

SISTER

SISTEMA INTEGRATO DI GESTIONE DEI RIFIUTI SOLIDI E RISANAMENTO DEI SITI CONTAMINATI

Sottotema di Ricerca del Progetto VALAMB
Linea 1.3.1.3. - A) Fase 1.3.1.3.3. Implementazione dei modelli

**Realizzazione delle interfaccia-utente della procedura
automatica di calcolo per la pianificazione e la gestione delle
attività di raccolta e trasporto dei rifiuti solidi urbani**

IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI

RELAZIONE RIEPILOGATIVA Fase 1.3.1.3.3.



ANOVA sas di Giovanni Mappa

Centro Direzionale . isola E/5 . scala A . 80143 Napoli
telefono 081 / 7782 111 . 081 / 7782 228
fax 081 / 7782 305 . 081 / 562 72 20
web site www.anova.it
e-mail anova@anova.it
cap. soc. 50.000.000
p.IVA 07385130633
iscritta al n. 611016 REA della C.C.I.A.A.

Data: _____

Referente ANOVA: _____
(dott. Paolo Sabatino)

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. QUADRO DI RIFERIMENTO | 3 |
| 2. PROBLEMA AFFRONTATO | 4 |
| 3. ATTIVITÀ SVOLTE | 5 |
| 3.1 Progettazione sviluppo e implementazione interfaccia-utente di input della procedura automatica di calcolo | 5 |
| 3.2 Progettazione sviluppo e implementazione interfaccia-utente di output della procedura automatica di calcolo | 7 |
| 3.3 Testing interfaccia-utente di input e output della procedura automatica di calcolo. Verifica della funzionalità del modello per l'analisi di rete su un sito campione | 9 |
| 4. RISULTATI | 14 |

1. QUADRO DI RIFERIMENTO

Il PARCO SCIENTIFICO E TECNOLOGICO DI SALERNO E DELLE AREE INTERNE DELLA CAMPANIA (denominato PST-Salerno) ha promosso e conseguito l'affidamento, da parte del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica (MURST), della realizzazione del Progetto di ricerca "Valorizzazione della qualità delle risorse ambientali e produttive del sistema economico locale e riqualificazione delle peculiari interazioni" - VALAMB.

Questo progetto si articola in due sottotemi di ricerca denominati "Sistema Integrato di Monitoraggio e Gestione dell'Ambiente e del Territorio" - SISTERR e "Impiego dell'osmosi inversa per la concentrazione di succhi di frutta ed ortaggi" - OSMINV.

Per l'esecuzione della ricerca sul sottotema SISTERR, e precisamente per la linea 1.3.1.3. denominata "Sistema di monitoraggio dei bacini idrografici" e le relative fasi 1.3.1.3.2. e 1.3.1.3.3., il PST ha inteso avvalersi della collaborazione di ANOVA sas per la fornitura di servizi di consulenza esperta, analisi, sviluppo e affiancamento per le attività relative alle predette fasi.

Pertanto, In data 8 febbraio 2000, il PST-Salerno ed ANOVA s.a.s. hanno sottoscritto la CONVEZIONE per l'espletamento delle suddette prestazioni.

Documentazione di Riferimento:

a) ALLEGATI Tecnici A

Gruppo di Lavoro:

Per ANOVA:

dott. Paolo Sabatino (Referente)
ing. Domenico Cianniello

Per PST-Salerno:

ing. Marcello Malangone

2. IL PROBLEMA AFFRONTATO

La presente RELAZIONE RIEPILOGATIVA si riferisce all'espletamento delle attività per la **realizzazione delle interfaccia-utente della procedura automatica di calcolo per la pianificazione e la gestione delle attività di raccolta e trasporto dei rifiuti solidi urbani** (Fase 1.3.1.3.3.), funzionale all'attività di **“Implementazione del modello prescelto per l'analisi di rete in riferimento alla raccolta differenziata”**.

Il problema affrontato riguarda, in particolare, lo *sviluppo di una procedura in grado di risolvere il problema della razionalizzazione del servizio di raccolta dei R.S.U., nell'ambito di una rete viaria cittadina complessa, attraverso la ricerca di percorsi ottimali degli automezzi preposti, tali da consentire la minimizzazione di una funzione obiettivo*.

A tal fine si è progettato un modello di calcolo che, interpretando la rete viaria, comprensiva di tutti i vincoli presenti, è in grado di definire mediante metodologie euristiche percorsi tendenti all'ottimale in relazione ai tempi di percorrenza e/o al chilometraggio percorso.

Lo studio è stato condotto sulle basi della ricerca operativa. Le principali difficoltà risiedono nell'applicare le metodologie teoriche di ricerca ad una realtà complessa come può essere quella di un centro urbano.

Nella realizzazione del modello di calcolo è stata soddisfatta l'esigenza di disporre di una metodologia il più possibile flessibile ed allo stesso tempo sufficientemente rapida da fornire in tempi computazionali accettabili la risposta al problema, gestendo un numero elevato di dati dipendente dalle dimensioni dei ambiti di operatività dei mezzi di raccolta.

