

Definizione e Requisiti Agente Pedagogico E.L.I.A.

GIUSEPPE GAMBARDELLA

July 2025

Indice

1	Introduzione	2
2	Definizione dell'agente pedagogico E.L.I.A.	3
2.1	Ruoli pedagogici coperti da E.L.I.A.	3
3	Requisiti pratici dell'agente E.L.I.A.	4
4	Classificazione contestuale dei requisiti di E.L.I.A.	5
4.1	Durante la lezione	5
4.2	Durante lo studio autonomo	5
4.3	Requisiti trasversali	5
5	Priorità e difficoltà di realizzazione dei requisiti di E.L.I.A.	6
6	Dettagli implementativi dei Requisiti a Priorità Alta	7
6.1	Pipeline e tecnologie per il requisito [R-RESP-01]	7
6.2	Pipeline e tecnologie per il requisito [R-EMO-05]	9
6.3	Pipeline e tecnologie per il requisito [R-COER-08]	11
6.4	Pipeline e tecnologie per il requisito [R-ATTN-06] (output non vocale)	13
7	Integrazione dei requisiti funzionali nella pipeline della risposta	14

1 Introduzione

Questo documento ha l'obiettivo di definire il concetto di agente pedagogico intelligente integrato nel contesto educativo, con particolare riferimento a scenari di apprendimento supportati da tecnologie avanzate.

Dopo aver introdotto il profilo funzionale dell'agente, denominato **E.L.I.A.** (Educational Learning Intelligent Assistant), il documento ne fornisce una definizione operativa e una descrizione dei ruoli pedagogici che esso incorpora.

Segue una sezione dedicata alla formalizzazione di una serie di requisiti pratici che guidano la progettazione e l'implementazione dell'agente. Tali requisiti coprono aspetti legati all'interazione con lo studente, all'adattamento personalizzato, alla valutazione continua e al supporto alla metacognizione, con l'obiettivo di garantire un'esperienza di apprendimento efficace e centrata sull'utente.

Questo lavoro si inserisce all'interno di un'indagine più ampia sull'integrazione di modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM) nel contesto educativo, con un'attenzione particolare alla costruzione di benchmark per la valutazione delle risposte e al bilanciamento tra qualità, chiarezza e sostenibilità computazionale.

2 Definizione dell'agente pedagogico E.L.I.A.

E.L.I.A. (Educational Learning Intelligent Assistant) è un agente pedagogico intelligente progettato per accompagnare lo studente nel percorso di apprendimento, integrando diversi ruoli educativi in un'unica entità coerente e adattiva.

Supporta lo studente fornendo risposte chiare, sintetiche e comprensibili alle sue domande, adattandosi al livello di comprensione e allo stato emotivo dell'interlocutore. Favorisce lo sviluppo della consapevolezza metacognitiva stimolando riflessioni sui propri processi di apprendimento e incoraggiando l'autoregolazione. E.L.I.A. osserva e valuta l'andamento dello studente nel tempo, fornendo un feedback formativo continuo e personalizzato. Inoltre, assiste lo studente generando contenuti di supporto – come appunti o sintesi – senza sostituirsi alla sua attività, ma rafforzando l'autonomia e l'engagement.

2.1 Ruoli pedagogici coperti da E.L.I.A.

L'agente **E.L.I.A.** (Educational Learning Intelligent Assistant) è progettato per ricoprire una molteplicità di ruoli educativi, integrandoli in un'unica entità coerente e adattiva. Di seguito vengono elencati i principali ruoli pedagogici che E.L.I.A. è mirato a coprire:

- **Tutor personale adattivo (cognitivo ed emotivo):** fornisce risposte personalizzate, modulando il livello di difficoltà e tono in base alle competenze e allo stato emotivo dello studente.
- **Facilitatore metacognitivo:** stimola lo studente a riflettere non solo sui contenuti da apprendere, ma anche sulle proprie modalità di apprendimento. E.L.I.A. promuove la consapevolezza metacognitiva ponendo domande strategiche che incoraggiano l'autovalutazione, l'identificazione delle difficoltà e lo sviluppo di strategie di studio più efficaci e autonome.
- **Valutatore intelligente:** valuta l'andamento dello studente nel tempo e fornisce un feedback formativo personalizzato, utile per l'autovalutazione e il monitoraggio del progresso.
- **Analizzatore del comportamento:** osserva le modalità con cui lo studente interagisce con il sistema, rilevando segnali come il tempo di risposta, la frequenza delle domande o eventuali pause prolungate. Sulla base di queste informazioni, E.L.I.A. adatta dinamicamente il tipo e il ritmo del supporto offerto, migliorando l'engagement e prevenendo situazioni di sovraccarico o disattenzione.
- **Osservatore passivo:** raccoglie dati sull'esperienza dell'utente senza intervenire direttamente, utili per una comprensione approfondita dei bisogni educativi.
- **Assistente operativo e funzionale:** genera contenuti di supporto come appunti, sintesi e trascrizioni, senza sostituirsi all'attività attiva dello studente.

3 Requisiti pratici dell'agente E.L.I.A.

Nella fase di progettazione dell'agente **E.L.I.A.**, è utile identificare alcuni comportamenti fondamentali che dovrà rispettare per essere davvero utile e adatto all'ambiente educativo. **Per ciascun requisito è stata assegnata una sigla identificativa tra parentesi quadre, utile per riferirsi ai singoli requisiti nelle sezioni successive del documento.** Ecco i requisiti principali:

- [R-RESP-01] E.L.I.A. deve rispondere alle domande degli studenti in modo chiaro, semplice e comprensibile, senza usare spiegazioni troppo lunghe o complicate, preferibilmente tramite TTS.
- [R-INTER-02] Deve sapere quando intervenire: ad esempio, può aiutare lo studente se nota che è in difficoltà, ma senza interrompere inutilmente.
- [R-FEED-03] Deve seguire come sta andando lo studente (se sbaglia, se migliora, se si blocca) e offrire suggerimenti utili per migliorare.
- [R-META-04] Deve aiutare lo studente a ragionare su come studia e imparare a conoscersi meglio, ad esempio chiedendogli “secondo te cosa ti ha confuso?” o “cosa potresti fare diversamente?”.
- [R-EMO-05] Quando possibile, deve adattare il suo modo di parlare a come si sente lo studente (per esempio, più delicato se è frustrato, più diretto se è sicuro).
- [R-ATTN-06] Se si accorge che lo studente è distratto o fermo da un po', deve intervenire in modo gentile per riportare l'attenzione.
- [R-NOTE-07] Può creare appunti, sintesi o trascrizioni della lezione, ma solo per aiutare: non deve sostituire lo studente nello studio.
- [R-COER-08] Deve essere coerente: se risponde a una domanda oggi, e a una simile domani, le sue risposte devono avere senso e non contraddirsi.
- [R-MULTI-09] Deve poter funzionare anche in presenza di più studenti, adattandosi se serve parlare a tutti o solo a uno in particolare.
- [R-ROLE-10] Deve svolgere tutti i suoi ruoli (tutor, facilitatore, valutatore, assistente) in modo fluido e naturale, senza far sembrare che stia cambiando "personalità".
- [R-ANDAM-11] Ogni tanto, oppure quando lo studente o il docente lo chiedono, l'agente deve mostrare un riepilogo dell'andamento dello studente, evidenziando punti di forza, difficoltà e progressi nel tempo. Inoltre, solo per il docente, deve poter fornire una previsione sull'andamento futuro dello studente, basata sul percorso svolto fino a quel momento. Questa previsione può aiutare l'insegnante a identificare eventuali rischi di calo o opportunità di miglioramento, ma non deve essere mostrata allo studente ¹.

¹La previsione non viene resa visibile allo studente per evitare che si creino aspettative eccessive o confronti diretti con i voti finali, che potrebbero influenzare negativamente la motivazione o il benessere emotivo.

4 Classificazione contestuale dei requisiti di E.L.I.A.

4.1 Durante la lezione

- [R-MULTI-09] Interagisce anche con più studenti contemporaneamente.
- [R-NOTE-07] Genera appunti o promemoria mirati quando lo studente sembra non aver capito o si distrae.
- [R-ROLE-10] Integra i ruoli pedagogici in modo fluido e coeso.
- [R-ANDAM-11] Mostra all'insegnante e all'alunno l'andamento fino a quel momento e (solo per il docente) una previsione futura.

