

## CUC Consortile Cavanese e Valli di Lanzo

OFFERTA TECNICA RELATIVA A:	
TITOLOGIA DI PROCEDURA:	PROCEDURA APERTA
OGGETTO:	GARA EUROPEA A PROCEDURA APERTA PER L'APPALTO DI ATTREZZATURE DIGITALI PER LA REALIZZAZIONE DI CAMPUS FORMATIVI INTEGRATI DA PARTE DEGLI ISTITUTI TECNICI E PROFESSIONALI (LOTTO 7)
CIG:	BABA77D1F6
CRITERIO DI AGGIUDICAZIONE:	OFFERTA ECONOMICAMENTE PIÙ VANTAGGIOSA

AMMINISTRAZIONE TITOLARE DEL PROCEDIMENTO:	
ENTE:	CUC CONSORTILE CAVANESE E VALLI DI LANZO
CENTRO DI COSTO:	DIRIGENTE ISTITUTO DI ISTRUZIONE SUPERIORE STENDHAL CALAMATTA
PARTITA IVA:	CFAVCP-000085B
INDIRIZZO:	
RUP:	GIOVANNINA CORVAIA
PUNTO ORDINANTE:	

CONCORRENTE:	
PARTECIPANTE:	ITACA SRL
PARTITA IVA:	06132940658
SEDE LEGALE:	PONTECAGNANO FAIANO (SA)
PEC:	FMTSGARE@PEC.IT
OFFERTA SOTTOSCRITTA DA:	IMMACOLATA STIZZO
CODICE FISCALE:	STZMCL83T64F839Z
FORMA DI PARTECIPAZIONE:	SINGOLO

QUESTIONARIO:	
1.1 INTEGRAZIONE DI MODELLI DI DEEP LEARNING CON CAPACITÀ DI ANALISI PREDITTIVA SUPERIORE A 5 VARIABILI SIMULTANEE	SI
1.2 PRESENZA DI ALGORITMI AVANZATI DI CORRELAZIONE MULTI-DATASET PER FORMULAZIONI COSMECEUTICHE	SI
2.1 PERSONALIZZAZIONE DELLA DASHBOARD WEB CON VISUALIZZAZIONI GRAFICHE AVANZATE PER DOCENTI E STUDENTI	SI
2.2 MODULO DI REPORTISTICA SCIENTIFICA CON ESPORTAZIONE AUTOMATIZZATA IN FORMATI MULTIPLI (JSON, XML OLTRE A CSV)	SI
3.1 FORMAZIONE DI ALMENO 4 ORE	SI
3.2 FORMAZIONE DI ALMENO 4 ORE	SI

ATTENZIONE: QUESTO DOCUMENTO NON HA VALORE SE PRIVO DELLA SOTTOSCRIZIONE A MEZZO FIRMA DIGITALE

# RELAZIONE TECNICA

## Sistema AI per Formulazione Cosmeceutica

Agente Intelligente per Acquisizione Dati Sensoriali, Analisi Dermatologica e  
Generazione Personalizzata di Formulazioni

### Proposta Tecnica per Procedura di Gara

Oggetto:	Sistema AI per acquisizione dati da sensori, Agent AI per valutazione e progettazione del dosaggio cosmeceutico
Classificazione:	Riservato
Anno:	2026

## 1. SOMMARIO ESECUTIVO

La presente relazione tecnica descrive la proposta progettuale per la realizzazione di un sistema integrato basato su Intelligenza Artificiale per l'acquisizione di dati da sensori dermatologici, l'analisi predittiva dei parametri rilevati e la generazione automatica di formulazioni cosmeceutiche personalizzate.

Il progetto, denominato Sistema AI per Formulazione Cosmeceutica, risponde pienamente ai requisiti del capitolato di gara e integra numerosi elementi migliorativi che elevano la qualità dell'offerta rispetto alla base richiesta, con particolare attenzione alla spiegabilità dell'AI, alla formazione del personale, all'adozione di metodologie didattiche innovative e all'apertura verso future integrazioni con piattaforme scolastiche.