Per le città con elevato numero di abitanti (elevata quantità di RSU distribuiti su un'ampia area geografica), la raccolta RSU viene organizzata secondo una "zonizzazione" dell'abitato, secondo criteri legati alla densità di popolazione, al tipo di rifiuto prodotto, ecc.

Ogni zona è suddivisa a sua volta in un certo numero di "moduli" (sottoreti di raccolta) coincidenti con l'area di operatività di un singolo automezzo di differente capacità.

L'estensione dei moduli è legata al numero dei cassonetti presenti che dipende dalla capacità dei mezzi di raccolta, scelto sulla base delle dimensioni delle strade che compongono la rete viaria dell'area da servire.

3. ATTIVITÀ SVOLTE

Le attività svolte per l'implementazione dei modelli (Fase 1.3.1.3.3.) sono riportate qui di seguito.

3.1 – Progettazione, sviluppo e implementazione interfaccia-utente di input della procedura automatica di calcolo

Il prototipo è stato implementato secondo criteri orientati alla semplicità di utilizzo. Per tale motivo l'interfaccia-utente sviluppata ha le caratteristiche user-friendly, tipiche dell'ambiente Windows.

Di seguito verranno descritte le caratteristiche principali e le modalità di utilizzo delle procedure di input.

La finestra principale ha la stessa struttura di “gestione risorse” di Windows; infatti, nella zona a sinistra dello schermo viene visualizzato il paradigma classico ad “albero” (tipo “Gestione Risorse” di Windows), con i vari rami che richiamano le tabelle principali di un database, mentre nella parte destra si aprono le finestre di lavoro.



fig.3.1: Albero

La finestra contenitore presenta una barra degli strumenti, attraverso la quale è possibile accedere alle varie funzioni e sezioni dell'applicazione.



fig.3.2: barra degli strumenti

Ognuno dei pulsanti ha una funzione ben precisa che permette un facile utilizzo del programma.

Spostiamo ora la nostra attenzione sull'inserimento dati all'interno del programma.

Nel momento in cui l'utente costruisce per la prima volta la rete viaria formata da nodi e da archi, è importante inserire i nomi delle varie strade della zona di studio, all'interno del database contenuto all'interno del programma.

Bisogna quindi entrare in “Archivio”, come mostrato nella figura seguente, e scegliere la voce “Strade”.



fig.3.3: sottomenu “Archivio”

A questo punto si aprirà una maschera atta all'inserimento all'interno del database delle strade della zona di interesse (fig.3.4).



fig.3.4: maschera di inserimento delle strade.

Tale operazione è importante perché consente la definizione della sequenza di strade che il mezzo deve percorrere una volta trovato il percorso ottimale.

Fase principale della definizione della rete è l'inserimento dei nodi e degli archi.

Tale operazione avviene direttamente nella finestra grafica di imputazione che si apre cliccando sul pulsante "Rete viaria" .

In tale finestra si può caricare l'immagine della cartina stradale della zona di interesse; in tal modo si possono inserire i nodi in corrispondenza delle strade dell'area di studio.

Per poter inserire i nodi bisogna lavorare in "Modalità nodi", che viene settata cliccando sul pulsante .

La procedura di inserimento dei nodi avviene molto semplicemente cliccando con il tasto sinistro del mouse sulla finestra grafica, che provoca l'apertura della maschera di aggiornamento delle caratteristiche del nodo (fig.3.5).

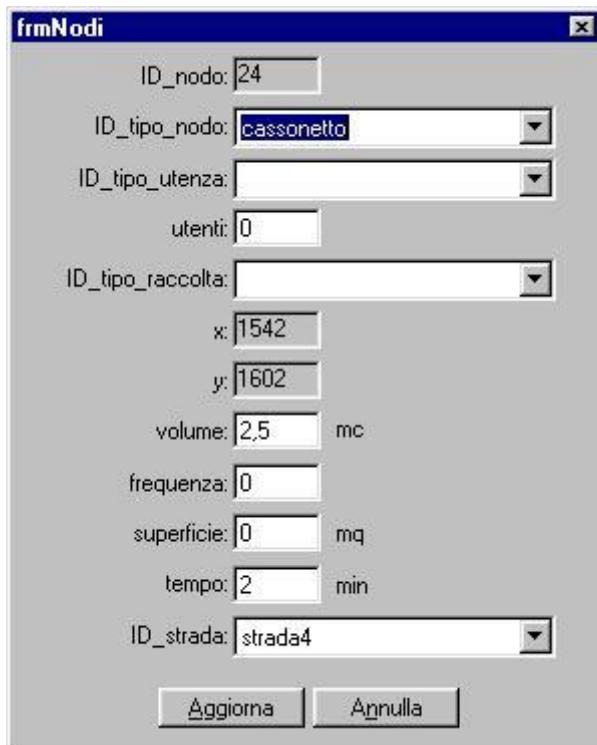


fig.3.5: maschera di inserimento dei nodi

Le voci principali di tale form sono: ID_tipo_nodo, ID_strada.

