

2. LA VULNERABILITA' DELLE RETI / LIFELINES

2.1 Caratteristiche generali delle reti censite

L'analisi delle reti, così come risultano censite nelle schede citate (Censimento LSU), si basa su alcuni presupposti fondamentali ed è stata svolta in quattro fasi, che vengono di seguito presentate.

2.1.1 *Prima Fase*

Nella prima l'identificazione dei dati di origine, tratti dalle schede a disposizione del censimento di vulnerabilità delle infrastrutture di alcuni centri abitati (condotto quest'ultimo dalla Protezione Civile con il coordinamento tecnico-scientifico del GNDT), è stata seguita da una analisi di attendibilità e fruibilità delle varie voci a disposizione a fini statistici.

I dati presi dal database sono stati riportati su fogli di calcolo, prendendo in esame innanzi tutto i vari campi, distinti tra campi descrittivi del comune nel suo complesso, del ramo e del nodo generici. Ad ogni campo è stata attribuita una frequenza ricavata dal conteggio delle schede compilate in quella particolare voce rispetto al totale: non sempre tale parametro è significativo, perché non tutti i campi sono informazioni necessarie (alcune sono peraltro alternative), ma può costituire per la scheda in generale un criterio di affidabilità e per il campo un criterio (secondario) di importanza.

Si è poi proceduto a definire la natura del dato, facendo attenzione alle modalità di misura/rilevamento. Infine si è ipotizzata una connotazione della mutabilità, e quindi del periodo di veridicità, dell'informazione, o della sua eventuale "stagionalità". Non tutte le voci sono state considerate significative, e quelle utilizzate sono il risultato di una selezione a carattere pratico-esperienziale.

Un parametro di attendibilità, che tenga conto in vario modo di quanto detto finora, attribuibile dunque ad ogni singolo campo, potrebbe essere considerato il punto d'arrivo di questa prima fase.

2.1.2 *Seconda Fase*

Nella seconda fase i dati a disposizione sono stati trasformati in dati statistici e correlati con alcuni parametri principali di riferimento grazie ad adeguate matrici ponderali: una vulnerabilità definibile per ogni elemento del nostro database accompagna alcuni altri campi, definiti "indipendenti", che tra le altre cose permettono una identificazione di casi particolari o anomali.

Per “elemento” del database intendiamo un record costituito da un singolo ramo, un singolo nodo (indipendentemente dal comune di appartenenza) o un singolo comune. Queste prime due fasi svolgono per il processo analitico successivo una funzione di taratura, aggiornabile con l’ingresso di nuovi dati.

Dopo aver scelto il tipo di analisi, basata nel nostro caso sulla definizione di un parametro di vulnerabilità attribuibile ad ogni elemento o definibile per un insieme di dati (una rete, una parte di essa come un percorso, un insieme di reti con analoghe proprietà), in modo simile alla definizione usata per gli edifici, si è proceduto ad identificare le correlazioni tra questa e l’insieme dei dati con una prima divisione delle voci in quattro classi che ne identificano la natura:

- A: identificativa e di classificazione stradale ovvero i dati “anagrafici”, peso = 0
- B: caratteristiche d’uso, dal punto di vista del traffico pubblico/privato, peso = 1/3
- C: caratteristiche geometriche, peso = 2/3
- D: caratteristiche fisico-strutturali, peso = 1

Tale divisione e ancora di più il peso attribuito, che influirà direttamente nel calcolo della vulnerabilità, danno una prima idea del punto di vista preso in considerazione, prevalentemente influenzato dalle caratteristiche geometrico strutturali, oltre a fornire un primo indirizzo per la successiva attribuzione dei pesi nel dettaglio delle singole voci. L’assegnazione dei pesi non può sussistere senza una previa normalizzazione dei dati, che in questa prima analisi è stata riferita ai valori massimi dell’intero database. La vulnerabilità, riferita per ora al singolo elemento (comune, ramo, nodo), si ottiene dunque dalla somma dei valori pesati una prima volta sulla voce ed una successiva sulla classe di appartenenza. A cavallo tra questa fase e la successiva sta la definizione di un unico valore della vulnerabilità (media sui singoli valori) per tutti i nodi o i rami appartenenti ad un determinato comune, così che quest’ultimo viene ad avere tre valori di vulnerabilità, eventualmente riconducibili ad un unico valore tramite una media e previa una ulteriore normalizzazione del tipo già visto. A questo punto ad ogni elemento è attribuita una vulnerabilità.

2.1.3 Terza Fase

Dalla terza fase emerge un primo approccio statistico, consistente nell’osservazione della distribuzione dei valori di vulnerabilità definiti e nella possibile identificazione di raggruppamenti in essa, che distinguano in classi l’insieme completo dei dati a disposizione: finora non si è concentrata l’attenzione sui comuni e le loro reti, ma l’analisi in questione può essere ripetuta comune per comune, attribuendo dunque a questi ultimi una classe di appartenenza basata sulla collocazione e la forma delle loro distribuzioni.

Prima di procedere nell’utilizzazione dei dati ricavati, si è ritenuto doveroso esaminarli statisticamente, onde verificare l’opportunità dell’attribuzione del sistema ponderale o la presenza di elementi di disturbo mal classificati o “troppo particolari”, eventualmente correggerlo in base alla conoscenza di altre fonti o all’individuazione di anomalie palesi. L’esame delle distribuzioni dei valori di vulnerabilità ci permette inoltre una divisione dell’insieme finora completo dei dati in classi di comodo, che facilitino il

confronto dei valori all'interno di una classe di elementi (più intuitiva e meglio utilizzabile una divisione dei comuni in classi di differente "grandezza" o "complessità") e che predispongano metodologie più mirate o anche solo differenti calibrazioni dei parametri nelle analisi successive.

2.1.4 Quarta Fase

La quarta fase prevede un'analisi dell'insieme di elementi, nodi e rami, di un particolare comune, e della loro funzionalità singola ed in rete, col fine di dare una risposta alle necessità di uso e di gestione della rete e degli elementi principali in essa contenuti (si pensi a scuole, ospedali, vie di collegamento, accessi d'emergenza, strutture di prima necessità) in casi di evento catastrofico. Si sono contemplati due approcci, l'uno sviluppato con metodi matematico probabilistici e l'altro, più empirico, in modo statistico.

questa analisi, peraltro in fieri, è strettamente legata agli obiettivi finali di questa ricerca. Per il caso delle reti stradali si può facilmente immaginare che un buon risultato porterebbe all'individuazione di percorsi privilegiati secondo criteri di percorribilità in caso di catastrofe o di evento critico, con estremi dei nodi che costituiscono target civili primari come scuole, ospedali, caserme dei pompieri e altri punti di prima emergenza, comune, luoghi di culto o stadi.

Si tratta allora di sviluppare degli algoritmi in grado di individuare tali classi di percorsi, adattabili a situazioni di primo intervento e facilmente usufruibili.

Un tentativo si sta compiendo con l'utilizzo di fogli di calcolo elaborati con codice VBA; i criteri di partenza sono:

utilizzo della vulnerabilità, opportunamente modificabile, (insieme alla lunghezza o tempo di percorrenza), come parametro di ottimizzazione del percorso

scelta di un solo nodo iniziale ed un solo nodo finale

vaglio esaustivo di tutte le possibilità di percorso in base ai criteri precedenti

memorizzazione delle possibilità esaminate con le corrispondenti valutazioni

inizialmente vengono trascurate alcune voci che se in questo momento rallenterebbero il processo di sviluppo dell'algoritmo, potrebbero successivamente completare il quadro di valutazione.

Una delle principali difficoltà di questo lavoro è costituita dal volume di memoria (sia operativa sia di archivio) necessario, strettamente correlato alla ipotesi di vaglio esaustivo di tutte le possibilità, che nel caso di alcune centinaia di nodi e rami potrebbe divenire ingestibile.

Un altro tentativo si affida invece a criteri probabilistici e alla programmazione pura:

utilizzo di una probabilità di interruzione del ramo come parametro di ottimizzazione

definizione di tale probabilità come composizione di probabilità di singole classi di eventi, deducibili dalle condizioni dell'edificio nella zona

