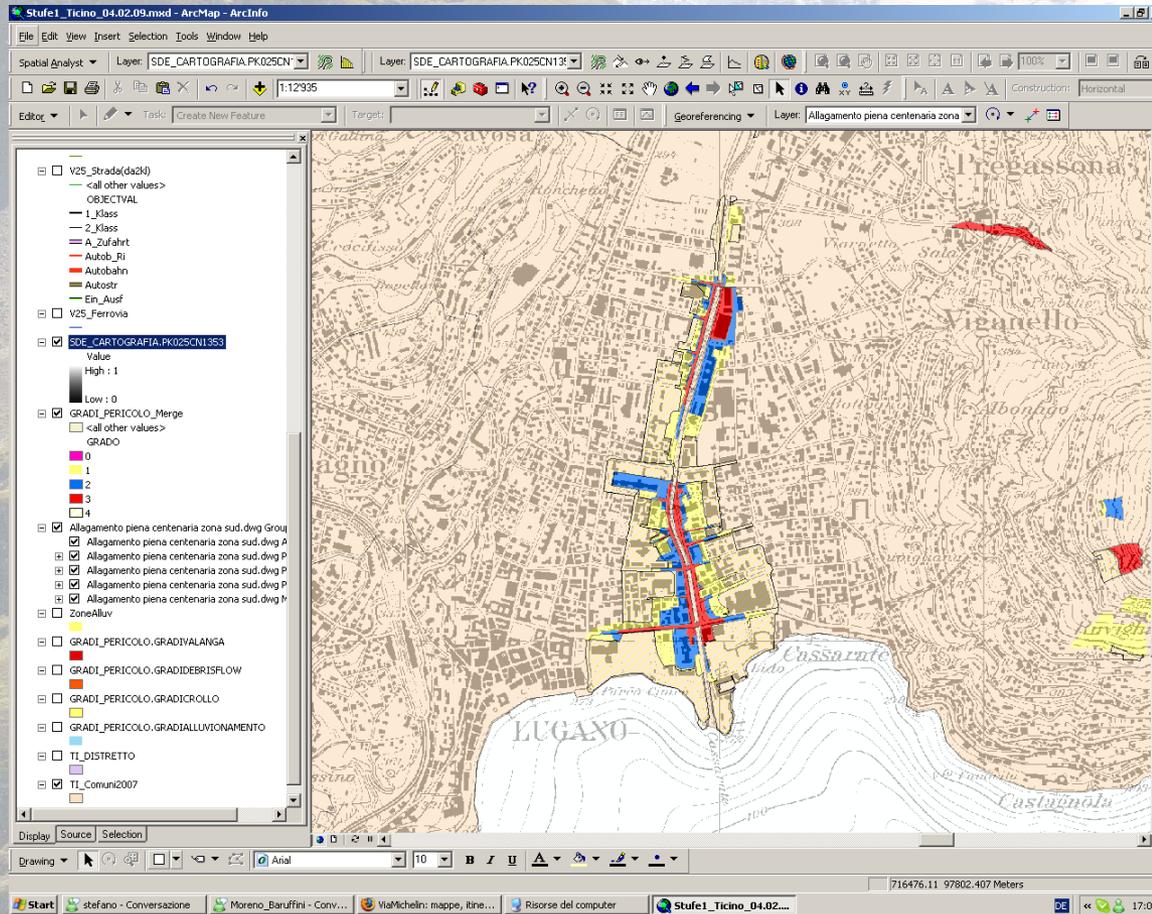
- ✓ popolazione
- ✓ edifici
- ✓ infrastrutture
- ✓ beni culturali

V (vulnerabilità):
il grado di danno
atteso al verificarsi
di un evento di una
certa intensità



Curve di vulnerabilità
degli oggetti in
funzione
dell'intensità
dell'evento

Analisi del rischio

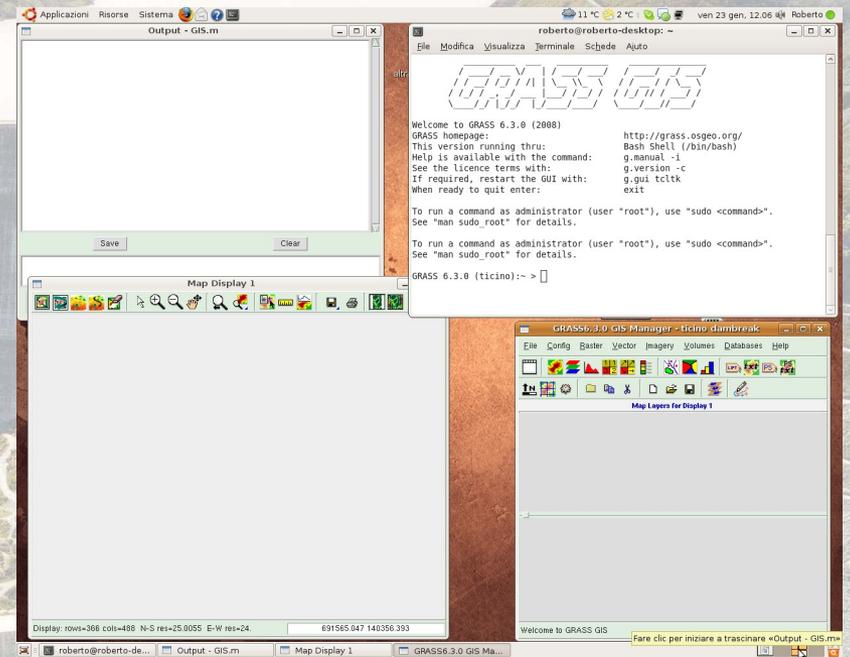


I GIS, risolvendo il problema della localizzazione, rappresentano uno strumento di analisi indispensabile.

