

18 Febbraio 2026



SAFeRoute

A project stemming from SAFeGuard

Anno accademico 2025/2026



Main Issues

Dove eravamo rimasti con IS??



- **Calcolo in Linea d'Aria:** Suggerimento dei Safe Points basato sulla distanza euclidea, ignorando la reale conformazione stradale.
- **Inconsapevolezza del rischio:** Incapacità di integrare le segnalazioni di emergenza nel calcolo del percorso.
- **Rischio Utente:** Possibilità concreta di indirizzare l'utente proprio verso il centro del pericolo.

Soluzione:

SAfeRoute

SAfeRoute AI trasforma i dati in decisioni. Non si limita a localizzare il pericolo, ma agisce come un copilota intelligente che elabora la topografia reale e il rischio ambientale per tracciare l'unica via possibile: quella sicura.

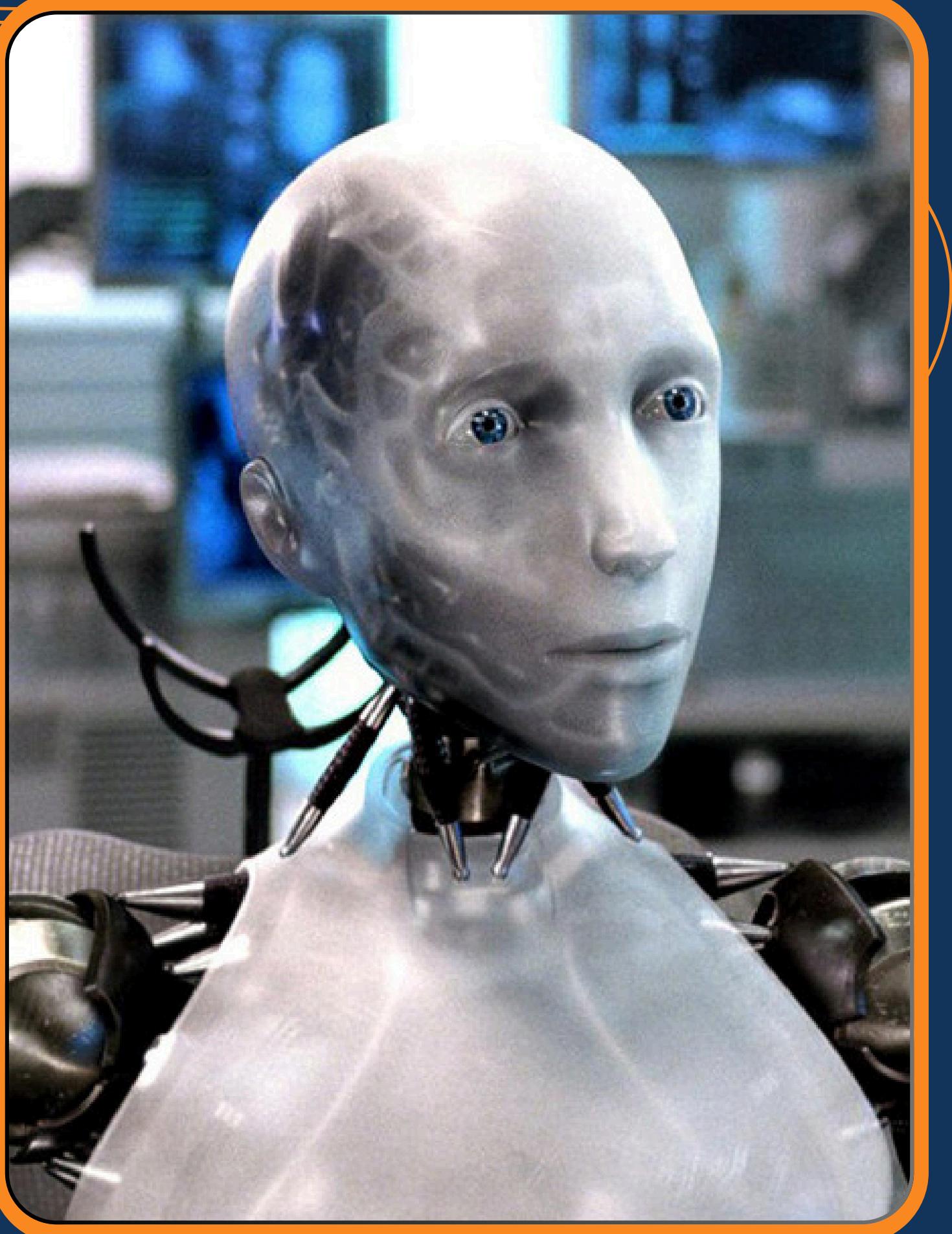


SAFeRoute

L'EVOLUZIONE DEI PERCORSI



- **Grafo Stradale Reale:** Modellazione topografica della Provincia di Salerno
- **Dynamic Weighting:** Ogni emergenza genera una "Zona Rossa" che blocca o penalizza le strade a rischio.
- **Pathfinding Ottimizzato:** Algoritmi che garantiscono la rotta più sicura, non solo la più breve.



Le Persone dietro il Team

Team Overview (TM)



Gianpaolo Aquilone



Gabriele di Palma



Francesco Zambrino



Giorgio Zazzerini

Metodologia di Sviluppo - CRISP-DM

Business Understanding

Definizione dell'agente razionale tramite specifiche PEAS.

Data Understanding

Studio della topologia stradale e dei flussi di dati in tempo reale provenienti dal Database.

Data Preparation

Trasformazione dei dati grezzi in un grafo matematico pesato.

Implementazione del Disaster Manager

Modeling

Progettazione degli algoritmi di ricerca. Confronto tra il Dijkstra Standard e il Dijkstra Bidirezionale.

