

SNAP4CITY

Ottimizzazione dei Piani Semaforici: riduzione del tempo di viaggio, del numero di fermate per veicoli e linee tranviarie

L'aumento della popolazione e delle attività economiche nelle città è una questione critica che causa problemi di congestione del traffico urbano e i metodi tradizionali di gestione del traffico si sono dimostrati inadeguati, specialmente in aree complesse e con traffico intenso. L'obiettivo principale della soluzione proposta da Snap4City è ridurre la congestione nelle aree dove è necessario dare priorità alle linee tranviarie, fornendo strategie innovative per l'ottimizzazione dei semafori. A tale scopo è stato sviluppato un nuovo approccio: l'Ottimizzazione Semaforica Multi-Obiettivo Basata su Algoritmo Genetico (MaMoTLO). Questo sistema considera più fattori, come la riduzione delle fermate, la diminuzione dei tempi di viaggio e di attesa (sia per il traffico privato che per quello pubblico) e garantisce la sincronizzazione con gli orari dei tram. Questo approccio è particolarmente utile nelle aree urbane dove diverse linee tranviarie si incrociano con il traffico regolare, creando potenziali colli di bottiglia per i flussi privati. La soluzione proposta supera i metodi esistenti ed è stata confrontata con tecniche all'avanguardia come l'Algoritmo Genetico a Ordinamento Non Dominato II (NSGA-II), le soluzioni attuate SUMO, e la formula di Webster per la temporizzazione dei semafori. Le soluzioni MaMoTLO sono state testate

sulla piattaforma open-source Snap4City utilizzando dati di traffico reali di Firenze e scenari simulati per misurarne l'efficacia nella riduzione della congestione e nel miglioramento del flusso di traffico.

I risultati mostrano che le soluzioni MaMoTLO selezionate superano i metodi all'avanguardia, offrendo una programmazione semaforica più equilibrata ed efficiente, cruciale nelle aree urbane con elevato traffico tranviario. L'ottimizzazione proposta migliora il flusso del traffico veicolare e garantisce che i sistemi di trasporto pubblico come i tram operino senza ritardi inutili. I metodi tradizionali per la gestione dei semafori agli incroci si classificano essenzialmente in:

- **Soluzioni a ciclo fisso:** seguono un ciclo fisso di durate per il verde/giallo e il rosso (Piano Semaforico, TLP) per ciascuna direzione di traffico, al fine di prevenire collisioni e rispettare le normative.
- **Soluzioni attuate:** adattano la durata dei cicli in tempo reale in base alle condizioni di densità di traffico a livello di singoli incroci. Questo approccio può essere efficace in alcune situazioni, ma non è generalmente in grado di considerare lo stato del traffico nell'intera area né l'arrivo regolare dei tram.

Entrambi i metodi, a ciclo fisso e attuati, possono migliorare le proprie prestazioni con l'aggiunta di tecniche come:

- **Algoritmi Adjusted on Demand:** consente al controller dei semafori di ricevere richieste in merito alla presenza di veicoli prioritari (ambulanze, autobus, polizia, ecc.) o pedoni, regolando di conseguenza la durata del verde (allungandola) o del rosso (accorciandola).
- **Algoritmi di Predizione del Traffico:** questo componente consente al controller dei semafori di usare i dati storici del traffico per prevedere i flussi futuri sulle strade in arrivo agli incroci, come fornito dagli strumenti di previsione di Snap4City.

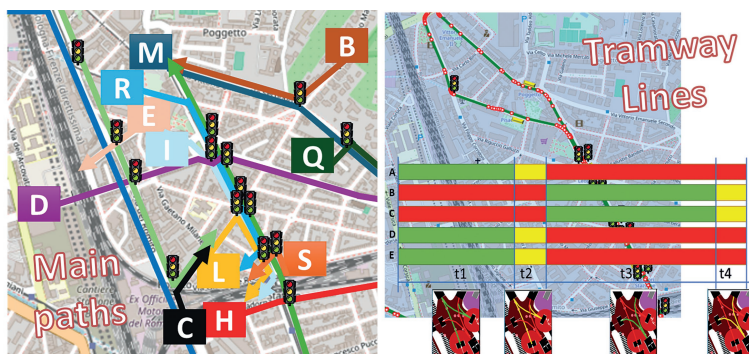


Figura: (a sinistra) Percorsi/direzioni nell'area di studio di Firenze, (a destra) percorsi dei tram e relativi semafori.