Il primo definisce il tipo di nodo in base all'elenco seguente:

- Cassonetto
- Incrocio stradale
- Ingresso alla rete
- Uscita dalla rete

Fondamentale tale voce perché permette di definire in dettaglio la rete.

Il secondo permette di associare ogni nodo ad una strada, in modo tale che, dal percorso del mezzo, definito attraverso la sequenza di nodi, si ottiene anche la sequenza di strade che lo stesso mezzo deve percorrere.

Per poter modificare le caratteristiche di un nodo già presente, o rimuoverlo, bisogna cliccare con il tasto destro del mouse sul nodo stesso; comparirà un sottomenu con le voci “Modifica” e “Rimuovi”. Se si sceglie la prima voce compare la maschera mostrata nella fig.3.5, invece se si sceglie la seconda sarà rimosso il nodo con tutti gli archi ad esso collegato.

In modo analogo, per poter inserire gli archi bisogna lavorare in “Modalità archi”, che viene settata cliccando sul pulsante .

L'inserimento degli archi è stato reso molto semplice. Infatti l'arco si disegna cliccando sul nodo i-esimo di partenza, e trascinando il mouse fino al nodo j-esimo di arrivo. In tal modo si ottiene l'arco orientato $i \rightarrow j$.

Per poter modificare gli attributi dell'arco basta cliccare con il pulsante destro del mouse sullo stesso; comparirà il sottomenu già descritto per i nodi. Scegliendo quindi la voce “Modifica”, si aprirà la maschera mostrata in fig.3.6.



fig.3.6: maschera di aggiornamento degli archi

Si è visto come l'interfaccia-utente di input, dei dati necessari alla procedura automatica di calcolo, è stata resa molto semplice e immediata, tale da consentire un facile e rapido utilizzo del programma da parte di qualsiasi utente.

3.2- Progettazione, sviluppo e implementazione interfaccia-utente di output della procedura automatica di calcolo

Per poter fornire all'utente il maggior numero di informazioni, sui risultati ottenuti dalla simulazione, gli output hanno sia forma tabellare sia forma grafica.

La maschera di inizializzazione delle procedure di calcolo viene aperta cliccando sul pulsante . La maschera in esame è mostrata nella figura seguente.



The dialog box is titled 'Criterio del Massimo Risparmio'. It contains a table with columns: A (C.ta' mezzo [mc]), B (Tempo [h.mm.ss]), C (Lunghezza [Km]), D (Cassonetti raccolti), and E (Percorso). The table data is as follows:

| A | B | C | D | E |
|------------------|-----------------|----------------|---|---|
| C.ta' mezzo [mc] | Tempo [h.mm.ss] | Lunghezza [Km] | Cassonetti raccolti | Percorso |
| 51 | 0.53.10 | 6,3 | 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18 | 1-29-32-31-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-13-14-13-15-12-15-18-19-20-24-28-32-29-1 |
| 30 | 0.32.58 | 5 | 16, 17, 21, 23, 25, 26, 27 | 1-29-32-28-27-17-16-19-21-23-26-25-3-2-31-32-29-1 |
| 25 | 0.29.01 | 3,8 | 2, 3, 20, 24, 28, 29, 30, 31 | 1-29-32-28-24-20-21-23-26-2-3-2-31-2-30-29-1 |
| | 1.55.10 | 15,1 | | |

Below the table are buttons for navigating between reports: Report0, Report1 (highlighted), Report2, Report3, and Report4. At the bottom are buttons for 'Ingresso' (checkbox checked), 'Uscita' (checkbox), 'Tempo' (radio button), 'Distanza' (radio button), 'Inversione' (checkbox checked), 'Esegui' (button), 'Scelta Mezzi' (button), 'Stampa' (button), and 'Salva' (button).

fig.3.7: maschera delle procedure di calcolo e della visualizzazione tabellare

La procedura di calcolo parte premendo il tasto “Esegui”. Prima di avviare l'algoritmo di calcolo, però è necessario definire i mezzi a disposizione cliccando sul tasto “Scelta Mezzi”. Si aprirà la maschera mostrata in fig.3.8.



The dialog box is titled 'Scelta dei mezzi per la raccolta'. It has two main sections: 'Mezzi disponibili' (Available vehicles) and 'Mezzi scelti' (Selected vehicles).

Mezzi disponibili:

| ID_mezzo | tipo | volume |
|----------|----------|--------|
| 1 | FIAT | 20 |
| 2 | BMW | 16 |
| 3 | MERCEDES | 30 |
| 4 | RENAULT | 25 |
| 5 | NETURB | 51 |

Mezzi scelti:

| Tipo | volume |
|--------|--------|
| Tipo 1 | 20 mc |
| Tipo 2 | 16 mc |
| Tipo 3 | 30 mc |
| Tipo 4 | 25 mc |

At the bottom are 'OK' and 'Annulla' buttons.

fig.3.8: maschera di scelta dei mezzi.

