

The background of the slide features a close-up of a person's hands typing on a laptop keyboard. Overlaid on this image are several white, semi-transparent house icons of varying sizes and orientations, creating a layered effect. A white rectangular box with a thin black border is positioned in the upper-middle section of the image, containing the title text.

## **Piano di Ricerca, Assets Salute - MolisCTE**

# Sommario

|  |    |
|--|----|
| Piano di Ricerca – assets Salute                                     | 3  |
| Capitolo 1 – Introduzione  | 3  |
| Capitolo 2 – Lo stato dell’arte delle linee di Ricerca               | 5  |
| 2.1 – Introduzione   | 5  |
| 2.1.1 Intelligenza Artificiale per la Salute                         | 5  |
| 2.1.2 Meccanica dei tessuti ed Identificazione dei gradienti termici | 6  |
| 2.2 – Analisi critica  | 7  |
| 2.2.1 Intelligenza Artificiale per la Salute                         | 7  |
| 2.2.2 Meccanica dei tessuti ed Identificazione dei gradienti termici | 8  |
| Capitolo 3 – Il piano di ricerca                                     | 10 |
| 3.1 – ATTICUS  | 10 |
| 3.1.1 - Timeline   | 13 |
| 3.2– Accurate  | 14 |
| 3.2.1 Timeline   | 19 |
| 3.3 – Nice   | 20 |
| 3.3.1 Timeline   | 22 |
| 3.4 - MOMI BY EVOTION e Mio Amico Sport                              | 23 |
| 3.4.1 Timeline   | 24 |
| 3.5 CARELINK   | 26 |
| 3.5.1 Timeline   | 29 |
| 3.6 Piattaforma integrata di telemedicina per la medicina e lo sport | 31 |
| 3.6.1 Timeline   | 32 |
| 3.7 BenEssere Tenace.....  | 36 |
| 3.7.1 Timeline.....  | 38 |
| Capitolo 4 - Bibliografica .....                                     | 40 |
| Capitolo 4   |    |

## Capitolo 1 – Introduzione

Il "Programma di supporto tecnologie emergenti (FSC 2014-2020)" ed il "Piano di investimenti per la diffusione della banda larga" hanno come obiettivo principale la promozione e lo sviluppo delle tecnologie emergenti come l'Intelligenza Artificiale (IA) [1], l'Internet delle cose (IoT), la Blockchain e le reti 5G di nuova generazione. Questo programma mira a realizzare progetti di sperimentazione e ricerca applicata per sostenere la creazione di start-up e favorire il trasferimento tecnologico, coinvolgendo gli enti territoriali.

Lo scopo del framework risultante è quello di stimolare lo sviluppo imprenditoriale sul territorio e promuovere il trasferimento di conoscenze e tecnologie. Inoltre, il programma si propone di rendere i risultati immediatamente scalabili, replicabili ed efficaci in tutto il territorio nazionale, contribuendo così a facilitare la Digital Transformation, ovvero la trasformazione digitale delle attività economiche e sociali attraverso l'adozione delle nuove tecnologie.

Questo programma si inserisce nel contesto degli investimenti volti a migliorare la diffusione della banda larga e a promuovere lo sviluppo delle nuove tecnologie per favorire la crescita economica, l'innovazione e l'adozione di soluzioni avanzate nel panorama nazionale.

Il progetto MolisCTE è stato avviato a seguito della costituzione di un partenariato eterogeneo con l'obiettivo di condurre ricerche e sperimentazioni per migliorare i servizi attraverso l'adozione di tecnologie emergenti. Il partenariato coinvolge diverse entità, con il Comune di Campobasso in qualità di capofila e fruitore finale del servizio.

L'Università e gli enti di ricerca ricoprono il ruolo di capofila nelle attività di ricerca, portando la loro esperienza e competenza in ambito scientifico e tecnologico. Gli stakeholder del territorio locale, come società in house, piccole e medie imprese (PMI) e partner industriali, partecipano al progetto con la loro vasta conoscenza ed esperienza nelle attività di ricerca e sperimentazione, con un focus specifico sulle tecnologie emergenti.

In particolare, il progetto coinvolge anche gli operatori di telecomunicazioni fornitori di rete 5G, che coprono l'intera catena del valore e sono fondamentali per garantire il successo e gli impatti attesi delle iniziative. L'obiettivo principale del progetto MolisCTE è promuovere lo sviluppo e l'adozione di tecnologie innovative per migliorare i servizi a livello locale e favorire l'implementazione del 5G nella regione.

Il progetto MolisCTE si concentra sul benessere globale dei cittadini, affrontando le sfide quotidiane che riguardano la vita sociale, privata e lavorativa. Ponendo il cittadino al centro, l'iniziativa mira a garantire un benessere a 360°, considerando tutti gli aspetti della vita quotidiana.

Una parte fondamentale del progetto riguarda l'organizzazione dell'ambiente urbano, supportando le istituzioni e gli enti locali nell'erogazione di servizi potenziati dalle tecnologie digitali e dall'innovazione. Ciò crea le condizioni per un significativo miglioramento del benessere collettivo, puntando a trasformare la città in una Smart City su misura per i cittadini. L'obiettivo è sostenere la qualità della vita della popolazione, rendendo i servizi più efficienti, accessibili e personalizzati.

Allo stesso tempo, il progetto si preoccupa di monitorare fattori ambientali che potrebbero influenzare la vita dei cittadini. Questo approccio consente di garantire un ambiente più salubre e sicuro per la comunità, prendendo in considerazione l'interconnessione tra tecnologie digitali, servizi pubblici e il benessere individuale e collettivo. In definitiva, MolisCTE mira a creare una città intelligente che si adatta alle esigenze dei cittadini, offrendo una migliore qualità di vita e promuovendo un ambiente urbano più sostenibile e attento alle necessità della popolazione.

Il progetto MolisCTE si basa su tre pilastri fondamentali:

- Living Lab per la Ricerca e lo Sviluppo: questo pilastro prevede la creazione di un ambiente di sperimentazione in situ, noto come Living Lab, dove università, enti di ricerca, enti locali, industrie, fornitori di servizi di telecomunicazioni e utenti finali collaboreranno attivamente. Questo laboratorio vivente permetterà la ricerca, lo sviluppo e la sperimentazione di soluzioni innovative in

contesti reali. Si terranno urban testing sul territorio del comune e sperimentazioni indoor negli spazi appositamente identificati e messi a disposizione dal Comune nella Casa delle Tecnologie Emergenti.