4.2 Durante lo studio autonomo

- [R-INTER-02] Sa quando intervenire: offre supporto solo se rileva difficoltà, senza essere invadente.
- [R-FEED-03] Monitora i progressi e suggerisce come migliorare.
- [R-META-04] Stimola la riflessione sul metodo di studio.

4.3 Requisiti trasversali

- [R-RESP-01] Risponde in modo chiaro e comprensibile, in qualsiasi momento avvenga l'interazione.
- [R-EMO-05] Adatta il tono in base allo stato emotivo percepito.
- [R-ATTN-06] In caso di distrazione o blocco invia stimoli discreti per mantenere l'attenzione.
- [R-COER-08] Mantiene coerenza tra risposte e suggerimenti nel tempo.
- [R-ROLE-10] Garantisce continuità nello stile e nell'integrazione dei ruoli.

5 Priorità e difficoltà di realizzazione dei requisiti di E.L.I.A.

Requisito	Priorità	Difficoltà	Difficoltà di realizzazione
[R-RESP-01]	Alta	Bassa	Serve un buon LLM e un controllo sullo stile di risposta; tecnicamente semplice se il modello è ben scelto.
[R-EMO-05]	Alta	Alta	Si basa su sentiment analysis del testo, ma può risultare imprecisa senza ulteriori segnali contestuali.
[R-COER-08]	Alta	Media	Va gestita una memoria del contesto estesa e stabile, difficile da mantenere in ambienti reali o multi-utente.
[R-ATTN-06]	Alta	Alta	Rilevare la distrazione richiede analisi del comportamento o dati multimodali, difficili da ottenere e interpretare con affidabilità.
[R-INTER-02]	Media	Media	Serve riconoscere in tempo reale segnali di difficoltà, evitando interventi inutili o fastidiosi.
[R-FEED-03]	Media	Alta	Richiede diagnosi dei punti deboli e capacità di proporre strategie efficaci e personalizzate.
[R-NOTE-07]	Media	Media	È necessario individuare in modo preciso i passaggi non compresi per generare contenuti utili senza sovraccaricare.
[R-ANDAM-11]	Media	Alta	La previsione richiede raccolta dati strutturata, modelli di analisi affidabili e comunicazione chiara con i docenti.
[R-ROLE-10]	Media	Media	Serve una logica ben progettata per passare tra i ruoli senza incoerenze e mantenere un'identità stabile.
[R-META-04]	Bassa	Bassa	Tecnicamente semplice, ma richiede un design efficace per non risultare banale o ripetitivo.
[R-MULTI-09]	Bassa	Alta	Serve gestione multi-turno, identificazione dei partecipanti e coerenza nei dialoghi paralleli.

6 Dettagli implementativi dei Requisiti a Priorità Alta

6.1 Pipeline e tecnologie per il requisito [R-RESP-01]

La pipeline del requisito [R-RESP-01] descrive il flusso voce–voce dell’agente E.L.I.A. necessario a fornire risposte brevi, chiare e comprensibili, preferibilmente tramite sintesi vocale.

1. **Wake-word detection**

Tecnologia: Picovoice Porcupine

L’agente si attiva quando viene rilevata la parola chiave “Elia”.

2. **Ascolto parlato**

Tecnologia: webrtcvad

Registra l’audio dello studente e individua inizio/fine parlato, eliminando i silenzi superflui.

3. **Trascrizione**

Tecnologia: faster-whisper (small o medium)

Converte l’audio in testo e calcola un valore di confidenza.

4. **Chiarificazione**

Tecnologia: Gemma 3 27B + logica Python/Flask

Se la confidenza è bassa, l’LLM formula una domanda di conferma per evitare fraintendimenti.

5. **Analisi contenuto**

Tecnologia: spaCy (intenti/entità)

Identifica lo scopo della richiesta (intento) e gli elementi chiave (entità).

6. **Generazione risposta**

Tecnologia: Gemma 3 27B

Produce una risposta breve, chiara e semplice, coerente con la richiesta.

7. **Sintesi vocale**

Tecnologia: Edge_TTS (it_IT)

Converte il testo della risposta in audio in lingua italiana.

8. **Output**

Tecnologia: Flask

Restituisce la risposta parlata (o testuale in fallback) al client dell’applicativo.