Analisi del rischio

GRASS è un ottimo GIS per l'analisi di rischio e per l'implementazione di nuovi modelli fisici

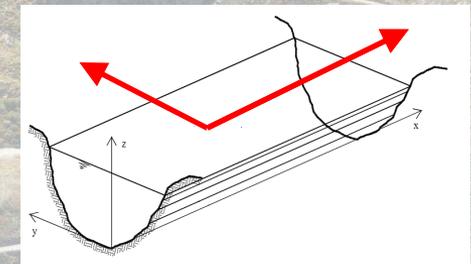
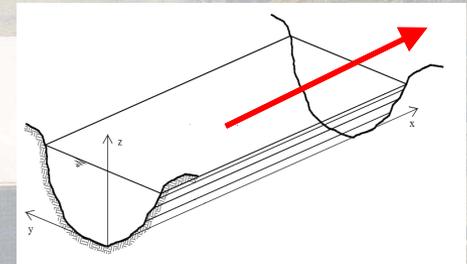
- ❑ caduta sassi (r.rockcone)
- ❑ inondazione fluviale (r.inund.fluv)
- ❑ inondazione da tsunami (r.tsunami)
- ❑ Incendi (r.ros/r.spread/r.spreadpath)
- ❑ Flussi di detrito (r.debrisflow, r.avalanche)
- ❑ etc.



Modello numerico

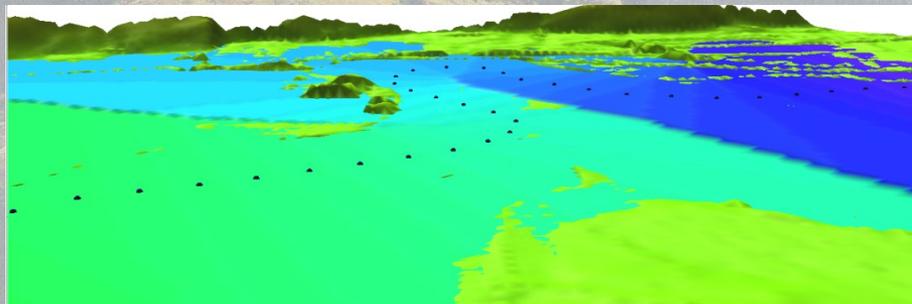
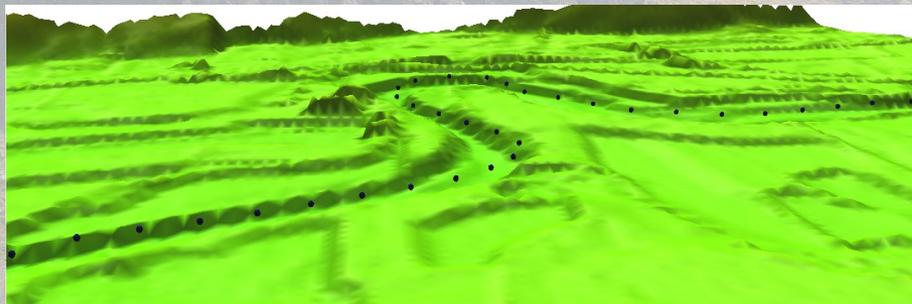
Nella pratica ingegneristica esistono due tipi di modelli idrodinamici per il calcolo delle aree inondabili:

- **Monodimensionali**
 - Semplici e computazionalmente veloci
 - Parametrizzazione agevole
- **Bidimensionali**
 - Computazionalmente più complessi
 - Parametrizzazione meno agevole
 - Simulano in maniera più realistica la distribuzione di altezze e velocità nel piano

