

「αode」 Analisi dei requisiti



2025-03-10

Responsabile	Nicolò Bovo
	Alessandro Di Pasquale
	Massimo Chioru
	Giovanni Battista Matteazzi
Redattori	Romeo Calearo
	Giovanni Battista Matteazzi
	Alessandro Di Pasquale
	Nicolò Bovo
	Manuel Cinnirella
Verificatori	Massimo Chioru
	Elia Leonetti
	Manuel Cinnirella
	Romeo Calearo
	Alessandro Di Pasquale
	Massimo Chioru

Registro delle modifiche

Vers.	Data	Descrizione	Autore	Verificatore
1.3.0	2025-08-03	Aggiornamento requisiti e tabella tracciamento	Massimo Chioru	Romeo Calearo
1.2.0	2025-07-29	Aggiunta casi d'uso per MVP	Alessandro Di Pasquale	Massimo Chioru
1.1.0	2025-07-24	Correzioni migliorative da valutazione RTB	Manuel Cinnirella	Alessandro Di Pasquale
1.0.0	2025-06-13	Selezione termini glossario e correzioni finali	Alessandro Di Pasquale	Romeo Calearo
0.6.0	2025-06-08	Aggiornamento requisiti per stream processor	Alessandro Di Pasquale, Nicolò Bovo	Romeo Calearo
0.5.0	2025-04-09	Stesura requisiti funzionali, non funzionali e di vincolo	Giovanni Battista Matteazzi	Manuel Cinnirella
0.4.0	2025-04-02	Proseguito sviluppo e aggiunta casi d'uso	Giovanni Battista Matteazzi	Manuel Cinnirella
0.3.0	2025-03-28	Proseguito sviluppo e aggiunta casi d'uso	Giovanni Battista Matteazzi	Manuel Cinnirella
0.2.0	2025-03-17	Aggiunta sezione casi d'uso e architettura	Romeo Calearo	Elia Leonetti
0.1.0	2025-03-10	Bozza del documento	Romeo Calearo	Elia Leonetti

Indice

I. Introduzione	7
I - 1. Scopo del documento	7
I - 2. Scopo del prodotto	7
I - 3. Riferimenti	7
I - 3.1. Riferimenti normativi	7
I - 3.2. Riferimenti informativi	7
II. Descrizione del prodotto	7
II - 1. Obiettivi del prodotto	7
II - 1.1. Obiettivi primari:	8
II - 1.2. Obiettivi secondari:	8
II - 2. Funzionalità e vincoli del prodotto	8
II - 2.1. Funzionalità implementate:	8
II - 2.2. Vincoli tecnici:	9
II - 3. Utenti e loro caratteristiche	9
II - 3.1. Tipologie di utenti:	9
III. Casi d'uso	9
III - 1. Introduzione	9
III - 2. Attori	10
III - 3. Elenco dei casi d'uso	10
III - 3.1. UC1 - Autenticazione utente alla dashboard	10
III - 3.2. UC2 - Inserimento Username	10
III - 3.3. UC3 - Inserimento Password	11
III - 3.4. UC4 - Visualizzazione Errore Credenziali	11
III - 3.5. UC5 - Visualizzazione Dashboard	11
III - 3.6. UC6 - Visualizzazione profilo utente nella dashboard	12
III - 3.7. UC7 - Visualizzazione statistiche utente nella dashboard	12
III - 3.8. UC8 - Visualizzazione promozioni recenti nella dashboard	13
III - 3.9. UC9 - Filtra punti di interesse per categoria	13
III - 3.10. UC10 - Messaggio di errore «Nessun risultato trovato»	14
III - 3.11. UC11 - Visualizzazione dettaglio marker _G	14
III - 3.12. UC12 - Visualizzazione nome del punto di interesse dal marker _G	15
III - 3.13. UC13 - Visualizzazione categoria dal punto di interesse dal marker _G	15
III - 3.14. UC14a - Avvio di un nuovo percorso	16
III - 3.15. UC14b - Visualizzazione della bici sulla mappa	16
III - 3.16. UC15 - Tracciamento percorso con polyline	17
III - 3.17. UC16 - Riaccentramento mappa sulla posizione bici	17
III - 3.18. UC17 - Cancellazione dalla mappa del percorso attraversato	17
III - 3.19. UC18 - Cambio modalità tema dell'interfaccia	18
III - 3.20. UC19 - Logout dell'utente dal sistema	18
III - 3.21. UC20 - Accesso al sistema di monitoraggio per l'amministratore: Grafana	19

III - 3.22.	UC21 - Navigazione alla dashboard di analisi marketing	19
III - 3.23.	UC22 - Navigazione alla dashboard di monitoraggio del sistema . . .	20
III - 3.24.	UC23 - Visualizzazione metriche eventi giornalieri	21
III - 3.25.	UC24 - Visualizzazione conteggio negozi totali	21
III - 3.26.	UC25 - Visualizzazione lista utenti registrati	21
III - 3.27.	UC26 - Visualizzazione mappa visite per negozio ultime 24h	22
III - 3.28.	UC27 - Visualizzazione mappa negozi selezionati	22
III - 3.29.	UC28 - Visualizzazione grafico utilizzo CPU	23
III - 3.30.	UC29 - Visualizzazione grafico utilizzo memoria	23
III - 3.31.	UC30 - Visualizzazione grafico utilizzo disco	23
III - 3.32.	UC31 - Visualizzazione grafico cache hit ratio	24
III - 3.33.	UC32 - Visualizzazione top 10 negozi più visitati	24
III - 3.34.	UC33 - Navigazione alla dashboard di business	25
III - 3.35.	UC34 - Visualizzazione offerte attive	25
III - 3.36.	UC35 - Visualizzazione tempo permanenza media	26
III - 3.37.	UC36 - Visualizzazione revenue per categoria	26
III - 3.38.	UC37 - Visualizzazione conversion rate	26
III - 3.39.	UC38 - Visualizzazione revenue giornaliero	27
III - 3.40.	UC39 - Visualizzazione heatmap geografica revenue	27
III - 3.41.	UC40 - Visualizzazione conversione per livello di sconto	27
III - 3.42.	UC41 - Visualizzazione negozi con maggior revenue	28
III - 3.43.	UC42 - Visualizzazione trend orario	28
III - 3.44.	UC43 - Visualizzazione mappa negozi selezionati	28
IV.	Requisiti	29
IV - 1.	Requisiti obbligatori	29
IV - 1.1.	Requisiti funzionali	29
IV - 1.1.1.	RF1 - Autenticazione e autorizzazione	29
IV - 1.1.2.	RF2 - Tracking posizione e generazione eventi	29
IV - 1.1.3.	RF3 - Elaborazione stream e proximity detection	30
IV - 1.1.4.	RF4 - Generazione messaggi personalizzati e sistema offerte	30
IV - 1.1.5.	RF5 - Dashboard utente base	30
IV - 1.1.6.	RF6 - Storage e persistenza dati	30
IV - 1.1.7.	RF7 - Cache e ottimizzazione base	30
IV - 1.2.	Requisiti non funzionali (di qualità)	30
IV - 1.2.1.	RNF1 - Documentazione	30
IV - 1.2.2.	RNF2 - Test	31
IV - 1.3.	Requisiti di vincolo	31
IV - 1.3.1.	RV1 - Tecnologici	31
IV - 1.3.2.	RV2 - Browser e Compatibilità	31
IV - 1.3.3.	RV3 - Tecnologie Frontend Richieste	31
IV - 1.3.4.	RV4 - Geografici	31
IV - 1.3.5.	RV5 - Operativi	31
IV - 1.3.6.	RV6 - Requisiti Hardware Minimi	32

IV - 2. Requisiti funzionali desiderabili	32
IV - 2.1. RFD1 - Ottimizzazioni frontend avanzate	32
IV - 2.2. RFD2 - Monitoring e osservabilità avanzate	32
IV - 2.3. RFD3 - Funzionalità utente avanzate	32
IV - 2.4. RFD4 - Performance e scalabilità	32
IV - 3. Requisiti (funzionali) facoltativi	32
IV - 3.1. RFF1 - Integrazioni esterne	32
IV - 3.2. RFF2 - AI/ML Enhancement	33
IV - 3.3. RFF3 - Business Intelligence avanzato	33
V. Riepilogo requisiti	33
VI. Tracciamento Requisiti-Casi d'Uso	34
VII. Tracciamento Casi d'Uso-Requisiti	36

Lista delle figure

Figura 1 UC1, UC2, UC3, UC4	11
Figura 2 UC5, UC6, UC7, UC8	13
Figura 3 UC9, UC10	14
Figura 4 UC11, UC12, UC13	16
Figura 5 UC14a, UC14b, UC15, UC16, UC17, UC18, UC19	19
Figura 6 UC20, UC21, UC22, UC33	21
Figura 7 UC23, UC24, UC25, UC26, UC27, UC32, UC43	23
Figura 8 UC28, UC29, UC30, UC31	24
Figura 9 UC33, UC34, UC35, UC36, UC37, UC38, UC39, UC40, UC41, UC42	29

Lista delle tabelle

Tabella 1	33
Tabella 2	34
Tabella 3	35
Tabella 4	36
Tabella 5	37

I. Introduzione

I - 1. Scopo del documento

Il presente documento di Analisi dei Requisiti fornisce una descrizione dettagliata e completa del sistema **NearYou_G**, una piattaforma di notifiche personalizzate basate sulla posizione che utilizza intelligenza artificiale generativa (AI generativa_G) per creare messaggi contestuali e rilevanti per gli utenti.

Il documento costituisce la base per lo sviluppo del sistema, definendo chiaramente funzionalità, vincoli, casi d'uso e requisiti tecnici derivanti dall'analisi del codice sorgente e dell'architettura implementata.

I - 2. Scopo del prodotto

NearYou è una piattaforma tecnologica che combina **tracking della posizione in tempo reale**, **database geospaziali**, **intelligenza artificiale generativa** e **analytics avanzate** per fornire notifiche personalizzate agli utenti quando si trovano in prossimità di negozi o punti di interesse.