scelta di uno o più nodi iniziali e di uno o più nodi finali

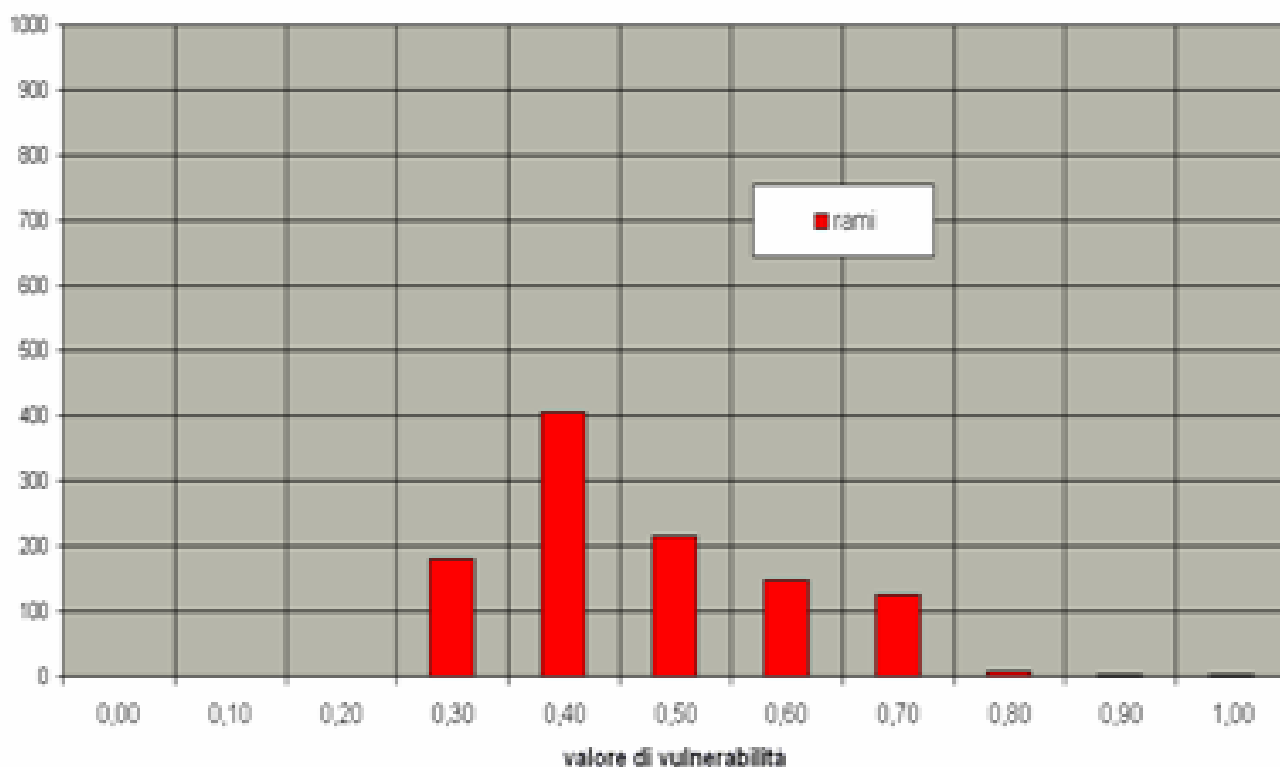
vaglio esaustivo di tutte le possibilità di percorso con appositi loop di programma per la definizione finale di uno o alcuni percorsi ottimali

l'utilizzo di memoria non è in questo caso problematico; i criteri di valutazione sono essenzialmente probabilistici e non, come nel caso precedente, basati su un giudizio esperto.

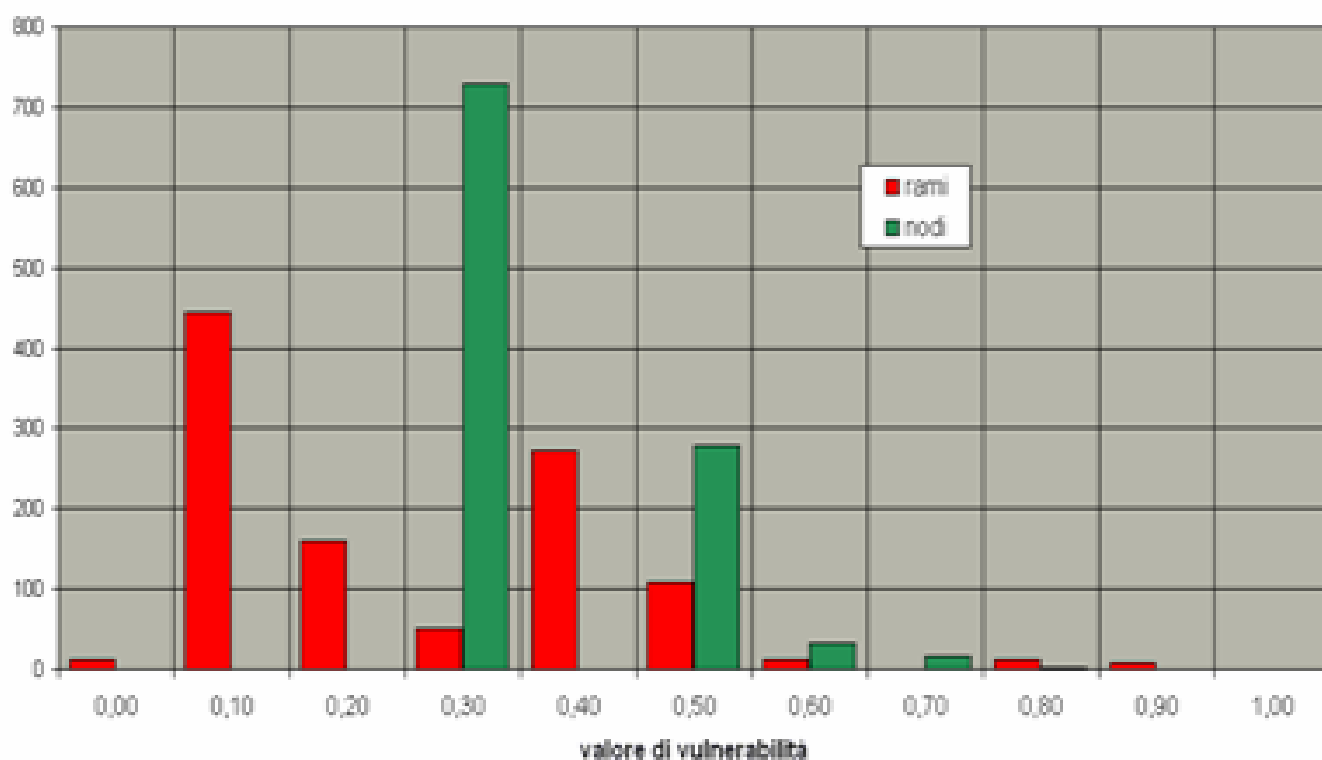
Un'ultima strada percorribile sarebbe quella dell'esame della rete nel suo complesso, individuando al suo interno una serie di "zone" (cluster) più o meno danneggiate, più o meno percorribili, passando dunque dall'insieme esteso di nodi e rami ad un insieme più ristretto e già definito di elementi, meglio gestibili per la ricerca di un percorso.

Distribuzioni dei valori dei parametri B, C e D per la rete stradale

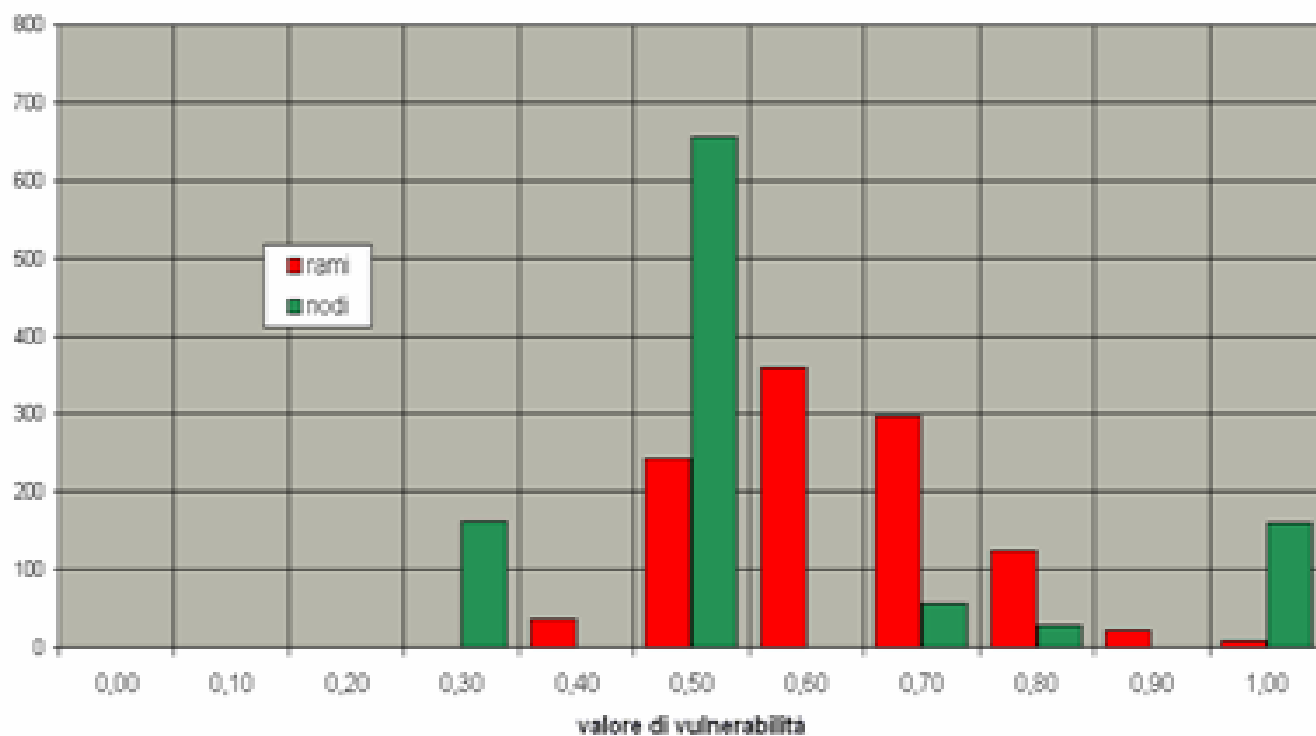
distribuzione valori B (arr. 0,1)



distribuzione valori C (arr. 0,1)