- **Attività di Open Innovation:** questo pilastro si concentra sull'incubazione e accelerazione delle start-up locali e sullo sviluppo delle imprese nel territorio. L'obiettivo è favorire l'investimento nel territorio e incoraggiare l'adozione di nuove tecnologie per creare innovazione. In particolare, si darà attenzione all'accesso agli strumenti finanziari forniti dalla CTE (Casa delle Tecnologie Emergenti) e dal framework di finanziamento del Ministero delle Imprese e del Made in Italy, disponibili per start-up e PMI. L'incubatore e i laboratori supporteranno le imprese, consentendo loro di sperimentare idee innovative prima di lanciarle sul mercato e offrendo un percorso strutturato per il lancio delle startup.
- **Tech Competence Transfer:** questo terzo pilastro si concentra sul trasferimento di competenze tecnologiche. I partner tecnologici faciliteranno il trasferimento di conoscenze e competenze riguardanti tecnologie abilitanti e funzionali alle diverse tematiche verticali del progetto. Inoltre, questo pilastro prevede lo sviluppo di profili altamente qualificati e, se necessario, la riconversione delle competenze locali (re-skilling) attraverso programmi di formazione certificata mirati.

In sintesi, MolisCTE ha una visione integrata per promuovere l'innovazione tecnologica e lo sviluppo imprenditoriale nella regione, coinvolgendo un ampio spettro di attori e fornendo opportunità per sperimentare, finanziare e trasferire conoscenze tecnologiche in modo efficace.

In linea con gli obiettivi di migliorare il benessere collettivo e creare una Smart City su misura per i cittadini, il progetto ha identificato due aree di interesse all'interno delle attività di ricerca e sviluppo di soluzioni tecnologiche, chiamate "Verticali":

- **Verticale1:** Città & Servizi Intelligenti per Cittadino ed Imprese
- **Verticale2:** **Salute, Wellness e Wellbeing del Cittadino**

Il presente documento fornisce i dettagli rispetto alla seconda verticale, mentre il primo verrà dettagliato in un deliverable separato.

Questo verticale di ricerca si basa su due filoni distinti di ricerca e sull'utilizzo di alcune tecnologie abilitanti per operare sulle diverse aree specifiche ma estremamente sinergiche e con ampie aree di sovrapposizione nell'ottica dello sviluppo di servizi per la Salute, Wellness e Wellbeing del Cittadino, ovvero la salute intesa non solo come l'assenza di malattie o condizioni patologiche, ma andando oltre, includendo il corretto funzionamento fisico, mentale e sociale della persona. Inoltre si promuove la consapevolezza e l'adozione di comportamenti positivi per migliorare il benessere fisico, mentale ed emotivo, il senso di soddisfazione e felicità che una persona sperimenta nella propria vita.

## Capitolo 2 – Lo stato dell'arte delle linee di Ricerca

### 2.1 – Introduzione

In questa sezione vengono contestualizzate le linee di ricerca rispetto alla Verticale 2 (Salute). Evidenziare la rilevanza delle tecnologie emergenti nel contesto attuale, saranno discussi gli obiettivi di ricerca e innovazione per ciascun sotto-obiettivo dei due verticali.

I casi d'uso proposti nel seguente documento sono afferenti a due filoni principali di ricerca: il primo è relativo all'adozione dell'Intelligenza Artificiale per la Salute, mentre il secondo è inerente alla modellazione biomeccanica ed alla identificazione dei gradienti termici. Nel seguito di questa sezione, per ognuno dei due filoni di ricerca individuati saranno discusse le applicazioni allo stato dell'arte.

### 2.1.1 Intelligenza Artificiale per la Salute

L'utilizzo della IA nel settore della salute ha visto una crescente adozione negli ultimi anni e ha il potenziale per rivoluzionare molteplici aspetti della medicina e dell'assistenza sanitaria. Ecco alcuni dei modi in cui l'IA viene attualmente impiegata nel campo della salute:

1. Diagnosi e identificazione di malattie: I sistemi di IA possono analizzare grandi quantità di dati clinici, compresi risultati di test, immagini mediche (come radiografie, risonanze magnetiche e scansioni CT) e segni vitali dei pazienti per aiutare i medici a identificare malattie, come il cancro, le malattie cardiache, e molte altre.
2. Previsione delle epidemie: L'IA può essere utilizzata per analizzare dati epidemiologici, informazioni sulle malattie e modelli di diffusione per prevedere epidemie e pandemie, contribuendo così a migliorare la preparazione e la risposta alle emergenze sanitarie.
3. Terapie personalizzate: L'IA può essere impiegata per creare terapie personalizzate basate sul profilo genetico di un paziente, consentendo un trattamento più mirato e efficace.
4. Monitoraggio dei pazienti: L'IA può essere utilizzata per monitorare in tempo reale i pazienti attraverso dispositivi indossabili, raccogliendo dati come la frequenza cardiaca, la pressione sanguigna e i livelli di zucchero nel sangue. Questi dati possono aiutare i medici a prendere decisioni basate su prove e consentire il monitoraggio a distanza dei pazienti.
5. Robotica chirurgica: L'IA è stata impiegata per guidare robot chirurgici in procedure complesse, migliorando la precisione e la sicurezza degli interventi chirurgici.
6. Medicina delle immagini: L'IA può analizzare immagini mediche, come quelle ottenute da radiografie e scansioni, per rilevare anomalie, assistendo i radiologi e accelerando la diagnosi.
7. Gestione dei dati sanitari: I sistemi di IA possono contribuire a organizzare e analizzare enormi quantità di dati clinici, migliorando l'efficienza nell'archiviazione e nell'accesso alle informazioni mediche.
8. Ricerca farmaceutica: L'IA può accelerare il processo di scoperta di nuovi farmaci, aiutando a identificare composti promettenti e a prevedere i loro effetti.
9. Assistenza virtuale: Chatbot e assistenti virtuali alimentati da IA possono fornire informazioni sanitarie, supporto emotivo e monitorare i sintomi dei pazienti, offrendo una forma di assistenza sanitaria virtuale.
10. Prevenzione delle malattie: L'IA può essere utilizzata per identificare le persone a rischio di sviluppare determinate malattie sulla base dei loro dati personali, consentendo interventi preventivi mirati.