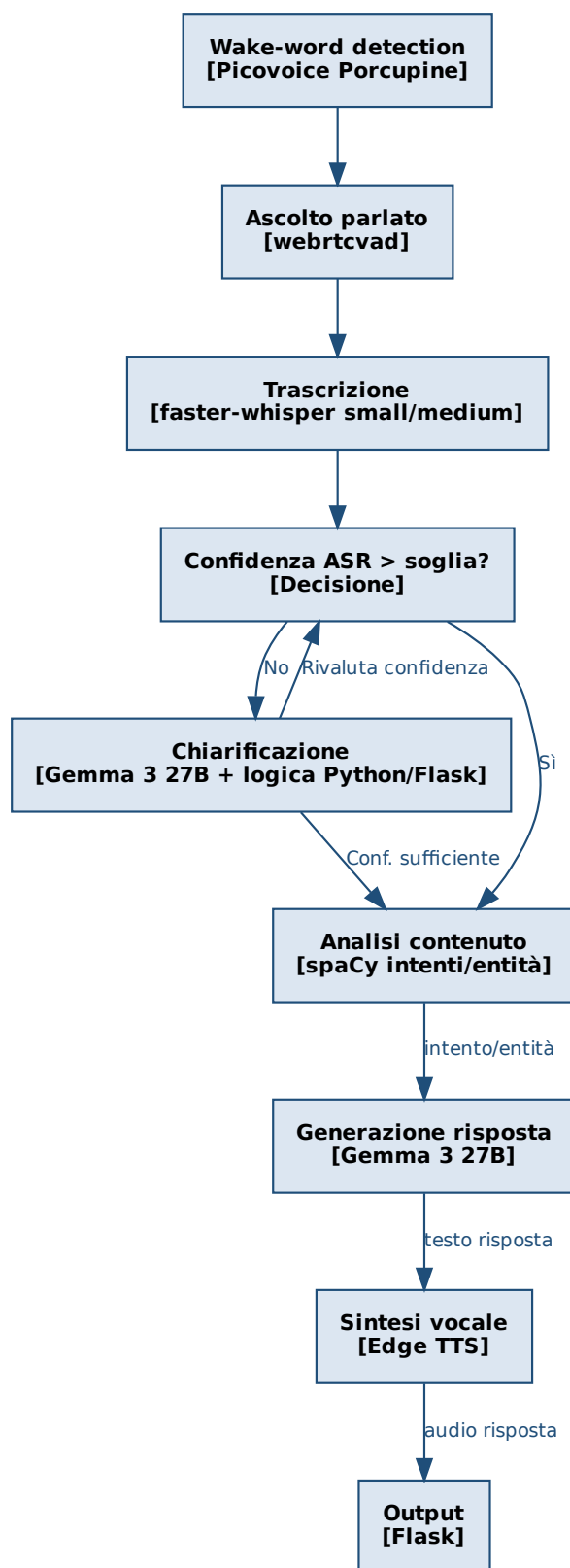


Figura 1: Pipeline del requisito [R-RESP-01] con tecnologie associate

6.2 Pipeline e tecnologie per il requisito [R-EMO-05]

La pipeline del requisito [R-EMO-05] descrive il flusso voce-voce dell'agente E.L.I.A. necessario ad adattare il tono della risposta e della voce in base allo stato emotivo percepito dello studente. Rispetto alla pipeline del requisito [R-RESP-01], è stato aggiunto il **rilevamento delle emozioni** integrato nella fase di analisi del contenuto, così da poter modulare lo stile della risposta e la resa vocale.

1. Wake-word detection

Tecnologia: Picovoice Porcupine

L'agente si attiva quando viene rilevata la parola chiave "Elia".

2. Ascolto parlato

Tecnologia: webrtcvad

Registra l'audio dello studente e individua inizio/fine parlato, eliminando i silenzi superflui.

3. Trascrizione

Tecnologia: faster-whisper (small o medium)

Converte l'audio in testo e calcola un valore di confidenza.

4. Chiarificazione

Tecnologia: Gemma 3 27B + logica Python/Flask

Se la confidenza è bassa, l'LLM formula una domanda di conferma per evitare fraintendimenti.