Come si può vedere dalla figura fig.3.7 l'algoritmo permette di definire altri parametri, di cui il più importante è quello che permette all'utente di decidere su quale grandezza (tempo o distanza), applicare il criterio di ottimizzazione.

L'output si presenta in forma analoga ad un foglio di calcolo. Il foglio "Report0" dà la visione globale dei risultati ottenuti, cioè per ogni combinazione dei mezzi che abbia volume complessivo maggiore di quello della rete, viene riportato il percorso ottimo di ogni mezzo con relativo tempo di percorrenza e distanza percorsa.

Gli altri fogli, in numero pari al numero di combinazione, invece riportano in dettaglio tutte le informazioni relative ai percorsi di ogni camion per ogni combinazione. Infatti per ogni nodo toccato (che sia raccolto oppure no) viene riportata la strada sulla quale giace, la percentuale di camion riempito, la distanza progressiva percorsa e il tempo impiegato. Inoltre i nodi cassonetti da raccogliere sono in rosso (fig.3.9).

| Nodi Toccati | Strade | Vr/Vcam [%] | t [hh:mm:ss] | L [Km] |
|--------------|-------------|-------------|--------------|--------|
| 1 | strada1 | 0 | 00:00:00 | 0 |
| 29 | strada1 | 0 | 00:00:18 | 0,2 |
| 32 | strada1 | 0 | 00:01:49 | 0,5 |
| 31 | strada3 | 0 | 00:02:25 | 1 |
| 2 | strada3 | 0 | 00:03:04 | 1,2 |
| 3 | strada3 | 0 | 00:03:26 | 1,4 |
| 4 | strada3 | 7,8 | 00:05:28 | 1,7 |
| 5 | strada10 | 13,7 | 00:08:15 | 2,4 |
| 6 | strada10 | 19,6 | 00:11:39 | 2,8 |
| 7 | strada9 | 19,6 | 00:13:27 | 3 |
| 8 | strada11 | 23,5 | 00:15:19 | 3,1 |
| 9 | via B.Croce | 31,4 | 00:18:43 | 3,7 |

fig.3.9: parte di un report dettagliato

Definite le combinazioni con i relativi percorsi l'utente ha la possibilità di vedere la costruzione grafica dei percorsi ottenuti. Infatti premendo il tasto di "Visualizzazione grafica"  si apre una finestra che permette la scelta della combinazione della quale si vuole la visualizzazione dei percorsi.

Scelta la combinazione, si apre una finestra grafica simile a quella di inserimento dati, sulla quale sono presenti solo i nodi della rete. Scelto il camion dall'oggetto in alto a sinistra, cliccando sul pulsante "play" , partirà la visualizzazione grafica.