### Punti di Forza della Proposta

- **Agent AI Autonomo e Completo:** sistema pronto per l'uso in laboratorio, senza intervento manuale nella raccolta dati.
- **Deep Learning Multi-Variabile:** modelli con capacità predittiva su oltre 5 variabili simultanee (elemento premiante).
- **XAI — Explainable AI:** ogni raccomandazione è accompagnata da spiegazione comprensibile e tracciabile.
- **Dashboard Avanzata:** visualizzazioni grafiche personalizzate per docenti e studenti con accessi differenziati per ruolo.
- **Conformità GDPR Totale:** anonimizzazione, cifratura at-rest e in-transit, per test incluso.
- **Formazione Estesa:** 4 ore in presenza + 8 ore remote prenotabili anche in sessioni one-to-one da 1 ora.
- **PCTO con Realtà Virtuale:** 4 ore pomeridiane con studenti per orientamento professionale in AI e tecnologie innovative (elemento migliorativo).

## 2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

### 2.1 Visione Generale

Il Sistema AI per Formulazione Cosmeceutica è una piattaforma end-to-end che integra acquisizione automatizzata di dati biometrici, elaborazione tramite modelli di Machine Learning e Deep Learning, e generazione di formulazioni cosmeceutiche personalizzate.

Il sistema è progettato per operare in ambiente laboratoriale universitario e scolastico, garantendo al contempo rigore scientifico e accessibilità didattica.

L'architettura è modulare, scalabile e conforme alle normative sulla protezione dei dati sanitari (GDPR).

Ogni componente è indipendente ma integrato attraverso API REST documentate, consentendo future espansioni senza compromettere la stabilità del sistema esistente.

### 2.2 Moduli Principali del Sistema

MODULO	DESCRIZIONE FUNZIONALE
<b>AI Core</b>	Motori di Deep Learning per analisi predittiva multi-variabile (>5 variabili simultanee), algoritmi di correlazione multi-dataset, motore di raccomandazione per formulazioni personalizzate con XAI integrato.
<b>Data Integration</b>	Pipeline ETL per ingestione dati da sensori dermatologici, pulizia, normalizzazione e anonimizzazione. Supporto a ingestione da fonti terze tramite API.
<b>User Interface</b>	Dashboard web responsive per laboratorio, con viste differenziate per amministratori, ricercatori, docenti e studenti. Visualizzazioni grafiche avanzate e reportistica multi-formato.
<b>Formazione &amp; Simulazione</b>	Case study dinamici basati su dati reali, simulazioni interattive, supporto IBSE e learning by doing. Modulo PCTO con realtà virtuale.
<b>Sicurezza &amp; GDPR</b>	Cifratura at-rest e in-transit, pseudonimizzazione, log accessi, consenso informato, documentazione GDPR, pen test base.

## 3. ARCHITETTURA TECNICA

### 3.1 Architettura Generale

Il sistema adotta un'architettura a microservizi su infrastruttura cloud AWS (costi ricorrenti di infrastruttura a carico del cliente).

Ogni modulo è containerizzato tramite Docker e orchestrato con AWS ECS, garantendo isolamento, portabilità e scalabilità orizzontale indipendente per ciascun componente.

La comunicazione tra i moduli avviene tramite API REST (documentate con OpenAPI 3.0) e, dove necessario per dati in tempo reale, tramite code di messaggi (AWS SQS). Il database principale è cifrato at-rest e accessibile solo attraverso il livello applicativo, mai direttamente esposto.