### 2.1.2 Meccanica dei tessuti ed Identificazione dei gradienti termici

La modellazione biomeccanica è un campo di studio che si concentra sull'applicazione dei principi della meccanica e dell'ingegneria ai sistemi biologici. In particolare, la modellazione biomeccanica riguarda la comprensione e la previsione del comportamento meccanico dei tessuti biologici, degli organi e dei sistemi del corpo umano. Questa disciplina, integrando conoscenze biologiche e mediche, utilizza modelli matematici, simulazioni al computer e dati sperimentali per studiare molti fenomeni correlati alla salute dell'uomo che vanno dal comportamento meccanico su scala macroscopica e microscopica dei tessuti (modelli meccanici struttura-funzione), alla dinamica dei fluidi nel corpo umano (fluidodinamica), al metabolismo di cellule e tessuti (bilanci energetici) e a molti altri aspetti.

Negli ultimi anni lo sviluppo della bioingegneria, in particolare nell'ambito della meccanica cellulare e tissutale, ha portato all'individuazione di nuovi biomarker in grado di descrivere con elevata accuratezza lo stato fisio-patologico dei tessuti biologici, permettendo di ampliare e affinare gli strumenti che, ad oggi, sono

utilizzati in campo diagnostico e terapeutico. L'identificazione di correlazioni tra il comportamento meccanico e lo stato energetico (calore-temperatura) dei tessuti si pone nel medesimo ambito, tracciando traiettorie innovative in applicazioni quali:

1. Diagnosi medica: Le variazioni localizzate di temperatura sulla superficie del corpo possono essere indicative di condizioni mediche specifiche. Ad esempio, l'identificazione di gradienti termici può essere utilizzata per la diagnosi precoce di malattie come l'artrite reumatoide, in cui le articolazioni infiammate possono mostrare temperature più elevate.
2. Valutazione dell'efficacia dei trattamenti: La misurazione dei gradienti termici può essere utilizzata per valutare l'efficacia di terapie come il raffreddamento locale o il riscaldamento in applicazioni terapeutiche e riabilitative.
3. Monitoraggio delle prestazioni fisiche: Nell'ambito dell'allenamento sportivo, l'identificazione dei gradienti termici può essere utilizzata per valutare le prestazioni degli atleti e individuare potenziali problemi legati a sovraccarico o infortuni muscolari.
4. Ricerca scientifica: la misurazione dei gradienti termici come strumento per la comprensione di fenomeni fisiologici e come la termoregolazione riesce ad influire sulle dinamiche di regolazione dell'omeostasi dei tessuti.

Alla base di queste applicazioni c'è l'implementazione di nuovi modelli correlativi che fanno uso di parametri meccanici e termici ricavati da misurazioni sperimentali e da informazioni mutate da immagini diagnostiche non invasive eseguite su pazienti. In particolare, i dati meccanici possono essere misurati in maniera diretta, con l'ausilio di opportune strumentazioni rivolte all'uso biomedico (Nanoindenter, AFM, ecc.), o indiretta, con l'implementazione di modelli meccanici che, partendo da immagini diagnostiche (Ultrasound, TC, ecc.), sono in grado di fornire indicazioni sullo stato tensionale dei tessuti. L'identificazione dei gradienti termici avviene tramite la misurazione e l'analisi delle variazioni di temperatura della superficie dei tessuti attraverso l'utilizzo termocamere o altri dispositivi di rilevamento della temperatura.

## 2.2 – Analisi critica

I casi d'uso proposti nel seguente documento sono afferenti a due filoni principali di ricerca: il primo è relativo all'adozione dell'Intelligenza Artificiale per la Salute, mentre il secondo è inerente alla modellazione biomeccanica ed alla identificazione dei gradienti termici. Nel seguito di questa sezione, per ognuno dei due filoni di ricerca individuati saranno discusse le ricadute applicative al fine di descrivere lo scenario tecnologico attuale e delineando così i gap relativi ai due filoni di ricerca individuati.

### 2.2.1 Intelligenza Artificiale per la Salute

L'adozione dell'IA in campo medico solleva anche questioni etiche e di privacy, come la sicurezza dei dati dei pazienti e la necessità di una regolamentazione adeguata. È importante bilanciare i benefici dell'IA con tali preoccupazioni per garantire un utilizzo responsabile e sicuro di questa tecnologia nel settore della salute.

Lo stato dell'arte nell'utilizzo della IA per la diagnosi di patologie è molto avanzato e in costante evoluzione. L'IA ha dimostrato di essere un'importante risorsa per migliorare l'accuratezza delle diagnosi mediche, accelerare il processo di identificazione delle malattie e personalizzare i trattamenti. Ecco alcuni punti chiave relativi all'uso dell'IA per la diagnosi di patologie:

1. Diagnostica delle immagini: L'IA è ampiamente utilizzata per analizzare immagini mediche, come radiografie, scansioni CT e MRI, ecografie e immagini dermoscopiche. Gli algoritmi di apprendimento profondo (deep learning) possono rilevare anomalie e segni specifici di malattie, come tumori, fratture ossee, lesioni cerebrali, retinopatia diabetica, e molto altro.

2. Medicina basata sulla genetica: L'IA è impiegata per analizzare dati genetici e identificare mutazioni genetiche associate a malattie ereditarie. Questo può aiutare nella diagnosi di malattie genetiche rare o nel suggerire terapie personalizzate.
3. Diagnosi dermatologica: Applicazioni basate sull'IA consentono la diagnosi di malattie della pelle e la valutazione di lesioni cutanee, come il melanoma, attraverso l'analisi delle immagini dermoscopiche.
4. Diagnosi in tempo reale: Alcuni sistemi di IA sono in grado di fornire diagnosi in tempo reale, consentendo ai medici di prendere decisioni rapide durante le procedure chirurgiche o altri interventi medici.
5. Diagnosi remota: L'IA supporta la telemedicina e il monitoraggio a distanza dei pazienti, consentendo ai medici di diagnosticare e trattare i pazienti senza la necessità di incontri fisici.
6. Integrazione nei sistemi di gestione dei dati sanitari: L'IA è utilizzata per analizzare grandi quantità di dati clinici e di laboratorio, aiutando i medici a formulare diagnosi più precise e a prendere decisioni basate su evidenze.
7. Screening e diagnosi precoce: L'IA è stata applicata con successo nel screening e nella diagnosi precoce di malattie come il cancro, le malattie cardiache, le malattie polmonari e altro ancora, contribuendo a migliorare le possibilità di trattamento efficace.
8. Supporto decisionale clinico: Gli strumenti di AI forniscono ai medici suggerimenti e raccomandazioni basate su protocolli medici, linee guida e dati clinici, migliorando la precisione delle diagnosi.
9. Interpretabilità e trasparenza: La ricerca è sempre più concentrata sulla creazione di algoritmi di AI interpretabili, in modo che i medici possano comprendere e fidarsi delle decisioni AI.
10. Regolamentazione e standardizzazione: Gli organismi di regolamentazione stanno sviluppando linee guida e regolamenti per l'uso sicuro e affidabile dell'IA in ambito medico, garantendo la qualità delle diagnosi e la protezione dei dati dei pazienti.