La famiglia di soluzioni MaMoTLO si basa su un approccio a ciclo fisso per produrre TLP ottimizzati, sincronizzando sistemi connessi e gruppi di incroci, con o senza adattamenti. Fornisce strategie efficaci per ridurre la congestione del traffico tramite:

- Combinazione di Obiettivi Multipli: generazione di TLP ottimali che tengano conto di vari obiettivi e vincoli, come l'alta priorità per il tempo di viaggio del trasporto pubblico, la riduzione dei tempi di attesa e del numero di fermate, la priorità in più direzioni di traffico, il supporto alle onde verdi, la riduzione della congestione agli incroci e la considerazione della lunghezza delle code e dei tram.
- Priorità al trasporto pubblico e ai tram: garantire la priorità ai tram per assicurare il tempo di viaggio a un numero elevato di passeggeri e favorire la sostenibilità, riducendo il rischio di sovraccarico nei sistemi di trasporto, data la frequenza delle corse (i tram subiscono variazioni di velocità nei segmenti a causa dei tempi necessari per le fermate) e minimizzando il numero di fermate ai semafori per i tram.
- Lavoro a macroscale: la soluzione permette di selezionare una zona urbana specifica, o anche l'intera città, per identificare il carico di traffico reale o simulato e ottimizzare i sistemi semaforici producendo tutti i TLP per gli incroci inclusi. Questa funzionalità permette di soddisfare le esigenze specifiche delle aree considerate.
- Calcolo della soluzione usando flussi di traffico reali e/o valori tipici: la soluzione può usare densità di traffico reali e la velocità media dei veicoli, così come valori tipici, per considerare la densità di traffico nella rete stradale nel tempo.

L'approccio MaMoTLO integra funzionalità innovative (penalità, regolazioni, vincoli multipli) ed è stato dimostrato che produce piani semaforici applicabili in aree in cui il controllo semaforico non monitora i flussi di traffico e non è predisposto per regolazioni automatiche, rendendo l'adozione della soluzione più economica e sostenibile. La funzionalità Adjust on Demand consente al sistema di controllo di rispondere dinamicamente alle condizioni di traffico in tempo reale e alle esigenze specifiche degli orari dei tram. La soluzione assicura che i tram possano attraversare gli incroci senza ritardi inutili, mentre le regole Adjust on Demand permettono aggiustamenti in tempo reale ai cicli semaforici per gestire improvvisi cambiamenti nei flussi di traffico.

Queste capacità rendono il framework MaMoTLO altamente flessibile, adattivo e robusto, capace di gestire la natura dinamica e spesso imprevedibile del traffico urbano in una vasta gamma di condizioni. I risultati indicano che l'approccio MaMoTLO supera i metodi tradizionali offrendo una programmazione semaforica più equilibrata ed efficiente, fondamentale nelle aree urbane con elevato traffico tranviario. Priorizzando i tram e ottimizzando i piani semaforici, la soluzione migliora l'efficienza del trasporto pubblico e contribuisce a creare un ambiente urbano più sostenibile e vivibile.

La soluzione è stata in grado di evitare fermate per le linee tranviarie (nel contesto descritto), riducendo i tempi di viaggio e di attesa di circa il 7% rispetto alle soluzioni all'avanguardia.

La soluzione si basa sull'Editor di Scenari Snap4City, che è accessibile su tutte le versioni recenti della piattaforma Snap4City. Puoi leggere ulteriori dettagli sull'Editor di Scenari qui: <https://www.snap4city.org/977>

Questo risultato è stato ottenuto nell'ambito del progetto di scalabilità SASUAM e del progetto Flagship OPTIFaaS del CN MOST, il Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile in Italia (<https://www.centronazionalemost.it/>), utilizzando Snap4City come infrastruttura ufficiale su cui sono stati condotti gli esperimenti (<https://www.snap4city.org>). Snap4City è una tecnologia open-source sviluppata dal laboratorio DISIT.

Questo strumento è accessibile sulla piattaforma Snap4City e su alcune delle sue istanze.

Versione estesa disponibile su: <https://www.snap4city.org/1015>

SASUAM: Solutions for Safe, Sustainable and Accessible Urban Mobility, CN MOST, Spoke 8: <https://www.snap4city.org/999>

OPTIFaaS: Operation and Plan, Transport Infrastructure and Facilities Support as a Service, CN MOST Spoke 8 e 9: <https://www.snap4city.org/1008>

CN MOST: <https://www.centronazionalemost.it/>

SOLUTIONS