### 3.2 Stack Tecnologico

LIVELLO	TECNOLOGIA	FUNZIONE
Frontend	React.js + TypeScript	Dashboard e interfacce utente
Backend API	Python FastAPI	Logica applicativa e orchestrazione
AI / ML Engine	Python, TensorFlow/PyTorch, Claude API	Modelli predittivi e motore di raccomandazione
Database	PostgreSQL (cifrato) + Redis	Storage dati strutturati e cache
ETL Pipeline	Apache Airflow su AWS	Ingestione, pulizia, normalizzazione dati
Infrastruttura	AWS (ECS, S3, RDS, CloudWatch)	Deploy, storage, monitoring
Sicurezza	AWS KMS, TLS 1.3, JWT	Cifratura, autenticazione, autorizzazione
API Docs	OpenAPI 3.0 / Swagger UI	Documentazione REST interoperabile

### 3.3 Sicurezza e Conformità GDPR

La sicurezza è progettata by design e non come funzionalità aggiuntiva. Tutte le comunicazioni avvengono su canali cifrati TLS 1.3. I dati sanitari vengono pseudonimizzati alla fonte prima dell'ingestion nella pipeline e cifrati at-rest tramite AWS KMS. L'accesso è profilato per ruoli (admin, ricercatore, docente, studente) con autenticazione JWT.

Il sistema include: registro dei trattamenti, informativa agli utenti, gestione del consenso, log degli accessi e un pen test base sull'applicazione. La documentazione GDPR è parte integrante del deliverable.

## 4. MODULO AI CORE — AGENTE INTELLIGENTE

### 4.1 Raccolta Dati Dermatologici

Il modulo di acquisizione si interfaccia direttamente con le API o i database dei sensori dermatologici forniti dal cliente. La pipeline raccoglie in modo automatizzato i seguenti parametri:

- Tipo di pelle (classificazione: secca, normale, mista, grassa, sensibile)
- Livello di idratazione cutanea (unità TEWL e capacità)
- Sensibilità cutanea (indice di reattività)
- Parametri statistici dermatologici aggiuntivi (sebometria, elasticità, pH cutaneo)
- Parametri di coltivazione dei principi attivi: pH, temperatura, ossigenazione, nutrienti

Tutti i dati vengono anonimizzati prima dell'elaborazione: gli identificatori personali sono separati dai dati biometrici tramite tecnica di pseudonimizzazione con chiave sicura. Non vengono mai trasmessi dati sanitari identificabili al motore AI.

### 4.2 Deep Learning Multi-Variabile — Analisi Predittiva

#### CAPACITÀ PREMIANTE — Deep Learning su >5 Variabili Simultanee

Il motore AI impiega reti neurali profonde (Deep Neural Networks) addestrate su dataset multi-dimensionali che elaborano simultaneamente più di 5 variabili di input. Questa capacità — esplicitamente valorizzata dal capitolato come elemento di punteggio aggiuntivo — consente una modellazione predittiva di alta precisione sui profili dermatologici.

Le variabili elaborate in parallelo includono: idratazione, tipo di pelle, sensibilità, pH cutaneo, sebometria, elasticità, profilo nutrizionale del principio attivo, pH di coltivazione, temperatura e ossigenazione. La rete neurale identifica pattern non lineari e correlazioni latenti tra questi parametri, producendo previsioni più accurate rispetto ad approcci ML classici.

### 4.3 Correlazione Multi-Dataset

#### CAPACITÀ PREMIANTE — Algoritmi Avanzati di Correlazione Multi-Dataset

Il sistema implementa algoritmi avanzati di correlazione tra dataset eterogenei: dati dermatologici degli utenti, database dei principi attivi, catalogo ingredienti disponibili e dati di coltivazione. Gli algoritmi di correlazione multi-dataset — valorizzati esplicitamente come elemento di punteggio aggiuntivo — consentono di identificare le combinazioni di ingredienti ottimali per ogni profilo utente.