In sintesi, l'IA ha rivoluzionato la diagnosi di patologie, migliorando la precisione, accelerando il processo e consentendo la diagnosi in situazioni remote o in tempo reale. Tuttavia, è importante ricordare che l'IA è uno strumento di supporto per i medici e non dovrebbe sostituire il loro giudizio clinico. La collaborazione tra professionisti medici e IA è essenziale per fornire cure di alta qualità ai pazienti.

### 2.2.2 Meccanica dei tessuti ed Identificazione dei gradienti termici

L'identificazione dei gradienti termici della superficie corporea è un'area di studio importante nell'ambito della medicina e della ricerca biomeccanica che può fornire informazioni utili per diagnosi mediche, trattamenti terapeutici, monitoraggio delle prestazioni fisiche e ricerca scientifica.

Lo stato dell'arte nell'utilizzo della modellazione biomeccanica presenta numerose applicazioni in ambito medico, ingegneristico e sportivo. La modellazione biomeccanica si basa sull'applicazione dei principi della meccanica e dell'ingegneria ai sistemi biologici, consentendo di comprendere e predire il comportamento meccanico di tessuti, organi e sistemi del corpo umano. Ecco alcuni aspetti chiave dell'attuale stato dell'arte nella modellazione biomeccanica:

1. Simulazioni di impianti e protesi: La modellazione biomeccanica viene utilizzata per progettare e valutare l'efficacia di protesi, impianti dentali, articolazioni artificiali e altri dispositivi medici. Queste simulazioni consentono di migliorare la progettazione e la personalizzazione dei dispositivi per adattarsi alle esigenze specifiche dei pazienti.
2. Analisi del movimento umano: La biomeccanica è fondamentale nell'analisi del movimento umano. La cattura del movimento tramite sistemi di motion capture e l'uso di modelli biomeccanici permettono di studiare la cinetica e la cinematica del corpo, ottimizzando la performance sportiva e aiutando nella riabilitazione.

3. Previsione e prevenzione delle lesioni: I modelli biomeccanici possono aiutare a prevedere il rischio di lesioni in attività sportive o lavorative specifiche, contribuendo a sviluppare strategie per prevenirle.
4. Progettazione di attrezzature sportive: L'industria dello sport utilizza la modellazione biomeccanica per progettare attrezzature come scarpe, abbigliamento e attrezzature sportive che ottimizzino le prestazioni e la sicurezza degli atleti.
5. Studi posturali: La modellazione biomeccanica è utilizzata nella progettazione di postazioni di lavoro ergonomiche per ridurre il rischio di lesioni muscoloscheletriche legate alla postura.
6. Studio della biomeccanica ossea: Questo ramo della modellazione biomeccanica si concentra sulla valutazione del comportamento meccanico delle ossa, contribuendo alla comprensione delle fratture, dell'osteoporosi e della progettazione di protesi ossee.
7. Ricerca sulle lesioni cerebrali traumatiche: I modelli biomeccanici vengono utilizzati per studiare gli effetti delle lesioni cerebrali traumatiche e per sviluppare dispositivi di protezione per la testa.
8. Terapia fisica e riabilitazione: La modellazione biomeccanica è utilizzata nella progettazione di protocolli di terapia fisica e riabilitazione per pazienti con lesioni muscolari, articolari o neurologiche, consentendo la personalizzazione dei trattamenti.
9. Progettazione di calzature: Le aziende di calzature utilizzano la modellazione biomeccanica per progettare scarpe ergonomiche che offrano comfort e supporto.
10. Studi clinici e ricerca: La modellazione biomeccanica è utilizzata per condurre studi clinici e ricerche in vari campi della medicina, come l'ortopedia, la chirurgia, la cardiologia e la neurologia.

L'evoluzione delle tecnologie di rilevamento del movimento, l'accessibilità ai software di modellazione avanzati e l'interdisciplinarietà tra medicina, ingegneria e scienze dello sport stanno contribuendo al progresso continuo della modellazione biomeccanica e alla sua applicazione in vari settori. La modellazione biomeccanica è diventata uno strumento prezioso per migliorare la comprensione della biomeccanica umana, ottimizzare le prestazioni fisiche e progettare soluzioni innovative per migliorare la salute e la qualità della vita.

### 2.2.3 Ambiente, alimentazione e sani stili di vita

La salute non è semplice assenza da malattie, è influenzata da fattori individuali non modificabili - genetica, età e sesso ma anche da alcuni fattori modificabili e modulabili, come stili di vita e comportamento, contesto sociale, accesso ai servizi e ambiente. Per invecchiare in modo sano e attivo occorre quindi evitare o minimizzare i fattori di rischio di malattie fin dalla giovane età, assumendo comportamenti e stili di vita corretti (sana alimentazione, pratica dello sport) in un contesto sociale favorevole, in cui poter beneficiare dei servizi di prevenzione e clinico-assistenziali necessari. Si rende, pertanto, necessario sistematizzare servizi, competenze ed esperienze in una dimensione territoriale, creando una convergenza di risorse sul tema del cambiamento dello stile di vita al fine di favorire benessere personale e un processo di invecchiamento in salute.