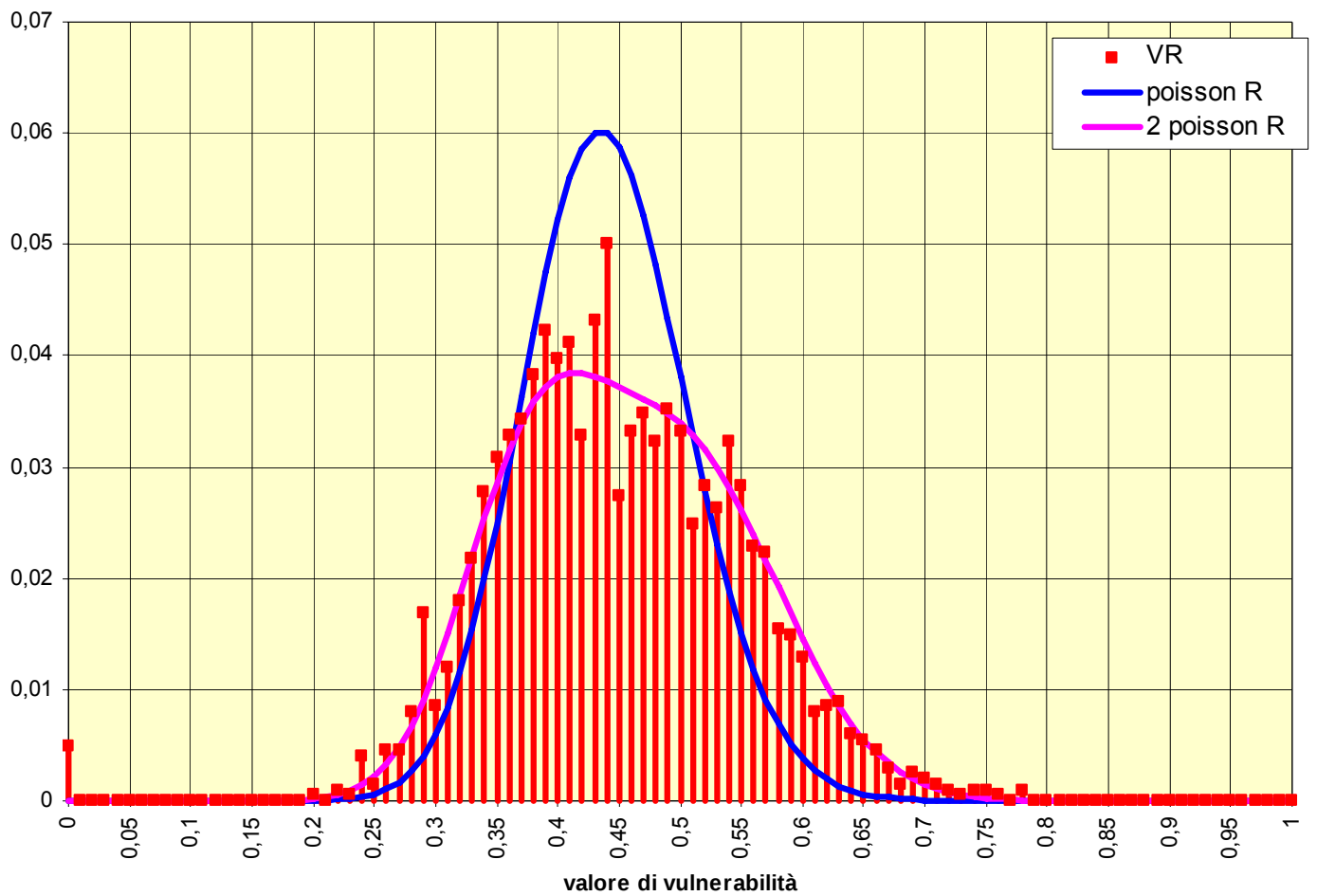


distribuzione valori D (arr. 0,1)

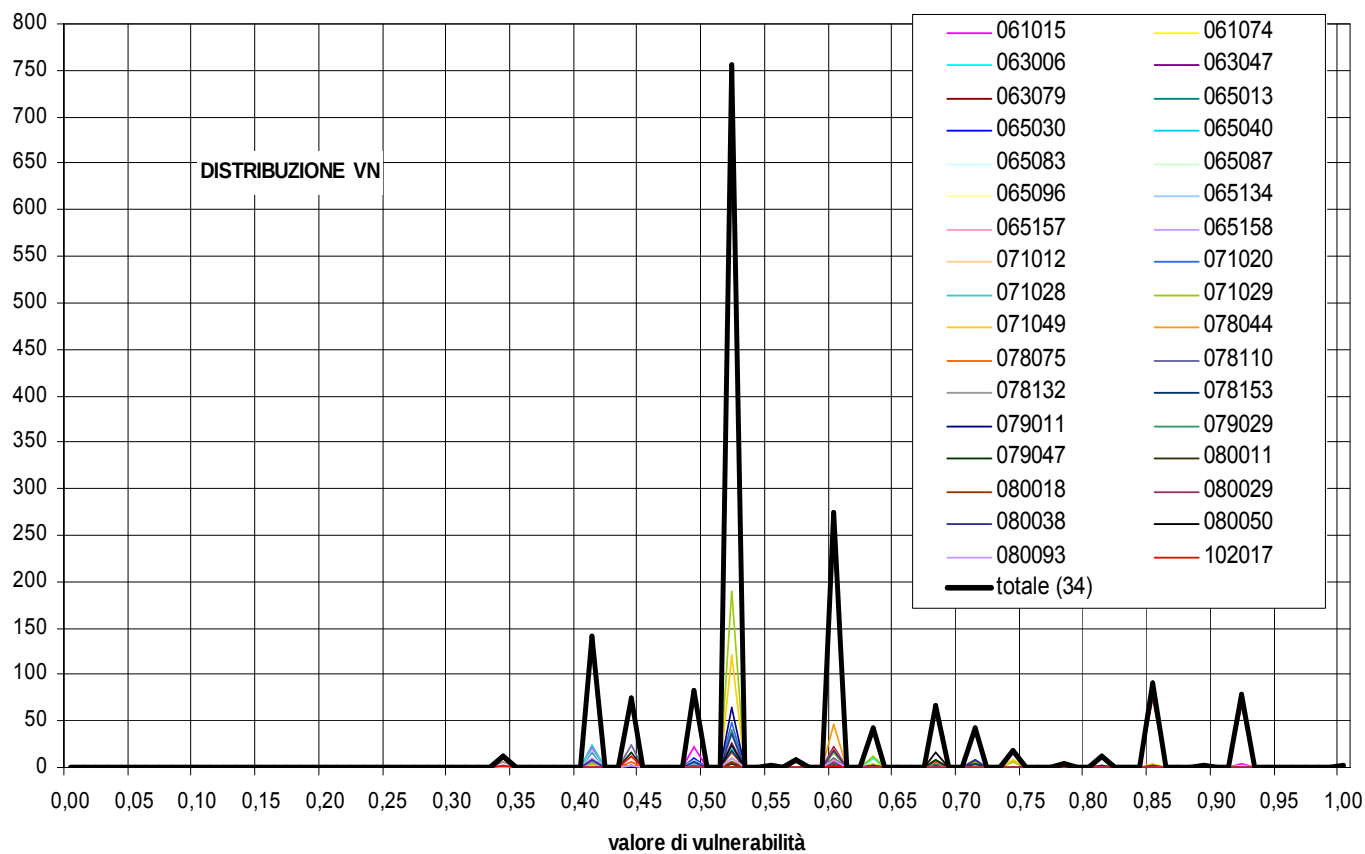
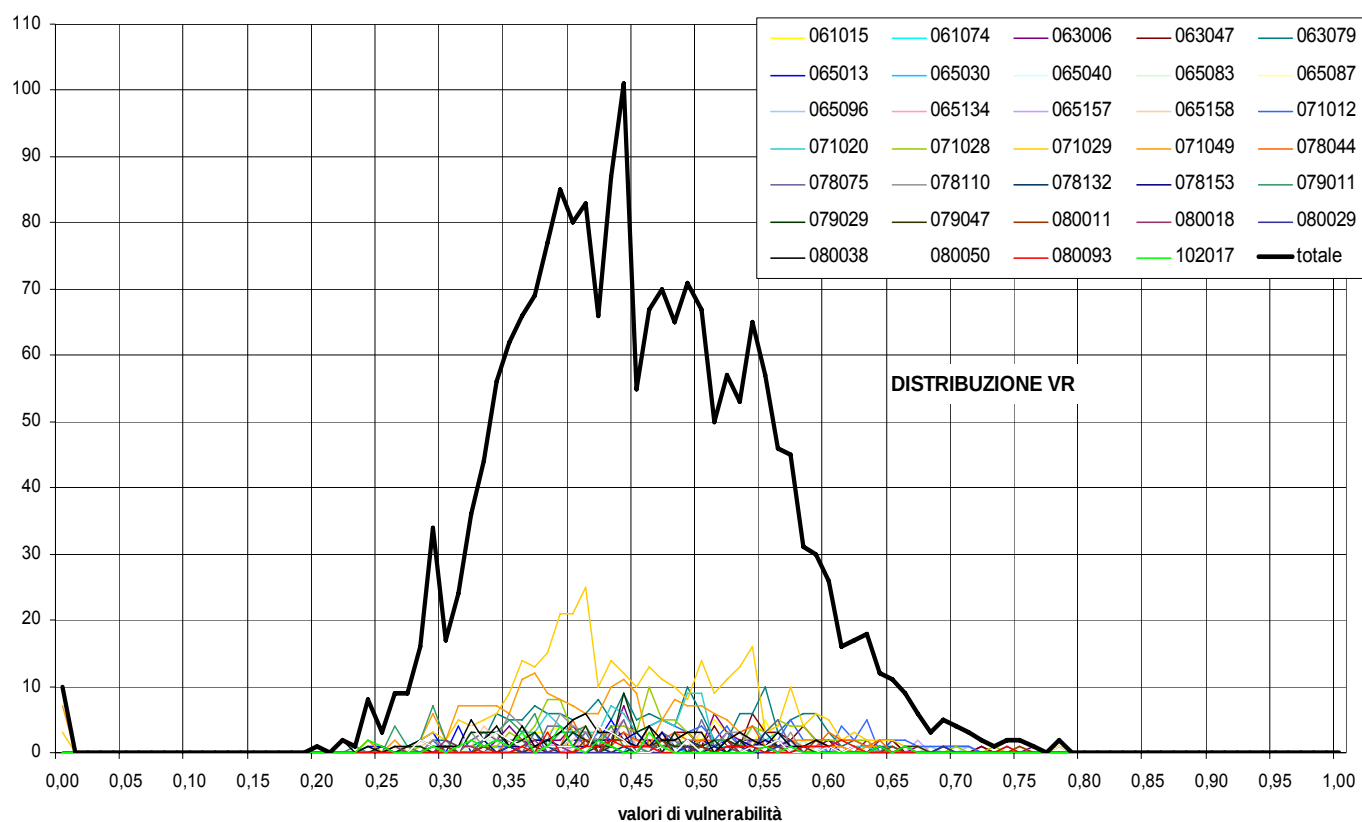