La tecnica impiegata combina Canonical Correlation Analysis (CCA) per relazioni lineari tra dataset e Kernel CCA per relazioni non lineari, integrata con un layer di embedding neurale per la rappresentazione vettoriale degli ingredienti. Il risultato è un sistema in grado di suggerire abbinamenti tra molecole estratte e profili dermatologici mai incontrati in precedenza nel training set.

### 4.4 Motore di Raccomandazione e Generazione Formulazioni

Il motore di raccomandazione integra il profilo dermatologico dell'utente con il catalogo di ingredienti e principi attivi disponibili, producendo formulazioni personalizzate complete. Per ciascuna formulazione generata, il sistema produce:

- Percentuali degli ingredienti (formulazione quantitativa)
- Note di compatibilità chimica tra i componenti
- Indicazioni funzionali e target dermatologico
- Note di stabilità teorica della formulazione
- Spiegazione XAI del ragionamento alla base della raccomandazione

Il motore utilizza Claude API (Anthropic) come Large Language Model per la generazione del testo esplicativo e la verifica di coerenza scientifica delle formulazioni. I costi delle chiamate API verso sistemi cloud (Claude, ChatGPT, ecc.) e i costi di storage AWS sono a carico del cliente come da capitolato.

## 4.5 Explainable AI (XAI) e Tracciabilità

Ogni decisione dell'agente AI è accompagnata da un modulo di spiegabilità che rende comprensibili i criteri alla base della raccomandazione. Il sistema XAI implementa:

- SHAP (SHapley Additive exPlanations): contributo di ciascuna variabile alla predizione finale
- LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations): spiegazione locale per ogni singola formulazione
- Tracciabilità completa: log immutabile di ogni decisione con input, output e versione del modello
- Report scientifici comprensibili: sintesi in linguaggio naturale delle motivazioni tecnico-scientifiche

## 5. DASHBOARD E INTERFACCIA UTENTE

### 5.1 Accessi Differenziati per Ruolo

La piattaforma web prevede quattro profili di accesso con viste e funzionalità differenziate:

RUOLO	FUNZIONALITÀ DISPONIBILI
<b>Amministratore</b>	Gestione utenti, configurazione sistema, accesso a tutti i moduli, log di sistema, configurazione sensori.
<b>Ricercatore</b>	Avvio analisi, visualizzazione dati raw, consultazione formulazioni, esportazione dati (CSV, JSON, XML), accesso a dataset completo.
<b>Docente</b>	Dashboard didattica, case study, simulazioni, accesso a reportistica, prenotazione sessioni formative one-to-one.
<b>Studente</b>	Vista guidata con case study semplificati, simulazioni interattive, report personali, esperienza IBSE mediata.

### 5.2 Visualizzazioni Grafiche Avanzate

#### CAPACITÀ PREMIANTE — Dashboard con Visualizzazioni Avanzate per Docenti e Studenti

La dashboard implementa visualizzazioni grafiche avanzate progettate specificamente per il contesto didattico e di ricerca, elemento esplicitamente valorizzato dal capitolato come criterio di punteggio aggiuntivo.

Le visualizzazioni includono:

- Mappe di calore (heatmap) per la distribuzione dei parametri dermatologici per cluster di utenti
- Radar chart multi-dimensionale per il confronto visivo di profili dermatologici
- Grafici a bolle per la correlazione tra variabili di coltivazione e resa in principi attivi
- Timeline interattive per il monitoraggio dell'evoluzione dei parametri nel tempo
- Sankey diagram per la visualizzazione del flusso decisionale dell'agente AI
- Istogrammi e box plot per l'analisi statistica della distribuzione dei cluster

Tutte le visualizzazioni sono interattive, responsive e ottimizzate per l'uso in contesti didattici proiettati su schermo (LIM, proiettore). La dashboard si adatta automaticamente al ruolo dell'utente: la vista studente propone visualizzazioni semplificate con didascalie esplicative integrate.