5. Analisi contenuto e rilevamento emozione

Tecnologie: spaCy (intenti/entità) + **neurally/bert-base-italian-cased-sentiment (nuovo)**

Oltre a identificare lo scopo della richiesta e le entità chiave, analizza il testo per determinare l'attitudine dello studente divisa in tre classi: positiva, neutrale, negativa.

6. Generazione risposta adattata

Tecnologia: Gemma 3 27B

Produce una risposta breve, chiara e semplice, adattando lo stile e il tono del testo all'emozione rilevata.

7. Sintesi vocale adattata

Tecnologia: Edge_TTS (it_IT)

Converte il testo in audio in lingua italiana, modificando velocità e intonazione in base all'emozione rilevata.

8. Output

Tecnologia: Flask

Restituisce la risposta parlata (o testuale in fallback) al client dell'applicativo.

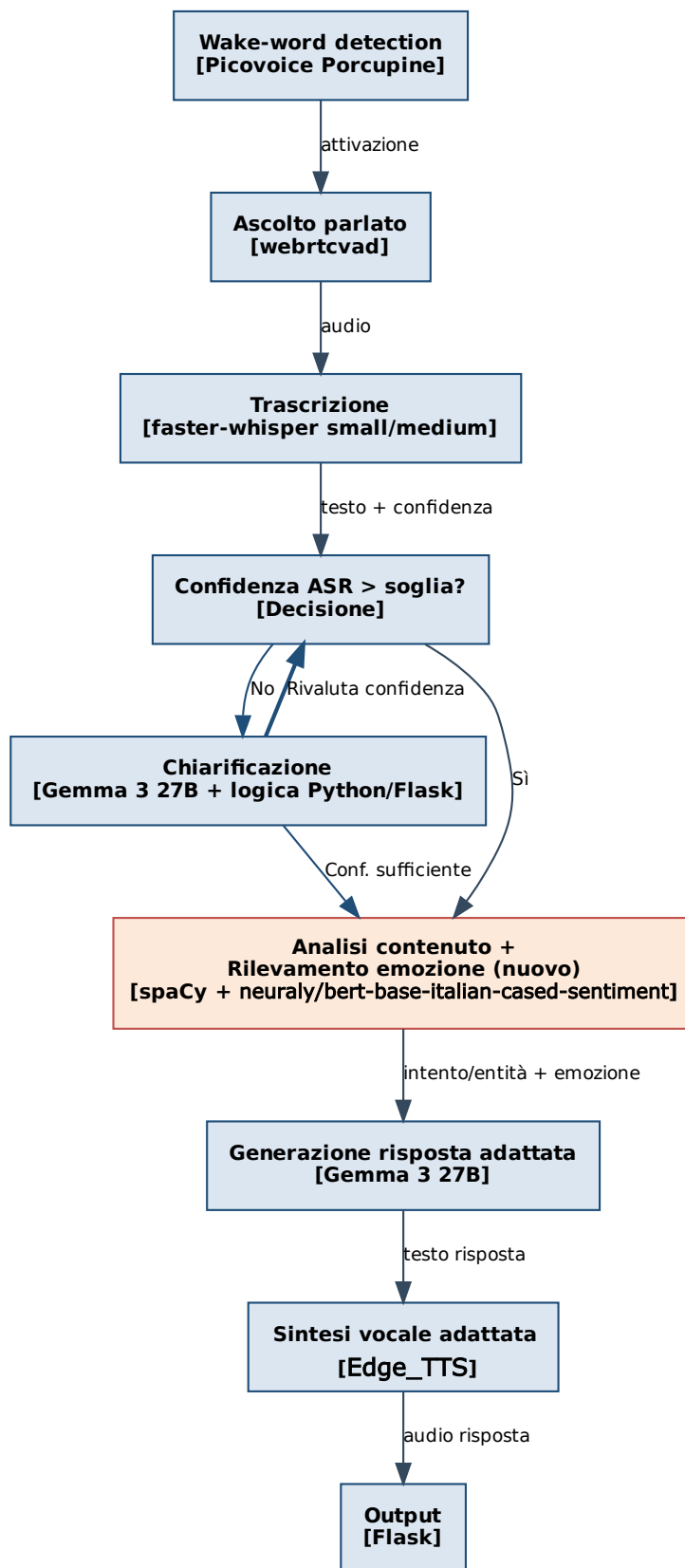


Figura 2: Pipeline del requisito [R-EMO-05] con tecnologie associate; in evidenza il rilevamento emozione aggiunto rispetto a [R-RESP-01]