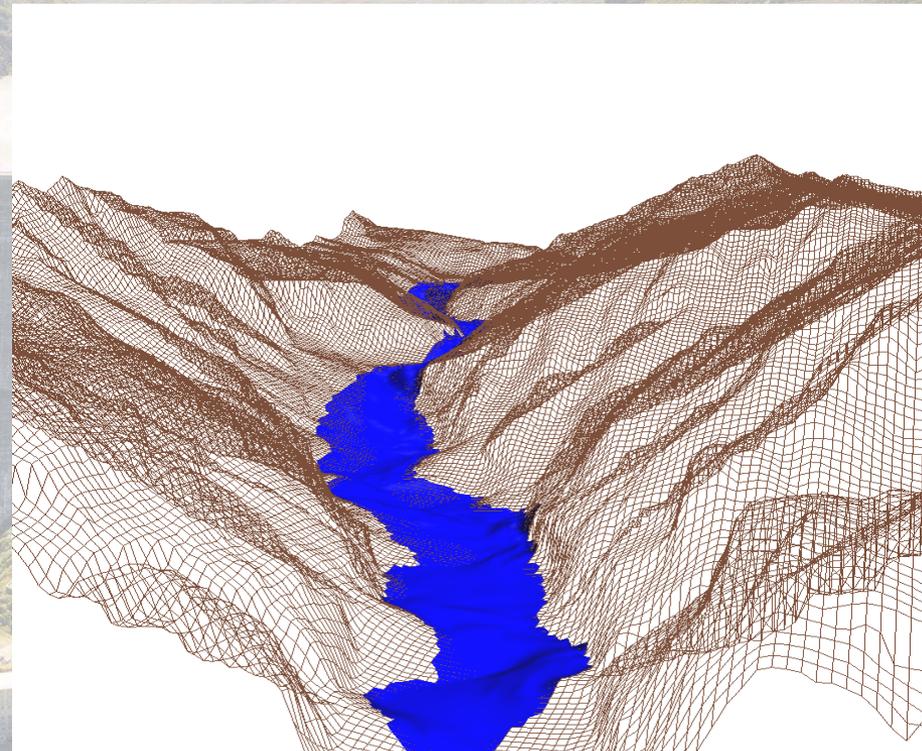


Modello numerico

Modello 1D

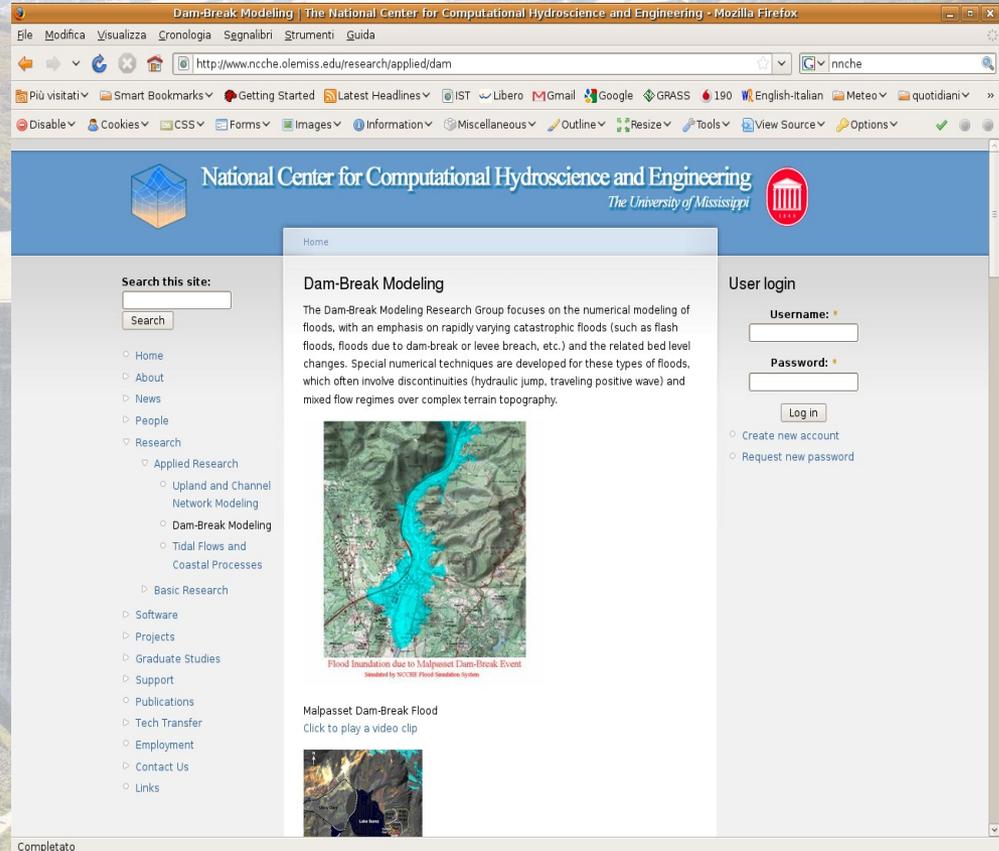


Modello 2D



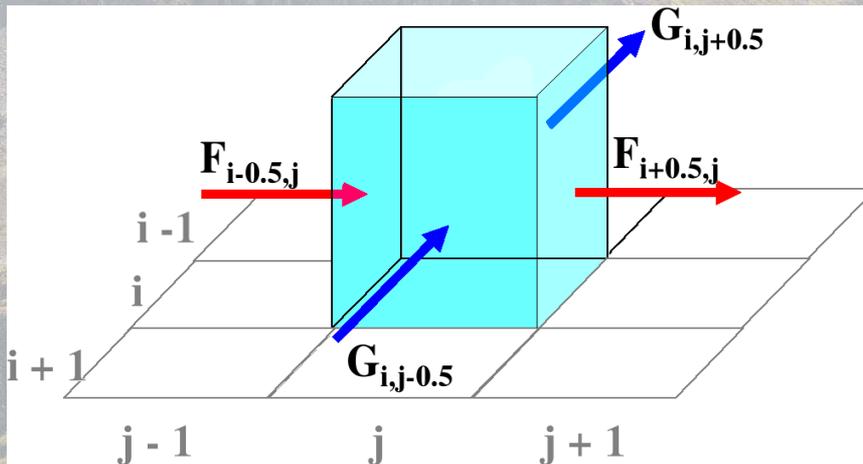
Modello numerico

Il modello idrodinamico originariamente sviluppato dal *National Center for Computational Hydroscience and Engineering of University of Mississippi* (Ying *et al.* 2003,2004) è stato interamente riformulato e scritto sotto forma di codice in linguaggio C all'interno di GRASS potendo così avvalersi di tutte le procedure geografiche per l'importazione dei dati e l'esportazione dei risultati



Nuovo modello numerico 2D

Il modello idrodinamico implementato è bidimensionale, ed è basato sulla risoluzione esplicita, con un metodo ai volumi finiti, delle “equazioni delle acque basse” (*shallow water equations*).

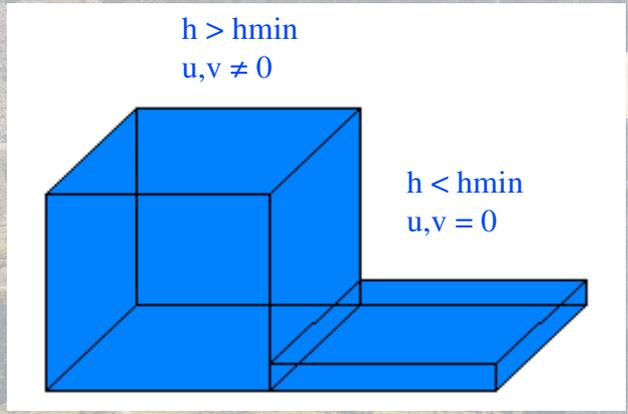


Il modello è fondato su una rappresentazione raster a griglia regolare: il volume elementare considerato è quindi costituito dal valore dell'altezza dell'acqua per l'area di cella.

Ad ogni step temporale, viene risolta l'equazione di continuità, e sulla base del valore del nuovo livello idraulico ottenuto in ogni cella, si procede alla risoluzione delle equazioni del moto nelle due direzioni.

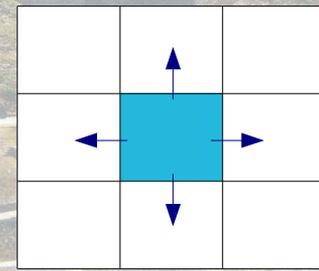
Nuovo modello numerico 2D

Un problema nasce per la gestione delle celle in cui l'altezza dell'acqua è inferiore a un certo limite. A livello teorico sarebbe sufficiente limitare la soluzione delle equazioni del moto alle celle in cui sia presente dell'acqua. In realtà così facendo, si ottengono delle velocità eccessive e il codice risulta numericamente instabile.