Fit poissoniani della distribuzione dei valori di vulnerabilità dei rami della rete stradale, con una curva di Poisson o con la somma di 2 curve di Poisson

distribuzione valori VR (arr. 0,01)



Distribuzione dei valori della vulnerabilità dei rami e dei nodi come somma dei contributi dei singoli comuni



2.2 Ricerca automatica dei percorsi non vulnerabili in Excell-VBA

Viene utilizzato un database di input relativo ad un dato comune, che deve essenzialmente contenere l'elenco dei rami, ognuno dei quali porterà inoltre con sé, oltre ad un numero identificativo, un nodo di inizio, un nodo di fine, un valore del parametro ad esso attribuito, nel nostro caso la vulnerabilità, un'informazione di tipo ternario riguardante il verso di percorrenza (in-fin, fin-in, entrambi). Il primo passo consiste nell'utilizzare quest'ultima per slittare il database in un elenco di rami presi tante volte quanti sono i suoi versi di percorrenza: in pratica pervengo ad un insieme di rami più esteso ma con un'unica tipologia di verso (un ramo a doppio senso di marcia si slitta in due rami, ognuno con un unico senso di marcia positivo; l'informazione una volta usata per lo splitting non serve più).

Poi il foglio excell compila in automatico una tabella (tabella bivi) in cui sono elencate tutti i possibili collegamenti diretti tra rami, e che inoltre identificherà i nodi che rappresentano tali collegamenti, in pratica quelli che definiremo bivi; i rami correlati costituiranno differenti scelte di bivio.

A questo punto entra in gioco il codice VBA, che si serve di tre ulteriori tabelle: una tabella temporanea (legata al singolo passo di un percorso: tabella scelte) che in caso di bivio mi rappresenta e mi ordina tutte le possibili alternative, una tabella (legata al singolo percorso: tabella percorso) che passo dopo passo memorizza i dati essenziali del percorso in esame, ed infine una tabella che costituisce un archivio per mantenere i percorsi buoni trovati, passando attraverso un record temporaneo che riassume tutte le caratteristiche importanti del percorso trovato.

Il programma si basa su una ricerca di tipo esaustivo che parte da un nodo definito a priori come nodo iniziale e, man mano che si giunge a punti terminali, ritorna all'ultimo bivio attraversato, di cui mantiene memoria nella tabella percorso, operando una scelta nell'ordine di successione attribuito dalla tabella scelte ma indifferente alla valutazione del percorso; se non sono disponibili altre possibilità di scelta su quel bivio si retrocede al bivio precedente.

Di volta in volta viene a configurarsi un percorso che può giungere o meno al nodo identificato a priori come nodo finale, a cui è associata la somma delle vulnerabilità dei singoli passi (l'operazione di somma può essere facilmente sostituita da quella di prodotto operando sulla tabella, senza modificare il codice) e una stringa contenente tutta la sequenza dei rami intermedi, i rami iniziale e finale, il numero di nodi e il numero di rami.

Il parametro di confronto e di verifica della bontà di un percorso è tuttavia il primo numero, ovvero il valore cumulativo dei singoli valori (nel nostro caso del parametro vulnerabilità dei singoli rami). Non essendo tale parametro determinabile a priori, il programma usa la seguente strategia: il primo di tali valori che viene trovato farà da termine di confronto per il successivo e così di seguito, portando via via all'esclusione dei percorsi con valore del parametro superiore e riducendo così significativamente tutte le possibilità di percorsi che rischiano di essere altrimenti troppe. Tale esclusione infatti viene operata anche durante la costruzione del singolo percorso, che viene ad essere

interrotto ed eliminato se il cumulativo supera il valore di soglia trovato precedentemente.

Dunque alla fine della ricerca saranno archiviati alcuni percorsi a vulnerabilità decrescente, che costituiscono alcune possibili soluzioni del problema: sarà comunque sempre presente la soluzione con valore minimo del parametro.

Quando il numero di nodi e rami diviene molto elevato, il numero di possibilità che il programma deve vagliare cresce esponenzialmente, a livello pratico cresce il tempo necessario alla soluzione. Per questo problema si sta esaminando la possibilità di creare dei cluster, delle regioni della rete caratterizzate dall'essere poco connesse tra loro: i loro confini vengono individuati in quelle zone della rete dove la connettività si riduce ad una o due strade.