## 5.3 Reportistica Scientifica Multi-Formato

### CAPACITÀ PREMIANTE — Reportistica con Esportazione Automatizzata in Formati Multipli

Il modulo di reportistica scientifica genera e scarica automaticamente report completi nei seguenti formati — superando il requisito base (solo CSV) con esportazione anche in JSON e XML, elemento di punteggio aggiuntivo esplicitamente previsto dal capitolato:

- CSV: compatibile con Excel, Google Sheets e qualsiasi software di analisi statistica
- JSON: strutturato per integrazione diretta con sistemi terzi e pipeline di dati
- XML: interoperabile con LMS scolastici, sistemi di registro elettronico e repository istituzionali

I report includono: formulazioni generate, parametri di input, score di correlazione, spiegazione XAI, metadati scientifici e timestamp certificato. La generazione avviene automaticamente al termine di ogni sessione di analisi, senza intervento manuale.

## 6. PIANO DI SVILUPPO E DELIVERABLE

### 6.1 Fasi di Progetto

FASE	DURATA EST.	ATTIVITÀ PRINCIPALI
1. Architettura e Setup	10–15 giorni	Progettazione dell'intero sistema, scelta dei servizi AWS, struttura del database, definizione delle API, configurazione degli ambienti (sviluppo, staging, produzione).
2. Connessione Dati	12–18 giorni	Integrazione API/database sensori dermatologici, costruzione pipeline ETL: raccolta, pulizia, normalizzazione, anonimizzazione GDPR.
3. Motore AI Base	15–20 giorni	Prima versione del motore di raccomandazione con Deep Learning multi-variabile, integrazione Claude API, generazione formulazioni con percentuali e note di compatibilità.
4. Dashboard Laboratorio	13–18 giorni	Interfaccia web per tutti i ruoli, visualizzazioni avanzate, sistema di reportistica multi-formato (CSV, JSON, XML), accessi differenziati.
5. Sicurezza e GDPR	8–12 giorni	Cifratura at-rest e in-transit, pseudonimizzazione, log accessi, consenso, documentazione GDPR, pen test base.
6. Test e Rilascio	8–12 giorni	Test funzionali, collaudo con dati reali, correzione bug, onboarding team cliente, documentazione tecnica e manuale utente, rilascio in produzione.
<b>TOTALE STIMATO</b>	<b>66–95 giorni lavorativi</b>	<b>Dalla firma del contratto al rilascio in produzione (escluse festività e periodi di attesa per feedback cliente).</b>

### 6.2 Perimetro della Fornitura

Il progetto include le seguenti attività di sviluppo e i seguenti deliverable:

- Sistema completo di acquisizione dati da sensori dermatologici
- Agente AI autonomo con Deep Learning multi-variabile e XAI
- Dashboard web con accessi differenziati per ruolo e visualizzazioni avanzate
- Modulo di reportistica con esportazione CSV, JSON, XML
- Pipeline ETL con anonimizzazione e conformità GDPR
- Documentazione tecnica, manuale utente e documentazione GDPR
- Pen test base sull'applicazione
- Sessioni di formazione (vedi Sezione 7)

#### Elementi NON inclusi nel progetto (a carico del cliente)

- Infrastruttura AWS: costi ricorrenti di hosting, database cloud, rete (ECS, RDS, S3, CloudWatch, ecc.)
- Costi delle chiamate API verso sistemi cloud di AI generativa (Claude API, OpenAI ChatGPT, ecc.)
- Costi di storage AWS per dati generati dal sistema in esercizio
- Hardware sensori dermatologici (se non già di proprietà del cliente)

## 7. PIANO DI FORMAZIONE

### CAPACITÀ PREMIANTE — Formazione Estesa con Sessioni One-to-One Prenotabili

Il piano formativo supera il requisito minimo di 4 ore in presenza, includendo ulteriori 8 ore di formazione remota con modalità flessibile di prenotazione, elemento esplicitamente premiato dal capitolato.