Negli ultimi anni la disponibilità di nuove tecnologie e di grandi database in ambito sanitario ha reso indispensabile l'utilizzo di soluzioni informatiche efficaci per analizzare ed integrare BigData clinici e molecolari raccolti da ampie coorti di pazienti per fini diagnostici o terapeutici. Diverse sono le soluzioni software open-source basate su un data-warehouse capaci di integrare tutti i dati provenienti da ricoveri ospedalieri e pratica clinica, rendendoli disponibili e facilmente accessibili a medici e ricercatori. Tuttavia, uno dei limiti delle piattaforme sinora sviluppate è la mancanza di dati di popolazione e la necessità di derivare le variabili di output dei loro modelli da modelli computazionali e non da variabili misurate.

## Capitolo 3 – Il piano di ricerca

### 3.1 – ATTICUS

In questa sezione viene presentato ATTICUS (Ambient Intelligent Tele-monitoring System), un sistema hardware/software in grado di acquisire parametri vitali di assistiti e monitorare lo stato di salute. Verranno, quindi, indicati gli elementi che si pianifica di evolvere nel corso del progetto.

L'obiettivo principale del sistema ATTICUS è quello di permettere di monitorare costantemente diversi assistiti contemporaneamente in maniera semi-automatica attraverso l'individuazione automatica di anomalie. Le anomalie segnalate dal sistema riguardano sia lo stato di salute di un assistito, rilevate



attraverso la misura e l'analisi automatica dei parametri vitali, sia le abitudini dell'assistito, rilevate attraverso il monitoraggio e l'analisi degli spostamenti che l'assistito compie nello svolgimento delle proprie normali attività.

Il sistema nasce con lo scopo di assistere diverse categorie di potenziali assistiti, che includono:

- **anziani**, i quali, essendo generalmente più fragili, possono incorrere in diversi problemi durante la propria quotidianità. Anche una semplice caduta può riportare conseguenze serie per una persona anziana;
- **persone con patologie croniche**, per le quali il monitoraggio continuo di alcuni parametri vitali è suggerito o, addirittura, richiesto, nei casi più gravi;
- **professionisti a rischio**, come vigili del fuoco o, semplicemente, sportivi;
- **bambini**, che pur non avendo bisogno, nella maggioranza dei casi, del monitoraggio continuo dei parametri vitali, possono trovarsi in situazioni pericolose (ad esempio, possono perdersi).

Nella sua versione attualmente già sviluppata e collaudata, il sistema è costituito da diverse componenti, sia hardware sia software.

In primo luogo, il sistema include un **dispositivo “smart wearable” (S-WEAR)**, ovvero un capo indossabile realizzato con tessuti innovativi e integrato da un sistema di acquisizione dati in grado di misurare i parametri vitali della persona (e.g., ECG, temperatura, comportamenti respiratori, risposta galvanica della pelle); S-WEAR è, inoltre, dotato di un dispositivo elettronico capace di analizzare gli spostamenti dell'assistito e di elaborare e memorizzare localmente i dati acquisiti. Attraverso una connessione senza fili, i dati acquisiti sono trasmessi in tempo reale ad un dispositivo intermedio (S-BOX o applicazione MyATTICUS) in caso di necessità.

Oltre al dispositivo indossabile S-WEAR, il sistema include un **dispositivo di “ambient intelligence” (S-BOX)**, ovvero una stazione domestica in grado di raccogliere e memorizzare dati provenienti da uno o più S-WEAR a livello domestico. Il dispositivo analizza in tempo reale tali dati sfruttando algoritmi di intelligenza artificiale. L'obiettivo delle analisi predittive è di riscontrare eventuali anomalie nel più breve tempo possibile (modalità *near real-time*). Quando la S-BOX rileva un'anomalia, questa viene notificata tempestivamente, mediante connessione dati, ad un sistema di supporto alle decisioni per una successiva verifica e, in caso di conferma dell'allarme, il sistema allerta la centrale operativa di soccorso attraverso il software di monitoraggio, fornendo i tracciati, in tempo reale, dei sensori che hanno prodotto l'anomalia a un operatore sanitario. I dati memorizzati sulla S-BOX verranno inviati al software di monitoraggio anche in assenza di situazioni critiche al fine di ottenere un'analisi storica dei parametri monitorati.

Per come è progettata, la S-BOX può intervenire solo quando l'assistito è in casa. È necessario, dunque, un suo sostituto che intervenga quando l'assistito è fuori casa. Per questo, il sistema comprende un **applicazione per smartphone (MyATTICUS)**. MyATTICUS, oltre a fornire le stesse funzionalità offerte dalla S-BOX, permette di visualizzare informazioni sullo stato dello S-WEAR (e.g., la carica della batteria).

Gli operatori sanitari coinvolti hanno la necessità di interagire con i dati raccolti e gli avvisi inviati dal sistema. Per questo, ATTICUS include un **software di monitoraggio**, riservato agli operatori sanitari, che fornisce il supporto necessario per un'efficace ed efficiente gestione delle eventuali situazioni critiche identificate attraverso il monitoraggio continuo degli utenti dando, inoltre, la possibilità agli utenti abilitati di visualizzare la cartella clinica dell'assistito accedendo ad esami ematochimici, strumentali e follow-up eseguiti dall'assistito dal momento dell'arruolamento in poi.

Infine, il “cervello” del sistema ATTICUS è costituito da un **sistema di supporto alle decisioni (DSS)**, organizzato in tre livelli, in grado di analizzare i dati di monitoraggio e di segnalare, grazie all'utilizzo di tecniche basate su intelligenza artificiale, potenziali situazioni critiche (warning) o allarmi. I tre livelli di DSS si differenziano in termini di base di conoscenza e analisi predittive effettuate. Il DSS di livello 1, installato direttamente sulla componente elettronica della S-WEAR, è in grado di segnalare solo situazioni anomale che saranno inviate al DSS di livello 2, installato o sulla S-BOX del sistema ATTICUS o sulla app MyATTICUS. Il DSS di livello 2, essendo in possesso di una più ampia conoscenza delle caratteristiche fisiche dell'assistito rispetto al DSS di livello 1, può decidere se: (i) rigettare il warning generato dal DSS di livello 1 e classificarlo come falso positivo; (ii) richiedere l'intervento del DSS di livello 3, installato presso la centrale di monitoraggio, per confermare o rigettare il warning generato dal DSS di livello 1; (ii) confermare la situazione anomala e

generare un allarme da inviare direttamente al software di monitoraggio. Il DSS di livello 3, in possesso di una conoscenza non solo personale (e.g., caratteristiche fisiche dell'assistito) ma collettiva (e.g., caratteristiche fisiche di tutti gli assistiti) è in grado di rigettare o confermare i warning generati (direttamente o indirettamente) dai DSS di livello inferiore, e segnalare la presenza di un eventuale allarme al software di monitoraggio. Un allarme o un warning può partire sia dal DSS di livello 1 che da quello di livello 2. Il DSS, al momento, è in grado di individuare automaticamente le seguenti anomalie:

- **Cadute** (DSS di livello 1 e 2), individuate attraverso un accelerometro.
- **Tachiaritmia e Bradiritmia** (DSS di livello 2), ovvero casi in cui la frequenza cardiaca (registrata a livello hardware) risulta essere, rispettivamente, troppo alta o bassa, in base a delle soglie personalizzate definite in fase di arruolamento.
- **Colpo di calore** (DSS di livello 2), ovvero una condizione patologica caratterizzata da un notevole incremento della temperatura corporea, individuato attraverso il sensore di temperatura e la frequenza cardiaca.
- **Tachipnea, Bradipnea e Apnea del sonno** (DSS di livello 2 e 3), ovvero anomalie relative alla respirazione, che risulta essere, rispettivamente, troppo veloce, lenta o temporaneamente interrotta durante il sonno, individuate a partire dall'onda del respiro.
- **Aritmie generiche** (DSS di livello 2), ovvero casi in cui la frequenza cardiaca risulta essere irregolare.
- **Stress** (DSS di livello 2), ovvero una risposta dell'organismo a compiti percepiti come eccessivi, individuato attraverso un sensore di risposta galvanica della pelle e la frequenza cardiaca.
- **Fibrillazione atriale** (DSS di livello 3), uno specifico tipo di aritmia atriale, individuata attraverso l'analisi automatica dell'ECG a sei derivazioni acquisito dall'S-WEAR.
- **Tachicardia ventricolare** (DSS di livello 3), un ritmo cardiaco accelerato che origina dai ventricoli, individuata a partire dall'ECG.
- **Scompensi cardiaci** (DSS di livello 3), ovvero condizioni in cui il cuore non riesce a fornire quantità di sangue adeguate all'organismo, individuati attraverso l'ECG.
- **Slivellamenti nell'ECG** (DSS di livello 3), ovvero modificazioni della forma del segnale elettrocardiografico che possono indicare diversi tipi di patologie (come infarti o ischemie).
- **Extrasistoli** (DSS di livello 3), ovvero alterazioni temporanee del ritmo cardiaco, individuate attraverso l'ECG.

Una debolezza della versione attuale del sistema ATTICUS è costituita dalla stretta dipendenza tra i dispositivi hardware e il sistema software. Al momento, il software può essere utilizzato soltanto attraverso i dispositivi S-WEAR e S-BOX. I produttori di dispositivi indossabili per l'acquisizione di parametri vitali, tuttavia, potrebbero essere interessati soltanto al sistema software e, in particolare, al sistema di supporto alle decisioni del sistema ATTICUS. Per questo, una prima evoluzione del sistema consiste nella definizione di un layer di astrazione tra hardware e software in ATTICUS. Si pianifica di definire un meccanismo attraverso cui i produttori hardware possano sfruttare il software del sistema ATTICUS con il minimo sforzo. In particolare, sarà richiesto ai produttori di implementare dei driver che trasformino i dati acquisiti grezzi dal dispositivo nel formato che il sistema ATTICUS può analizzare. Ad esempio, è se un produttore acquisisce un ECG con

una frequenza di campionamento maggiore rispetto a quella richiesta dal software, il driver dovrà implementare un sotto-campionamento del segnale al fine di rendere le due componenti compatibili. I driver saranno integrabili nell'applicazione per smartphone MyATTICUS, che sostituirà integralmente la S-BOX, non solo negli scenari outdoor, ma anche in quelli indoor, sempre al fine di rendere nuovi dispositivi wearable di acquisizione dati più facilmente integrabili. Questo consentirà di sfruttare quasi interamente il DSS del sistema ATTICUS (livello 2, presente sull'applicazione MyATTICUS, e 3, installato presso la centrale di monitoraggio) e il sistema di monitoraggio. L'impatto di questa evoluzione non riguarderà soltanto i produttori di dispositivi, ma anche sugli utenti finali (gli assistiti), i quali avranno la possibilità di sfruttare dispositivi eventualmente già in loro possesso e resi compatibili dai produttori con il sistema ATTICUS, senza la necessità di acquisirne altri specifici (S-WEAR e S-BOX). Per verificare questa prima evoluzione del sistema ATTICUS, si sfrutterà il nuovo meccanismo per rendere compatibile almeno un dispositivo indossabile già presente sul mercato con il sistema stesso.

Un secondo sviluppo del sistema avrà come obiettivo l'implementazione di un sistema di personalizzazione della dashboard del sistema di monitoraggio di ATTICUS. Diverse categorie di utenti di tale sistema potrebbero essere interessate ad acquisire velocemente informazioni specifiche sui propri pazienti direttamente. Ad esempio, i medici potrebbero essere interessati ad avere informazioni dettagliate su alcuni specifici pazienti da tenere sotto osservazione diretta, mentre coloro che hanno il compito di gestire le strutture ospedaliere potrebbero essere più interessati a informazioni aggregate (es: numero e collocazione territoriale di pazienti con fibrillazione atriale). La dashboard attualmente implementata in ATTICUS è unica per tutti gli utenti. Si pianifica, quindi, di implementare un meccanismo che consenta di personalizzare la dashboard in base agli utenti. Questo sarà possibile attraverso la definizione di *widget*. I widget che saranno definiti includeranno tutti quelli implicitamente già presenti nella dashboard attuale del sistema. Verrà, poi, aggiunto un widget personalizzabile per il monitoraggio di singoli pazienti. Come risultato principale si definiranno dashboard per diverse categorie di utenti e, nello specifico, almeno una dedicata ai medici e una a chi gestisce strutture ospedaliere.

Infine, la terza linea di evoluzione consiste nello studio della letteratura mirato a un possibile aggiornamento degli algoritmi predittivi del DSS di livello 3. A tale scopo, per prima cosa si studierà la letteratura per ogni tipologia di anomalia identificata per verificare se sono stati recentemente definiti nuovi approcci che mostrano efficacia superiore rispetto a quelli attualmente implementati nel DSS di livello 3. In secondo luogo, si re-implementeranno gli eventuali nuovi approcci trovati all'interno del DSS. Infine, si utilizzeranno i dataset già utilizzati per verificare gli algoritmi in ATTICUS per confrontare i vecchi algoritmi con quelli nuovi. Gli approcci che mostrano delle performance superiori verranno mantenuti, mentre gli altri verranno scartati.