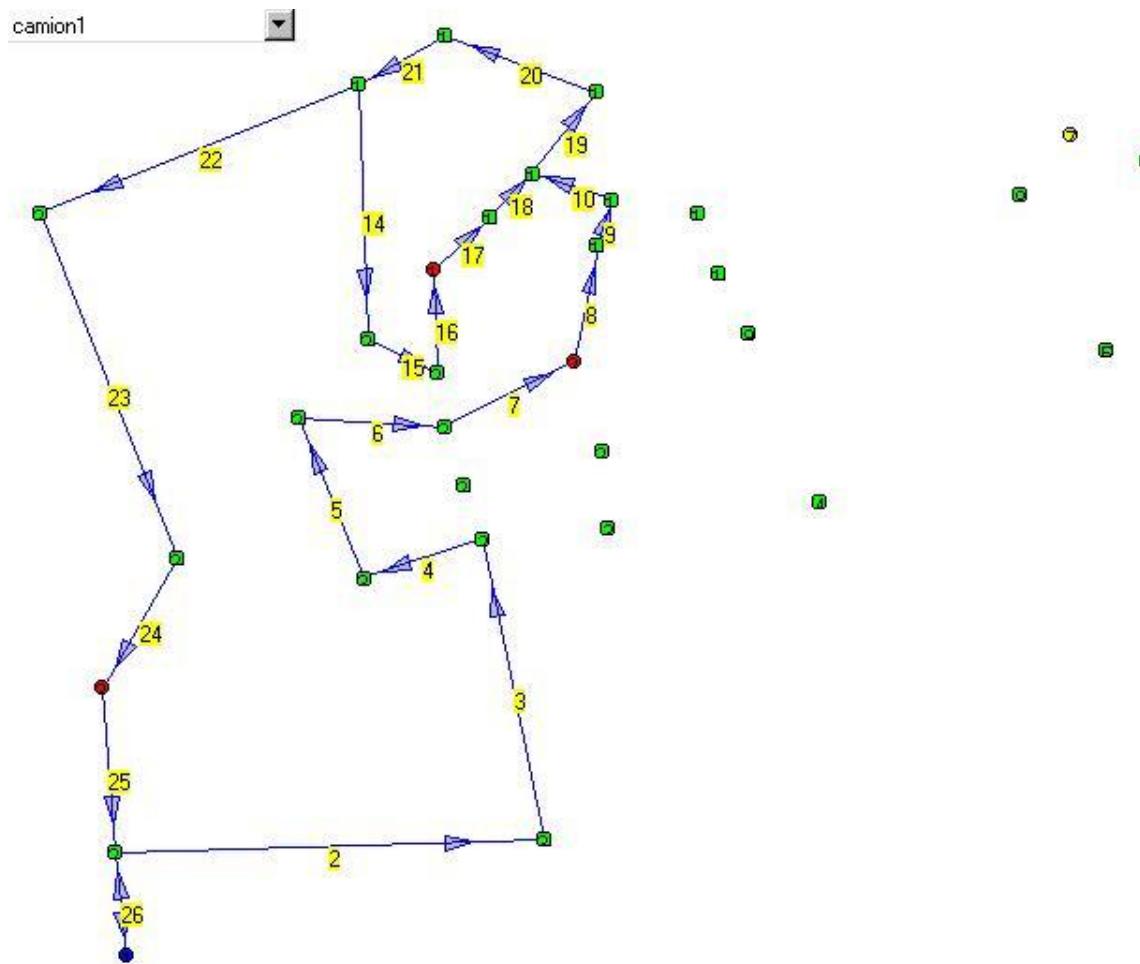


fig.3.10: visualizzazione grafica percorso

L'output grafico è stato pensato per fornire il maggior numero di informazioni all'utente.

La visualizzazione grafica permette di avere un'idea immediata del percorso associato ad ogni camion scelto; la reportistica numerica fornisce informazioni dettagliate per ogni combinazione. I report così ottenuti possono essere salvati in formato excel e/o possono essere stampati direttamente da programma. In tal modo l'utente potrà archiviare i risultati ottenuti sia in forma cartacea che informatica.

Si è visto come le interfaccia-utente sono state costruite in maniera user-friendly e pensate in modo da rendere il più semplice possibile l'utilizzo del programma.

3.3 – Testing interfaccia-utente di input e output della procedura automatica di calcolo. Verifica della funzionalità del modello per l'analisi di rete su un sito campione

Come rete campione per la verifica delle funzionalità è stata utilizzata una rete fornita dal PST (fig.3.11).