### 7.1 Struttura del Piano Formativo

TIPOLOGIA	ORE	CONTENUTO
Formazione in Presenza	4 ore	Utilizzo della piattaforma, workflow dell'agente AI, interpretazione dei risultati, gestione dei dati GDPR, casi pratici con dati reali del laboratorio.
Formazione Remota	8 ore	Approfondimenti tematici, Q&A su casi d'uso specifici, supporto all'integrazione didattica. Sessioni prenotabili anche a slot di 1 ora in modalità one-to-one (docenti e ricercatori).
<b>TOTALE</b>	<b>12 ore</b>	Piano formativo completo per garantire piena autonomia operativa del team.

## 8. ELEMENTI MIGLIORATIVI — PROPOSTA BEYOND-SPEC

I seguenti elementi rappresentano attività e funzionalità **aggiuntive rispetto ai requisiti minimi del capitolato**. Essi sono stati progettati per massimizzare il punteggio tecnico nella valutazione dell'offerta e per portare un valore concreto all'istituzione committente.

Ciascun elemento migliorativo è chiaramente identificato dal banner ☆ nelle sezioni seguenti.

### ☆ ELEMENTO MIGLIORATIVO — PUNTEGGIO EXTRA | PCTO con Realtà Virtuale — Orientamento Professionale in AI

#### ATTIVITÀ MIGLIORATIVA

Vengono offerte, senza costi aggiuntivi per il committente, 4 ore di PCTO (Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento) in sessioni pomeridiane dedicate agli studenti. Le sessioni si svolgono con il supporto di strumenti di realtà virtuale (VR) e sono finalizzate all'orientamento professionale nel campo dell'Intelligenza Artificiale e delle tecnologie innovative.

#### **Struttura delle sessioni PCTO:**

- Introduzione immersiva in VR agli ambienti lavorativi dell'AI (data center virtuale, laboratorio di ML, sala di controllo IoT)
- Presentazione delle figure professionali: AI Engineer, Data Scientist, MLOps Engineer, AI Ethics Officer
- Dimostrazione live del sistema cosmeceutico come caso d'uso reale dell'AI applicata
- Sessione Q&A con professionisti del settore (in presenza o in videoconferenza)

#### BENEFICI PER IL COMMITTENTE

L'attività PCTO con VR porta benefici concreti e misurabili all'istituzione scolastica su più livelli:

- Adempimento certificato dell'obbligo PCTO con documentazione completa per il registro scolastico
- Differenziazione dell'offerta formativa: l'uso della VR rende l'orientamento un'esperienza memorabile e distintiva rispetto alle proposte tradizionali
- Motivazione degli studenti: il contatto diretto con scenari professionali reali aumenta la percezione della rilevanza degli studi STEM e aumenta il tasso di proseguimento verso percorsi universitari scientifici
- Valorizzazione del laboratorio: l'utilizzo del sistema AI sviluppato come caso d'uso reale delle sessioni VR crea un collegamento diretto tra strumento didattico e mondo del lavoro

- Aggiornamento del corpo docente: i docenti presenti alle sessioni PCTO acquisiscono familiarità con strumenti VR e con i trend del mercato del lavoro AI, con ricaduta positiva sulla qualità dell'insegnamento
- Nessun costo aggiuntivo: le 4 ore PCTO sono incluse nella proposta, senza oneri economici per l'istituzione

## ★ ELEMENTO MIGLIORATIVO — PUNTEGGIO EXTRA | Scalabilità Futura e Interoperabilità con Piattaforme Scolastiche

### ATTIVITÀ MIGLIORATIVA

La proposta progettuale supera i requisiti di scalabilità del capitolato con soluzioni concrete già integrate nell'architettura base, senza richiedere interventi futuri di re-engineering.