6.3 Pipeline e tecnologie per il requisito [R-COER-08]

La pipeline del requisito [R-COER-08] è progettata per garantire che l'agente E.L.I.A. mantenga coerenza tra le risposte fornite nel tempo, anche tra sessioni diverse dello stesso studente. Ciò è possibile grazie all'uso di una memoria persistente (salvata in file JSON) e di un sistema di ricerca semantica per confrontare nuove domande con quelle già poste in precedenza. In questo modo, l'agente può evitare contraddizioni, richiamare risposte già fornite o adattare le nuove risposte in modo coerente con il passato.

1. **Ricezione domanda**

Tecnologia: Flask

L'agente riceve una nuova domanda da parte dello studente tramite l'applicativo host.

2. **Caricamento memoria**

Tecnologia: file JSON per studente

Recupera lo storico delle domande e risposte già fornite allo studente in sessioni precedenti, con gli embedding pre-calcolati.

3. **Embedding nuova domanda**

Tecnologia: Sentence Transformers (SBERT)

Converte la nuova domanda in un embedding semantico vettoriale.

4. **Ricerca domande simili**

Tecnologia: ChromaDB - ricerca semantica

Inizializza temporaneamente una collezione ChromaDB con le domande salvate e i relativi embedding, per trovare quelle semanticamente più simili alla nuova.

5. **Controllo coerenza**

Tecnologie: Logica Python + LLM (Gemma 3 27B)

Se viene trovata una domanda simile in memoria, l'agente può (a) adattare la nuova risposta tenendo conto della precedente, (b) richiamare la risposta passata o (c) chiedere chiarimento allo studente.

6. **Aggiornamento memoria**

Tecnologia: ChromaDB

La nuova coppia domanda-risposta, insieme all'embedding, viene salvata nella memoria dello studente per sessioni future.