### 3.1.1 - Timeline

Le attività previste per evolvere il sistema ATTICUS sono le seguenti:

- ATT-1.1 → *Refactoring per l'implementazione dell'astrazione*. Verrà innanzitutto progettato l'intervento mirato a disaccoppiare l'hardware dal software per creare un meccanismo di astrazione. Verrà, quindi, rifattorizzato il sistema esistente in accordo.
- ATT-1.2 → *Validazione layer di astrazione*. Verrà usato il meccanismo di astrazione implementato nell'attività precedente al fine di adattare un dispositivo hardware già presente sul mercato e verrà verificato che tutti i dati registrati siano acquisiti correttamente da ATTICUS.
- ATT-2.1 → *Refactoring della dashboard per la personalizzazione*. Verrà progettato l'intervento mirato a rendere la dashboard del sistema di monitoraggio personalizzabile. Verrà, quindi, rifattorizzata la dashboard attualmente implementata in accordo e verranno trasformate le componenti attualmente presenti in widget.
- ATT-2.2 → *Validazione della dashboard personalizzata*. Verrà utilizzato il nuovo meccanismo di dashboard personalizzabile per assemblare dashboard predefinite per diverse tipologie di utente.
- ATT-3.1 → *Revisione della letteratura recente sui sistemi di raccomandazione medici*. Verrà revisionata la letteratura sui sistemi di raccomandazione medici in grado di individuare le anomalie

considerate nel sistema ATTICUS. Verrà presa in considerazione soltanto la letteratura più recente, dal 2022 in poi (dato che gli algoritmi usati nel sistema ATTICUS sono aggiornati a quell'anno).

- ATT-3.2 → *Implementazione di detector basati sulla letteratura*. Si selezioneranno tutti gli approcci che, in base alla letteratura, ottengono risultati migliori rispetto a quelli usati in ATTICUS e verranno implementati o adattati all'architettura del sistema attraverso l'implementazione di detector per il DSS.
- ATT-3.3 → *Validazione degli eventuali nuovi recommender system*. Verranno confrontati gli eventuali detector nuovi con quelli già implementati in precedenza utilizzando i dati raccolti durante il progetto ATTICUS. I nuovi detector che otterranno risultati migliori sostituiranno i precedenti nel sistema.

La timeline con cui queste attività verranno realizzate è riportata nella tabella in basso.

| Attività | 2023 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2024 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|          | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ATT-1.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ATT-1.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ATT-2.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ATT-2.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ATT-3.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ATT-3.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ATT-3.3  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

### 3.2– Accurate

In questa sezione viene presentato il framework denominato "CApaCità fisiCa fUnzionale in relazione con eseRcizio fisico e stile di vitA nuTrizionale" (indicato nel seguito come Accurate), atto ad analizzare immagini generate a partire da indicatori clinici attraverso tecniche di Computer Vision (CV), basate su IA.

L' IA è un campo dell'informatica che mira a sviluppare sistemi e algoritmi che possono eseguire compiti che normalmente richiederebbero l'intelligenza umana [1]. L'obiettivo principale dell'intelligenza artificiale è quindi volto a creare macchine o programmi capaci di apprendere da esperienze passate, adattarsi a nuove situazioni, ragionare, prendere decisioni e risolvere problemi in modo simile a come lo farebbe un essere umano.

La CV è un campo dell'IA che si occupa di sviluppare sistemi e algoritmi che consentono ai calcolatori elettronici di comprendere, interpretare e analizzare immagini e video in modo simile all'occhio umano [2]. L'obiettivo principale della CV è di consentire ai computer di "vedere" e comprendere il mondo visivo come lo farebbe una persona. I sistemi di CV utilizzano algoritmi avanzati e tecniche di apprendimento automatico per analizzare le immagini, riconoscere oggetti, individuare e tracciare movimenti, misurare le dimensioni e le proporzioni degli oggetti, estrarre caratteristiche e pattern rilevanti e persino comprendere l'ambiente circostante. La CV continua a fare progressi rapidi grazie alle tecniche avanzate di machine learning e al miglioramento delle capacità computazionali, aprendo nuove possibilità in diversi settori e contribuendo a migliorare la nostra esperienza quotidiana con la tecnologia.

La CV, tra l'altro, trova numerose applicazioni nell'ambito della sanità e dell'healthcare. Grazie alla sua capacità di analizzare e comprendere immagini e video, la CV può aiutare a migliorare la diagnosi medica, la gestione dei pazienti e l'efficienza delle strutture sanitarie. Le principali applicazioni della computer vision nell'healthcare sono principalmente nell'ambito della diagnosi medica, dove la CV può essere utilizzata per analizzare bioimmagini, come radiografie, risonanze magnetiche, tomografie computerizzate e scansioni ad ultrasuoni. Questi sistemi possono aiutare a rilevare e diagnosticare malattie, tumori, fratture e altre condizioni mediche. Infatti, a partire dall' analisi di bioimmagini, la CV può essere utilizzata per riconoscere e classificare patologie specifiche, come tumori della pelle, oculari o altre condizioni visibili attraverso immagini. Queste sono solo alcune delle diverse applicazioni della CV in ambito healthcare. L'uso sempre più esteso di queste tecnologie promette di migliorare la precisione delle diagnosi, accelerare i tempi di trattamento e migliorare l'efficienza delle strutture sanitarie, portando a migliori risultati clinici e una migliore cura dei pazienti.

