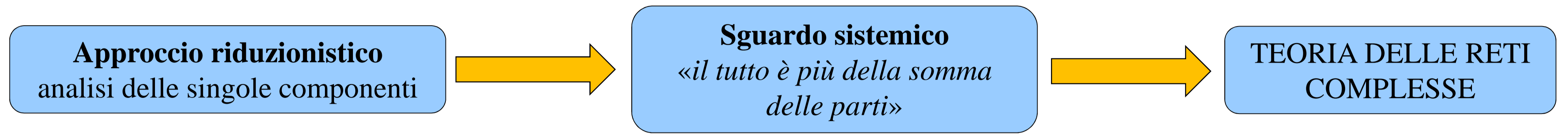


Valutazione della vulnerabilità di reti acquedottistiche tramite la teoria delle reti complesse

Corsista
Daniele Vattolo

Relatore
Dott. Ing. Matteo Nicolini

Le reti reali, sia fisiche che virtuali, possono essere caratterizzate da una infinità di possibili configurazioni strutturali, ma tutte riconducibili ad un insieme di elementi nodali e reciproci collegamenti che determinano il flusso di informazioni (uni o bidirezionale): la topologia e le interazioni tra nodi definiscono il comportamento globale del sistema.



LA TEORIA DEI GRAFI – APPLICAZIONE ALLA RETE IDRICA DI TARCENTO

DESCRIZIONE DEL SISTEMA

La rete di distribuzione idrica si pone al servizio del capoluogo di Tarcento e delle sue frazioni di Collalto, Collerumiz, Loneriaco, Segnacco e Zomeais, per estendersi all'intera competenza del serbatoio di Collerumiz, ossia l'area sud del capoluogo di Magnano in Riviera e della sua frazione di Bueriis. L'approvvigionamento idrico viene garantito principalmente dall'adduttrice del Musi e integrato da quella di Molino del Bosso, tramite sollevamento dalla linea delle Valli Tisonie (nodo Collalto).

COSTRUZIONE DEL GRAFO

Molti problemi nelle varie discipline non dipendono dalla forma degli oggetti coinvolti, quanto dalla modalità delle loro connessioni. Gli archi (collegamenti) possono fornire indicazioni:

- 1) sulla semplice connessione
- 2) sulla direzione dell'informazione
- 3) sull'intensità della relazione

↓

Grafo non orientato **Grafo orientato** **Grafo pesato**

↓

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Matrice di adiacenza

CLASSIFICAZIONE DELLA CENTRALITÀ NODALE

Nella valutazione della centralità nodale si tiene conto sia della forma non orientata (indiretta) che orientata (diretta) del grafo, nel qual caso la direzione è legata alla distribuzione dei flussi, calcolata a seguito di calibrazione del modello.

Nel caso di forma pesata del grafo si fa riferimento alla geometria (lunghezza/diametro) della rete o all'entità delle portate circolanti.

ANALISI DEL GRAFO

- Parametri statistici**
 - Numero nodi
 - Numero connessioni
 - Grado del nodo i-esimo
 - Grado medio della rete
- Parametri spettrali**
 - Raggio spettrale λ_1^A
 - Distanza spettrale $\Delta \lambda^A$
 - Connettività algebrica λ_2^A
- Centralità nodale**
 - Densità dei collegamenti
 - Coefficiente di clustering
 - Lunghezza media del percorso
 - Diametro della rete

- Degree c. → data dal numero di collegamenti del nodo con la rete
- Closeness c. → data dalla vicinanza di un nodo rispetto a tutti gli altri
- Betweenness c. → sulla base dei percorsi geodetici di cui fa parte
- Eigenvector c. → importanza dei suoi vicini o dei suoi collegamenti

ASSEGNAZIONE DELLE UTENZE AI NODI DEL GRAFO

Tutte le utenze servite vengono caricate su Gis e attribuite al nodo del grafo più vicino.

VALUTAZIONE SCENARI DI EMERGENZA

IPOTESI

- 1) Fuori servizio delle tubazioni o dei nodi di maggior centralità
- 2) Immissione di una sostanza inquinante nel sistema

SIMULAZIONE CON MODELLO

EFFETTI

- Numero utenze senz'acqua e numero utenze con pressione < 1.5 bar
- N. utenze coinvolte e percentuale di acqua ad esse erogata proveniente da fonte contaminata

PIANI DI GESTIONE EMERGENZA

COMBINAZIONE SEGNALAZIONI PERDITE CON ANALISI DI CENTRALITÀ

Analogamente a quanto fatto per le utenze, si caricano su Gis le segnalazioni di perdita (in strada e pozzetto contatore) provenienti dagli utenti o dal personale di zona, attribuendo ciascuna di esse al nodo del grafo più vicino e combinando il risultato con l'analisi di centralità determinante lo scenario più critico in termini di interruzione del servizio (eigenvector o betweenness centrality).

$$C_{B_TOT,i} = C_{B,i} + \frac{\max_{0 \leq i \leq n} (C_{B,i})}{2} \cdot \frac{perdite_i}{\max_{0 \leq i \leq n} (perdite_i)}$$

TOPOLOGIA DELLA RETE

↓

CALCOLO CENTRALITÀ NODALE

+

DISTRIBUZIONE PERDITE

↓

PIANIFICAZIONE INVESTIMENTI DI SOSTITUZIONE E/O ATTIVITÀ DI RICERCA PERDITE