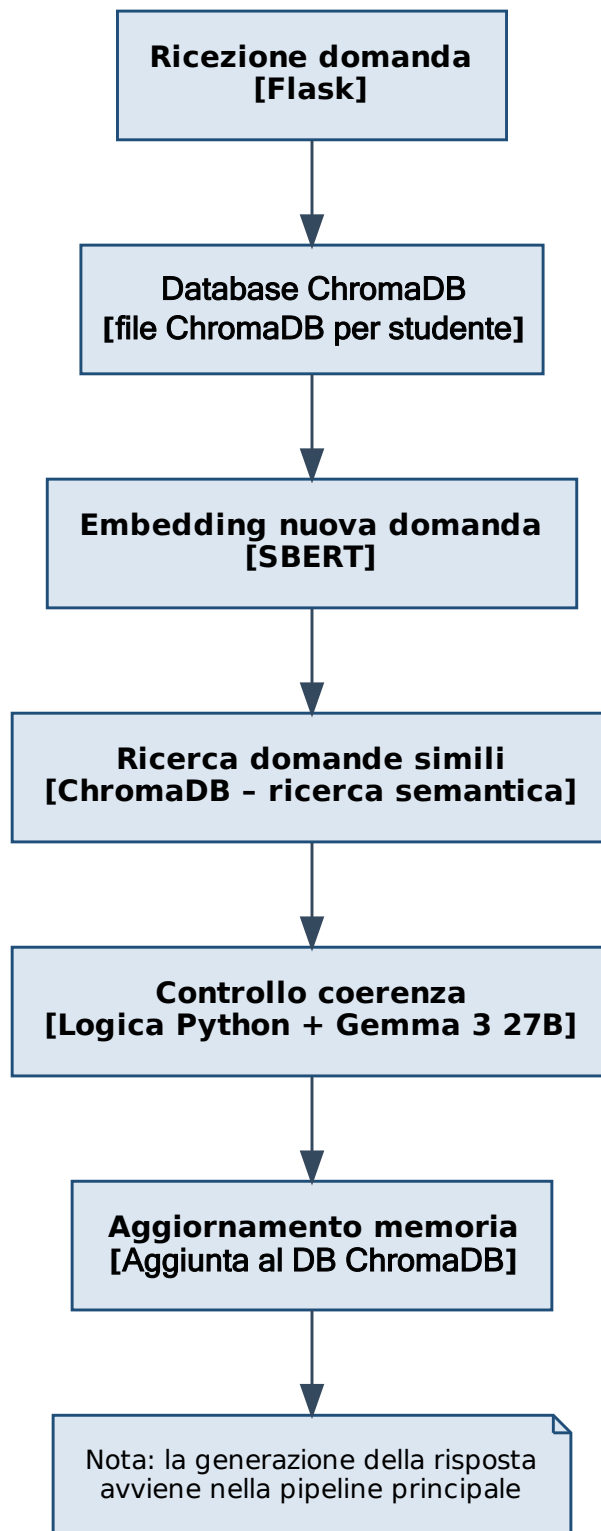


Figura 3: Pipeline del requisito [R-COER-08] con memoria e ricerca semantica

6.4 Pipeline e tecnologie per il requisito [R-ATTN-06] (output non vocale)

Il requisito [R-ATTN-06] prevede che l'agente E.L.I.A. sia in grado di rilevare momenti di distrazione o inattività da parte dello studente e di intervenire in modo gentile per richiamarne l'attenzione. Tuttavia, in contesti come lezioni attive o momenti in cui il docente sta parlando, una risposta vocale sarebbe invasiva o fuori luogo.

Per questo motivo, l'intervento dell'agente in questi casi avviene in modo silenzioso e discreto, attraverso un'interfaccia grafica, ad esempio sotto forma di un *post-it virtuale* o messaggio testuale visibile solo allo studente. Questo approccio rappresenta la manifestazione di un *ghost agent*: lo stesso agente E.L.I.A., ma che comunica senza interrompere l'ambiente sonoro o sociale.

Il monitoraggio dell'inattività avviene lato client, e il server Flask elabora solo il contenuto motivazionale, che viene poi visualizzato in UI.

1. Monitoraggio inattività

Tecnologia: da definire in base all'ambiente di test (es. JavaScript per web, Unity per ambienti 3D/VR)

Il client rileva assenza di input, mancanza di movimento, finestra non attiva o posture indicative. La tecnologia specifica per il monitoraggio sarà selezionata in funzione della piattaforma target utilizzata per la sperimentazione.

2. Trigger di segnalazione

Tecnologia: API REST (POST /check_attention)

Invia al server una notifica della condizione di inattività.

3. Ricezione segnale

Tecnologia: Flask

Riceve il segnale dal client e attiva il modulo motivazionale.

4. Generazione messaggio

Tecnologia: Gemma 3 27B

L'LLM genera una frase breve, empatica e non giudicante, con l'obiettivo di riportare gentilmente l'attenzione.

5. Output visivo discreto

Tecnologia: Interfaccia grafica (post-it nel client)

Il messaggio viene mostrato in un elemento testuale visibile solo allo studente, senza usare audio.

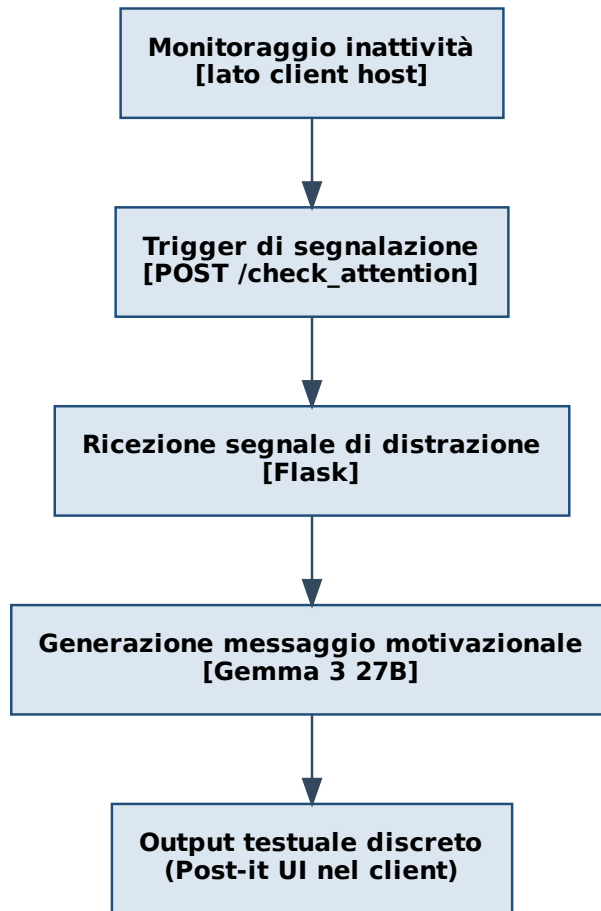


Figura 4: Pipeline per il requisito [R-ATTN-06]: intervento testuale discreto tramite ghost agent