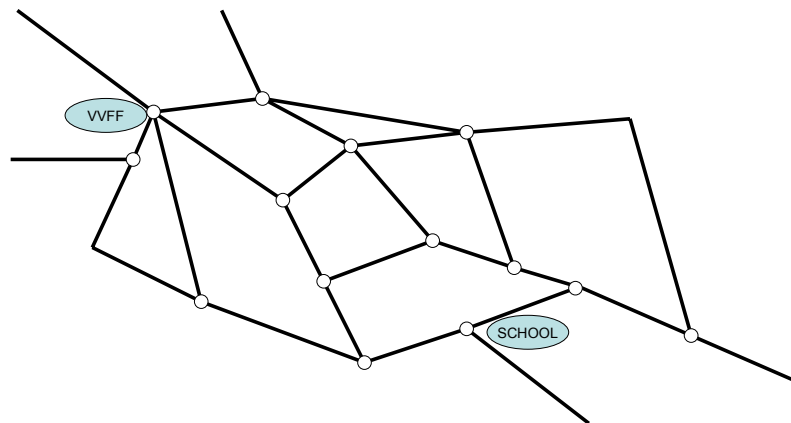
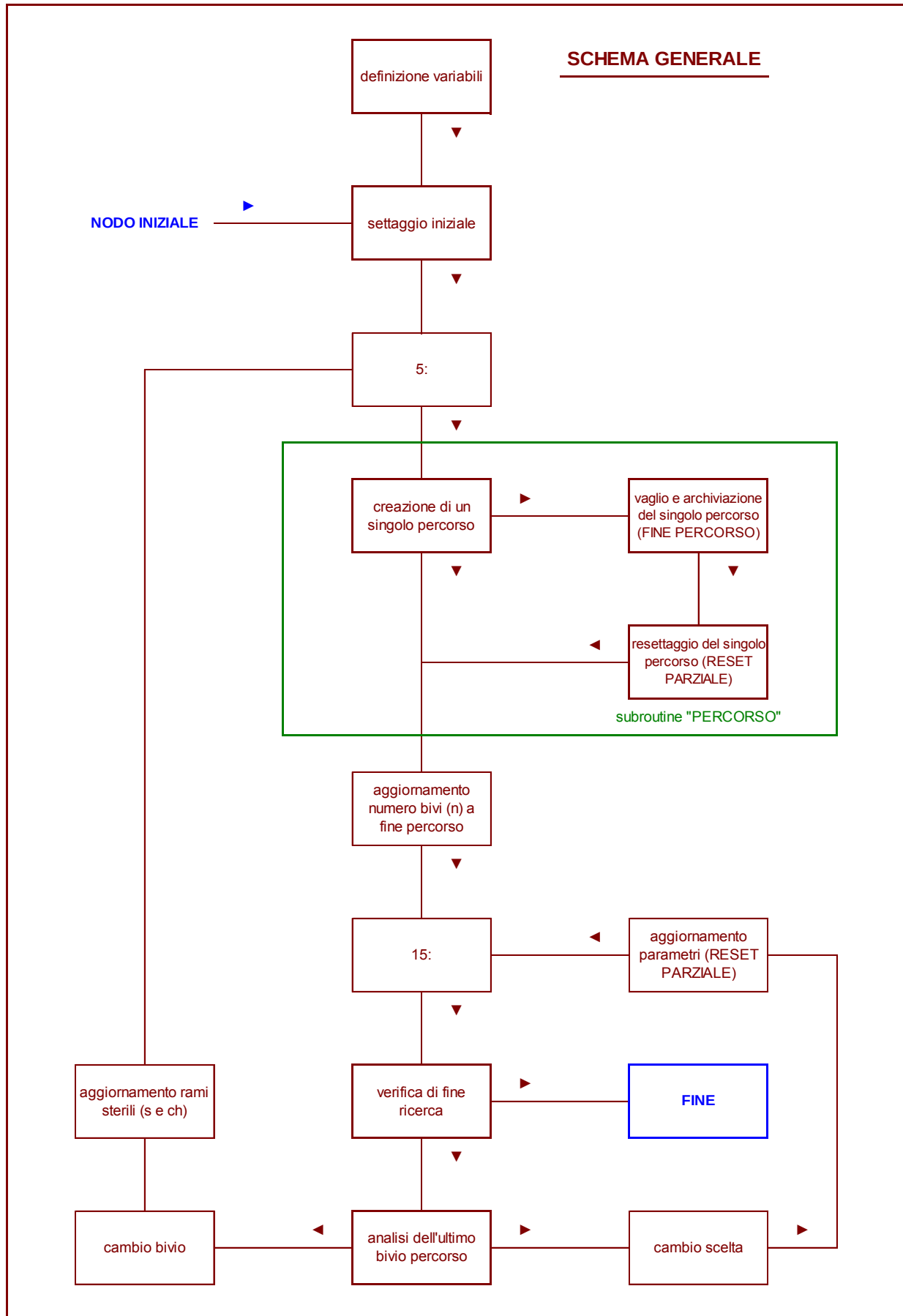
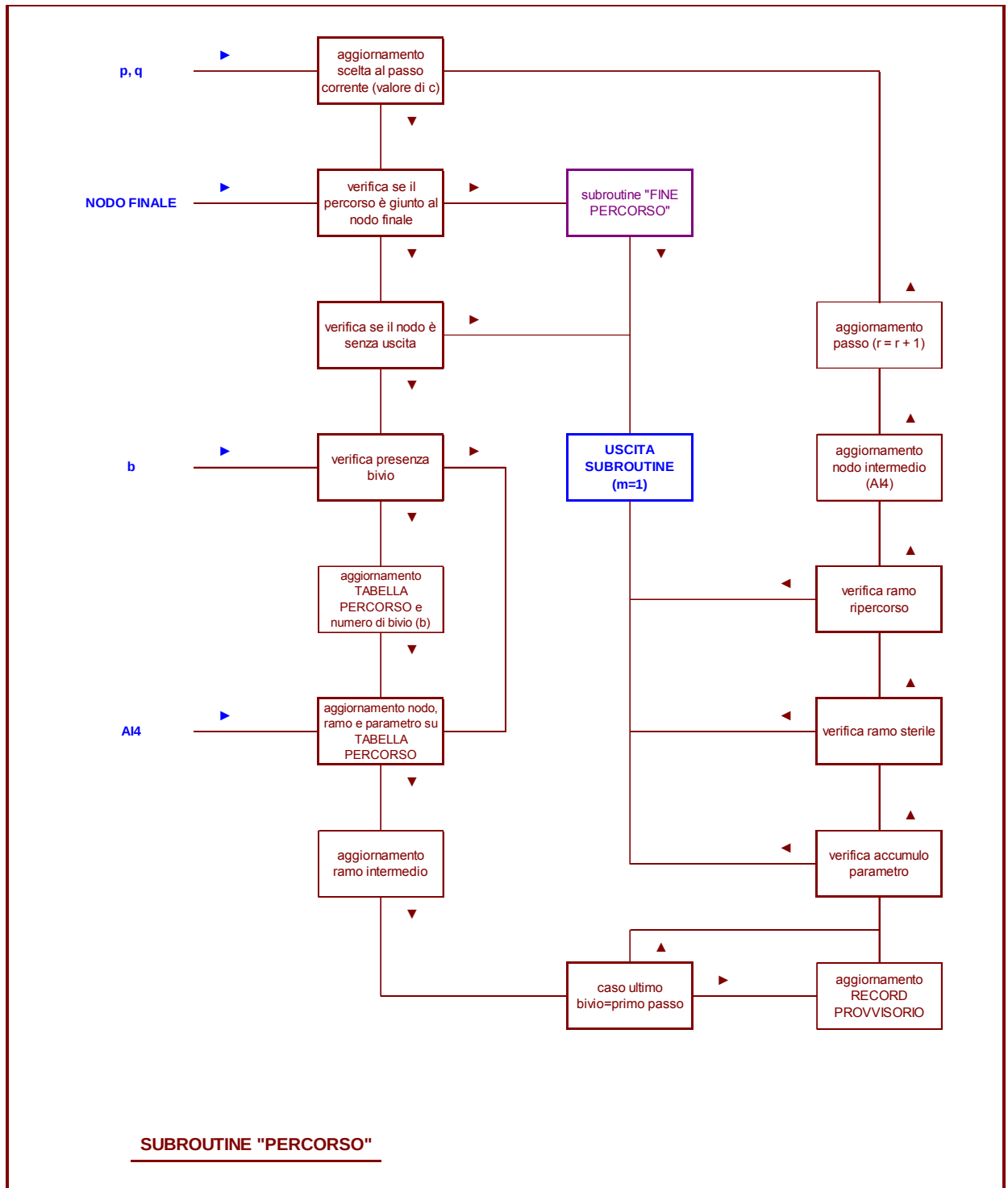
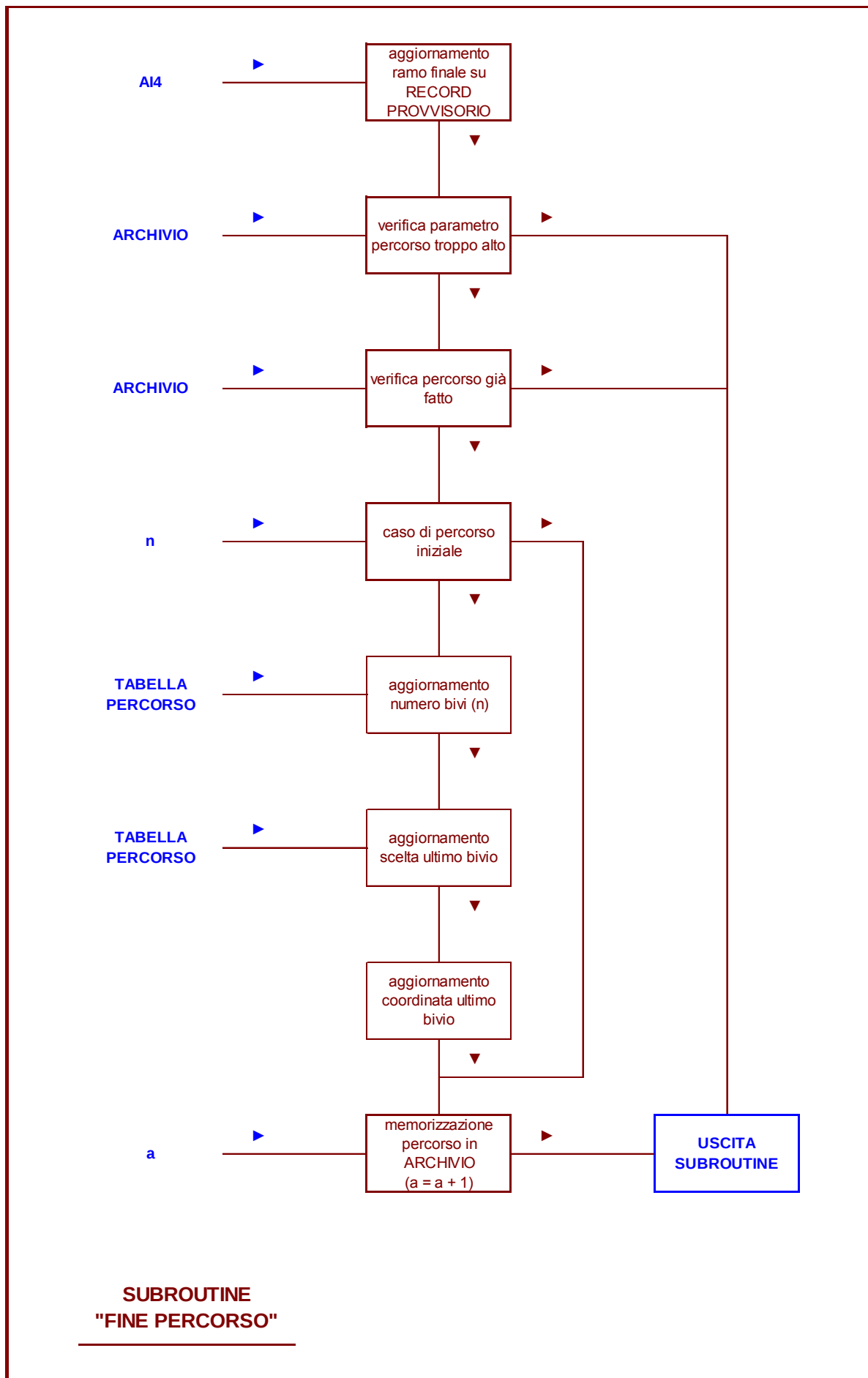


Figura: Rappresentazione schematica della ricerca di percorsi

Nelle pagine successive: diagrammi a blocchi del programma VBA utilizzato ad integrazione del foglio di calcolo Excell. Sotto esemplificazione della ricerca del programma, a partire dalla definizione dei nodi di inizio e fine percorso e coerentemente con i valori di vulnerabilità estrapolati dalla precedente analisi statistica







2.3 attribuzione dei punteggi dai dati delle schede di censimento

In questa sezione analizzeremo nel dettaglio le schede e le corrispondenti voci che hanno costituito la base di dati utilizzata. Si fa diretto riferimento alla tabella riassuntiva di tali voci, dove vengono riportate voce per voce, distinguendo le tre schede “Dati Generali”, “Rami”, “Nodi”, le seguenti caratteristiche:

- **Nome** – il nome che compare nel database, in genere uguale a quello che compare nelle schede cartacee
- **ID** – un identificativo numerico relativo alla sola fase di elaborazione
- **Nome su scheda** – quando diverso da quello su database
- **Note** – alcuni appunti per il riconoscimento o l’unità di misura
- **Area** – l’area di appartenenza in base a quanto già specificato a proposito della Seconda Fase dell’analisi
- **Frequenza** – riporta la percentuale di record compilati rispetto al totale, costituendo per molte voci una stima dell’attendibilità del dato considerato e della possibilità di includerlo nell’elaborazione
- **Sistema Ponderale** – dove vengono specificati tutti i pesi, ovviamente normalizzati, attribuiti secondo il criterio esperto già citato. Esso costituisce il riferimento essenziale a successive procedure di taratura del sistema di elaborazione nel suo insieme (modifiche significative sono state già apportate a tale sistema nel corso di successive verifiche)

Nella successiva descrizione dei singoli parametri si dà per acquisito l’esame di tale tabella: i commenti si riferiscono direttamente ai dati su essa riportati. Riportiamo in figura l’analisi riguardante le tre schede “Dati Generali”, “Rami” e “Nodi”.