Evaluation

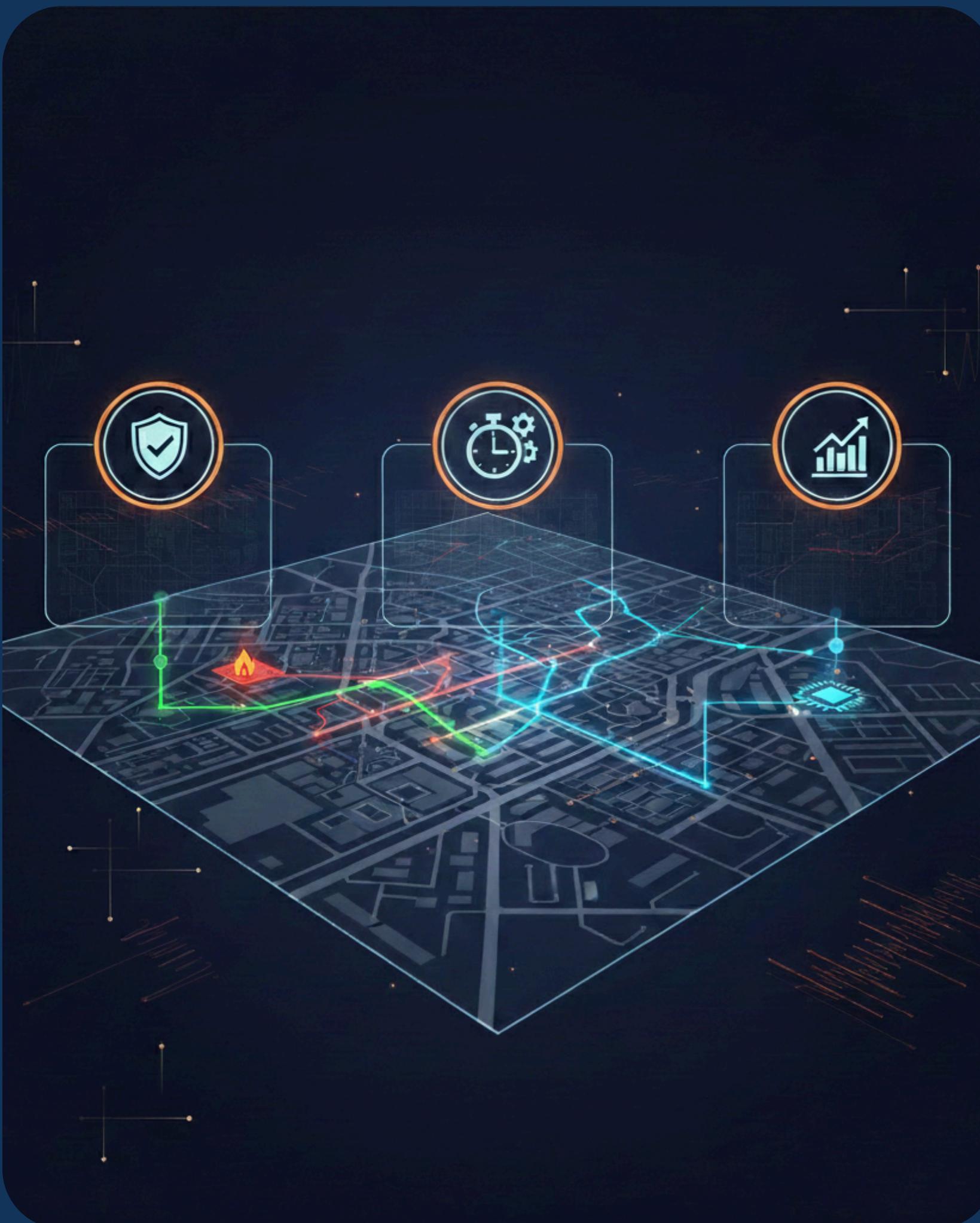
Analisi comparativa dei tempi di esecuzione e della sicurezza dei percorsi.

Deployment

Sviluppo dell'interfaccia che trasformi i risultati degli algoritmi in un percorso facile ed intuitivo sulla mappa.

Business Goals

SAfeRoute non è un semplice navigatore satellitare, ma un vero e proprio sistema di supporto alle decisioni. La sua forza sta nella consapevolezza del rischio: l'agente non vede la mappa come un insieme statico di strade, ma come un ambiente vivo e mutabile. Se un incendio o un'alluvione ostruiscono il passaggio, il sistema reagisce ricalcolando la rotta, trasformando eventi critici imprevedibili in percorsi sicuri e percorribili.



SFIDE TECNICHE

Progettare un agente per la mobilità d'emergenza significa insegnare a una macchina a comprendere la gravità del contesto. SAFeRoute affronta le criticità del territorio trasformando variabili imprevedibili in parametri matematici certi, per garantire risposte razionali anche nelle situazioni di massimo stress.

Classificazione del Rischio

Distinzione intelligente tra emergenze "bloccanti" (ostacoli fisici) ed emergenze "mediche".

Validazione Punti Sicuri

Capacità di invalidare un rifugio se questo diventa inaccessibile o pericoloso.

Efficienza in scenari di panico

Garantire tempi di risposta immediati.

L'AMBIENTE E L'AGENTE

Abbiamo definito l'identità di SAfeRoute AI attraverso il modello PEAS, stabilendo come l'agente percepisce la crisi e agisce per la salvaguardia dell'utente.

Performance

Massimizzazione della sicurezza tramite l'evitamento delle "Zone Rosse" e minimizzazione dei tempi di evacuazione e di calcolo computazionale.

Environment

Un contesto dinamico e parzialmente osservabile che fonde la rete stradale della Provincia di Salerno (grafo statico) con eventi di crisi imprevedibili (flussi dinamici).

Actuators

L'interfaccia mobile in Flutter, che guida l'utente attraverso la visualizzazione della rotta ottimale e segnali di stato (Safe/Dangerous/Blocked).

Sensors

API OpenStreetMap per la topologia, Firebase Firestore per la localizzazione e per il monitoraggio dei pericoli live.

Dijkstra Standard

Il Modello del Grafo:

Utilizzo di un MultiDiGraph (OSMnx) della Provincia di Salerno, arricchito con metadati reali (lunghezza, velocità, tipologia stradale).

Funzione di Costo Unificata ($f(n)$):

L'agente non cerca solo il cammino minimo, ma minimizza il rischio ambientale.

Il Ruolo del Disaster Manager

Identifica l'epicentro dell'emergenza e crea una "Zona Rossa"

Applica un Peso IA punitivo ($WIA=L \times 10^5$) ai nodi fino al secondo grado di separazione, rendendoli virtualmente impraticabili

Equazione:

$$w(u,v) = \text{length}(u,v) + \text{risk_penalty}(u,v)$$

BiDirection Dijkstra

Meccanismo Bidirezionale

L'algoritmo avvia due ricerche simultanee: una forward dalla posizione utente e una backward dal Safe Point.

Vantaggio Matematico

Esplorazione di un'area significativamente inferiore rispetto al Dijkstra standard ($2 \cdot \pi(r/2)^2 < \pi r^2$)



Euristica Selettiva

Capacità di ignorare emergenze "non bloccanti" (es. malesseri medici) per evitare congestioni inutili.