Il sistema è progettato per:

- **Tracciare la posizione** degli utenti in tempo reale attraverso simulazione GPS_G
- **Generare messaggi personalizzati** utilizzando LLM_G (Large Language Models) quando l'utente è vicino a un negozio
- **Fornire una dashboard interattiva** con visualizzazione su mappa delle posizioni, percorsi e notifiche
- **Memorizzare e analizzare** tutti i dati per fornire insights attraverso dashboard analytics
- **Aggiornare automaticamente** il database dei negozi tramite ETL_G da OpenStreetMap

I - 3. Riferimenti

I - 3.1. Riferimenti normativi

- Norme di Progetto (v2.0.0)

https://alphacodeswe.github.io/AlphaCode-docs-file/rtb/NormeDiProgetto_2025_04_05_v2.0.0_signed.pdf

I - 3.2. Riferimenti informativi

- Glossario (v2.0.0)

https://alphacodeswe.github.io/AlphaCode-docs-file/rtb/Glossario_2025_07_07_v2.0.0_signed.pdf

II. Descrizione del prodotto

II - 1. Obiettivi del prodotto

Il sistema **NearYou** ha come obiettivo principale la **creazione di un'esperienza utente personalizzata e contestuale** attraverso l'integrazione di diverse tecnologie avanzate:

II - 1.1. Obiettivi primari:

1. **Personalizzazione intelligente:** Utilizzare profili utente (età, professione, interessi) per generare messaggi rilevanti tramite LLM
2. **Geolocalizzazione precisa:** Implementare tracking in tempo reale con calcolo di distanze attraverso PostGIS_G
3. **Scalabilità e performance:** Gestire flussi di dati in tempo reale attraverso Apache Kafka_G e Bytewax_G
4. **Analytics avanzate:** Fornire insights attraverso dashboard Grafana con metriche di business e sistema
5. **Automazione:** Mantenere aggiornato il database negozi attraverso ETL automatici da OpenStreetMap

II - 1.2. Obiettivi secondari:

- **Caching intelligente:** Ridurre latenza e costi LLM attraverso cache Redis
- **Monitoraggio completo:** Garantire osservabilità del sistema con Prometheus, Loki e metriche custom
- **Facilità di deployment:** Fornire ambiente containerizzato completo con Docker Compose

II - 2. Funzionalità e vincoli del prodotto

II - 2.1. Funzionalità implementate:

Data Pipeline e Streaming:

- Producer_G Kafka che simula movimenti utenti su percorsi reali di Milano usando OSRM_G
- Consumer_G Bytewax per elaborazione stream dati con arricchimento in tempo reale
- Integrazione con PostGIS per calcolo distanze e identificazione negozi vicini

Generazione Messaggi Intelligente:

- Servizio microservice FastAPI per generazione messaggi personalizzati
- Integrazione con LLM (supporto Groq_G, OpenAI, provider multipli)
- Sistema di cache Redis per ottimizzazione performance e riduzione costi
- Template personalizzabili basati su profilo utente e tipologia negozio

Dashboard Utente:

- Interfaccia web responsive con mappa Leaflet interattiva
- Visualizzazione real-time di posizione utente, percorsi e negozi
- Sistema di notifiche in-app per messaggi personalizzati
- Autenticazione JWT_G con gestione sessioni sicura
- WebSocket_G per aggiornamenti posizione in tempo reale

Storage e Persistenza:

- ClickHouse per analytics e storage eventi temporali ad alta performance
- PostgreSQL/PostGIS per gestione dati geospaziali dei negozi
- Schema ottimizzato per query geospaziali e analytics

ETL e Data Management:

- Apache Airflow_G per orchestrazione ETL automatici
- ETL adattivo che si auto-configura in base ai cambiamenti nei dati

- Integrazione con OpenStreetMap per aggiornamento negozi Milano
- Sistema di tracking cambiamenti con logging completo

Monitoring e Observability:

- Dashboard Grafana con pannelli personalizzati per metriche business e sistema
- Prometheus per raccolta metriche con esportatori per tutti i componenti
- Loki per gestione log centralizzata
- Metriche custom per tracking performance LLM, cache hit rate, eventi utente

II - 2.2. Vincoli tecnici:

- **Geografici:** Sistema focalizzato su Milano (coordinate definite in configurazione)
- **Performance:** Target <200ms per generazione messaggi (con cache)
- **Scalabilità:** Supporto multi-worker Bytewax per elaborazione parallela
- **Sicurezza:** Kafka con SSL/TLS_G, JWT per autenticazione, password protette
- **Disponibilità:** Health checks e restart automatici per tutti i servizi

II - 3. Utenti e loro caratteristiche

II - 3.1. Tipologie di utenti:

Utente finale:

- **Descrizione:** Persona che utilizza l'applicazione per ricevere notifiche personalizzate
- **Caratteristiche:** Ha un profilo definito (età, professione, interessi) memorizzato nel sistema
- **Interazioni:** Accede alla dashboard, visualizza la mappa, riceve notifiche, naviga lo storico
- **Competenze richieste:** Utilizzo base di applicazioni web e mobile

Amministratore_G di sistema:

- **Descrizione:** Operatore responsabile del monitoraggio e manutenzione del sistema
- **Caratteristiche:** Competenze tecniche per interpretare metriche e log
- **Interazioni:** Accesso a Grafana, Prometheus, log Loki, configurazione Airflow
- **Competenze richieste:** Conoscenza sistemi distribuiti, database, monitoring_G

Sviluppatore/DevOps:

- **Descrizione:** Persona che sviluppa, deploy e mantiene il sistema
- **Caratteristiche:** Competenze tecniche avanzate su architetture microservizi
- **Interazioni:** Deploy con Docker Compose, configurazione environment, debug
- **Competenze richieste:** Docker, Kafka, database, cloud native technologies

III. Casi d'uso

III - 1. Introduzione

I casi d'uso del sistema NearYou sono strutturati attorno alle funzionalità core implementate nel codice sorgente. Ogni caso d'uso è identificato da un codice univoco UC[numero] e descrive le interazioni tra attori e sistema.

III - 2. Attori

Utente Autenticato: Persona che utilizza la dashboard per visualizzare la propria posizione e ricevere notifiche personalizzate, avendo eseguito l'accesso.

Utente non Autenticato: Utente che non ha ancora eseguito l'accesso.

Amministratore: Persona che usa la dashboard per visualizzare le analisi di marketing e di monitoraggio del sistema.

Sistema di Tracciamento: Sistema che gestisce automaticamente il monitoraggio e la registrazione dei percorsi degli utenti attraverso l'acquisizione continua di dati GPS e la loro elaborazione per la visualizzazione cartografica.

III - 3. Elenco dei casi d'uso

III - 3.1. UC1 - Autenticazione utente alla dashboard

Attore principale:

- Utente non autenticato

Precondizioni:

- L'utente ha credenziali valide nel sistema

Postcondizioni:

- L'utente è autenticato e ha accesso alla dashboard

Scenario principale:

1. L'utente accede alla pagina di login
2. Inserisce username e password
3. Il sistema valida le credenziali e autentica l'utente consentendogli l'accesso alla dashboard

Inclusioni:

- UC2: Inserimento Username
- UC3: Inserimento Password

Estensioni:

- UC4: Visualizzazione Errore Credenziali

III - 3.2. UC2 - Inserimento Username

Attore principale:

- Utente non autenticato

Precondizioni:

- L'utente ha uno username valido nel sistema
- L'utente sta effettuando l'autenticazione per la pagina di dashboard

Postcondizioni:

- Il sistema accetta lo username inserito

Scenario principale:

1. L'utente accede alla pagina di login
2. L'utente inserisce lo username

III - 3.3. UC3 - Inserimento Password

Attore principale:

- Utente non autenticato

Precondizioni:

- L'utente ha una password valida nel sistema
- L'utente sta effettuando l'autenticazione per la pagina di dashboard

Postcondizioni:

- Il sistema accetta la password inserita

Scenario principale:

1. L'utente accede alla pagina di login
2. L'utente inserisce la password

III - 3.4. UC4 - Visualizzazione Errore Credenziali

Attore principale:

- Utente non autenticato

Precondizioni:

- L'utente sta effettuando l'autenticazione per la pagina di dashboard

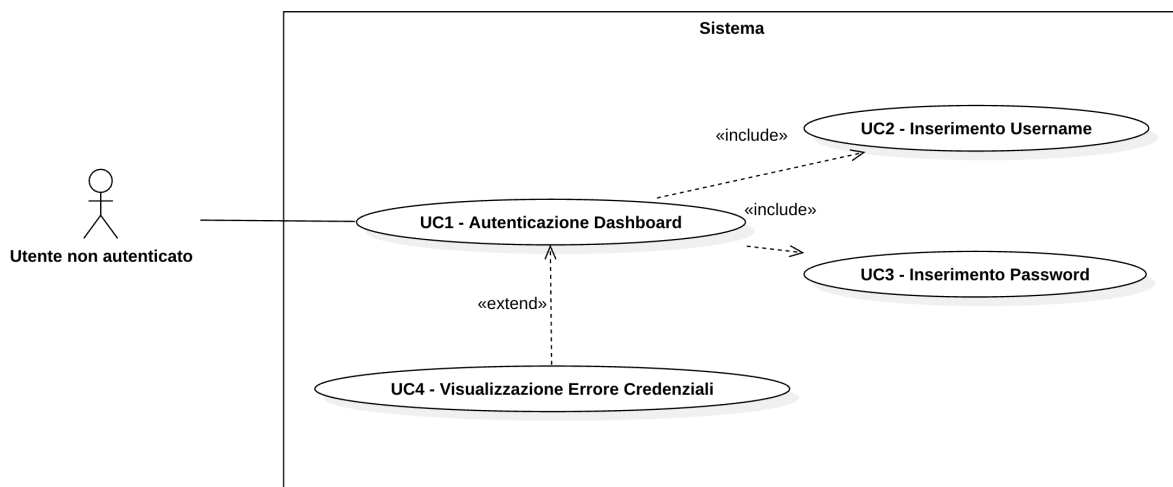
Postcondizioni:

- Il sistema rifiuta le credenziali d'accesso inserite dall'utente poiché discrepanti con quelle memorizzate