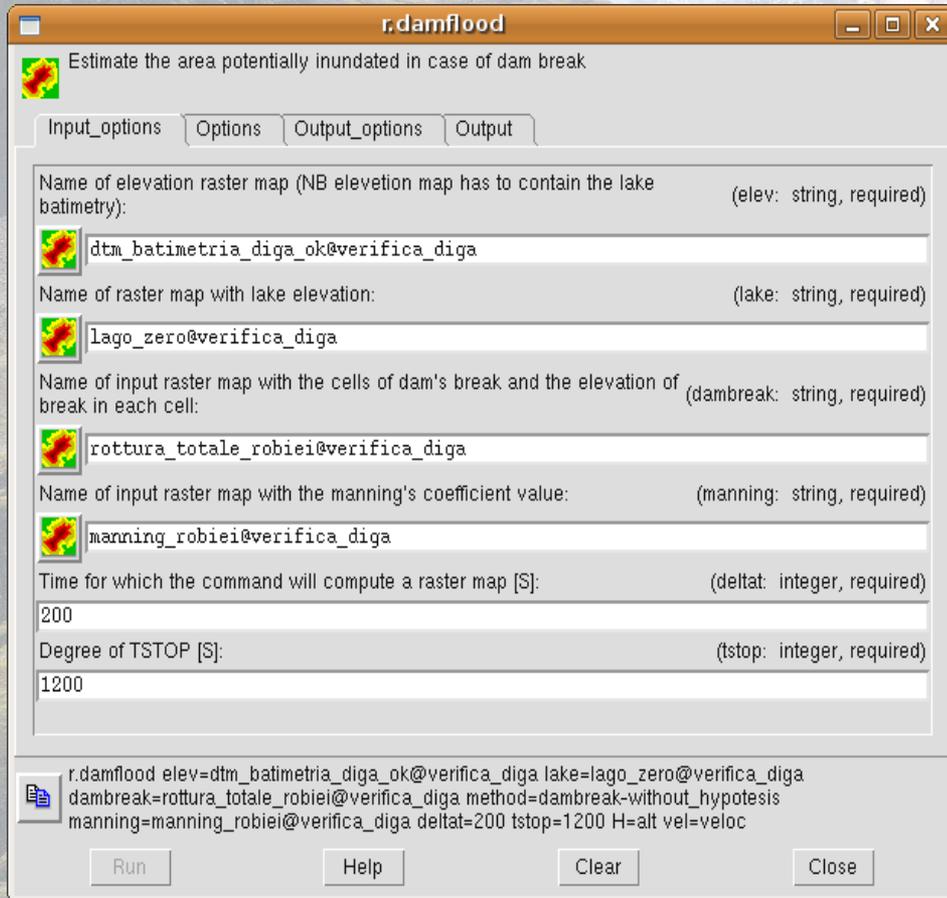


La soluzione consiste nell'utilizzare un valore di soglia al di sotto del quale non si risolvono le equazioni del moto

Per il rispetto dell'equazione di continuità, ossia dei volumi in gioco, è necessario provvedere ad un opportuno algoritmo di svuotamento nel caso in cui la cella sia in fase di scolo → l'acqua viene ripartita in maniera proporzionale ai flussi sulle quattro celle circostanti



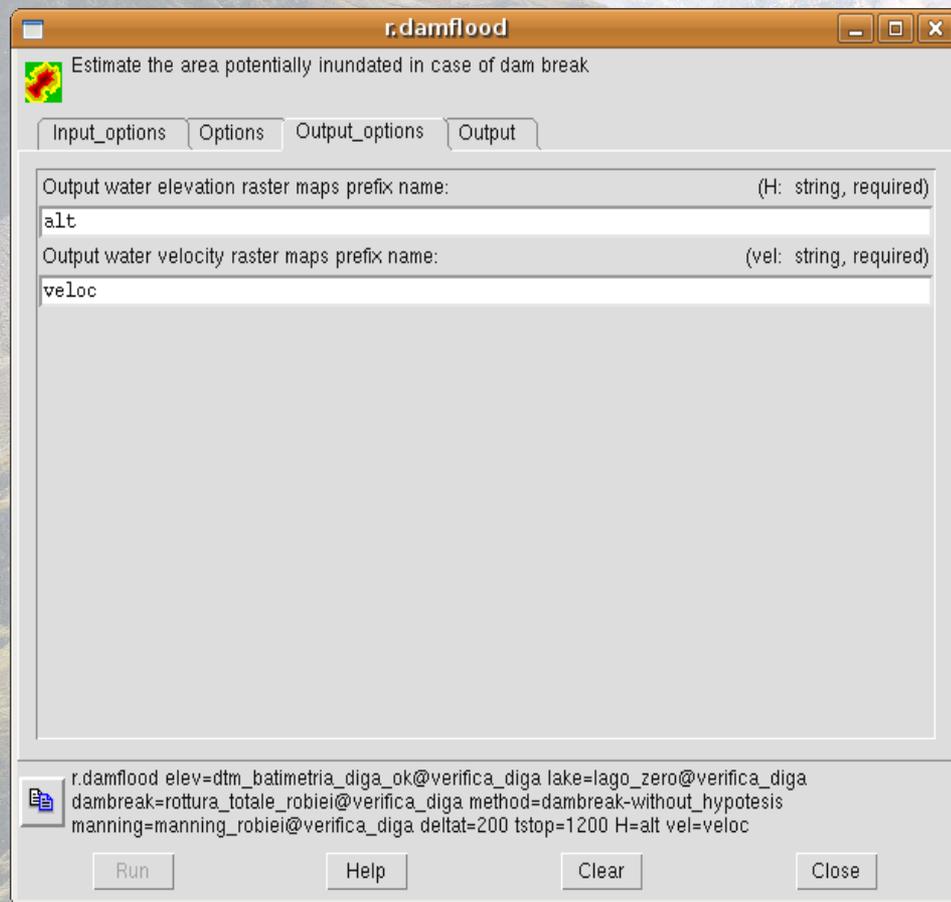
r.damflood



Il nuovo comando GRASS creato necessita come input:

- ❑ DTM
- ❑ Mappa *raster* contenente i valori di altezza d'acqua al tempo t_0
- ❑ Mappa *raster* contenente le altezze di rottura dello sbarramento
- ❑ Mappa *raster* con i valori del coefficiente di scabrezza sull'intero dominio di calcolo (manning)
- ❑ Intervalli temporali con cui esportare i risultati ed a cui fermare il calcolo