Risultati Empirici

- *Riduzione del tempo di calcolo:* la stima è mediamente inferiore del 30-40% su grafi complessi.
- *Latenza:* inferiore a 0.1 secondi per il calcolo dei primi 5 punti sicuri, garantendo reattività in scenari di panico.

Trade-off

Per garantire la massima reattività del sistema ed evitare colli di bottiglia computazionali, l'architettura di SAfeRoute integra due strategie di ottimizzazione mirate a preservare la fluidità dell'esperienza utente in scenari critici:

Campionamento Selettivo dei Candidati

Invece di analizzare l'intero database, l'agente processa esclusivamente i 5 Safe Points più vicini. Questo riduce la complessità del calcolo senza compromettere la validità della soluzione.

Controllo del Flusso (Manual Trigger)

Il ricalcolo è vincolato a una richiesta esplicita dell'utente. Questa scelta previene migliaia di chiamate API ridondanti, garantendo la stabilità del server FastAPI anche durante picchi di utilizzo.

ANALISI DELLE PERFORMANCE

I risultati generati dai log inseriti all'interno del modulo AI ci permettono di individuare un comportamento ben preciso dei due algoritmi:

Velocità di risposta

Il sistema garantisce tempi di calcolo estremamente bassi, con una media compresa tra 0.002s e 0.019s.

L'algoritmo ottimizzato (Bidirectional Dijkstra) risulta sistematicamente più performante della versione standard su grafi complessi, con un risparmio temporale che nei test specifici (es. Piazza della Concordia) ha raggiunto picchi significativi

Analisi della Distanza: I test confermano che, sebbene i tempi crescano all'aumentare della distanza, l'approccio IA mantiene la latenza totale ampiamente sotto la soglia critica dei 0.1 secondi.

GRAFICO DI VALUTAZIONE

Dijkstra

Bidirectional Dijkstra

La valutazione si concentra sui **Top 5 Safe Points**. Sebbene questa scelta garantisca la massima reattività, impedisce una mappatura completa dell'andamento degli algoritmi su scale provinciali massive.

I dati mostrano **variazioni nelle performance relative all'aumentare della distanza**. Senza test su tratte extra-urbane estese, non è possibile determinare con precisione il "punto di inversione" dove l'overhead del bidirezionale potrebbe superare il beneficio.

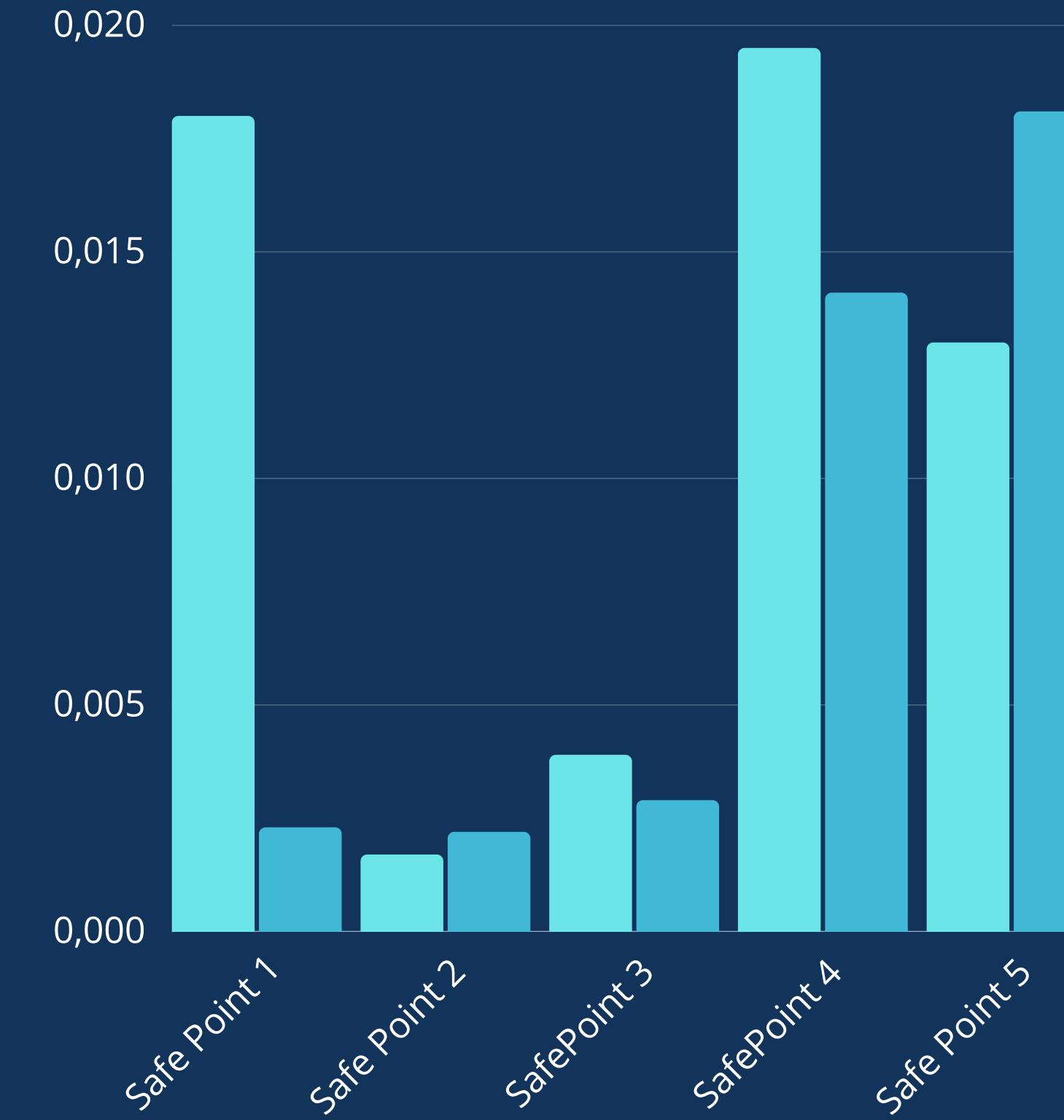


GRAFICO PRODOTTO A PARTIRE DALL'IMAGINE 3 DEL REPORT:
Report senza emergenza.

CONCLUSIONI E SINTESI DELLA VALUTAZIONE



Obiettivi Raggiunti:

Il sistema soddisfa pienamente i requisiti di Business Understanding, coniugando sicurezza dell'utente e velocità di esecuzione.