Scenario principale:

1. L'utente accede alla pagina di login
2. L'utente inserisce lo username
3. L'utente inserisce la password
4. L'utente riceve un messaggio di errore che lo notifica delle credenziali errate

Figura 1 — UC1, UC2, UC3, UC4



III - 3.5. UC5 - Visualizzazione Dashboard

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente ha effettuato il login con successo

Postcondizioni:

- La dashboard principale è completamente caricata e funzionale
- Tutte le informazioni dell'utente sono visualizzate

Scenario principale:

1. L'utente accede alla dashboard
2. Il sistema carica la dashboard principale
3. Il sistema carica la mappa con i punti di interesse
4. Il sistema inizializza tutti i componenti della dashboard

Inclusioni:

- Visualizzazione profilo utente nella dashboard (UC6)
- Visualizzazione statistiche utente nella dashboard (UC7)
- Visualizzazione promozioni recenti nella dashboard (UC8)

III - 3.6. UC6 - Visualizzazione profilo utente nella dashboard**Attore principale:**

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato nel sistema e quindi visualizza la dashboard
- Il sistema mantiene le informazioni del profilo utente

Postcondizioni:

- Le informazioni del profilo utente sono visualizzate nella sidebar sinistra

Scenario principale:

1. L'utente accede alla dashboard principale
2. Il sistema carica e visualizza le informazioni del profilo nella sidebar (ID, Età, Professione, Interessi)

III - 3.7. UC7 - Visualizzazione statistiche utente nella dashboard**Attore principale:**

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato nel sistema e quindi visualizza la dashboard
- Il sistema traccia e memorizza le attività dell'utente

Postcondizioni:

- Le statistiche dell'utente sono visualizzate nella sezione dedicata della sidebar

Scenario principale:

1. L'utente accede alla dashboard principale
2. Il sistema calcola e mostra le statistiche aggiornate (km percorsi, negozi vicini, notifiche, minuti attivi)

III - 3.8. UC8 - Visualizzazione promozioni recenti nella dashboard

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato nel sistema e quindi visualizza la dashboard
- Sono disponibili promozioni nel sistema

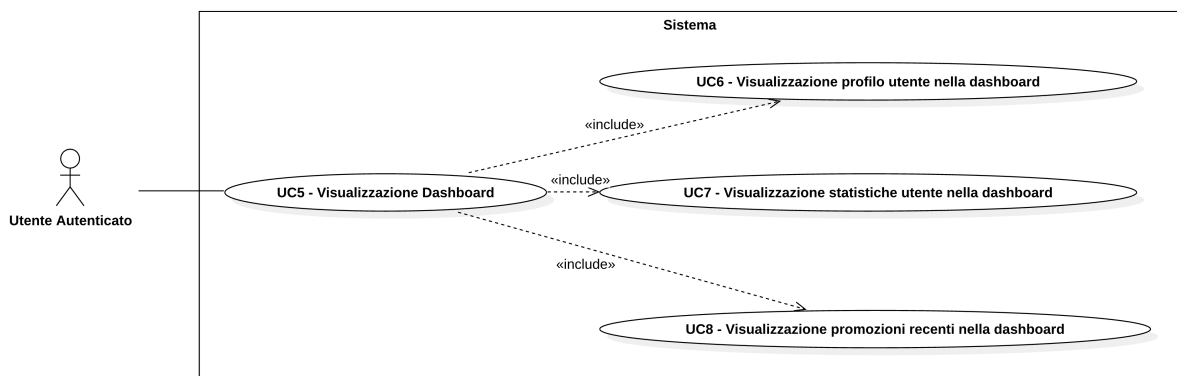
Postcondizioni:

- Le promozioni recenti vengono visualizzate nella sezione dedicata della sidebar

Scenario principale:

1. L'utente accede alla dashboard principale
2. Il sistema recupera le promozioni più recenti disponibili
3. Il sistema mostra le promozioni nella sezione «Promozioni Recenti» della sidebar, rappresentanti lo storico di ogni promozione generata da LLM che è apparsa all'utente dal principio del suo percorso, dotata della relativa ora di apparizione.

Figura 2 — UC5, UC6, UC7, UC8



III - 3.9. UC9 - Filtra punti di interesse per categoria

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato e si trova nella dashboard principale
- Il sistema contiene punti di interesse di diverse categorie
- La barra di filtri è visibile in basso alla mappa

Postcondizioni:

- Vengono visualizzati sulla mappa solo i punti di interesse della categoria selezionata

Scenario principale:

1. L'utente accede alla dashboard principale
2. L'utente seleziona una categoria specifica (Ristoranti, Abbigliamento, Supermercati, Elettronica, Bar & Caffè)

Estensioni:

- UC10: Visualizzazione messaggio «Nessun risultato trovato»

III - 3.10. UC10 - Messaggio di errore «Nessun risultato trovato»

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato e si trova nella dashboard principale
- L'utente ha applicato un filtro per categoria
- Il sistema non dispone di punti di interesse inerenti alla categoria selezionata

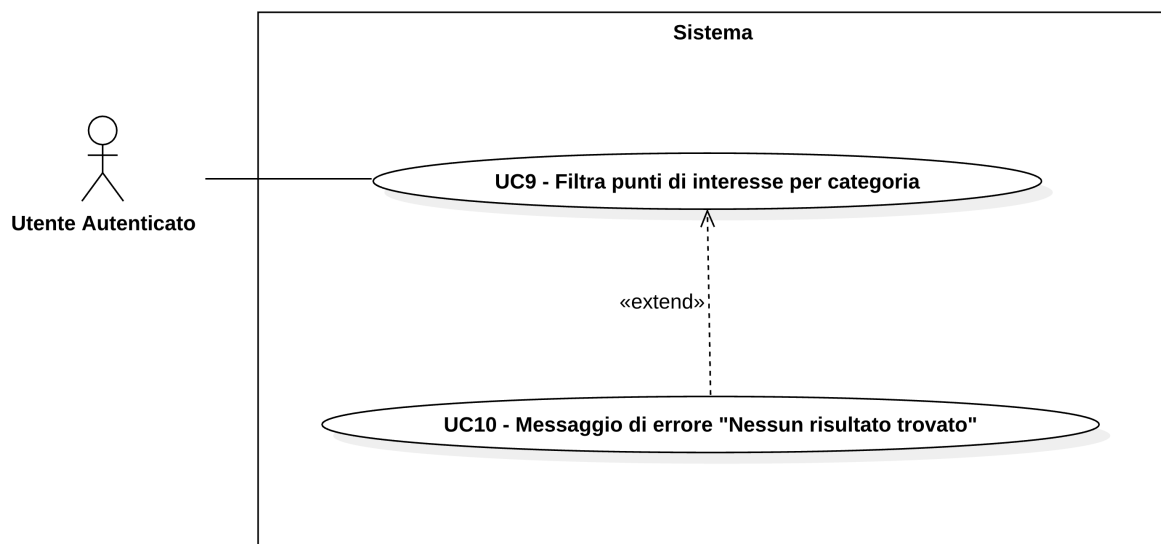
Postcondizioni:

- Il sistema non carica alcun punto di interesse
- Il sistema mostra il messaggio di errore

Scenario principale:

1. L'utente accede alla dashboard principale
2. L'utente seleziona una categoria specifica
3. L'utente visualizza il messaggio di errore

Figura 3 – UC9, UC10



III - 3.11. UC11 - Visualizzazione dettaglio marker_G

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato e si trova nella dashboard con la mappa visualizzata
- Il sistema tiene traccia dei marker_G
- Sono presenti marker_G dei punti di interesse sulla mappa

Postcondizioni:

- Il sistema mostra i dettagli del punto di interesse nel popup del marker_G.

Scenario principale:

1. L'utente visualizza la mappa con i marker_G dei punti di interesse

2. L'utente clicca su un marker_G specifico

Inclusioni:

- Visualizzazione nome del punto di interesse dal marker_G (UC12)
- Visualizzazione categoria del punto di interesse dal marker_G (UC13)

III - 3.12. UC12 - Visualizzazione nome del punto di interesse dal marker_G**Attore principale:**

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato e si trova nella dashboard principale
- Sono presenti marker_G dei punti di interesse sulla mappa
- L'utente ha selezionato o sta visualizzando un marker_G specifico

Postcondizioni:

- Il sistema visualizza il nome del punto di interesse del marker_G selezionato

Scenario principale:

1. L'utente accede alla dashboard principale
2. L'utente seleziona una categoria specifica
3. L'utente visualizza il nome del punto di interesse dal marker_G

III - 3.13. UC13 - Visualizzazione categoria dal punto di interesse dal marker_G**Attore principale:**

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato e si trova nella dashboard principale
- Sono presenti marker_G dei punti di interesse sulla mappa
- L'utente ha selezionato o sta visualizzando un marker_G specifico

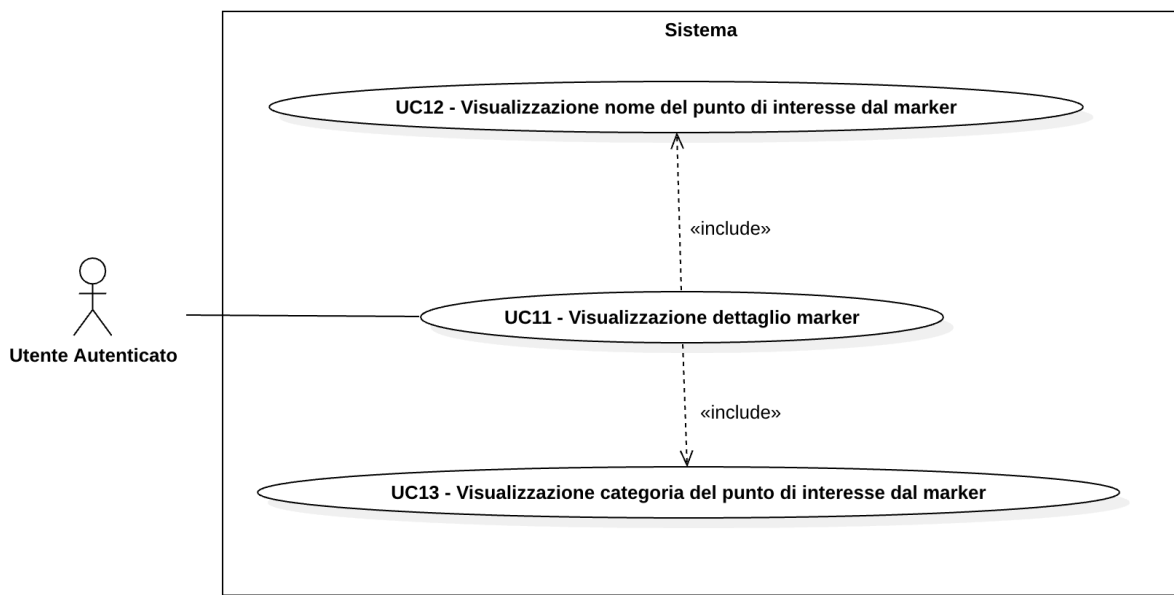
Postcondizioni:

- Il sistema visualizza la categoria del punto di interesse del marker_G selezionato

Scenario principale:

1. L'utente accede alla dashboard principale
2. L'utente seleziona una categoria specifica
3. L'utente visualizza la categoria del punto di interesse dal marker_G

Figura 4 – UC11, UC12, UC13



III - 3.14. UC14a - Avvio di un nuovo percorso

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato e si trova nella dashboard
- Il GPS è attivo e funzionante
- Nessun percorso attivo è in corso

Postcondizioni:

- Il tracciamento del percorso viene avviato

Scenario principale:

1. Il sistema avvia il tracciamento del percorso e registra la posizione iniziale

III - 3.15. UC14b - Visualizzazione della bici sulla mappa

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- Un percorso attivo è stato avviato
- La dashboard è visibile
- Il GPS è attivo e funzionante

Postcondizioni:

- L'icona della bici è visibile sulla mappa, nella posizione attuale dell'utente

Scenario principale:

1. Il sistema riceve la posizione corrente dell'utente dal GPS
2. Il sistema aggiorna la mappa con l'icona della bici nella posizione rilevata

Inclusioni:

- Tracciamento percorso con polyline (UC15)

III - 3.16. UC15 - Tracciamento percorso con polyline

Attore principale:

- Sistema di Tracciamento

Precondizioni:

- L'utente ha iniziato un percorso attivo
- Il GPS dell'utente è attivo e fornisce posizioni valide
- L'icona della bici è visualizzata sulla mappa

Postcondizioni:

- Una polyline blu traccia il percorso dell'utente sulla mappa

Scenario principale:

1. Il sistema rileva continuamente la posizione GPS dell'utente in movimento
2. Il sistema aggiorna la posizione dell'icona della bici
3. Il sistema disegna progressivamente una polyline blu collegando le posizioni precedenti

III - 3.17. UC16 - Riaccentramento mappa sulla posizione bici

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente ha un percorso attivo
- L'icona della bici è visualizzata sulla mappa
- L'utente ha spostato manualmente la vista della mappa

Postcondizioni:

- La mappa viene centrata automaticamente sulla posizione corrente della bici

Scenario principale:

1. L'utente clicca sull'icona del mirino presente sui controlli della mappa
2. Il sistema identifica la posizione corrente della bici
3. Il sistema centra la vista della mappa sulla posizione della bici

III - 3.18. UC17 - Cancellazione dalla mappa del percorso attraversato

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato e si trova nella dashboard con la mappa visualizzata
- È presente una polyline blu del percorso attraversato sulla mappa

Postcondizioni:

- La polyline blu del percorso attraversato viene rimossa completamente dalla mappa

Scenario principale:

1. L'utente clicca sull'icona del pennello presente sui controlli della mappa in alto a destra

2. Il sistema rimuove la polyline blu del percorso attraversato
3. La mappa mostra solo la posizione corrente della bici senza traccia storica

III - 3.19. UC18 - Cambio modalità tema dell'interfaccia

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato e si trova nella dashboard con la mappa visualizzata
- L'interfaccia è attualmente in modalità chiara o scura

Postcondizioni:

- L'interfaccia cambia da tema chiaro a scuro o viceversa
- La preferenza del tema viene salvata e mantenuta per l'utente

Scenario principale:

1. L'utente clicca sull'icona del sole/luna presente in alto a destra
2. Il sistema alterna la modalità tema corrente
3. L'interfaccia viene aggiornata immediatamente con il nuovo tema

III - 3.20. UC19 - Logout dell'utente dal sistema

Attore principale:

- Utente Autenticato

Precondizioni:

- L'utente è autenticato e si trova nella dashboard con la mappa visualizzata

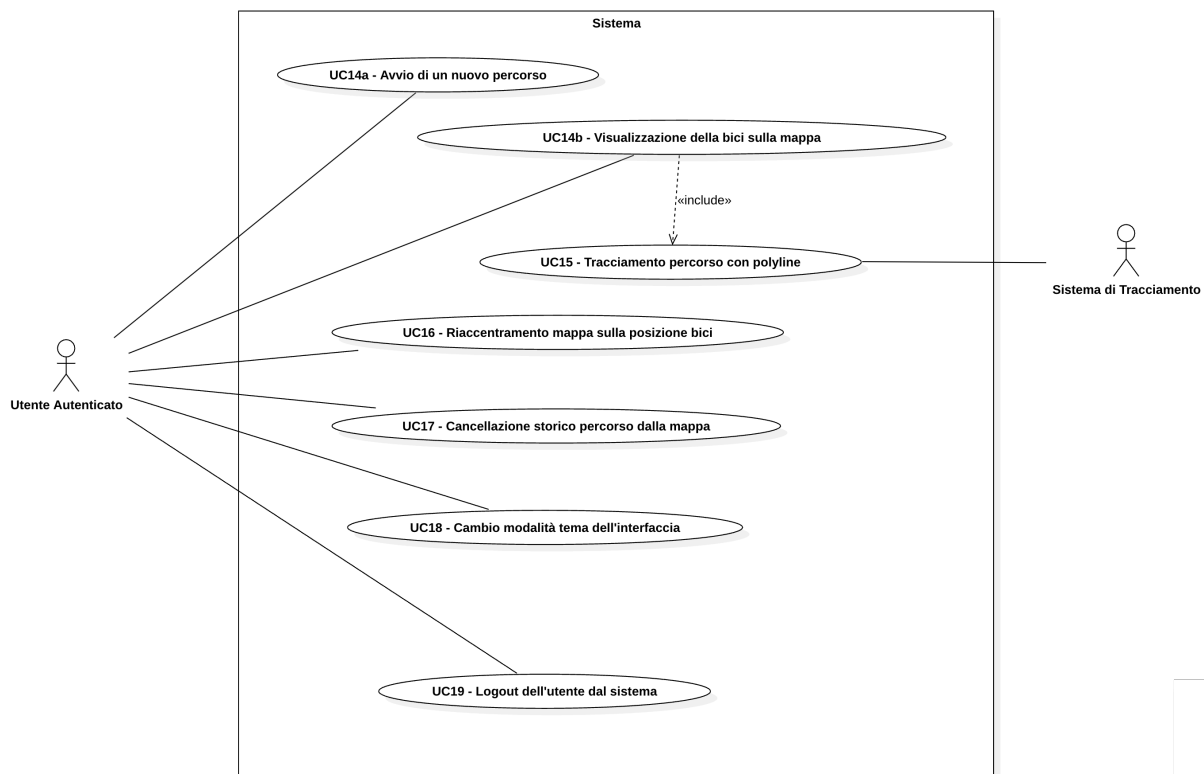
Postcondizioni:

- L'utente viene disconnesso dal sistema
- L'utente viene reindirizzato alla pagina di login

Scenario principale:

1. L'utente clicca sul pulsante «Esci» presente in alto a destra nella dashboard
2. Il sistema termina la sessione dell'utente
3. Il sistema reindirizza l'utente alla pagina di autenticazione

Figura 5 — UC14a, UC14b, UC15, UC16, UC17, UC18, UC19



III - 3.21. UC20 - Accesso al sistema di monitoraggio per l'amministratore: Grafana

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore ha accesso al link diretto del sistema Grafana
- Il sistema Grafana è configurato e disponibile

Postcondizioni:

- Il sistema Grafana è completamente caricato
- L'amministratore può navigare tra le dashboard disponibili

Scenario principale:

1. L'amministratore accede al link diretto del sistema Grafana
2. Il sistema carica l'interfaccia principale di Grafana
3. Il sistema Grafana carica automaticamente tutti i pannelli di analisi business
4. Il sistema mostra le dashboard disponibili (Dashboard Utente e Dashboard Sistema)

Inclusioni:

- Navigazione alla dashboard di analisi marketing (UC21)
- Navigazione alla dashboard di monitoraggio sistema (UC22)
- Navigazione alla dashboard di business (UC33)

III - 3.22. UC21 - Navigazione alla dashboard di analisi marketing

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore ha accesso al sistema Grafana
- La dashboard di analisi marketing è configurata

Postcondizioni:

- La dashboard di analisi marketing è caricata con tutti i suoi relativi pannelli

Scenario principale:

1. L'amministratore seleziona la dashboard di analisi marketing
2. Il sistema carica tutti i pannelli di business
3. Il sistema visualizza le metriche e dati di marketing

Inclusioni:

- Visualizzazione metriche eventi giornalieri (UC23)
- Visualizzazione conteggio negozi totali (UC24)
- Visualizzazione lista utenti registrati (UC25)
- Visualizzazione mappa visite per negozio ultime 24h (UC26)
- Visualizzazione mappa negozi selezionati (UC27)
- Visualizzazione top 10 negozi più visitati (UC32)
- Visualizzazione mappa percorsi utenti (UC43)

III - 3.23. UC22 - Navigazione alla dashboard di monitoraggio del sistema**Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore ha accesso al sistema Grafana
- La dashboard di monitoraggio del sistema è configurata

Postcondizioni:

- La dashboard di monitoraggio del sistema è caricata con tutti i suoi relativi pannelli