Figura 2.1 tabella riassuntiva delle voci analizzate

nome	ID	nome su scheda	note	area	frequenza	sistema ponderale	cambiamenti 06/09	
SCHEDA DATI GENERALI (SDG)								
Chiave	1	non compare	3(pro)+3(com)+5(scheda)	A	1			
Scheda	4	scheda numero		A	1			
Accessi_Prov	19	numero strade di accesso		B	0,79	0,75	se ci sono più di due tipologie di accesso allora 0,50 altrimenti 0,75	
Accessi_Naz	20			B	0,42	0,5		
Accessi_Bretelle	21			B	0,29	1		
Accessi_Altro	22			B	0,13			
Percorso_a_livello	23		km	D	0,79	0,4		C: peso 0,1
Percorso_no_sost	24		km	D	0,5	0,5	C: peso 0,4	
Percorso_con_sost	25		km	D	0,67	0,6	C: peso 0,5	
Percorso_in_galleria	26		km	D	0,13	0,8	C: peso 0,6	
Percorso_su_ponte	27		km	D	0,58	1	C: peso 0,8	
Area_servita	30		1=<10km2; 2=<30; 3=<100; 4	B	0,96	catalogatore	indipendente	
Flusso_giom_med	33	flusso giornaliero	veicoli/ora	B	0,5	1		
Flusso_giom_max	34		veicoli/ora	B	0,5	(indiretto)	0,75	
Flusso_giom_Var		AGGIUNTI		B	0,5	0,75	0,75	
Percorso_%				D	0,917	1		
Numero abitanti							indipendente	
estensione centro abitato							indipendente	
rapporto rami nodi							indipendente	
indice di complessità							indipendente	
SCHEDA RAMI (SR)								
chiave	1		3(pro)+3(com)+5(ramo)	A	1			
Ramo	4			A	1			
Scheda	5			A	1			
Nodo1	8			A	1			
Nodo2	9			A	1			
Lunghezza	10		km	C	1	1	indipendente	
Tipo_strada	11	di accesso al centro/di comuni	1=Accesso al centro; 2=Comu	B	1	0,8/0,4	0,4/0,6	
Marcia	12	singolo/doppio	1=Singolo; 2=Doppio	B	1	0,4/0,2	0,6/0,1	
Carreggiata	14	carreggiate separate	1=Separata; 2=Unica	B	0,75	0,0/0,1	0,2/0,1	
Corsie_x_senso	15		corsie	C	0,88	(indiretto)		
Largh_corsia	16		m	C	0,99	(indiretto)		
Largh_banchina_i_f	17		m	C	0,15	(indiretto)		
Largh_banchina_f_i	18		m	C	0,14	(indiretto)		
Largh_marc_i_f	19		m	C	0,65	(indiretto)		
Largh_marc_f_i	20		m	C	0,62	(indiretto)		
Capacità	21		veicoli/h	C	0,19	1		
Finitura	22		1=Bitumata; 2=Lastricata; 3=A	D	1	0,33/0,67/1,00	0,3/0,55/0,8	
Finitura_altra	23			D	0,01			
Tipo_percorso	24		1=Urbano; 2=Extraurbano	B	1	0,6/0,3	0,6/0,3	
Soggetto_frane	25		1=Si; 2=No	D	1	1	0,8/0,1	
Rapp_HsuL_Medio	26			D	0,82	0,6	C: peso 0,8	
Rapp_HsuL_Max	27			D	0,81	(indiretto)		
Edif_al_lati	28		%	D	0,82	1	indipendente	
Tratti_critici	32		# tratti	B	0,11	1	B: peso 0,8	
Limit_trans_h	33	limitazioni al transito	m	B	0,01	0,9		
Limit_trans_b	34		m	B	0,03	0,9		
Limit_trans_Q	35		tonn	B	0,01	0,9		
Flusso_Da_i_a_f	36		veicoli/h	B	0,7	(indiretto)		
Flusso_Da_f_a_i	38		veicoli/h	B	0,65	(indiretto)		
Area	39		m2	B	0,83	(indiretto)		
Abitanti	40		# persone	B	0,74	(indiretto)		
Tipologia_strada	41		1=a livello; 2=rilevato senza op	D	0,99	0,4/0,5/0,6/0,8/1,0	C: peso 0,1/0,4/0,5/0,6/0,8	
Manutenzione	138		1=Alto; 2=Medio; 3=Basso	D	1	0,27/0,53/0,8	0,3/0,55/0,8	
Stato	139		1=Realizzato; 2=In costruzione	C	1	coeff. si/no	indipendente: si/no	
Flusso_Medio		AGGIUNTI				0,3	B: peso 0,5	
Abitanti / Area							0,6	B: peso 0,8
Corsie_x_Largh							1	C: peso 0,6
Largh_banch_media							1	
Largh_marc_media							1	
Rapp_HsuL_Var							0,45	C: peso 0,8
edificato per lunghezza								indipendente: va integrato con dati di edificato
SCHEDA NODI (SN)								
Chiave	1	non compare	3(pro)+3(com)+5(nodo)	A	1			
Nodo	4		Numerazione progressiva per c	A	1			
Tipologia	7	separatore di due tratti diversi	1=Separ_tratti; 2=Incrocio; 3=f	C	1		0,6/0/0,8/0,6	
Incrocio	8	incrocio o biforcazione	1=A raso; 2=Non a raso	C	1	0,60/1,00	0,4/0,2	
Sup_Piazza	9	m2		C	0,06	1		
Rapp_HsuL_Medio	10			C	0,05	0,6		
Rapp_HsuL_Max	11			C	0,04	(indiretto)		
Altro	12			C	0,02			
Finitura	13		1=Bitumata; 2=Lastricata; 3=A	D	1	0,33/0,66/1	0,3/0,55/0,8	
Finitura_altra	14	altro		D	0,01			
Manutenzione	15		1=Alto; 2=Medio; 3=Basso	D	1	0,33/0,66/1	0,3/0,55/0,8	
Rapp_HsuL_Var		AGGIUNTI				0,45		

in colore più scuro i parametri aggiunti, perché ricavati da altre basi dati o perché derivati da parametri in scheda. Nell'ultima colonna a destra sono evidenziati i parametri considerati nella successiva elaborazione statistica

2.3.1 Scheda dati generali

PARAMETRI IDENTIFICATIVI

La **Chiave** è costituita da 11 cifre che identificano provincia, comune e **Scheda**. Quest'ultima serve nelle schede dei rami e dei nodi a riferirsi ad uno specifico centro abitato usando un indice numerico più semplice e per compilare analisi della rete corrispondente

ACCESSI

Provinciali, Nazionali e Bretelle vengono valutati in maniera equivalente. Il peso differente attribuibile alla scheda risulta dalla presenza simultanea di più tipologie di accesso.

*Non conviene lasciare alcuna voce non specificata (“altro”) in quanto particolari tipologie di accesso vanno valutate specificamente: a questo fine può invece risultare utile lasciare un **parametro di correzione normalizzato** che tenga conto di questa e delle altre voci che indicheranno situazioni particolari*

PERCORSO

L'attribuzione della vulnerabilità in questo caso risponde direttamente alle caratteristiche fisico-meccaniche di complessità e “fragilità” della struttura in esame: ponte, galleria, percorso con sostegni. Le voci sono riempite in maniera estensiva, ovvero specificando i Km dei tratti relativi; per questo tali misure vengono prima normalizzate rispetto alla lunghezza complessiva in esame, e quindi pesate in base a valutazioni esperte.

*Si potrebbe aggiungere **Percorso sopraelevato**, sempre più frequente nei centri abitati, eventualmente assimilabile al ponte*

AREA SERVITA

Questo parametro è stato utilizzato per una ipotesi di raggruppamento dei comuni: verrebbe così a collocare il singolo centro abitato in una tipologia rispondente ai criteri di pianificazione e gestione urbana, a cui attribuire ben precisi criteri di vulnerabilità. In pratica si prende in esame la grandezza del centro abitato

Accanto ad una quantificazione della tipologia urbana dell'abitato si potrebbe considerare una identificazione qualitativa, rispondente alle specifiche tipologiche e strutturali e di destinazione dello stesso: ad esempio si possono distinguere aree abitative da aree industriali o turistiche, oppure aree ad alta densità abitativa da aree rurali o periferiche, o infine aree recenti, condonate o lottizzate da poco, in prevalenza abusive.

FLUSSO

Dal flusso giornaliero medio e da quello massimo viene estrapolata la variazione di flusso automobilistico. Nell'elaborazione finale contribuisce dunque quest'ultima assieme al flusso medio. Non si è tenuto conto del flusso pedonale in quanto si riteneva scarsamente influente sul traffico cittadino, ma soprattutto per le bassissime frequenze di compilazione

La bassissima frequenza di compilazione suggerisce l'aleatorietà di questo parametro, che risulta difficile da documentare. In casi di emergenza poi esso è soggetto a variazioni impreviste che ne diminuiscono ulteriormente l'affidabilità. Anche se continua ad essere un parametro a dir poco fondamentale per una analisi di vulnerabilità, esso non può essere documentato a priori bensì parzialmente dedotto da altri parametri quali la conformazione della rete, la densità abitativa, la destinazione prevalente delle aree servite, etc.