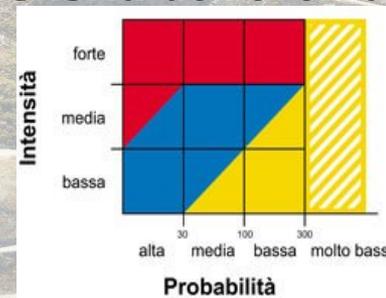
r.damflood



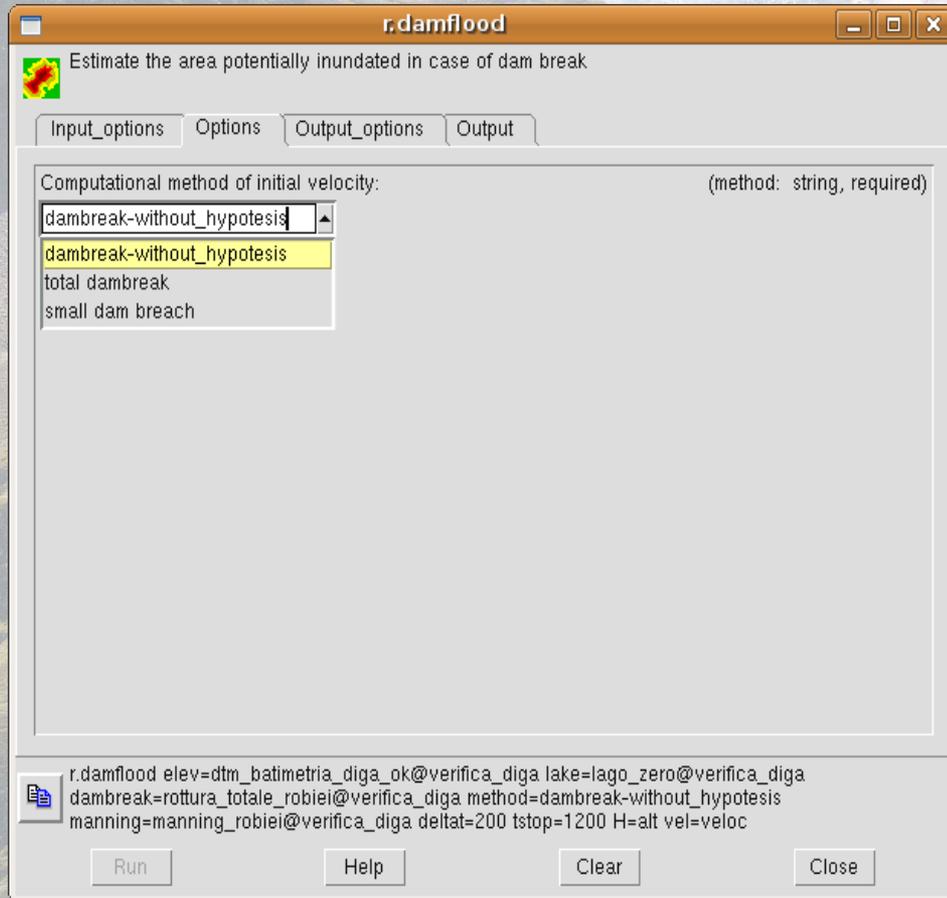
E fornisce come output:

- ▣ Mappe *raster* contenenti i valori di altezza d'acqua a diversi intervalli temporali
- ▣ Mappe *raster* contenenti i valori di velocità a diversi intervalli temporali

Come indicato dall'ufficio federale dell'ambiente (UFAM)svizzero, il prodotto di altezza e velocità fornisce l'**intensità** dell'evento di inondazione



r.damflood



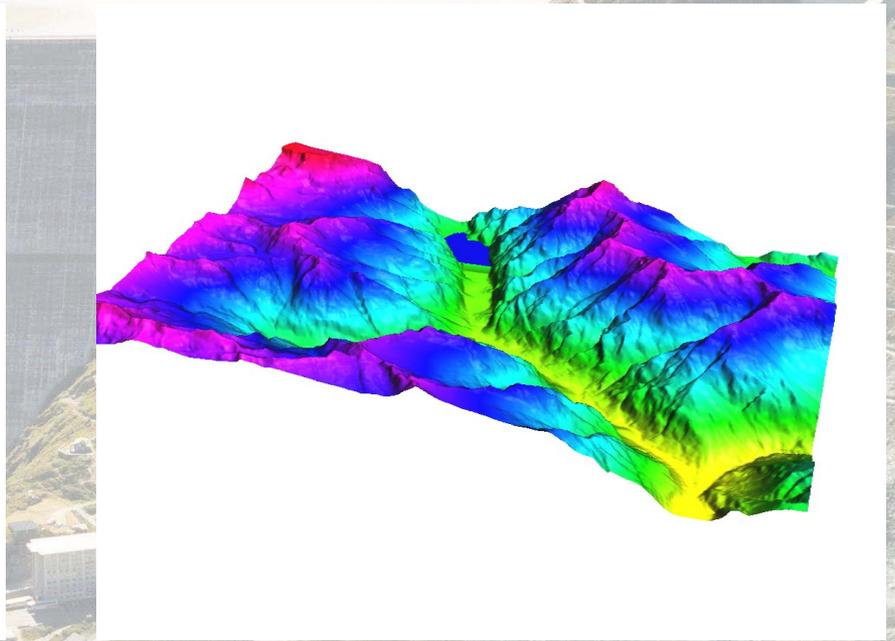
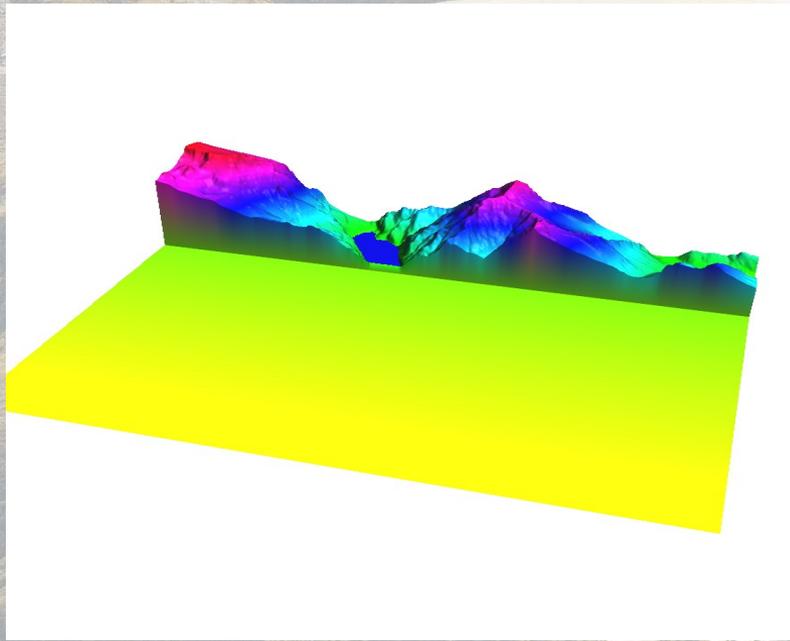
Attualmente sono state implementate alcune ipotesi utilizzate dal modello numerico:

- ❑ soluzione standard
- ❑ soluzione semplificata considerando l'abbassamento uniforme del lago:
 - nel caso di rottura totale
 - di rottura parziale

Applicazioni

Il nuovo comando è stato implementato ed applicato adue casi test:

- Un ipotetico sbarramento artificiale con un DTM sintetico a valle
- Un ipotetico sbarramento artificiale inserito in un DTM reale

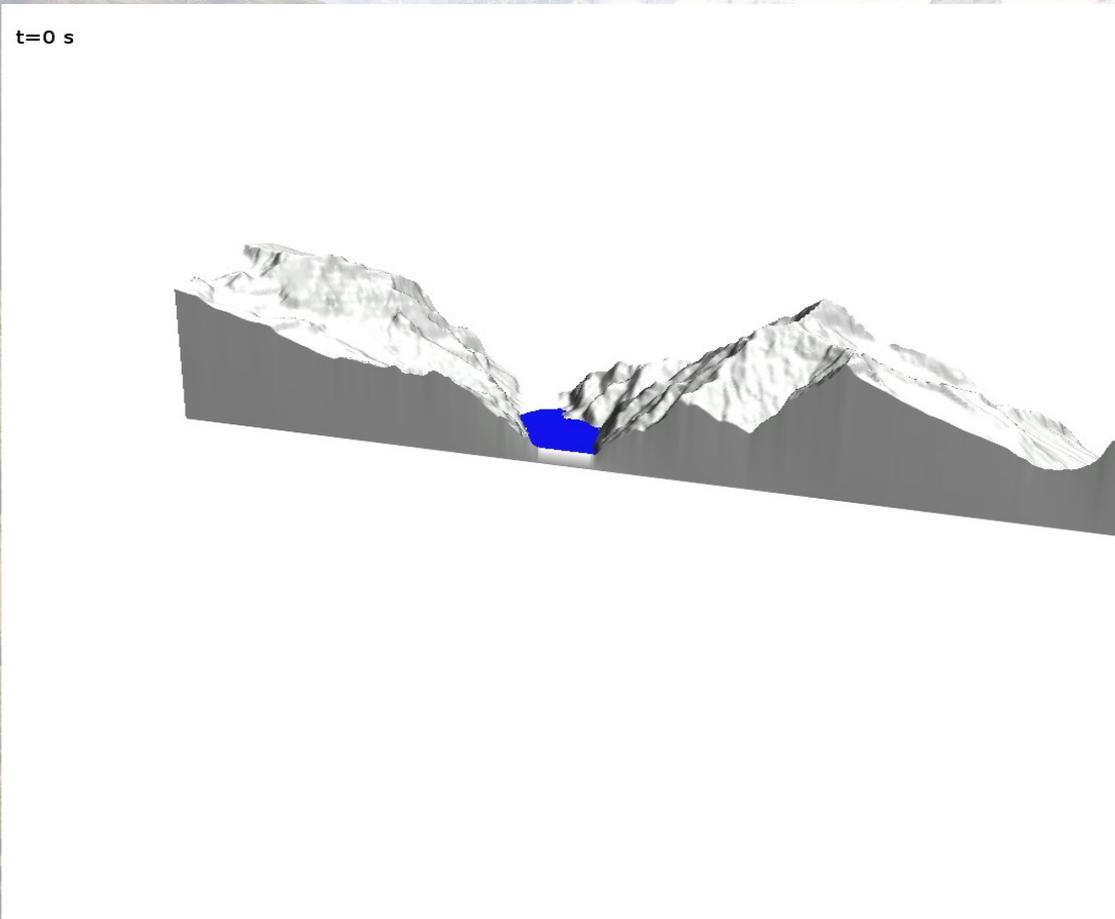


Applicazioni

Un ulteriore applicazione è stata invece fatta su un caso reale di una diga.