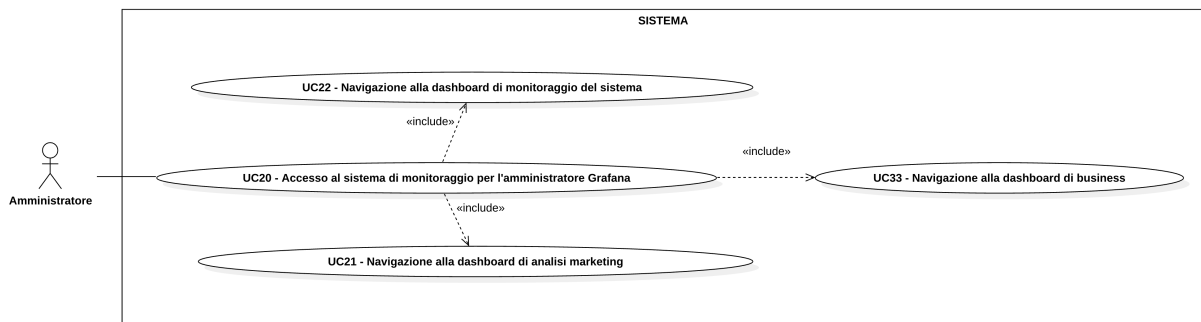
Scenario principale:

1. L'amministratore seleziona la dashboard di monitoraggio del sistema
2. Il sistema carica tutti i pannelli di monitoraggio delle risorse
3. Il sistema inizializza i grafici e le metriche di sistema

Inclusioni:

- Visualizzazione grafico utilizzo CPU (UC28)
- Visualizzazione grafico utilizzo memoria (UC29)
- Visualizzazione grafico utilizzo disco (UC30)
- Visualizzazione grafico cache hit ratio (UC31)

Figura 6 — UC20, UC21, UC22, UC33



III - 3.24. UC23 - Visualizzazione metriche eventi giornalieri

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di analisi marketing
- Il sistema traccia gli eventi utente

Postcondizioni:

- Il conteggio degli eventi del giorno corrente è visualizzato (numero)

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Eventi Oggi»
2. Il sistema calcola il numero di eventi del giorno corrente
3. Il sistema mostra il valore numerico nel pannello

III - 3.25. UC24 - Visualizzazione conteggio negozi totali

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di analisi marketing
- Il sistema conteggia il numero dei negozi registrati

Postcondizioni:

- Il numero totale di negozi nel sistema è visualizzato (numero)

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Negozi Totali»
2. Il sistema conta tutti i negozi registrati nel database
3. Il sistema mostra il conteggio totale

III - 3.26. UC25 - Visualizzazione lista utenti registrati

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di analisi marketing
- Esistono utenti registrati nel sistema

Postcondizioni:

- La tabella completa degli utenti con tutti i dettagli è visualizzata

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza la sezione «Lista Utenti»
2. Il sistema recupera tutti i dati degli utenti dal database
3. Il sistema mostra la tabella con tutte le colonne utente
4. Il sistema implementa la paginazione per navigare tra gli utenti

III - 3.27. UC26 - Visualizzazione mappa visite per negozio ultime 24h**Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di analisi marketing
- Il sistema traccia le visite degli utenti ai negozi

Postcondizioni:

- Il grafico delle visite per negozio è visualizzato

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Visite per Negozio ultime 24h»
2. Il sistema analizza i dati delle visite alle varie attività commerciali
3. Il sistema mostra le visite per negozio

III - 3.28. UC27 - Visualizzazione mappa negozi selezionati**Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di analisi marketing
- Esistono negozi con coordinate geografiche nel sistema

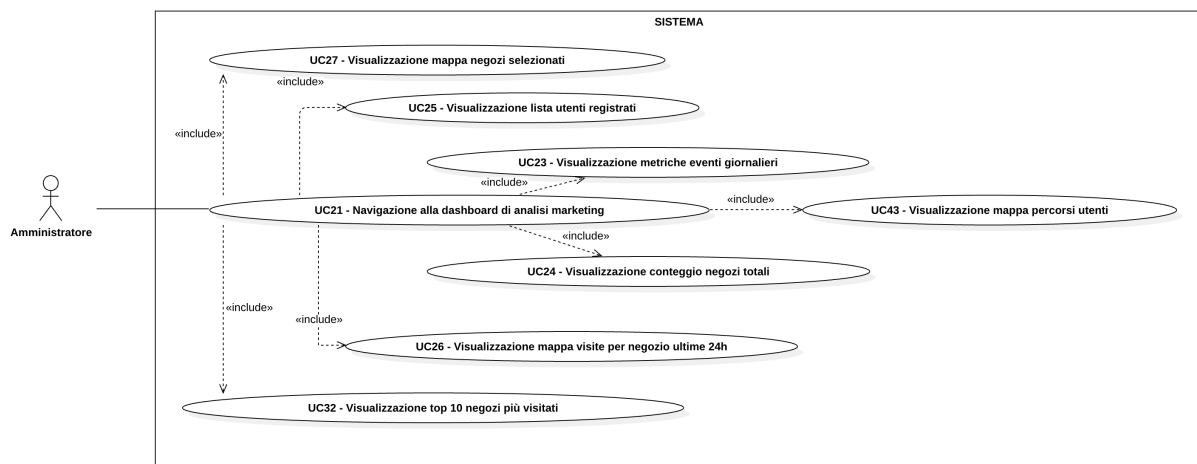
Postcondizioni:

- La mappa con i marker_G rossi dei negozi selezionati è visualizzata

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Mappa dei Negozi Selezionati»
2. Il sistema carica la mappa geografica della regione
3. Il sistema posiziona i marker_G rossi per ogni negozio selezionato

Figura 7 — UC23, UC24, UC25, UC26, UC27, UC32, UC43



III - 3.29. UC28 - Visualizzazione grafico utilizzo CPU

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di monitoraggio sistema
- Il sistema di monitoraggio raccoglie metriche CPU

Postcondizioni:

- Il grafico temporale dell'utilizzo CPU è visualizzato con dati aggiornati

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «CPU Utilizzo»
2. Il sistema recupera le metriche CPU dal node-exporter
3. Il sistema genera il grafico a linee temporali con percentuali di utilizzo

III - 3.30. UC29 - Visualizzazione grafico utilizzo memoria

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di monitoraggio sistema
- Il sistema di monitoraggio raccoglie metriche di memoria

Postcondizioni:

- Il grafico temporale dell'utilizzo memoria è visualizzato

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Memoria Utilizzo»
2. Il sistema recupera le metriche di memoria dal node-exporter
3. Il sistema genera il grafico a linee temporali con percentuali di utilizzo memoria

III - 3.31. UC30 - Visualizzazione grafico utilizzo disco

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di monitoraggio sistema
- Il sistema di monitoraggio raccoglie metriche disco

Postcondizioni:

- Il grafico temporale dell'utilizzo disco è visualizzato

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Disco Utilizzo»
2. Il sistema recupera le metriche di spazio disco dal node-exporter
3. Il sistema genera il grafico a linee temporali con percentuali di spazio utilizzato

III - 3.32. UC31 - Visualizzazione grafico cache hit ratio**Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di monitoraggio sistema
- Il sistema di cache è attivo e tracciato

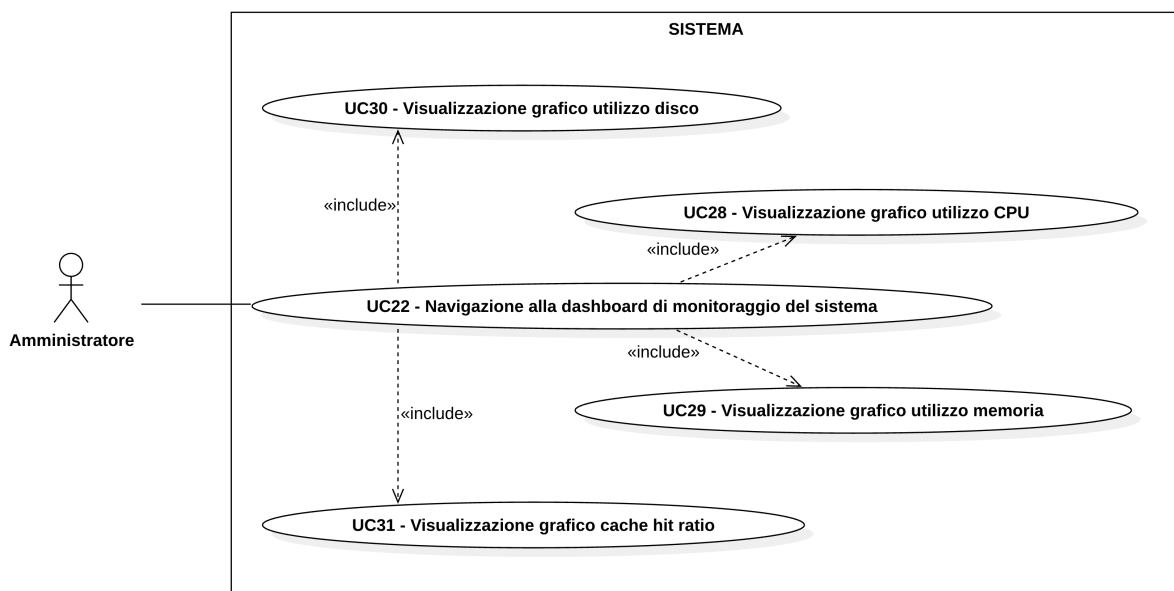
Postcondizioni:

- Il grafico circolare del cache hit ratio è visualizzato con colori indicativi

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Cache Hit Ratio»
2. Il sistema calcola il rapporto tra hit e miss della cache
3. Il sistema genera il grafico circolare colorato (verde/rosso in base alle performance)

Figura 8 — UC28, UC29, UC30, UC31

**III - 3.33. UC32 - Visualizzazione top 10 negozi più visitati****Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di analisi marketing
- Il sistema traccia le visite ai negozi

Postcondizioni:

- La classifica dei 10 negozi più visitati è visualizzata

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Top 10 Negozi Più Visitati»
2. Il sistema analizza i dati delle visite degli ultimi 24 ore
3. Il sistema genera la classifica ordinata per numero di visite