Reattività:

Il superamento dei test prestazionali con una latenza costante $< 0.1\text{s}$ garantisce un supporto decisionale immediato, fondamentale in scenari di panico.



Sicurezza Adattiva:

L'integrazione tra il Disaster Manager e la ricerca bidirezionale permette di gestire dinamicamente le emergenze, privilegiando percorsi sicuri rispetto alla distanza minima.

CASI D'USO

SCENARIO 1: EMERGENZA NON DEVIANTE

L'agente identifica che l'evento (es. malore) non costituisce un ostacolo fisico alla viabilità.

COMPORTAMENTO:

La rotta originale viene mantenuta senza ricalcoli.

RAZIONALITÀ:

Si evitano deviazioni inefficienti che potrebbero causare congestioni superflue nei percorsi di fuga

SCENARIO 2: EMERGENZA DEVIANTE

Il Disaster Manager rileva un evento che compromette l'infrastruttura (es. incendio lungo il percorso).

COMPORTAMENTO:

Applicazione immediata dei pesi IA punitivi e ricalcolo del percorso.

RISULTATO:

L'utente viene guidato lungo un percorso alternativo sicuro, accettando un lieve aumento della distanza (+15-20%) pur di evitare la "Zona Rossa".

SCENARIO 3: INVALIDAZIONE DEL PUNTO DI RACCOLTA

Il pericolo è talmente prossimo alla destinazione da renderla non sicura (ricade nel raggio d'azione del disastro).

Comportamento:

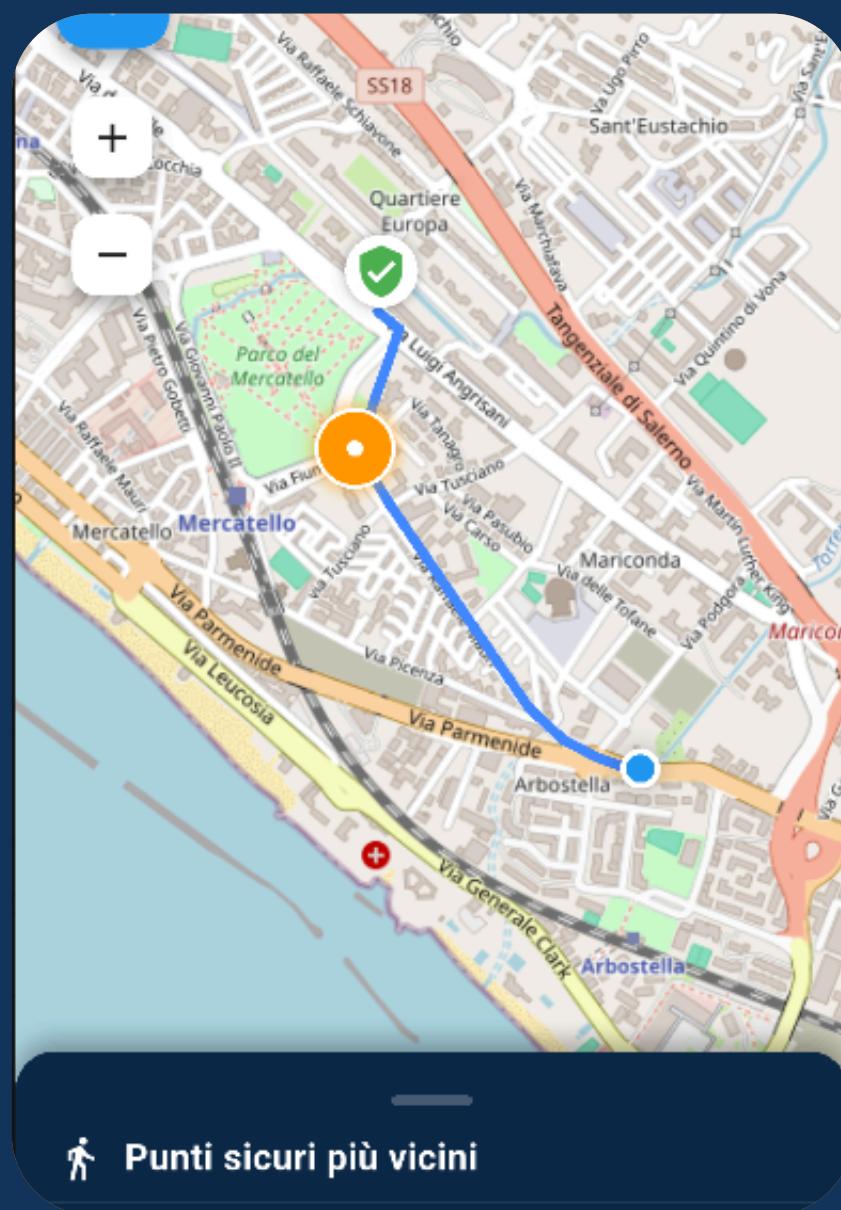
Il Safe Point viene marcato come "BLOCCATO" nell'interfaccia.

Meccanismo di Fallback:

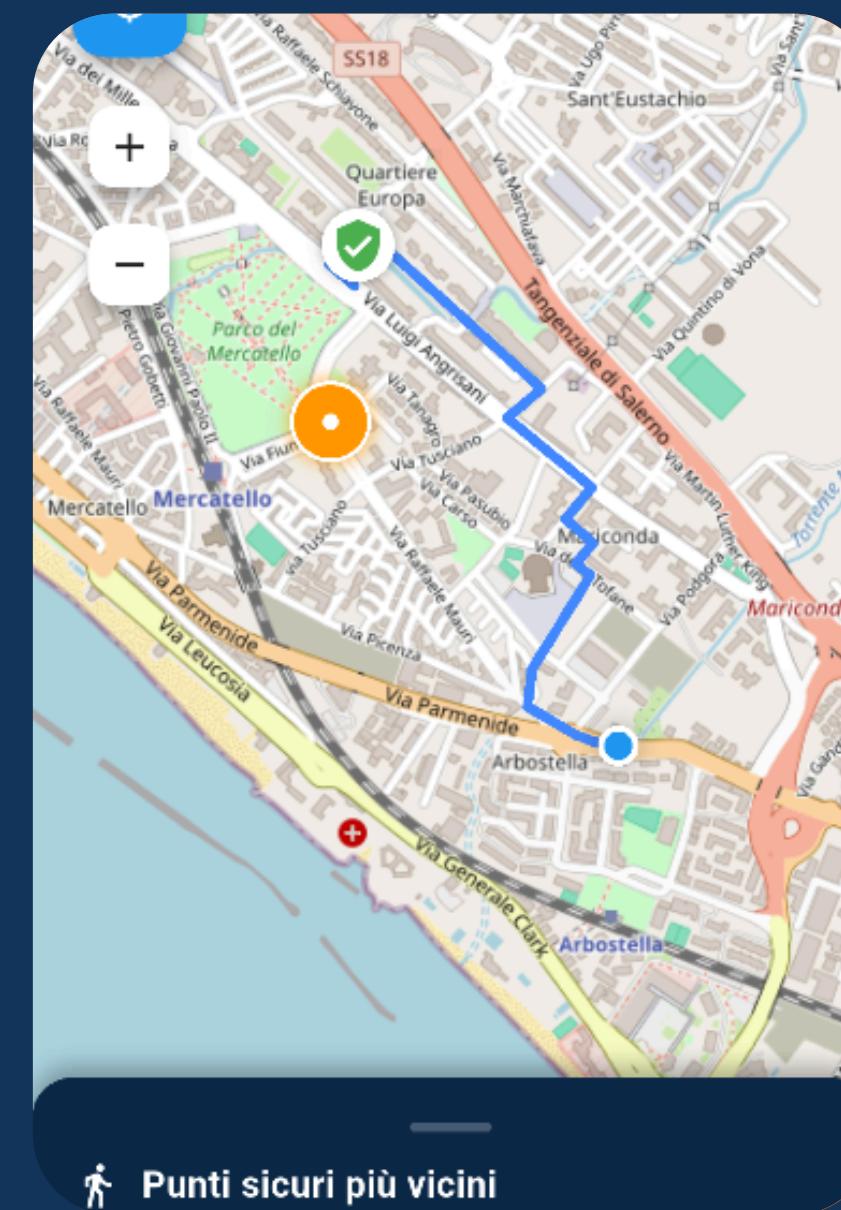
L'agente suggerisce la navigazione verso una destinazione sicura diversa disponibile nella lista, evitando la visualizzazione del percorso verso il punto non sicuro.