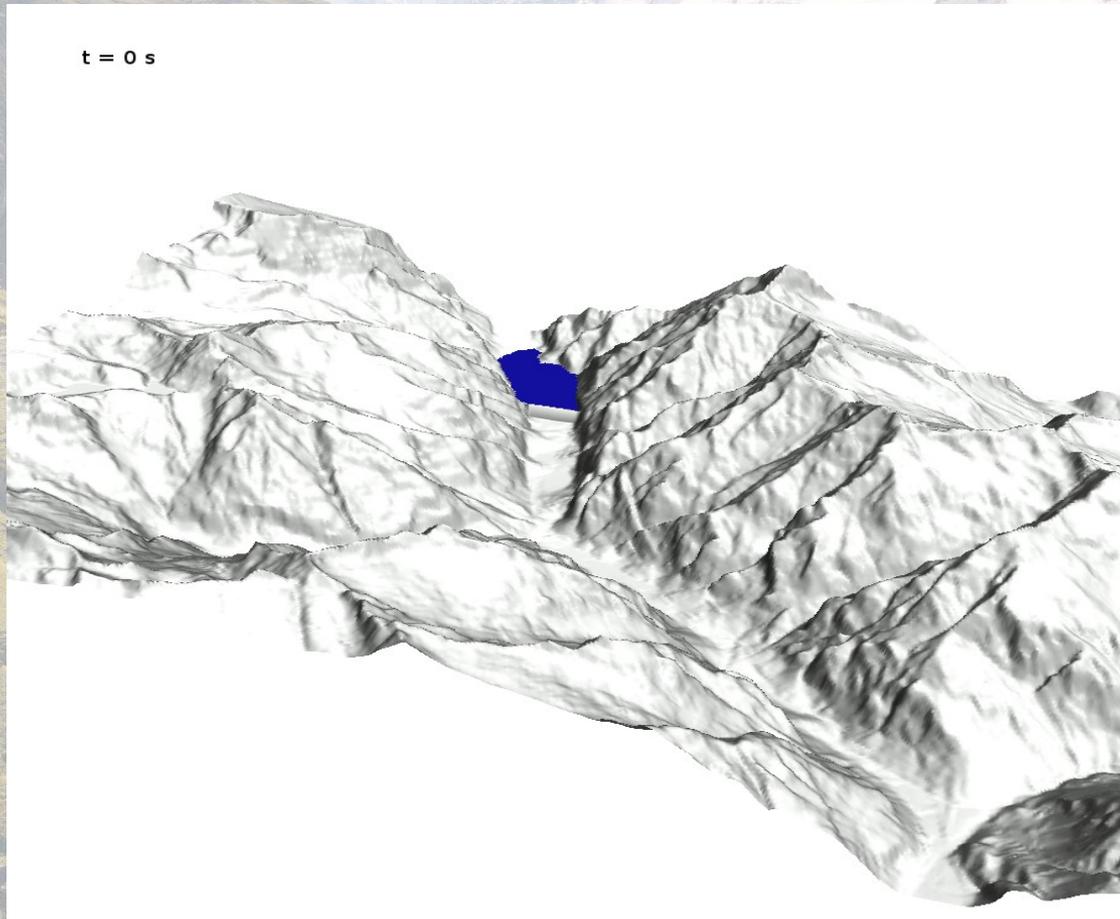


Applicazioni



DTM sintetico

Applicazioni



DTM reale

Validazione preliminare

Tuttavia per una vera e propria validazione è necessario confrontare i risultati del modello con quelli precedentemente ottenuti sulla base di modelli fisici o numerici.

Per il canton Ticino esistono delle mappe vettoriali dove sono riportati i valori dei massimi locali di piena in alcune sezioni caratteristiche, nel caso di rottura totale degli sbarramenti

The screenshot shows a GIS application interface. On the left, a window titled 'Map Display 2' displays a grayscale topographic map of a mountainous region. A green arrow points from a feature on the map to an 'Output - GIS.m' window on the right. The output window displays the following information:

```
East: 6
North: 1

Map: inondazione_
Mapset: verifica_diga
Type: Line
Line: 2
Length: 1190.141523
Layer: 1
Category: 239

Driver: dbf
Database: /home/roberto/GIS/ticino/verifica_diga/dbf/
Table: inondazione_
Key column: cat
cat : 239
OBJECTID : 266
diga :
ore : 0
minuti : 0
secondi : 50
quota : 1624.4
SHAPE_Leng : 1190.141523
tempo : 0h 0' 50''
```

At the bottom of the output window, there are buttons for 'Save', 'Clear', 'Run', 'Run (background)', 'Run (GUI)', and 'Run (in Xterm)'.

Validazione preliminare

E ulteriori carte dove sono rappresentate le aree inondabili nel caso di rottura totale degli sbarramenti

The screenshot shows the GRASS GIS interface. On the left, the 'Map Display 1' window shows a 3D shaded-relief map of a mountainous area with a blue line representing a dam and red arrows indicating flow direction. On the right, the 'Output - GIS.m' window displays the following information:

```
v.what -a map=aree_esondate verifica_diga  
east_north=682655.912863,143686.721992 distance=383.956386293  
  
East: 1  
North:  
Map: aree_esondate  
Mapset: verifica_diga  
Type: Centroid  
Id: 453  
Layer: 1  
Category: 12  
Driver: dbf  
Database: /home/roberto/GIS/ticino/verifica_diga/dbf/  
Table: aree_esondate  
Key column: cat  
cat : 12  
OBJECTID : 69  
Diga :  
SHAPE_Leng : 68410.951171  
SHAPE_Area : 12469700.1743
```

Buttons for 'Save', 'Clear', 'Run', 'Run (background)', 'Run (GUI)', and 'Run (in Xterm)' are visible at the bottom of the output window.

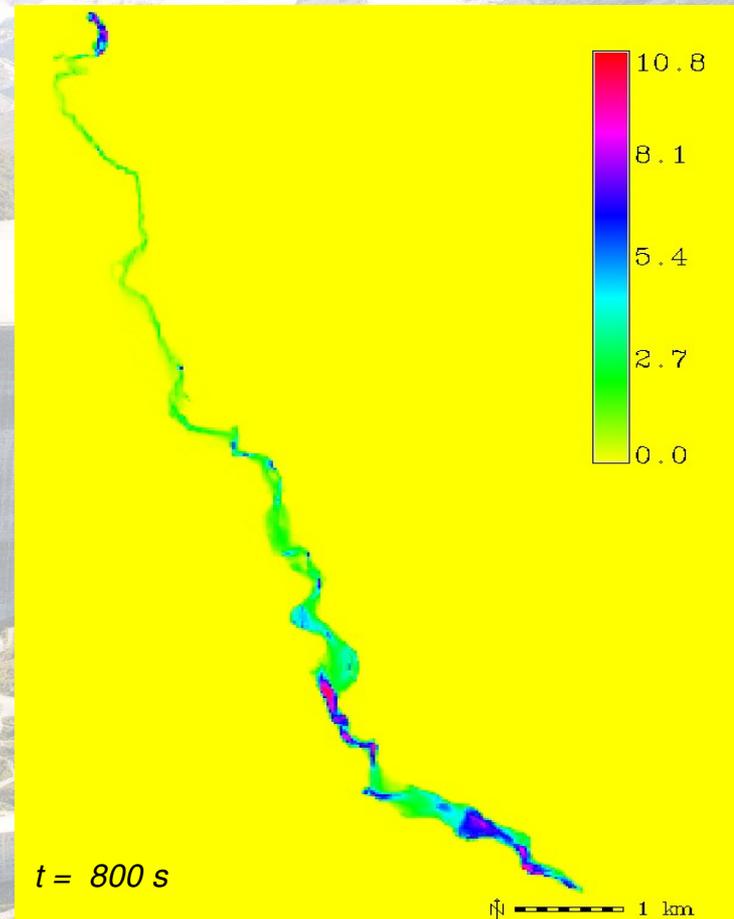
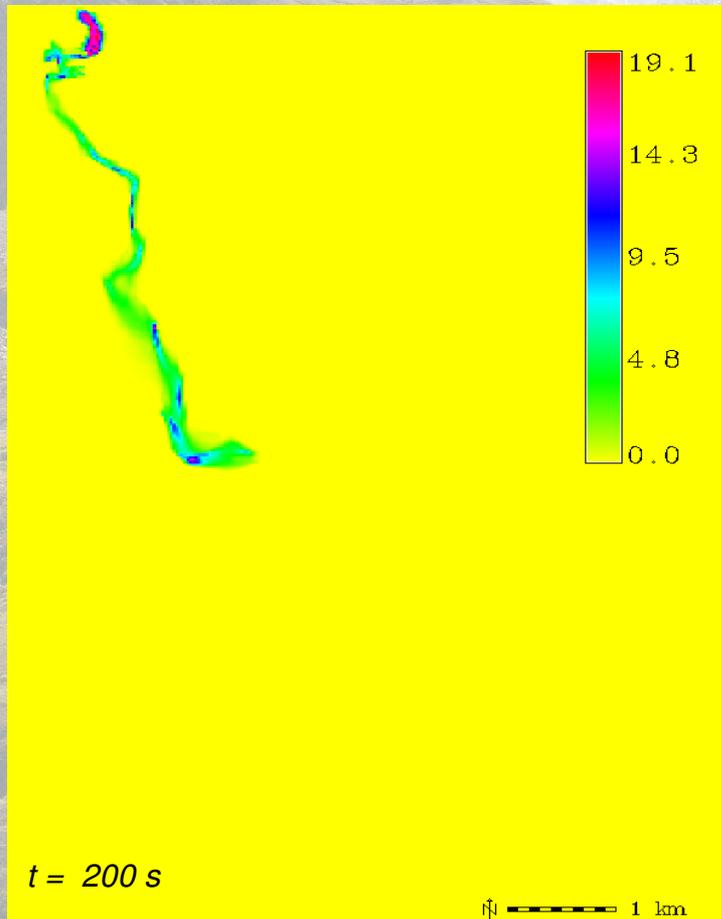
Validazione preliminare