III - 3.34. UC33 - Navigazione alla dashboard di business**Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore ha accesso al sistema Grafana
- La dashboard di business è configurata e disponibile

Postcondizioni:

- La dashboard di business è caricata con tutti i pannelli di analytics
- L'amministratore può visualizzare tutte le metriche di business

Scenario principale:

1. L'amministratore seleziona la dashboard di business dal menu Grafana
2. Il sistema carica tutti i pannelli di analytics avanzate
3. Il sistema inizializza le visualizzazioni e i grafici di business

Inclusioni:

- Visualizzazione offerte attive (UC34)
- Visualizzazione tempo permanenza media (UC35)
- Visualizzazione revenue per categoria (UC36)
- Visualizzazione conversion rate (UC37)
- Visualizzazione revenue giornaliero (UC38)
- Visualizzazione heatmap geografica revenue (UC39)
- Visualizzazione conversione per livello di sconto (UC40)
- Visualizzazione negozi con maggior revenue (UC41)
- Visualizzazione trend orario (UC42)

III - 3.35. UC34 - Visualizzazione offerte attive**Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di business
- Il sistema traccia le offerte attive nel database

Postcondizioni:

- Il numero totale delle offerte attualmente attive è visualizzato

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Offerte Attive»
2. Il sistema conta tutte le offerte con stato attivo
3. Il sistema mostra il valore numerico delle offerte attive

III - 3.36. UC35 - Visualizzazione tempo permanenza media**Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di business
- Il sistema traccia i tempi di permanenza degli utenti presso i negozi

Postcondizioni:

- Il tempo medio di permanenza degli utenti è visualizzato (in minuti)

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Permanenza Media»
2. Il sistema calcola la media dei tempi di permanenza di tutti gli utenti
3. Il sistema mostra il valore medio in formato tempo (minuti/ore)

III - 3.37. UC36 - Visualizzazione revenue per categoria**Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di business
- Il sistema traccia le transazioni e i revenue per categoria di negozio

Postcondizioni:

- Il grafico del revenue suddiviso per categoria di negozio è visualizzato

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Revenue per Categoria»
2. Il sistema aggrega i dati di revenue per ogni categoria di negozio
3. Il sistema genera un grafico (a torta) con il breakdown per categoria

III - 3.38. UC37 - Visualizzazione conversion rate**Attore principale:**

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di business
- Il sistema traccia le visite ai negozi e le conversioni in acquisti

Postcondizioni:

- Il tasso di conversione generale è visualizzato come percentuale

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Conversion Rate %»
2. Il sistema calcola il rapporto tra visite e conversioni effettive

3. Il sistema mostra la percentuale di conversion rate con indicatori colorati

III - 3.39. UC38 - Visualizzazione revenue giornaliero

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di business
- Il sistema traccia le transazioni e i revenue giornalieri

Postcondizioni:

- L'ammontare in Euro del revenue giornaliero è visualizzato

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Revenue Giornaliero»
2. Il sistema aggrega i dati di revenue per ogni giorno del periodo selezionato
3. Il sistema genera il totale di revenue giornaliera in Euro

III - 3.40. UC39 - Visualizzazione heatmap geografica revenue

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di business
- Il sistema traccia la distribuzione geografica del revenue

Postcondizioni:

- La mappa heatmap con la distribuzione geografica del revenue è visualizzata (assieme alla legenda)

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Heatmap Geografica Revenue»
2. Il sistema analizza la distribuzione del revenue per zone geografiche
3. Il sistema genera una mappa heatmap con intensità colorate basate sul revenue

III - 3.41. UC40 - Visualizzazione conversione per livello di sconto

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di business
- Il sistema traccia le conversioni correlate ai diversi livelli di sconto

Postcondizioni:

- Il grafico delle conversioni suddivise per livello di sconto è visualizzato

Ascisse: percentuale di sconto

Ordinate: conversion rate in percentuale

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Conversione per Livello Sconto»

2. Il sistema analizza le conversioni raggruppate per fasce di sconto
3. Il sistema genera un grafico a barre che mostra l'efficacia degli sconti

III - 3.42. UC41 - Visualizzazione negozi con maggior revenue

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di business
- Il sistema traccia il revenue generato da ogni singolo negozio

Postcondizioni:

- La classifica dei sette negozi con maggior revenue è visualizzata

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Top Negozi Revenue (7 giorni)»
2. Il sistema ordina i negozi per revenue generato nell'ultima settimana
3. Il sistema mostra una tabella con i top performer per revenue

III - 3.43. UC42 - Visualizzazione trend orario

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di business
- Il sistema traccia visite e revenue per periodo temporale (7 giorni)

Postcondizioni:

- Il grafico temporale multi-serie con trend di visite e revenue degli ultimi 7 giorni è visualizzato

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Trend Orario - Visite e Revenue (7 giorni)»
2. Il sistema analizza i dati di visite e revenue aggregati per intervalli temporali negli ultimi 7 giorni
3. Il sistema genera un grafico a linee multiple che mostra l'andamento temporale di visite (linea verde) e revenue (linea blu) con valori medi e totali nel periodo

III - 3.44. UC43 - Visualizzazione mappa negozi selezionati

Attore principale:

- Amministratore

Precondizioni:

- L'amministratore si trova nella dashboard di analisi marketing
- Esistono percorsi effettuati da degli utenti registrati

Postcondizioni:

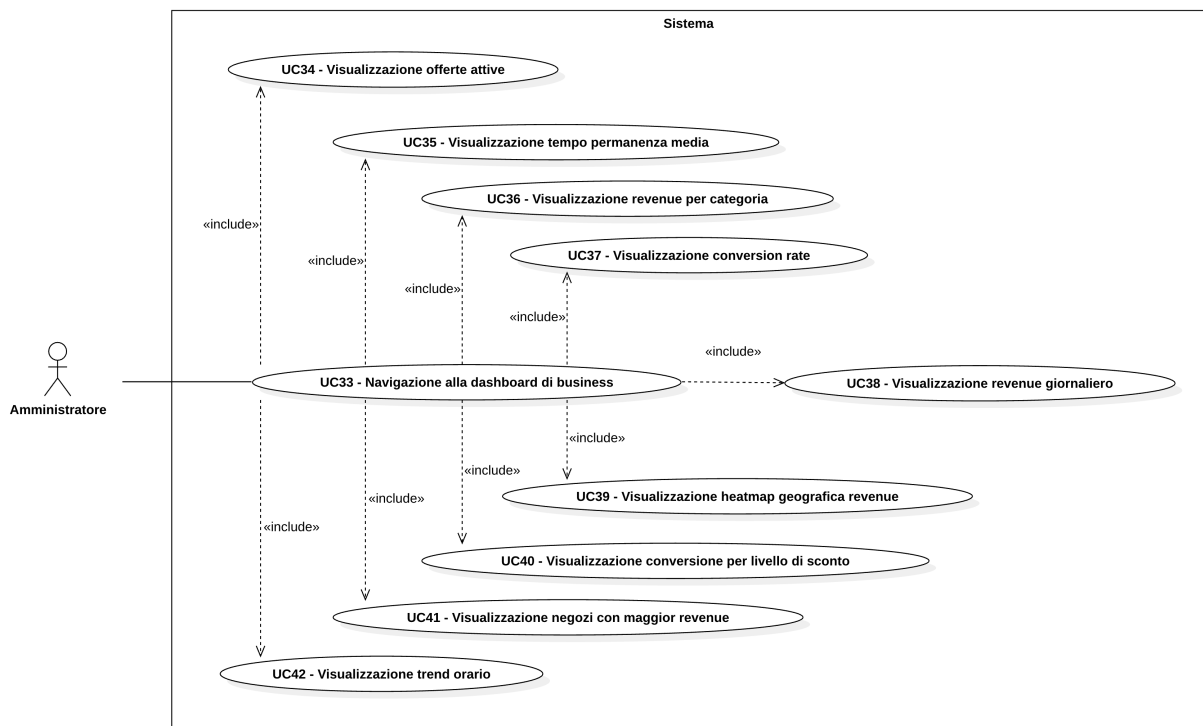
- La mappa con i tracciati dei percorsi degli utenti è visualizzata

Scenario principale:

1. L'amministratore visualizza il pannello «Mappa dei Percorsi Utenti»

2. Il sistema carica la mappa geografica della regione
3. Il sistema disegna con una linea verde i percorsi effettuati dai vari utenti

Figura 9 — UC33, UC34, UC35, UC36, UC37, UC38, UC39, UC40, UC41, UC42



IV. Requisiti

IV - 1. Requisiti obbligatori

IV - 1.1. Requisiti funzionali

IV - 1.1.1. RF1 - Autenticazione e autorizzazione

- **RF1.1:** Il sistema deve supportare autenticazione JWT con username/password via endpoint `/api/token`
- **RF1.2:** I token devono avere scadenza configurabile tramite `JWT_EXPIRATION_S` (default 1 ora)
- **RF1.3:** Le credenziali devono essere validate contro database ClickHouse con hash sicuri
- **RF1.4:** Il sistema deve supportare logout con invalidazione sessione client-side
- **RF1.5:** WebSocket deve autenticare via token JWT per connessioni real-time

IV - 1.1.2. RF2 - Tracking posizione e generazione eventi

- **RF2.1:** Il sistema deve simulare movimenti utenti con `producer.py` su percorsi Milano OSRM
- **RF2.2:** Gli eventi GPS devono essere prodotti in Kafka topic `gps_stream` con SSL
- **RF2.3:** I percorsi devono essere calcolati usando OSRM self-hosted con profilo cycling
- **RF2.4:** Gli eventi devono contenere: `user_id`, `latitude`, `longitude`, `timestamp`, `poi_info`
- **RF2.5:** Il producer deve supportare readiness checks per Kafka, ClickHouse e OSRM

IV - 1.1.3. RF3 - Elaborazione stream e proximity detection

- **RF3.1:** Il sistema deve processare eventi GPS via Bytewax dataflow con Observer pattern
- **RF3.2:** Deve calcolare distanza usando query PostGIS `ST_DWithin` per soglia 200m
- **RF3.3:** Deve implementare ConnectionManager singleton per pooling database
- **RF3.4:** Deve prevenire messaggi duplicati con cache visit tracking
- **RF3.5:** Deve supportare metriche real-time con PerformanceObserver