2.3.2 altri parametri aggiunti

Numero abitanti ed **Estensione centro abitato** si inquadrano nella ricerca di una definizione tipologica del comune e della conseguente valutazione di vulnerabilità da un punto di vista prettamente urbanistico.

Rapporto rami nodi e Indice di complessità servono a estrapolare la complessità della rete, avvalendosi da una parte di un dato quantitativo facilmente ricavato dalle schede stesse, dall'altra di una connotazione qualitativa deducibile dall'analisi della "forma" del centro abitato, sviluppata con criteri statistici e topologici.

Nell’elaborazione proposta questi parametri vengono considerati in modo indipendente, aggiungendosi ai parametri delle aree A, B, C e D nel calcolo della vulnerabilità. Ogni volta che parleremo di parametro “indipendente”, sarà inteso in tal senso, e servirà a localizzare delle osservabili particolari e non riconducibili allo schema generale delle aree.

Percorso % si ricava dalle voci relative ai percorsi, una volta determinati i valori di vulnerabilità relativi ai vari tipi, eseguendo una media pesata di tutti i contributi presenti in un determinato record, e viene considerato come una stima delle caratteristiche fisico-strutturali della rete relativa ad un comune nel suo insieme

2.3.3 Scheda Rami

area note	A				B					C				D									
	Chiave	Ramo	Nodo1	Nodo2	Tipo_strad a	Marcia	Carreggiat a	Tipo_perc orse	Flusso_Me dio	Lungh. %	Corsie x L argh	stato	Finitura	Sogetto_f rane	Rapp_Hsu L_Medio	Rapp_HsuL Var	Tratti_criti ci	Tipologia strada	Manutenzi one	Lunghezza			Edif. ai. Ja
		1	1	2	0,4	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,08	0,55	0,08	0,5	
		3	2	3	0,4	0,1	0,1	0,6	0,5	0,5	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,33	0,55	0,33	0,2	
		4	3	4	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,5	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,55	0,1	0,55	0,12	0,55	0,12	0,23	
		5	4	5	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,076	0,47	0,55	0,076	
		6	5	6	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,064	0,60	0,55	0,064	
		7	6	7	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,068	0,50	0,55	0,068	
		8	7	8	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,5	0,2	1	0,8	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,125	0,80	0,55	0,125	
		10	8	9	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,08	0,58	0,55	0,08	
		11	9	10	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,07	0,45	0,55	0,07	
		12	10	11	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,055	0,58	0,55	0,055	
		13	11	12	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,04	0,70	0,55	0,04	
		14	12	13	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,3	0,8	0,1	0,55	0,02	0,55	0,55	0,02	
		15	13	14	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,3	0,8	0,3	0,1	0,55	0,05	0,44	0,55	0,05
		16	14	15	0,6	0,6	0,2	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,05	0,46	0,55	0,05	
		17	15	16	0,6	0,6	0,2	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,045	0,53	0,55	0,045	
		18	16	17	0,6	0,6	0,2	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,045	0,84	0,55	0,045	
		19	17	18	0,6	0,6	0,2	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,085	0,81	0,55	0,085	
		20	18	19	0,6	0,6	0,2	0,6	0,5	0,5	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,12	0,68	0,55	0,12	
		21	19	20	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,04	0,80	0,55	0,04	
		22	20	21	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,55	0,1	0,55	0,04	0,62	0,55	0,04	
		23	18	87	0,6	0,6	0,2	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,55	0,3	0,1	0,55	0,045	0,85	0,55	0,045	
		24	22	23	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,5	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,55	0,1	0,55	0,11	0,64	0,55	0,11	
		25	19	85	0,6	0,6	0,2	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,06	0,29	0,55	0,06	
		26	24	25	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,5	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,2	0,73	0,55	0,2	
		27	25	26	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,5	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,1	0,77	0,55	0,1	
		28	26	27	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,045	0,67	0,55	0,045	
		30	23	137	0,6	0,1	0,1	0,6	0,5	0,5	0,2	1	0,3	0,1	0,8	0,3	0,1	0,55	0,154	0,83	0,55	0,154	
freq. orig. max orig. peso					99.41%	98.82%	54.44%	97.04%	99.41%	100.00%	98.22%	100.00%	95.86%	0.59%	87.57%	87.57%	0.00%	100.00%	99.41%	100.00%	99.41%		
					1/2	1/2	1/2	1/2	1590	1.3	40	0/1/2/3	1/2/3	0/1	4.5	1.1	0+0	1/2/3/4/5	1/2/3	1.3	969		
					0.4/0.6	0.6/0.1	0.2/0.1	0.6/0.3	0.1/0.3/0.5	0.1/0.5/1	0.2/0.4/0.6	auto	0.3/0.55/0.8	0.1/0.8	0.3/0.55/0.8	0.3/0.55/0.8	0.8	0.4/0.5/0.6/1	0.3/0.55/0.8	ndtp.	ndtp.		

B	C	D	EN	VR	VNM
1,4	0,3	3,35	0	0,90988095	0,30329365
1,7	0,7	2,15	0	0,9022619	0,30075397
1,9	0,7	2,4	0	0,97357143	0,32452381
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
1,9	0,7	2,65	0	1,01821429	0,33904476
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
2,5	0,3	2,15	0	0,8422619	0,28075397
2,5	0,3	2,15	0	0,8422619	0,28075397
2,5	0,3	2,15	0	0,8422619	0,28075397
2,5	0,3	2,15	0	0,8422619	0,28075397
2,5	0,7	2,15	0	1,00892857	0,33630952
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
1,9	0,3	2,4	0	0,80690476	0,26896825
2,5	0,3	1,9	0	0,79761905	0,26587302
1,9	0,7	2,4	0	0,97357143	0,32452381
2,5	0,3	2,15	0	0,8422619	0,28075397
1,9	0,7	2,15	0	0,92892857	0,30964286
1,9	0,7	2,15	0	0,92892857	0,30964286
1,9	0,3	2,15	0	0,7622619	0,2540873
1,9	0,7	2,15	0	0,92892857	0,30964286
2,5	1,6	5,6	1	3	0,45210317
0,33	0,67	1	1		

Esempio di elaborazione della scheda rami per un paese singolo: nella prima parte i parametri identificativi (nel campo chiave compare il codice quando si trattano vari paesi insieme), nella seconda parte le caratteristiche d'uso, geometriche e fisico-strutturali. Infine la somma e normalizzazione per area e l'extrapolazione di un parametro di vulnerabilità per singolo ramo (VR) con la corrispondente normalizzazione (VRN). Nella parte bassa sono riportati le frequenze, i valori massimi per la normalizzazione e la taratura, i valori ponderali attribuiti (in rosso i parametri considerati indipendenti)

2.3.4 *parametri identificativi*

La **Chiave** è costituita da 11 cifre che identificano provincia, comune e ramo. Nelle elaborazioni numeriche tuttavia si è considerato solamente l'identificativo specifico **Ramo**, che a volte è stato cambiato per avere una sequenza completa di elementi che assieme ad un analogo insieme sequenziale completo per i nodi definiscano univocamente una rete; a tal fine l'identificativo del ramo viene associato agli identificativi dei nodi corrispondenti, **Nodo1** e **Nodo2**, essendo questo un passaggio essenziale per la connessione della rete; per lo stesso motivo l'identificativo dei rami è riportato nelle schede dei nodi. La funzionalità di programmi di analisi di percorso dipende dalle specifiche di univocità e completezza suddette.

L'analisi della rete avviene ovviamente per **Scheda** riferendosi alla scheda dei dati generali, ovvero, in pratica, per centro abitato.

LUNGHEZZA

La **Lunghezza** è un parametro essenziale, non tanto per il contributo proprio all'indice di vulnerabilità che comunque viene preso in esame, quanto per poter riportare tutti i rami su un unico piano di confronto e analisi. le grandezze intensive vengono tramite essa riportate al valore esteso quando necessario: quando alla fine dell'analisi del singolo ramo si perviene ad un indice di vulnerabilità, questo concorre a definire la vulnerabilità vera e propria dell'elemento in esame tramite la sua grandezza estensiva principale. In pratica le lunghezze dei rami fungono da sistema ponderale.

Infine può essere pensata anche per definire delle tipologie o categorie, come già avvenuto per l'Area servita della scheda generale.

TIPO STRADA e TIPO PERCORSO

A seconda che la strada costituisca un accesso dall'esterno o sia invece interna alla rete, dal punto di vista della rete la sua importanza varia, e di conseguenza il suo indice di vulnerabilità: le "entrate" e le "uscite" della rete sono dei luoghi fondamentali per l'analisi della sua funzionalità; alcuni di essi vengono considerati nell'analisi di itinerari strategici in casi di emergenza.

Inoltre viene distinto il caso in cui il percorso sia extraurbano, considerandolo come migliorativo ai fini della valutazione della vulnerabilità.

MARCIA, CARREGGIATA e CORSIE PER SENSO

Entrambi questi parametri danno un grande contributo al calcolo della vulnerabilità. La conoscenza dei sensi di **Marcia**, e dunque di eventuali sensi unici, di strade a più **Carreggiate** o **Corsie per senso** di marcia e dunque con buona capacità di transito, sono essenziali dal punto di vista del calcolo dei percorsi e delle possibilità di costruire alternative in caso di danno, considerando che se nell'immediato post-evento la circolazione tende a non modificare questi suoi attributi, nei tempi successivi legati all'intervento si ipotizza una loro ridefinizione in base alle esigenze logistiche.