Le seguenti funzionalità migliorative sono già previste nel progetto:

#### **Architettura Multi-Tenant:**

Il sistema è progettato per supportare più istituzioni scolastiche o laboratori in modo isolato sulla stessa infrastruttura (multi-tenant). Ogni istituzione ha il proprio spazio dati, i propri utenti e i propri modelli, senza interferenze. Questo consente di estendere il servizio ad altri istituti senza costi di re-deployment.

#### **API REST OpenAPI 3.0 — Interoperabilità Nativa:**

Tutte le funzionalità del sistema sono esposte via API REST documentate con standard OpenAPI 3.0. Questo consente l'integrazione immediata con LMS scolastici (Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams for Education), registro elettronico, piattaforme regionali e portali ministeriali, senza personalizzazioni aggiuntive.

#### **Moduli Aggiuntivi Plug-in:**

L'architettura modulare a microservizi permette di aggiungere in futuro nuovi moduli (es. nuovi tipi di sensori, nuovi domini applicativi oltre al cosmeceutico, integrazione con LMS) senza modificare il core esistente. Ogni nuovo modulo si connette tramite le API già documentate.

### BENEFICI PER IL COMMITTENTE

- Protezione dell'investimento: l'architettura scalabile evita la necessità di riscrivere il sistema per supportare più utenti o nuove funzionalità
- Integrazione con l'ecosistema scolastico: l'interoperabilità nativa con i principali LMS riduce i costi di integrazione futura
- Espansione a costo marginale: aggiungere nuovi laboratori o istituzioni non richiede nuovi progetti di sviluppo, ma solo configurazione

- Vantaggio competitivo istituzionale: la piattaforma diventa un asset infrastrutturale duraturo, non solo un progetto one-shot

### ★ ELEMENTO MIGLIORATIVO — PUNTEGGIO EXTRA | Proposte Migliorative per il Laboratorio e l'Integrazione Didattica

#### ATTIVITÀ MIGLIORATIVA

Oltre ai requisiti di progetto, la proposta include raccomandazioni operative per massimizzare l'impatto del laboratorio sull'attività didattica quotidiana.

Queste raccomandazioni sono il frutto dell'esperienza nella progettazione di sistemi AI per contesti educativi.

- Istituzione di un Comitato Scientifico di Indirizzo (docenti + referente tecnico) per la governance dei dataset e la validazione periodica dei modelli AI
- Definizione di un protocollo di raccolta dati con consenso informato per gli studenti che partecipano alle sessioni di acquisizione (parte della documentazione GDPR inclusa nel progetto)
- Integrazione del sistema nei piani di studio: i case study generati automaticamente dal sistema possono essere utilizzati come materiale didattico verificato per unità di apprendimento STEM
- Creazione di una libreria di scenari simulati (skin profiles mock) che consentono agli studenti di lavorare sul sistema anche in assenza di dati reali da sensori
- Dashboard docente con funzione di "assegnazione scenario": il docente assegna a ciascun gruppo di studenti un profilo dermatologico da analizzare, trasformando il sistema in uno strumento di valutazione autentica

#### BENEFICI PER IL COMMITTENTE

- Massimizzazione del ritorno sull'investimento: il sistema viene usato attivamente nelle ore curricolari, non solo in sessioni laboratoriali occasionali
- Qualità e rigore scientifico garantiti: il comitato di indirizzo assicura che i modelli AI restino aggiornati e affidabili nel tempo
- Metodologia IBSE operativa: le funzionalità di scenario assignment trasformano il sistema in un vero strumento di inquiry-based learning, non solo in una demo tecnologica

## 9. ADDESTRAMENTO, TEST E COLLAUDO

---

### 9.1 Addestramento dell'Agente AI

L'addestramento dei modelli di Machine Learning e Deep Learning avviene in più fasi progressive. Nella prima fase si utilizzano dataset pubblici certificati (skin type datasets, cosmetic ingredient databases) per il pre-training. Nella seconda fase, il modello viene fine-tuned sui dati reali raccolti dall'istituzione committente, garantendo che le formulazioni prodotte siano calibrate sul contesto specifico del laboratorio.