IV - 1.1.4. RF4 - Generazione messaggi personalizzati e sistema offerte

- **RF4.1:** Il sistema deve generare messaggi via HTTP service `/generate-message`
- **RF4.2:** Deve supportare provider LLM configurabili (Groq/OpenAI) via `LLM_PROVIDER`
- **RF4.3:** Deve implementare cache Redis per messaggi con TTL configurabile
- **RF4.4:** Deve gestire offerte con Strategy Pattern (Standard/Aggressive/Conservative)
- **RF4.5:** Deve supportare Builder Pattern per creazione offerte complesse
- **RF4.6:** Factory Pattern deve creare offerte tipizzate (Flash/Student/Senior/Category)
- **RF4.7:** Validation Strategy deve validare vincoli offerte (età, interessi, date)

IV - 1.1.5. RF5 - Dashboard utente base

- **RF5.1:** Deve servire interfaccia web tramite `/dashboard/user` con static files
- **RF5.2:** Deve implementare mappa Leaflet con marker categorizzati per shop types
- **RF5.3:** Deve visualizzare percorso utente come polyline con history
- **RF5.4:** Deve supportare filtri categoria con mapping predefinito
- **RF5.5:** Deve implementare fallback WebSocket→HTTP polling automatico

IV - 1.1.6. RF6 - Storage e persistenza dati

- **RF6.1:** Deve memorizzare eventi in ClickHouse tabelle `user_events` e `user_visits`
- **RF6.2:** Deve gestire shop data in PostgreSQL/PostGIS con indici spaziali
- **RF6.3:** Deve mantenere profili utenti in ClickHouse tabella `users`
- **RF6.4:** Deve tracciare storico visite con vista materializzata `mv_daily_shop_stats`
- **RF6.5:** Deve supportare offers storage in PostgreSQL con vincoli temporali

IV - 1.1.7. RF7 - Cache e ottimizzazione base

- **RF7.1:** Deve implementare Redis cache per messaggi LLM con serializzazione JSON
- **RF7.2:** Deve supportare Memory cache con LRU eviction come fallback
- **RF7.3:** Deve implementare TTL configurabile via `CACHE_TTL`
- **RF7.4:** Deve fornire cache statistics e hit rate monitoring

IV - 1.2. Requisiti non funzionali (di qualità)**IV - 1.2.1. RNF1 - Documentazione**

- **RNF1.1:** Rispetto delle metriche definite nel Piano di Qualifica (v2.0.0)
- **RNF1.2:** Rispetto delle norme definite nelle Norme di Progetto (v2.0.0)
- **RNF1.3:** Stesura di un documento Manuale Utente per la corretta comprensione dell'utilizzo del sistema

IV - 1.2.2. RNF2 - Test

- **RNF2.1:** Superamento dei test d'unità atti a testimoniare il buon funzionamento del sistema e delle sue componenti (come approfondito all'interno del Piano di Qualifica [v2.0.0])
- **RNF2.2:** Superamento dei test d'integrazione che garantiscano una corretta collaborazione tra i vari componenti di sistema, nonché una maggiore affidabilità dello stesso.

IV - 1.3. Requisiti di vincolo**IV - 1.3.1. RV1 - Tecnologici**

- **RV1.1:** Deployment tramite Docker Compose
- **RV1.2:** Architettura microservizi event-driven
- **RV1.3:** Presenza Stream Processor
- **RV1.4:** Frontend web-based (no app mobile native)
- **RV1.5:** Supporto browser moderni con API JavaScript ES6+
- **RV1.6:** Dipendenze esterne: Leaflet.js, Font Awesome 6.4.0+

IV - 1.3.2. RV2 - Browser e Compatibilità

- **RV2.1:** Chrome/Chromium ≥ 51 (giugno 2016)
- **RV2.2:** Firefox ≥ 55 (agosto 2017)
- **RV2.3:** Safari ≥ 12.1 (marzo 2019)
- **RV2.4:** Microsoft Edge ≥ 79 (gennaio 2020, solo Chromium)
- **RV2.5:** Safari iOS ≥ 12.2 per dispositivi mobili
- **RV2.6:** Esclusione esplicita: Internet Explorer, Edge Legacy

IV - 1.3.3. RV3 - Tecnologie Frontend Richieste

- **RV3.1:** WebSocket API per comunicazione real-time
- **RV3.2:** Fetch API per richieste HTTP asincrone
- **RV3.3:** IntersectionObserver API per lazy loading
- **RV3.4:** Web Storage API (sessionStorage/localStorage)
- **RV3.5:** CSS Custom Properties e CSS Grid/Flexbox
- **RV3.6:** JavaScript abilitato obbligatorio

IV - 1.3.4. RV4 - Geografici

- **RV4.1:** Sistema focalizzato su Milano (bbox configurata)
- **RV4.2:** Coordinate sistema: WGS84 (EPSG:4326)
- **RV4.3:** Percorsi limitati a rete stradale esistente (OSRM)

IV - 1.3.5. RV5 - Operativi

- **RV5.1:** Ambiente development single-machine
- **RV5.2:** Configurazione tramite variabili ambiente
- **RV5.3:** Logging su stdout per container orchestration
- **RV5.4:** Gestione segreti tramite Docker secrets o env vars
- **RV5.5:** Fallback automatico WebSocket→HTTP polling
- **RV5.6:** Design responsivo con breakpoint mobile ($\geq 320px$)

IV - 1.3.6. RV6 - Requisiti Hardware Minimi

- **RV6.1:** RAM minima: 8GB (raccomandati 16GB)
- **RV6.2:** Connessione Internet per WebSocket real-time
- **RV6.3:** Risoluzione display minima: 320px larghezza

IV - 2. Requisiti funzionali desiderabili

IV - 2.1. RFD1 - Ottimizzazioni frontend avanzate

- **RFD1.1:** Il sistema dovrebbe implementare lazy loading notifiche con IntersectionObserver
- **RFD1.2:** Dovrebbe supportare tema scuro/chiaro configurabile dall'utente con localStorage
- **RFD1.3:** Dovrebbe fornire local cache frontend per shop areas e notifications
- **RFD1.4:** Dovrebbe limitare e ottimizzare rendering markers (max 100 shops)
- **RFD1.5:** Dovrebbe implementare design responsivo con breakpoint mobile

IV - 2.2. RFD2 - Monitoring e osservabilità avanzate

- **RFD2.1:** Il sistema dovrebbe esporre analisi Prometheus tramite FastAPI instrumentator
- **RFD2.2:** Dovrebbe implementare dashboard Grafana con pannelli assemblati dinamicamente
- **RFD2.3:** Dovrebbe supportare logging strutturato con livelli configurabili
- **RFD2.4:** Dovrebbe includere exporters per database e servizi (Postgres, Redis, ClickHouse)
- **RFD2.5:** Dovrebbe supportare Loki/Promtail per log aggregation
- **RFD2.6:** Dovrebbe implementare cAdvisor per container monitoring

IV - 2.3. RFD3 - Funzionalità utente avanzate

- **RFD3.1:** Il sistema dovrebbe supportare statistiche utente dettagliate per periodi configurabili
- **RFD3.2:** Dovrebbe implementare paginazione avanzata per notifiche e promozioni
- **RFD3.3:** Dovrebbe fornire filtri dinamici Grafana (età, professione, categoria, popolarità)
- **RFD3.4:** Dovrebbe supportare mappe interattive con route visualization
- **RFD3.5:** Dovrebbe implementare shop visit simulation con feedback realtime

IV - 2.4. RFD4 - Performance e scalabilità

- **RFD4.1:** Il sistema dovrebbe implementare connection pooling avanzato
- **RFD4.2:** Dovrebbe supportare cache distribuita con clustering Redis
- **RFD4.3:** Dovrebbe fornire push gateway per metriche batch
- **RFD4.4:** Dovrebbe implementare graceful degradation per service failures

IV - 3. Requisiti (funzionali) facoltativi

IV - 3.1. RFF1 - Integrazioni esterne

- **RFF1.1:** Il sistema potrebbe integrare API meteo per context-aware messaging
- **RFF1.2:** Potrebbe supportare payment integration per offer redemption

IV - 3.2. RFF2 - AI/ML Enhancement

- **RFF2.1:** Potrebbe utilizzare reinforcement learning per offer optimization

IV - 3.3. RFF3 - Business Intelligence avanzato

- **RFF3.1:** Potrebbe supportare A/B testing per offer strategies

V. Riepilogo requisiti

Tabella 1 –

Categoria	Obbligatori	Desiderabili	Facoltativi	Totale
Funzionali	36	20	4	60
Non Funzionali	5	0	0	5
Vincolo	30	0	0	30
Totale	71	20	4	95

VI. Tracciamento Requisiti-Casi d'Uso

Tabella 2 –

Requisito	Casi d'Uso
RF1.1 - Autenticazione JWT	UC1, UC2, UC3
RF1.2 - Token con scadenza	UC1
RF1.3 - Validazione credenziali	UC3, UC4
RF1.4 - Logout	UC19
RF1.5 - WebSocket autenticazione	UC14b, UC15
RF2.1 - Simulazione movimenti Milano	UC14a, UC14b, UC15
RF2.2 - Eventi GPS Kafka	UC14b, UC15
RF2.3 - Percorsi OSRM cycling	UC15
RF2.4 - Contenuto eventi GPS	UC14b, UC15
RF2.5 - Readiness checks	UC14a
RF3.1 - Stream processing Bytewax	UC14b, UC15
RF3.2 - Calcolo distanze PostGIS	UC8
RF3.3 - ConnectionManager singleton	UC8
RF3.4 - Prevenzione duplicati	UC8
RF3.5 - Metriche real-time	UC23, UC28, UC29, UC30, UC31
RF4.1 - Servizio generazione messaggi	UC8
RF4.2 - Provider LLM configurabili	UC8
RF4.3 - Cache Redis messaggi	UC8
RF4.4 - Gestione offerte Strategy	UC8
RF4.5 - Builder Pattern offerte	UC8
RF4.6 - Factory Pattern offerte	UC8
RF4.7 - Validation Strategy	UC8
RF5.1 - Interfaccia web dashboard	UC5
RF5.2 - Mappa Leaflet con marker	UC5, UC9, UC11, UC12, UC13
RF5.3 - Percorso polyline	UC15, UC17
RF5.4 - Filtri categoria	UC9, UC10
RF5.5 - Fallback WebSocket-HTTP	UC14b, UC15
RF6.1 - Eventi ClickHouse	UC7, UC15, UC23
RF6.2 - Shop data PostgreSQL/PostGIS	UC9, UC11, UC12, UC13, UC24, UC27
RF6.3 - Profili utenti ClickHouse	UC6
RF6.4 - Storico visite materializzata	UC7, UC26, UC32
RF6.5 - Offers storage PostgreSQL	UC8
RF7.1 - Redis cache LLM	UC8, UC31
RF7.2 - Memory cache LRU fallback	UC8
RF7.3 - TTL configurabile	UC8
RF7.4 - Cache statistics	UC31