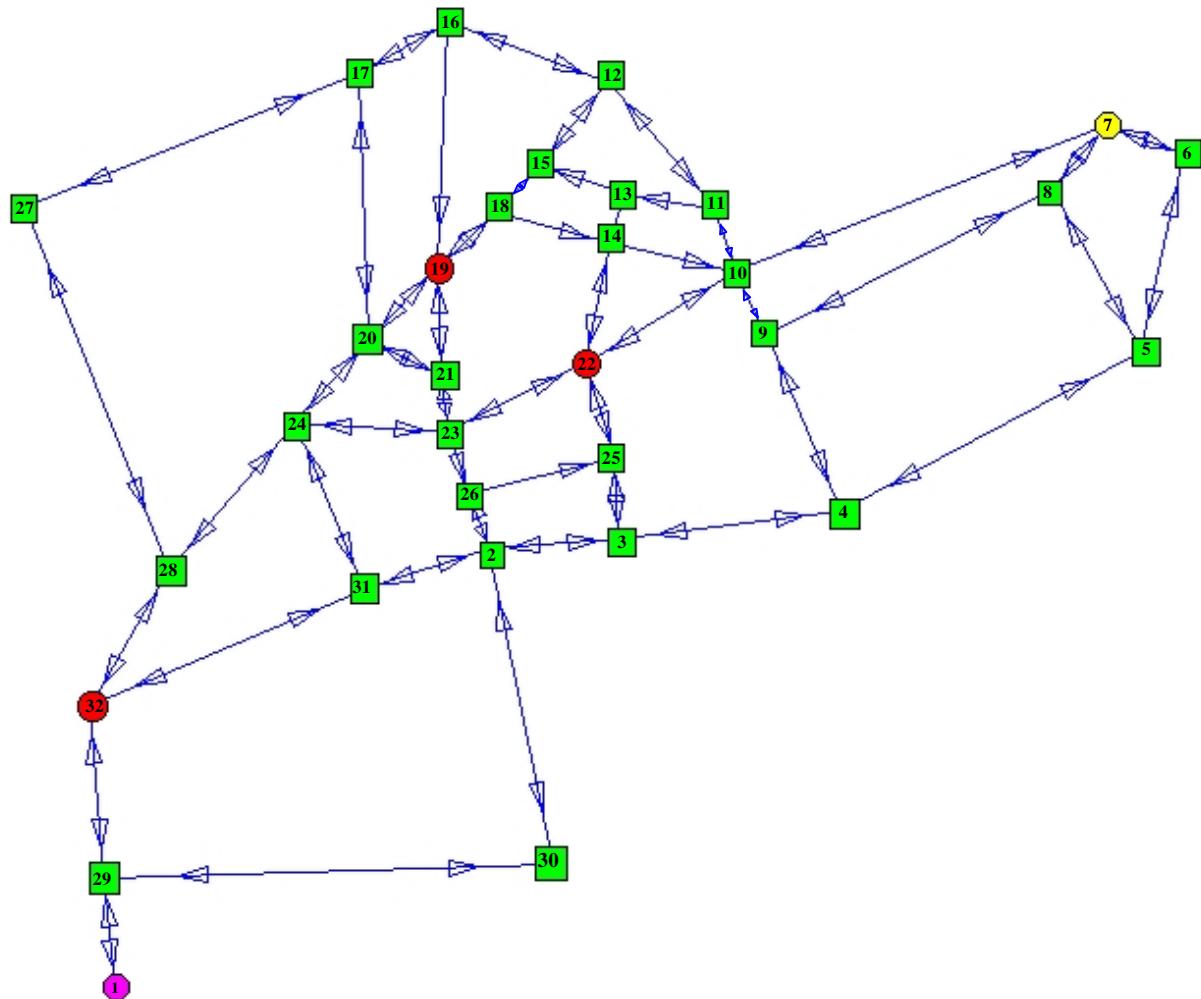


fig.3.12: rete campione

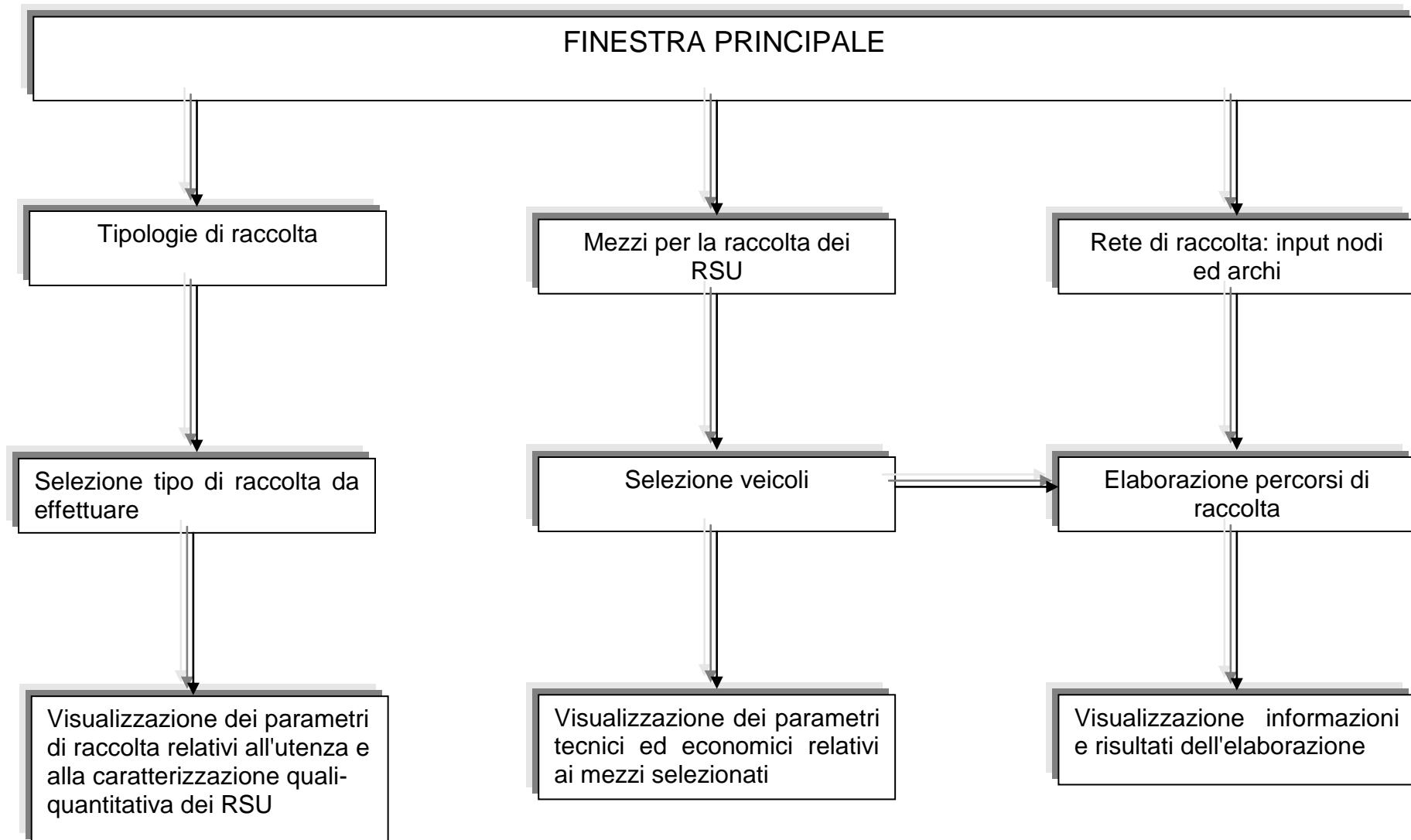
Su tale rete è stato fatto il testing dell'algoritmo di calcolo, ed è stato introdotto la possibilità di scelta di un ulteriore vincolo, che consiste nell'impedire che i camion facciano inversione ad U su un nodo.