7 Integrazione dei requisiti funzionali nella pipeline della risposta

I requisiti [R-RESP-01], [R-EMO-05] e [R-COER-08] costituiscono, insieme, parte della logica della **risposta dell'agente E.L.I.A.**. Non si tratta di tre pipeline separate, ma di *componenti modulari* di un'unica pipeline voce - voce, che viene eseguita ogni volta che lo studente pone una domanda.

La pipeline è stata suddivisa in moduli indipendenti per facilitare l'implementazione e la documentazione, ma deve essere intesa come un processo unico che comprende: la comprensione della domanda, l'adattamento al tono emotivo, la verifica della coerenza rispetto al passato, e infine la generazione e restituzione della risposta vocale.

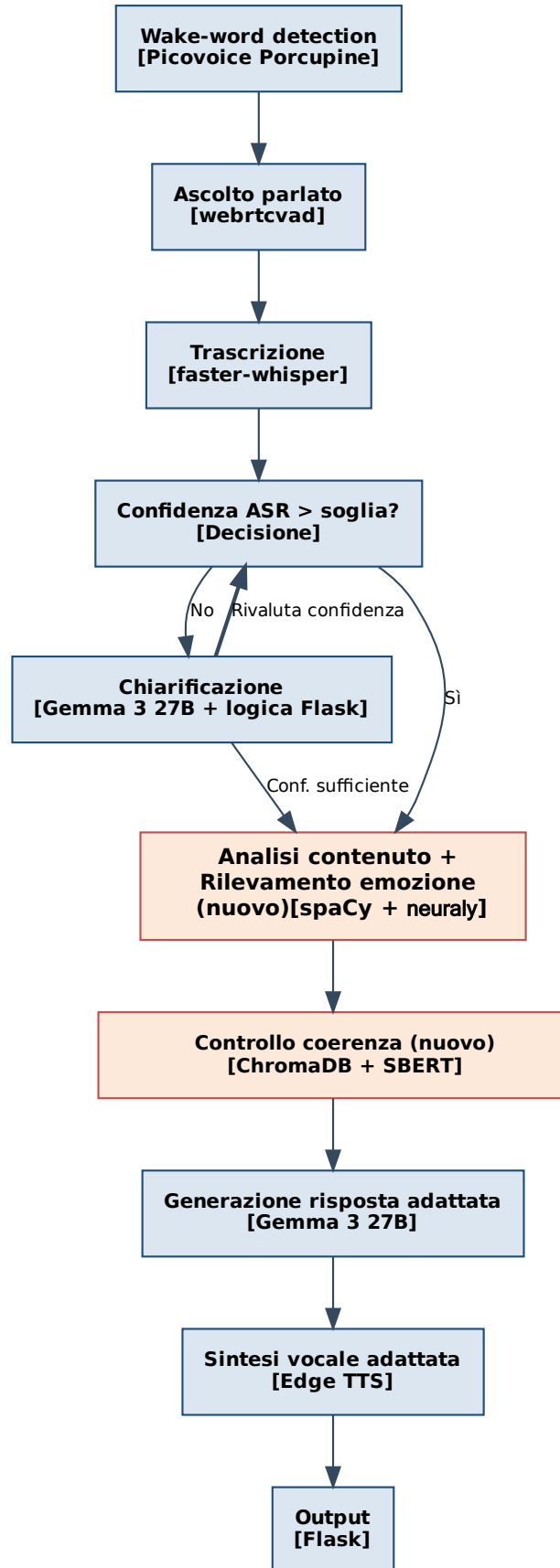


Figura 5: Pipeline completa dell'agente E.L.I.A. per la generazione della risposta, integrando i requisiti [R-RESP-01], [R-EMO-05] e [R-COER-08]