Per la diga analizzata, dopo aver ricavato la batimetria, si è proceduto ad effettuare una simulazione numerica nel caso di crollo totale.

Tempo dall'istante di rottura [s]	Distanza percorsa dal fronte dell'onda [m]	Velocità [m/s]
200	5500	28
400	8600	22
600	10600	18
800	12300	15
1000	14300	14
1400	15600	11
2000	18100	9
3000	21100	7
3600	22600	6

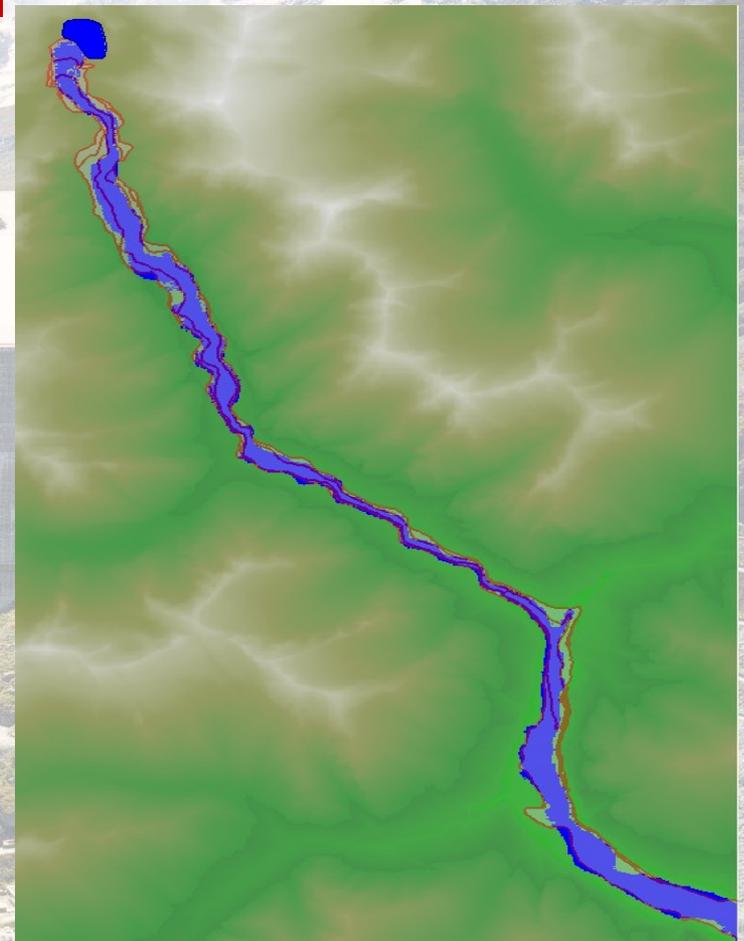
Velocità ed altezze dell'inondazione appaiono in linea con le altri studi effettuati nell'area in questione.

Validazione preliminare



Validazione preliminare

Si può vedere in figura un confronto preliminare fra i risultati ottenuti con il codice numerico e quelli già esistenti.



Prossimi passi

Il codice numerico sarà ulteriormente validato nei prossimi mesi:

- proseguendo ed affinando il confronto con i dati in nostro possesso per le dighe del Canton Ticino
- sulla base di un confronto con modelli fisici in scala

Contemporaneamente si procederà ad eventuali modifiche e migliorie al codice risolvendo eventuali ulteriori bug

Conclusioni

- ❑ Il codice idrodinamico sviluppato rappresenta un utile strumento per la valutazione della pericolosità e conseguentemente del rischio inondazione nel caso di rottura di uno sbarramento artificiale, ed è interamente sviluppato all'interno del software GRASS
- ❑ Trattandosi di un codice bidimensionale, la rappresentazione del fenomeno fisico ha un buon grado di accuratezza
- ❑ Il codice sarà ulteriormente affinato e quindi verrà messo a disposizione della comunità fra gli add-ons di GRASS

Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 3.0 Unported

You are free:



to Share — to copy, distribute and transmit the work

Under the following conditions:



Attribution. You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work).



Noncommercial. You may not use this work for commercial purposes.



No Derivative Works. You may not alter, transform, or build upon this work.

- For any reuse or distribution, you must make clear to others the license terms of this work. The best way to do this is with a link to this web page.
- Any of the above conditions can be waived if you get permission from the copyright holder.
- Nothing in this license impairs or restricts the author's moral rights.

Disclaimer