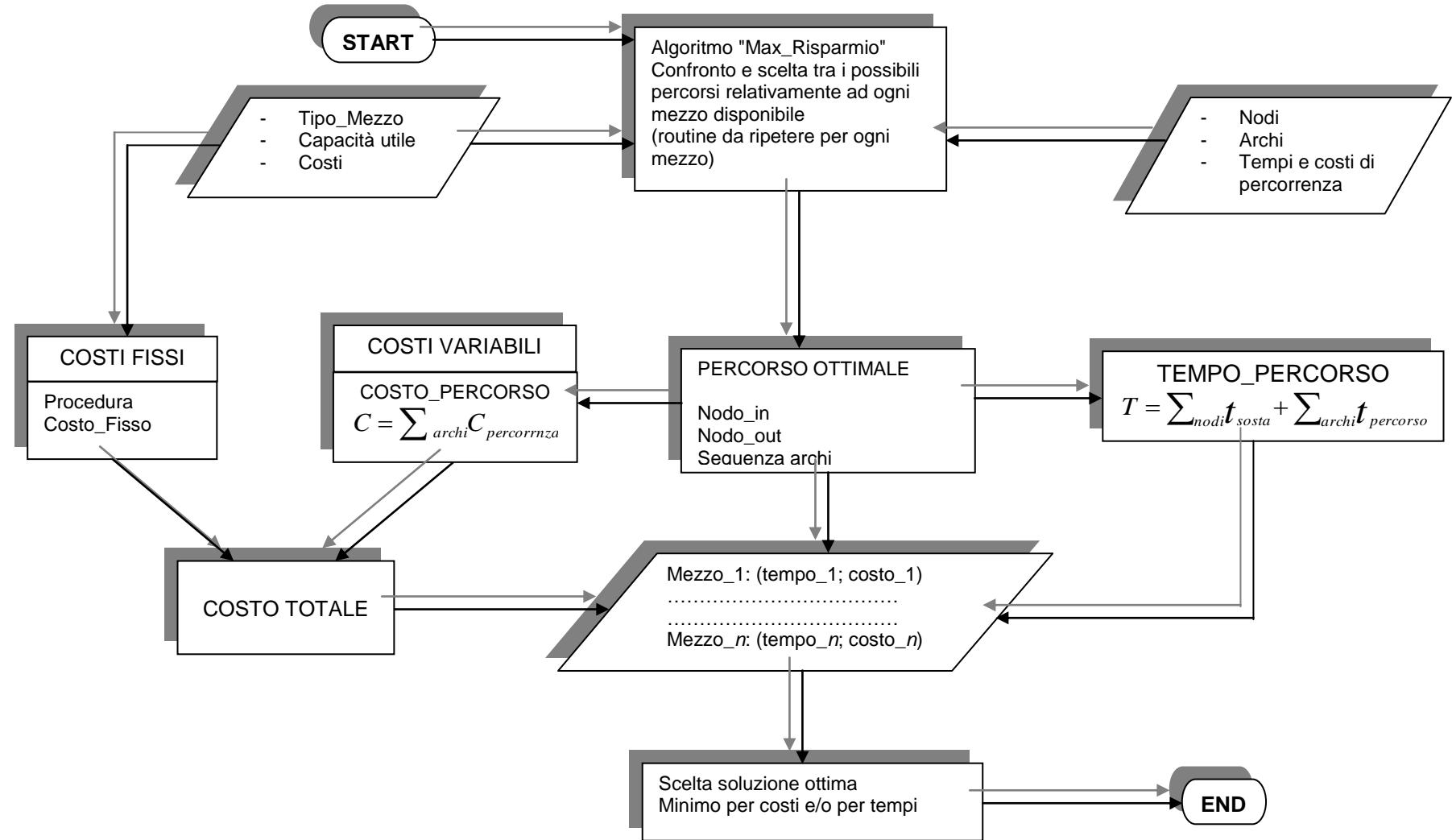
Se non si tiene conto di tale vincolo i criteri adottati per la scelta del percorso ottimale sono rispettati, mentre tale vincolo impone che la scelta possa ricadere su nodi che non rispettano la condizione di ottimo. Su un numero di camion pari a cinque, l'algoritmo ha sviluppato tutte le combinazioni con i relativi percorsi con un tempo di circa venti secondi.