Il processo di addestramento include: validazione incrociata (k-fold cross-validation), metriche di valutazione documentate (accuracy, F1-score, RMSE per le variabili continue), e test su dataset di holdout per prevenire overfitting. I risultati dell'addestramento vengono riportati nella documentazione tecnica consegnata al cliente.

### 9.2 Piano di Test

- Test unitari su ogni componente del sistema (copertura minima 80%)
- Test di integrazione tra i moduli (ETL, AI Engine, API, Dashboard)
- Test di carico e performance (benchmark con dataset reali)
- Test di sicurezza e pen test base (OWASP Top 10)
- Test funzionali con dati reali del laboratorio committente
- User acceptance testing (UAT) con docenti e ricercatori

### 9.3 Collaudo in Campo

Il collaudo finale avviene presso la sede del committente con dati reali provenienti dai sensori installati. La sessione di collaudo include una demo completa di tutti i flussi principali (acquisizione dati, analisi, generazione formulazione, esportazione report) alla presenza del team tecnico e didattico del committente. Eventuali difformità vengono corrette prima del rilascio in produzione.

## 10. RIEPILOGO DELLA PROPOSTA

### 10.1 Riepilogo Requisiti Soddisfatti

REQUISITO CAPITOLATO	SODDISFATTO	ELEMENTO PREMIANTE
Modulo AI Core: ML/DL per analisi predittiva	✓ Sì	—
Deep Learning su >5 variabili simultanee	✓ Sì	☆ Extra
Algoritmi correlazione multi-dataset	✓ Sì	☆ Extra
Modulo Data Integration: ETL + pipeline dati	✓ Sì	—
Anonimizzazione e pulizia dati	✓ Sì	—
Dashboard web per laboratorio	✓ Sì	—
Visualizzazioni grafiche avanzate (docenti/studenti)	✓ Sì	☆ Extra
Interfaccia studenti e docenti con ruoli	✓ Sì	—
Reportistica scientifica: CSV	✓ Sì	—
Reportistica aggiuntiva: JSON + XML	✓ Sì	☆ Extra
Case study dinamici e simulazioni IBSE	✓ Sì	—
Conformità GDPR	✓ Sì	—
Cifratura at-rest e in-transit	✓ Sì	—
Accesso profilato per ruoli	✓ Sì	—
Explainable AI (XAI)	✓ Sì	—
API REST documentate	✓ Sì	—
Esportazione CSV, JSON, XML	✓ Sì	—
Scalabilità modulare e deployment on-premise	✓ Sì	—
Formazione minima 4 ore in presenza	✓ Sì	—
Formazione remota 8 ore prenotabili (anche 1h one-to-one)	✓ Sì	☆ Extra
Addestramento, test e collaudo in campo	✓ Sì	—
Proposta migliorativa: scalabilità e interoperabilità	✓ Sì	☆ Extra
Proposta migliorativa: laboratorio e integrazione didattica	✓ Sì	☆ Extra
PCTO con realtà virtuale (4 ore pomeridiane)	✓ Sì	☆ Extra

## 10.2 Nota Conclusiva

La proposta presentata risponde integralmente ai requisiti tecnici, funzionali e non funzionali del capitolato di gara.

Il Sistema AI per Formulazione Cosmeceutica è progettato per essere uno strumento operativo concreto, non una prova di concetto, pronto per l'uso in laboratorio sin dal primo giorno di rilascio in produzione.

Gli elementi migliorativi, chiaramente identificati nel documento, portano un valore aggiunto tangibile: maggiore precisione predittiva (Deep Learning multi-variabile), migliore comprensibilità dei risultati (XAI), formazione flessibile e personalizzata (sessioni one-to-one), orientamento professionale moderno per gli studenti (PCTO con VR), e un'architettura pronta per il futuro (scalabilità multi-tenant e interoperabilità OpenAPI).