DIMOSTRAZIONE DEL FUNZIONAMENTO

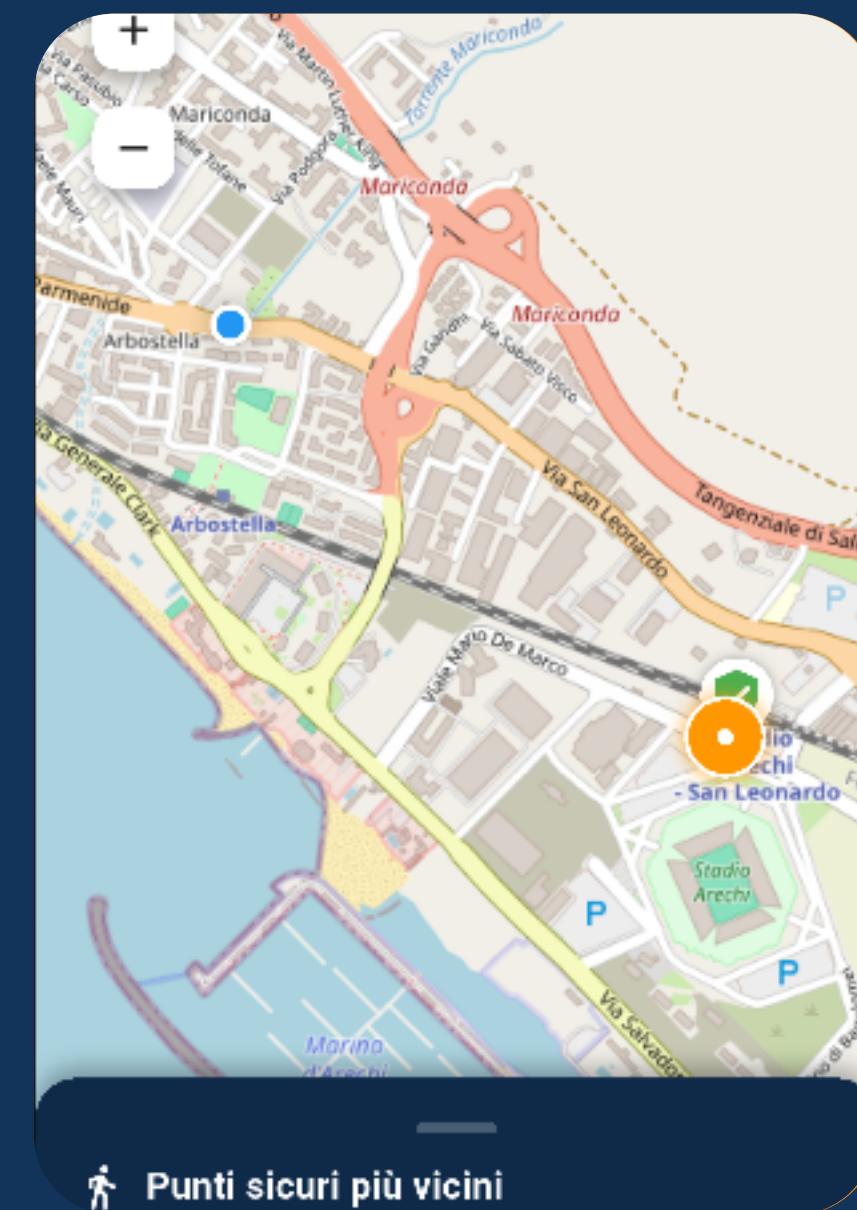
PRIMO SCENARIO



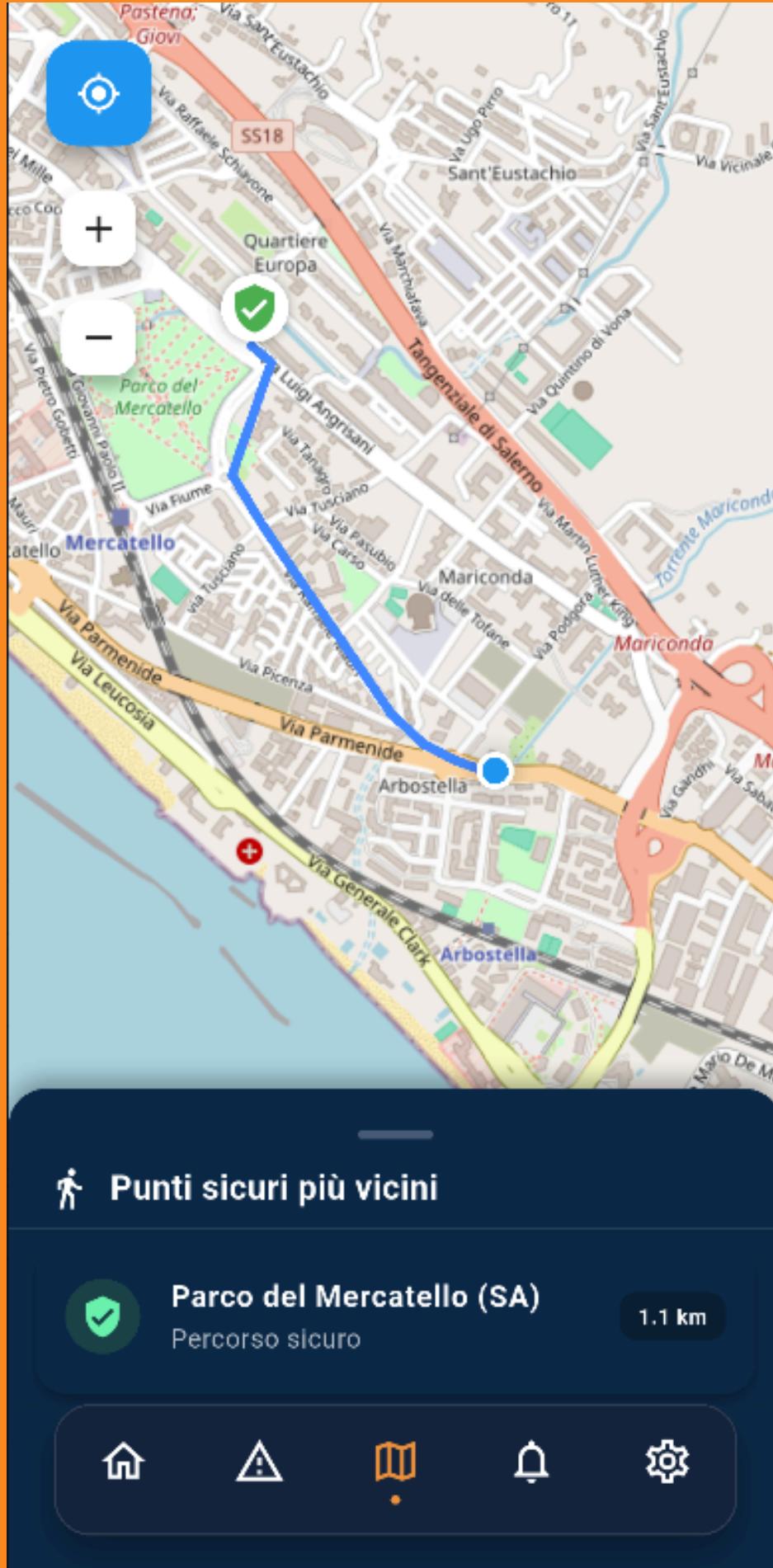
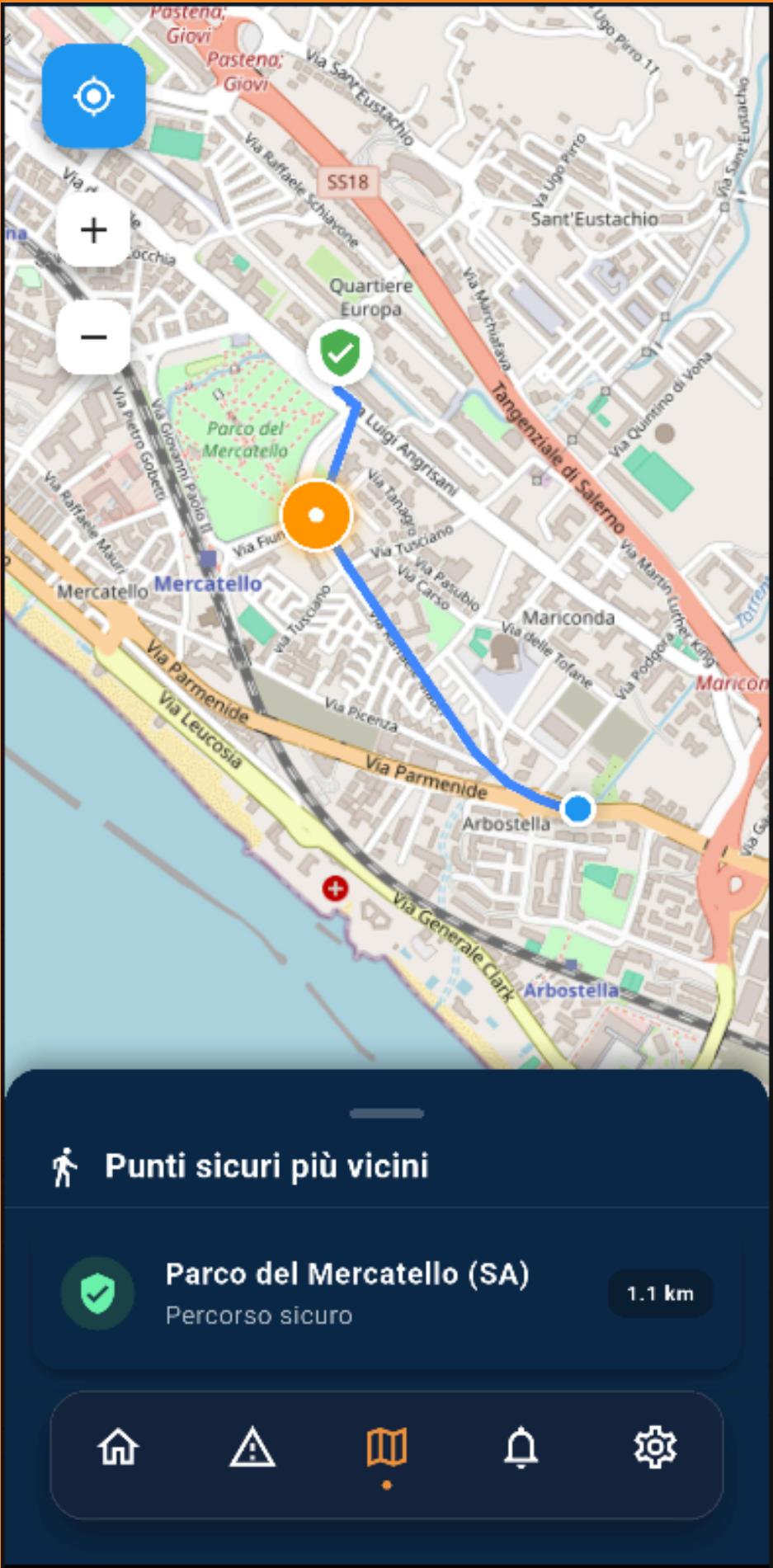
SECONDO SCENARIO