Sono state verificate sia le procedure di input che quelle di output constatando l'estrema facilità di utilizzo del software.

Quindi, si è constatato come, con un approccio molto semplice e con tempi di calcolo molto brevi, si può ottenere un analisi completa e dettagliata delle possibili soluzioni per un ottima gestione delle attività di raccolta.

SCHEMA GENERALE DI FUNZIONAMENTO DEL PROGRAMMA





4. RISULTATI

Come si è già discusso nei paragrafi precedenti l'approccio fondamentale alla base del prototipo è quello di definire la rete di raccolta con tutte le sue limitazioni e i suoi vincoli.

Tale procedura è favorita dall'interfaccia grafica del programma. Infatti è possibile inserire i nodi e gli archi (con le loro proprietà), costituenti la rete attraverso il semplice utilizzo del mouse.

Inoltre, l'impostazione dell'interfaccia grafica è tale che la visualizzazione dell'oggetto sarà differente a seconda delle sue proprietà.

Prendiamo per esempio l'elemento nodo. Questi avrà forma e colore differente a seconda se si tratta di un nodo incrocio, nodo cassonetto per la raccolta indifferenziata, del vetro della carta ecc. Gli archi saranno tutti orientati quindi un doppio senso sarà rappresentato da due archi paralleli ma con verso opposto.

Sarà compito dell'operatore in base ai dati a disposizione dell'azienda preposta alla raccolta definire i tempi di percorrenza, le lunghezze degli archi, e il volume di rifiuti associati ad ogni cassonetto.

Passiamo ora all'analisi degli algoritmi risolutivi.

Gli algoritmi sviluppati hanno come punto di partenza una rete con tutti i vincoli territoriali già immagazzinati nelle proprietà degli elementi che la costituiscono.

La risoluzione della ricerca dei percorsi ottimali è duplice.

Come già è stato detto in precedenza nel database i dati possono essere inseriti con due modalità differenti:

- inserendo i dati relativi ad unico modulo, cioè i dati relativi ad un'unica sottorete la cui capacità complessiva è pari a quella di un solo mezzo;
- inserendo i dati relativi ad un'intera zona sulla quale agiscono più camion.

Nel primo caso si utilizzeranno algoritmi di tipo sequenziale che daranno come soluzione una lista di possibili percorsi che toccano tutti i nodi del modulo, ordinati in maniera decrescente secondo la funzione obiettivo.

Nel secondo caso, definito il numero di camion con relativa capacità, attraverso l'algoritmo del *Risparmio*, applicato alla funzione obiettivo, la soluzione sarà costituita da un numero di percorsi pari al numero di camion imposto.

Per ogni percorso viene fornito sia la sequenza dei nodi sui quali il camion transita, sia i nodi che devono essere caricati, sia il tempo di percorrenza impiegato per effettuare l'intero giro. È possibile che si verifichi la condizione che su un nodo transitino più mezzi a causa della particolare circolazione stradale del tessuto cittadino sotto esame, ma non ci sarà confusione sui nodi che ogni camion deve raccogliere perché l'algoritmo fornisce per ogni mezzo la lista dei nodi ad esso associato.

Quindi, nel computo del tempo di percorrenza dell'intero percorso, il tempo di carico e scarico di un nodo sarà associato solo al camion addetto alla sua raccolta. In tal modo vengono definiti anche i moduli relativi ad ogni mezzo di raccolta che in questo caso non saranno ben separati tra di loro, ma ci sarà la possibilità che si intersechino lungo la rete stradale.

Passo successivo sarà quello di trovare più percorsi per ogni modulo trovato. Infatti definiti i moduli (cioè i nodi che ogni mezzo deve raccogliere), attraverso l'algoritmo sequenziale sarà possibile trovare una lista di percorsi alternativi a quello trovato con l'algoritmo del *Risparmio* che toccano gli stessi nodi.

L'applicazione delle metodologie euristiche richiede sempre un approccio prudente al sistema in quanto non sempre si è in grado di valutare lo scostamento della soluzione trovata da quella di ottimo e, anche quando si fosse in grado di definire un stima di detto scostamento, non sarebbe possibile avere una stima per ciascuna variabile di scelta utilizzata.

Comunque la rapidità con cui è possibile, una volta definita planimetricamente la zona di operatività del mezzo ed assunte le necessarie informazioni sul traffico e sulla viabilità, ottenere un percorso tendente all'ottimale, consente all'Azienda di disporre uno strumento in grado di effettuare una razionalizzazione del servizio, ed allo stesso tempo un risparmio sui costi e/o un minore impatto del servizio sulla cittadinanza.

In allegato, è riportato il codice dell'algoritmo del "Modello Euristico del Massimo Risparmio" aggiornato.