LARGHEZZE

Per le cinque misure della larghezza riferite alle varie parti della strada valgono le considerazioni fatte per i parametri precedenti. Inoltre tali grandezze tornano utili nel calcolo del rapporto esistente tra dimensione della sede stradale e dimensioni (altezza) dell'edificio ad essa adiacente; l'ingombro determinato dal crollo di quest'ultimo avrà maggiore o minore importanza proprio in ragione della disponibilità di spazio.

Nonostante nelle schede due voci differenti specificano i valori relativi ai due sensi di marcia, nell'elaborazione di un parametro di vulnerabilità unico per il tratto di strada in considerazione si considera il valore medio; questo procedimento viene esteso a tutti i casi analoghi.

CAPACITA'

Questa grandezza è strettamente legata al flusso in quanto fornisce una indicazione del flusso massimo accettabile. La scarsità di dati, che ha impedito un utilizzo soddisfacente di questo parametro nell'elaborazione, è legata alla difficoltà di stabilire la velocità media di scorrimento, che assieme alle indicazioni geometriche, forniscono un quadro completo dei valori capacità e flusso.

In questi casi di forte variabilità o di difficile discernimento di una misura, è consigliabile nella compilazione delle schede l'uso di un elenco determinato e non modificabile di risposte predefinite tra le quali operare la scelta. Questo aiuta il compilatore e abbrevia le procedure di compilazione e quelle successive di elaborazione ed analisi.

FINITURA

Nella finitura sono contemplati 3 casi: ci riferisce alla tipologia costruttiva della strada, che può essere prevalentemente in pietra o in asfalto. La voce "Finitura_altro" non viene quasi mai specificata, e dunque viene considerata come il caso peggiore: anche questa procedura viene generalizzata a tutti i casi in cui viene data la possibilità di specificare un caso non contemplato, ovvero in cui compare la voce "...altro"

Nei suddetti casi è conveniente dare a priori una scelta peggiorativa ed una migliorativa, senza lasciare spazio a voci da specificare caso per caso, la cui valutazione inficia e rallenta i meccanismi di calcolo specialmente allorché il numero di record elaborati diviene notevole.

SOGGETTO A FRANE e TIPOLOGIA STRADA

Vedi la voce PERCORSO relativa alla Scheda Dati Generali. Viene aggiunto qui un caso ulteriore, ovvero la presenza di Percorso soggetto a frane

RAPPORTO H/L ed EDIFICI AI LATI

Con questi parametri si vuole tener conto della presenza di edificato sui margini della carreggiata, che costituisce in caso di evento sismico una fonte di intralcio primaria alla viabilità.

Del rapporto H/L presente come misura media e massima si ricava la variazione, in maniera analoga a quanto fatto per il flusso esso viene considerato proprietà geometrica del singolo ramo; mentre quest'ultimo confluisce nel calcolo della vulnerabilità assieme agli altri fattori geometrici, il parametro Edifici ai lati viene considerato indipendente più che altro in riferimento all'origine dei dati, che può essere esterna alle suddette schede di vulnerabilità e dunque può necessitare di operazioni di taratura indipendenti prima di contribuire alla analisi del ramo.

LIMITI DI TRANSITO

Non viene considerato tra i parametri utili a questa analisi, anche se potrebbe risultare utile in una operazione di pianificazione dei soccorsi più dettagliata e riferita a casi particolari.

FLUSSO

Vale quanto detto per la Scheda Dati Generali

AREA, ABITANTI e ABITANTI/AREA

Dei due dati si ricava la densità di popolazione, che ovviamente costituisce uno dei parametri fondamentali dell'area B (parametri "d'uso"). Si nota come nella taratura del modello la sua importanza sia stata incrementata.

Una distinzione tra residenti, lavoratori, studenti, turisti e altre tipologie di presenza potrebbe fornire un'informazione maggiore, soprattutto considerando i diversi comportamenti delle diverse tipologie in relazione ai casi di emergenza

MANUTENZIONE e STATO

Questi ultimi due parametri condizionano tutti gli altri definendo lo stato dell'arte per quanto riguarda la infrastruttura di rete nel suo insieme. Il primo restituisce una valutazione qualitativa dell'oggetto strada, mentre il secondo riassume un'analisi di "agibilità" di tale oggetto, ovvero un assenso o meno sulla sua possibilità di uso in casi di emergenza; in tal senso quest'ultimo parametro viene considerato indipendentemente nell'analisi statistica. Tali parametri di qualità sono presenti in tutte le schede che riguardano gli altri oggetti delle varie reti, e fortunatamente la compilazione non ha dato grandi problemi, riuscendo quasi totale.

2.3.5 Scheda Nodi

area		A		C		D							
note		Chiave	Nodo	Tipologia	Incrocio	Finitura	Manutenzi one		B	C	D		VN
	chiave nuova												
	063047	063047 7	7	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	063047	063047 8	8	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	063047	063047 9	9	0,6	0,0	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	063047	063047 10	10	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	063047	063047 11	11	0,6	0,0	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	063047	063047 12	12	0,6	0,0	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	063079	063079 39	39	0,0	0,6	0,80	0,80			0,6	1,60		1,5
	063079	063079 40	40	0,0	0,6	0,80	0,80			0,6	1,60		1,5
	063079	063079 41	41	0,0	0,6	0,80	0,80			0,6	1,60		1,5
	063079	063079 42	42	0,0	0,6	0,80	0,80			0,6	1,60		1,5
	065040	065040 9	9	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	065040	065040 10	10	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	065083	065083 1	1	0,8	0,0	0,30	0,55			0,8	0,85		1,19791667
	065083	065083 2	2	0,6	0,0	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	065083	065083 3	3	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	065083	065083 4	4	0,6	0,0	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	065083	065083 5	5	0,6	0,0	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	065083	065083 6	6	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	065083	065083 7	7	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071020	071020 65	65	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071020	071020 66	66	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071020	071020 67	67	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071020	071020 68	68	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071028	071028 1	1	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071028	071028 2	2	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071028	071028 3	3	0,0	0,6	0,80	0,80			0,6	1,60		1,5
	071029	071029 23	23	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071029	071029 24	24	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071029	071029 25	25	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071049	071049 151	151	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071049	071049 152	152	0,0	0,6	0,80	0,80			0,6	1,60		1,5
	071049	071049 153	153	0,0	0,6	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071049	071049 154	154	0,6	0,0	0,30	0,55			0,6	0,85		1,03125
	071049	071049 155	155	0,0	0,6	0,80	0,80			0,6	1,60		1,5
	071049	071049 156	156	0,0	0,6	0,80	0,80			0,6	1,60		1,5
frequenze				100%	68%	86%	86%		0,000	1,000	1,000		
max				1/2/3/4	1/2	1/2/3	1/2/3		0	0,8	1,6		1,66666667
peso				0,6/0/0,8/0,6	0,6/0,4	0,3/0,55/0,8	0,3/0,55/0,8		0,33	0,67	1,00		

Questa scheda, la cui elaborazione viene mostrata nella figura soprastante (in questo caso ci si riferisce a più comuni, come si evince dai valori riportati nella voce "chiave"; manca qui invece la colonna che si riferisce alla normalizzazione della vulnerabilità di nodo), si riferisce ai nodi della rete, ovvero agli incroci e alle piazze, o anche a piazzali o spazi generici che facciano da punto finale o iniziale di una serie di rami/strade. In essa ritroviamo allora gli stessi parametri già esaminati nella scheda precedente, trattandosi di una infrastruttura con le stesse caratteristiche, dunque con le stesse proprietà che per rigore logico vengono acquisite nel modello nella stessa maniera. Anche la divisione in aree e il sistema ponderale attribuito si rifà a quello adottato per la scheda precedente. Si esaminano dunque solo le voci caratteristiche di questa scheda.

TIPOLOGIA

Tale indicazione geometrica fornisce un'indicazione funzionale del nodo all'interno della rete, strategica ai fini di una eventuale creazione di un percorso di emergenza. Da essa si evincono inoltre le tipologie considerate in questa voce: all'interno della rete stradale viene considerato un

nodo non solo l'incrocio, bensì anche una piazza, uno slargo e più in generale un luogo dove il ramo finisce in quanto fatto in un certo modo dando luogo ad un nuovo ramo: questa definizione ben si adatta anche ad altri tipi di reti, dove la definizione di ramo e dunque dei suoi limiti geometrici, dove appunto si innesta un nodo, sono meno evidenti.

INCROCIO

Tale caratteristica geometrica influisce enormemente sulle capacità di flusso di una rete, considerando che quest'ultima può essere vista da un punto di vista fluidodinamico come una serie di canali e di giunzioni: sulle giunzioni il maggiore o minore attrito dipende essenzialmente dalla conformazione geometrica.

SUPERFICIE della PIAZZA

Tale caratteristica geometrica vorrebbe fornire una prima indicazione riguardo alle capacità del nodo di assorbire congestioni di flusso o altre esigenze di stoccaggio o di spazio all'aperto legate all'emergenza. La difficoltà di effettuare in loco una misura concreta è evidenziata dalla scarsissima frequenza di compilazione.

Accanto a tale parametro andrebbero riportate delle specifiche del tipo: spazio a parcheggio, aree verdi, aree recintate, aree di interesse turistico/sociale, zone a flusso intenso, etc., che rendano utilizzabile l'informazione puramente quantitativa.