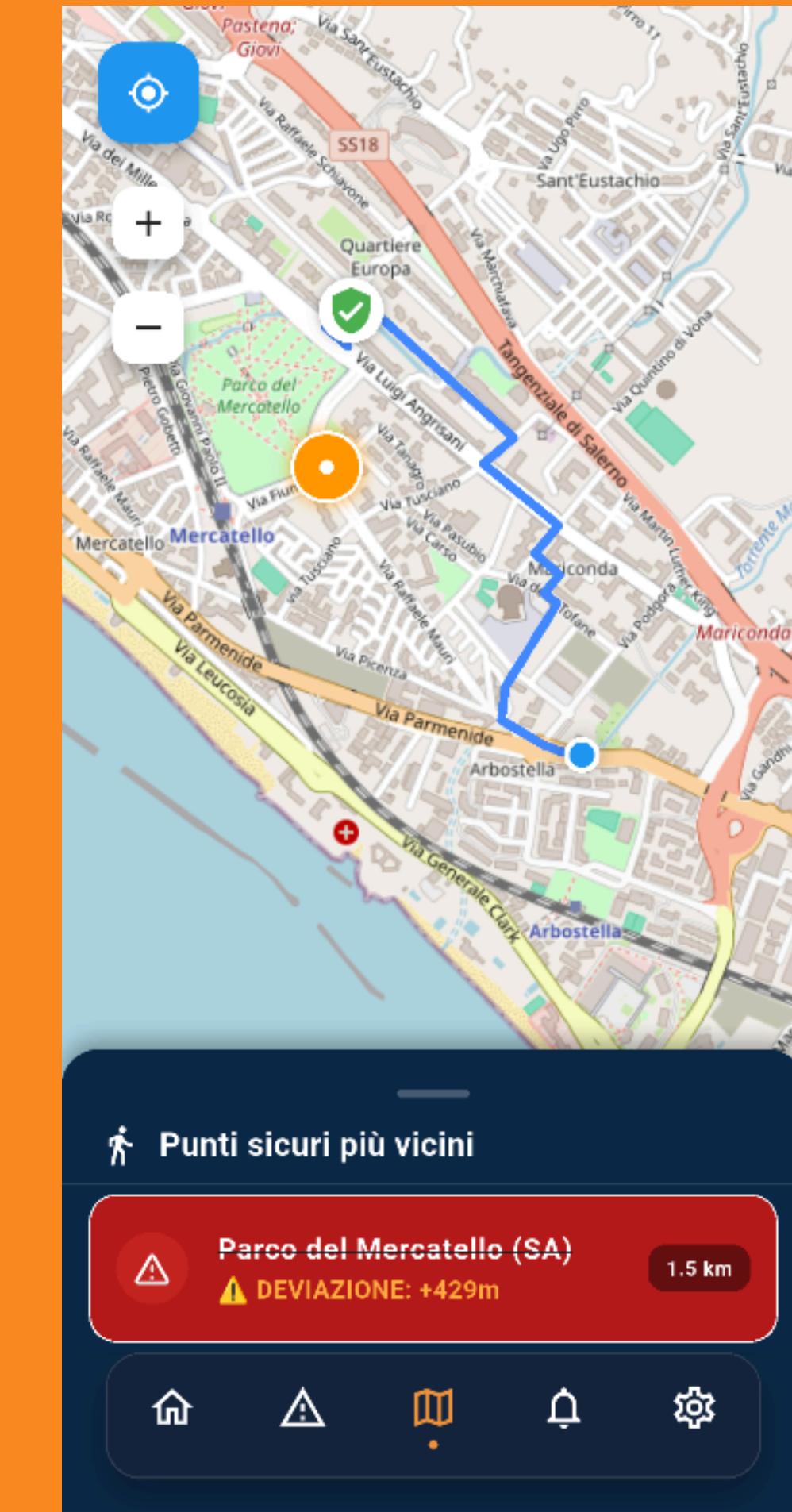
TERZO SCENARIO



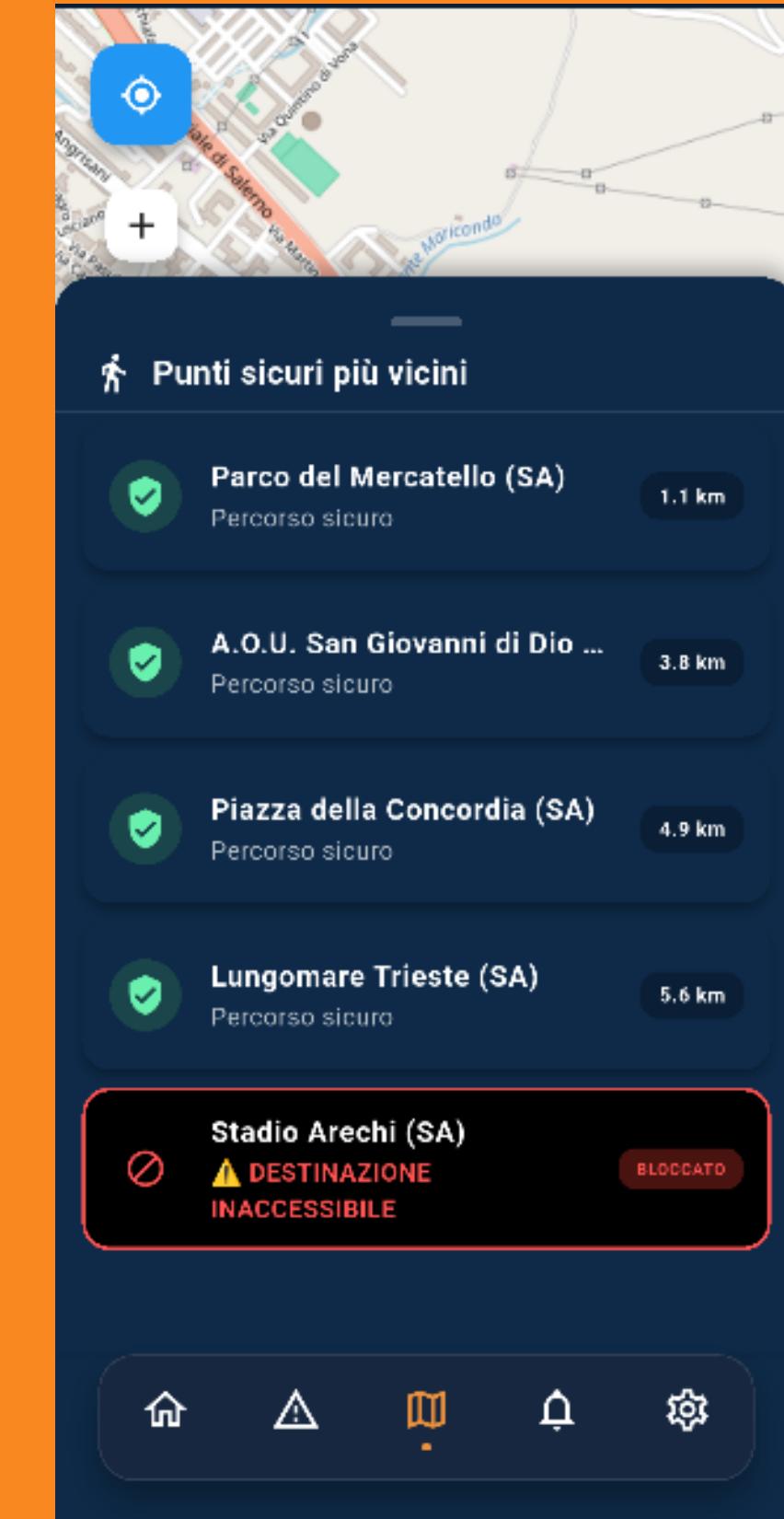
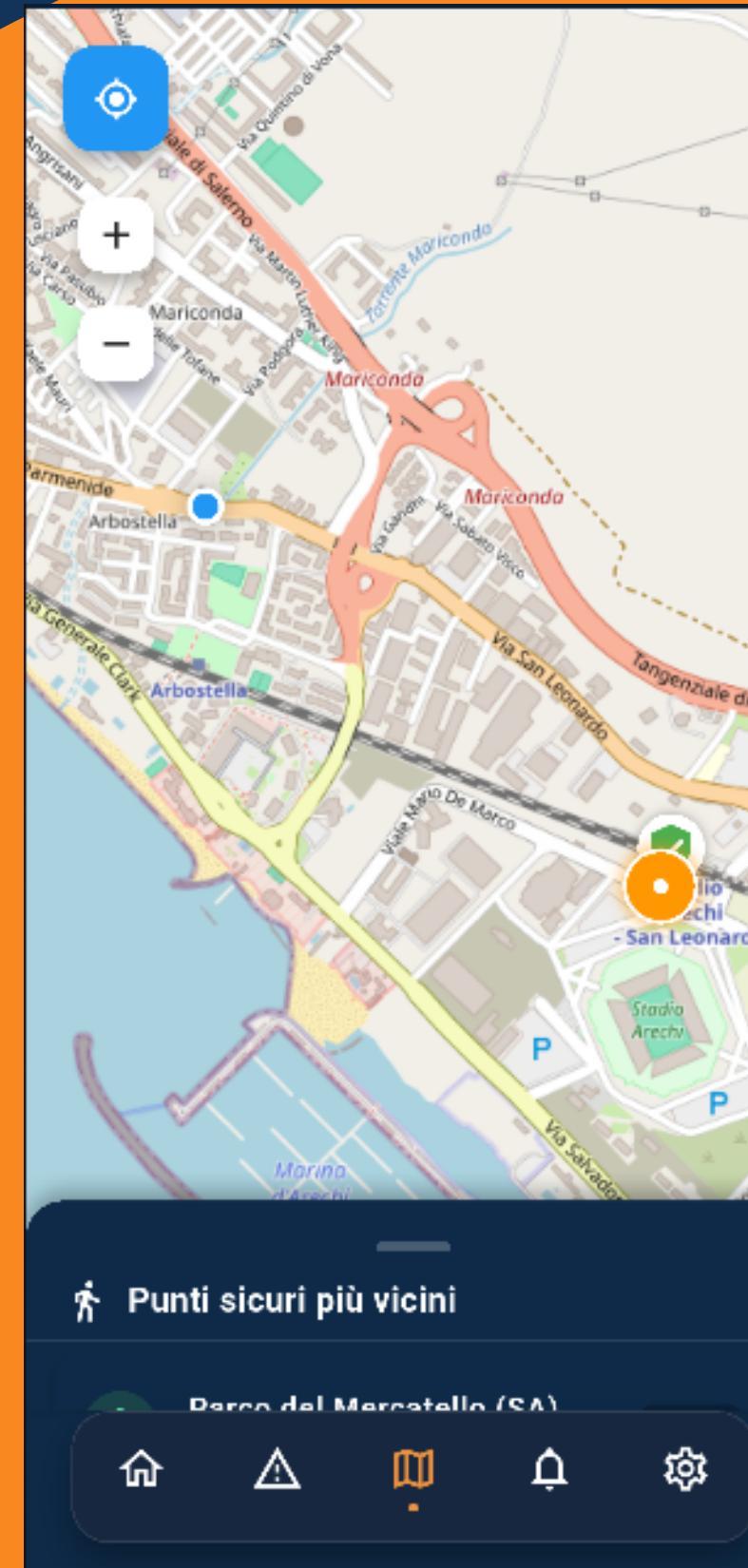
P R I M O S C E N A R I O



S E C O N D O S C E N A R I O



TERZO SCENARIO



Tecnologie usate



Flutter



Firebase



Dart



Python

Communication tools

Discord

Hub centrale per la
collaborazione quotidiana
e immediata tra team member



Future Steps



Maggiore accuratezza del modello

IOT

Estensione della protezione ai propri cari tramite monitoraggio condiviso e coordinamento centralizzato

Connessione a wearable e sensori per il rilevamento automatico delle anomalie e l'invio di dati vitali

Contraction Hierarchies

Implementazione di grafi a livelli per velocizzare la ricerca su scala provinciale, permettendo di analizzare istantaneamente centinaia di punti sicuri senza perdita di performance.

Ricalcolo Adattivo

Passaggio a un'architettura 'event-driven' per attivare il ricalcolo della rotta in modo totalmente automatico e intelligente solo quando le condizioni di rischio cambiano realmente.

Thank You!