Tabella 3 —

Requisito	Casi d'Uso
RFD1.1 - Lazy loading notifiche	UC5, UC8
RFD1.2 - Tema scuro/chiaro	UC18
RFD1.3 - Local cache frontend	UC5, UC9, UC11
RFD1.4 - Ottimizzazione rendering markers	UC9, UC11, UC12, UC13
RFD1.5 - Design responsivo	UC5-UC19
RFD2.1 - Analisi Prometheus FastAPI	UC20, UC23, UC28, UC29, UC30, UC31
RFD2.2 - Dashboard Grafana dinamiche	UC20, UC21, UC22, UC33
RFD2.3 - Logging strutturato	UC20-UC42
RFD2.4 - Exporters database	UC20, UC24, UC27, UC31
RFD2.5 - Loki/Promtail aggregation	UC20-UC42
RFD2.6 - cAdvisor container monitoring	UC22, UC28, UC29, UC30
RFD3.1 - Statistiche utente dettagliate	UC7, UC25
RFD3.2 - Paginazione avanzata	UC8, UC25
RFD3.3 - Filtri dinamici Grafana	UC21, UC25, UC33
RFD3.4 - Mappe interattive route	UC15, UC27, UC39
RFD3.5 - Shop visit simulation	UC14a, UC14b, UC15
RFD4.1 - Connection pooling avanzato	UC8, UC14b, UC15
RFD4.2 - Cache distribuita Redis	UC8, UC31
RFD4.3 - Push gateway metriche	UC20, UC23, UC28-UC31
RFD4.4 - Graceful degradation	UC1-UC42
RNF1.1 - Metriche Piano Qualifica	UC20, UC21, UC22, UC33
RNF1.2 - Norme di Progetto	UC20, UC21, UC22, UC33
RNF1.3 - Manuale Utente	UC1-UC19
RNF2.1 - Test unità	UC1-UC42
RNF2.2 - Test integrazione	UC1-UC42
RV1.1 - Docker Compose	UC1-UC42
RV1.2 - Architettura microservizi	UC1-UC42
RV1.3 - Stream Processor	UC14b, UC15
RV1.4 - Frontend web-based	UC1-UC19
RV1.5 - Browser ES6+	UC1-UC19
RV1.6 - Dipendenze Leaflet/FontAwesome	UC5-UC19
RV2.1-RV2.6 - Compatibilità browser	UC1-UC19
RV3.1 - WebSocket API	UC14b, UC15
RV3.2 - Fetch API	UC1-UC19
RV3.3 - IntersectionObserver	UC5, UC8
RV3.4 - Web Storage API	UC1, UC18
RV3.5 - CSS Custom Properties	UC5-UC19
RV3.6 - JavaScript obbligatorio	UC1-UC19
RV4.1 - Sistema Milano	UC14a, UC14b, UC15
RV4.2 - Coordinate WGS84	UC14b, UC15
RV4.3 - Percorsi OSRM	UC15
RV5.1 - Environment development	UC1-UC42
RV5.2 - Configurazione env vars	UC1-UC42
RV5.3 - Logging stdout	UC20-UC42
RV5.4 - Gestione segreti	UC1, UC3
RV5.5 - Fallback WebSocket-HTTP	UC14b, UC15
RV5.6 - Design responsivo	UC5-UC19
RV6.1 - RAM minima 8GB	UC1-UC42
RV6.2 - Connessione Internet	UC14b, UC15
RV6.3 - Risoluzione 320px	UC5-UC19
RV6.4 - Tracciamento percorsi utenti	UC43

VII. Tracciamento Casi d'Uso-Requisiti

Tabella 4 –

Caso d'Uso	Requisiti
UC1 - Autenticazione utente	RF1.1, RF1.2, RFD1.5, RFD4.4, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.2, RV3.4, RV5.4
UC2 - Inserimento Username	RF1.1, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.2
UC3 - Inserimento Password	RF1.1, RF1.3, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.2, RV5.4
UC4 - Errore Credenziali	RF1.3, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.2
UC5 - Visualizzazione Dashboard	RF5.1, RF5.2, RFD1.1, RFD1.3, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV1.6, RV3.2, RV3.3, RV3.5, RV3.6, RV5.6
UC6 - Profilo utente dashboard	RF6.3, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.5, RV3.6
UC7 - Statistiche utente	RF6.1, RF6.4, RFD3.1, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.5, RV3.6
UC8 - Promozioni recenti	RF3.2, RF3.3, RF3.4, RF4.1, RF4.2, RF4.3, RF4.4, RF4.5, RF4.6, RF4.7, RF6.5, RF7.1, RF7.2, RF7.3, RFD1.1, RFD3.2, RFD4.1, RFD4.2, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.3, RV3.5, RV3.6
UC9 - Filtri categoria POI	RF5.2, RF5.4, RF6.2, RFD1.3, RFD1.4, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV1.6, RV3.5, RV3.6
UC10 - Messaggio nessun risultato	RF5.4, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.5, RV3.6
UC11 - Dettaglio marker	RF5.2, RF6.2, RFD1.3, RFD1.4, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV1.6, RV3.5, RV3.6
UC12 - Nome POI marker	RF5.2, RF6.2, RFD1.4, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV1.6, RV3.5, RV3.6
UC13 - Categoria POI marker	RF5.2, RF6.2, RFD1.4, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV1.6, RV3.5, RV3.6
UC14a - Avvio percorso	RF2.1, RF2.5, RFD3.5, RFD4.4, RNF1.3, RV1.2, RV4.1
UC14b - Visualizzazione bici	RF1.5, RF2.1, RF2.2, RF2.4, RF3.1, RF5.5, RFD3.5, RFD4.1, RFD4.4, RFD1.5, RNF1.3, RV1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.1, RV3.5, RV3.6, RV4.2, RV5.5, RV6.2
UC15 - Tracciamento polyline	RF1.5, RF2.1, RF2.2, RF2.3, RF2.4, RF3.1, RF5.3, RF5.5, RF6.1, RFD3.4, RFD3.5, RFD4.1, RFD4.4, RFD1.5, RNF1.3, RV1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.1, RV3.5, RV3.6, RV4.1, RV4.2, RV4.3, RV5.5, RV6.2
UC16 - Riaccentramento mappa	RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV1.6, RV3.5, RV3.6
UC17 - Cancellazione percorso	RF5.3, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV1.6, RV3.5, RV3.6
UC18 - Cambio tema	RFD1.2, RFD1.5, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.4, RV3.5, RV3.6
UC19 - Logout utente	RF1.4, RFD1.5, RFD4.4, RNF1.3, RV1.4, RV1.5, RV3.2

Tabella 5 –

Caso d'Uso	Requisiti
UC20 - Accesso Grafana	RFD2.1, RFD2.2, RFD2.3, RFD2.4, RFD2.5, RFD4.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC21 - Dashboard marketing	RFD2.2, RFD2.3, RFD3.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC22 - Dashboard monitoraggio	RFD2.2, RFD2.3, RFD2.6, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC23 - Eventi giornalieri	RF3.5, RF6.1, RFD2.1, RFD2.3, RFD4.3, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC24 - Conteggio negozi	RF6.2, RFD2.3, RFD2.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC25 - Lista utenti	RFD3.1, RFD3.2, RFD3.3, RFD2.3, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC26 - Visite negozio 24h	RF6.4, RFD2.3, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC27 - Mappa negozi selezionati	RF6.2, RFD2.3, RFD2.4, RFD3.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC28 - Grafico CPU	RF3.5, RFD2.1, RFD2.3, RFD2.6, RFD4.3, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC29 - Grafico memoria	RF3.5, RFD2.1, RFD2.3, RFD2.6, RFD4.3, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC30 - Grafico disco	RF3.5, RFD2.1, RFD2.3, RFD2.6, RFD4.3, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC31 - Cache hit ratio	RF7.1, RF7.4, RF3.5, RFD2.1, RFD2.3, RFD2.4, RFD4.2, RFD4.3, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC32 - Top 10 negozi visitati	RF6.4, RFD2.3, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC33 - Dashboard business	RFD2.2, RFD2.3, RFD3.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC34 - Offerte attive	RFD2.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC35 - Tempo permanenza media	RFD2.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC36 - Revenue per categoria	RFD2.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC37 - Conversion rate	RFD2.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC38 - Revenue giornaliero	RFD2.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC39 - Heatmap geografica revenue	RFD2.3, RFD3.4, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC40 - Conversione per sconto	RFD2.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC41 - Negozi maggior revenue	RFD2.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC42 - Trend orario	RFD2.3, RFD4.4, RNF1.1, RNF1.2, RV5.3
UC43 - Mappa percorsi utenti	RV6.4, RFD3.4, RNF2.1, RNF2.2, RV1.1, RV1.2, RV1.3, RV1.4, RV1.5, RV1.6, RV2.1-RV2.6, RV3.1, RV3.2, RV3.5, RV3.6, RV4.1, RV4.2, RV4.3, RV5.1, RV5.2, RV5.3, RV5.6, RV6.1, RV6.2, RV6.3