Come suggerito dalla comunità di ricerca sia industriale che accademica, molte patologie possono essere diagnosticate quando ancora in una fase preliminare utilizzando bioimmagini ottenute attraverso esami non invasivi. Per questo fine, coerentemente con gli obiettivi della Verticale 2 Salute proponiamo la progettazione e l'implementazione del framework Accurate, che ha l'obiettivo di indirizzare gli individui che praticano attività fisica a livello ricreazionale o competitivo, in diverse discipline sportive, a programmi di allenamento sicuri, e adattati in base alle caratteristiche individuali. In particolare, attraverso IA e CV il framework Accurate si pone l'obiettivo di analizzare dati relativi a fattori di rischio cardio-vascolari, comorbidità, stile di vita nutrizionale, composizione corporea, capacità fisica cardio-respiratoria. Queste caratteristiche cliniche saranno utilizzate per la costruzione dei modelli predittivi atti all'identificazione precoce di patologie che necessitano la correzione dei fattori di rischio, interventi nutrizionali e modificazione di stile di vita. Il monitoraggio del fitness cardio-respiratorio sarà integrato con dispositivi wearable tenendo presente le indicazioni sull'intensità dell'esercizio che derivano dalla valutazione clinica. La valutazione clinica strutturata di Accurate insieme con i dispositivi tecnologici atti ad estrarre le caratteristiche clinica ha come obiettivo i) incrementare il grado di soddisfazione dei pazienti, ii) ridurre le limitazioni nello svolgimento dell'attività fisica ricreazionale o competitiva, iii) incrementare la motivazione di concludere percorsi di allenamento e iv) migliorare i risultati ottenuti. In soggetti con presenza di comorbidità: cardio- respiratorie, muscolo-scheletriche e neurologiche, che praticano attività ricreazionale ci si aspetta un miglioramento degli indici di composizione corporea, e funzionalità cardio-respiratoria.

Il test da sforzo cardiopolmonare (CPET) è il Gold Standard della valutazione di capacità fisica funzionale. Il CPET permette di stabilire se la capacità è normale o ridotta, per esempio a causa di disturbi cardiaci/polmonari, e questo test, recentemente, si sta diffondendo anche nella medicina dello sport. Tuttavia, questo test non è facile da interpretare da parte dei clinici e può essere considerato operatore-dipendente. Lo scopo di questo studio è di esplorare la fattibilità di tre modelli di apprendimento automatico (ML) di classificazione - alimentati con caratteristiche del CPET - per valutare l'efficienza ventilatoria degli atleti durante un test da sforzo incrementale. Sono stati implementati tre modelli predittivi di ML e sono state valutate le loro prestazioni. Sono stati ottenuti risultati interessanti in termini di metriche di valutazione per una classificazione binaria di efficienza/inefficienza ventilatoria.

Il monitoraggio dello stato di salute degli atleti è fondamentale per garantire prestazioni ottimali e prevenire condizioni gravi, come le patologie cardiache. Sebbene gli atleti conducano uno stile di vita estremamente sano, ciò non li rende immuni dai rischi cardiovascolari. L'intenso carico di allenamento e la pressione competitiva possono infatti influenzare negativamente la funzionalità cardiaca, soprattutto in presenza di condizioni preesistenti non diagnosticate. Un esempio rilevante è rappresentato dalla diagnosi e gestione dei **battiti ventricolari prematuri (PVB)**, che continua a costituire una sfida clinica negli atleti. Secondo la letteratura, gli atleti che presentano  $\geq 2$  PVB su elettrocardiogramma (ECG) a riposo o  $\geq 1$  PVB nel caso di atleti di endurance dovrebbero essere sottoposti a ulteriori accertamenti. Tecniche diagnostiche come il monitoraggio ECG Holter, il test da sforzo (EST) e metodiche di imaging tra cui ecocardiografia, tomografia computerizzata cardiaca e risonanza magnetica cardiaca (CMR), rappresentano strumenti essenziali per una valutazione più approfondita [7].

L'integrazione dell'Intelligenza Artificiale (IA) in ecocardiografia è stata indicata come particolarmente promettente per l'identificazione di condizioni subcliniche e stadi precoci di malattia [8]. In particolare, molti algoritmi di IA applicati all'imaging medico sfruttano la Radiomica, una tecnica di analisi quantitativa delle immagini che permette di estrarre informazioni dettagliate sulle caratteristiche miocardiche e sulla morfologia ventricolare, impiegandole come variabili predittive nei modelli basati su Machine Learning. Nel presente studio, proponiamo di valutare la fattibilità e l'utilità clinica dell'**ecocardiografia apicale a 4 camere** nella previsione del rischio cardiovascolare negli atleti. Attraverso l'integrazione della Radiomica con tecniche di Intelligenza Artificiale e metodologie matematiche, miriamo a sviluppare un sistema decisionale automatizzato in grado di supportare il medico nella diagnosi, portando il concetto di **medicina personalizzata** anche nel contesto della medicina dello sport. Il vantaggio di questa metodologia automatica

consiste nel predire il risultato ottenuto durante l'elettrocardiogramma o durante la prova da sforzo, che combinati sono il gold standard del medico. In tal modo, la diagnosi di aritmia cardiaca viene eseguita - analizzando soltanto le immagini dell'Ecocardio - in modo più veloce nel tempo e in maniera più affidabile rispetto alla sola analisi qualitativa.

In questo use case è stata anche condotta una raccolta di risonanze magnetiche di pazienti in trattamento per la "spalla congelata", una condizione diffusa tra gli atleti. La capsulite adesiva si manifesta con una progressiva limitazione della mobilità della spalla [9] e viene diagnosticata prevalentemente su base clinica, sebbene le tecniche di imaging possano fornire informazioni utili per individuare segni caratteristici attraverso risonanza magnetica e ultrasuoni. Per analizzare in modo quantitativo le immagini e valutare una possibile correlazione tra questa patologia e l'attività agonistica, i dati raccolti – analogamente a quanto fatto per le aritmie – verranno integrati in modelli matematici e di Intelligenza Artificiale per la creazione di sistemi a supporto del medico professionista.

La capsulite adesiva rappresenta un argomento di interesse in ambito fisioterapico, soprattutto per il suo impatto sugli atleti soggetti a traumi o microlesioni ripetute, che possono favorire lo sviluppo della cosiddetta "spalla congelata". Per questo motivo, è fondamentale che gli sportivi siano consapevoli dei fattori di rischio associati e adottino strategie preventive adeguate, come specifici programmi di mobilità articolare, in particolare nel periodo di recupero post-infortunio o post-operatorio. Sebbene attualmente non vi siano evidenze scientifiche definitive, questo studio si propone di esplorare l'eventuale relazione tra capsulite adesiva e attività sportiva agonistica.

Per analizzare in modo quantitativo le immagini, i dati raccolti sono stati integrati in modelli matematici e di Intelligenza Artificiale per la creazione di sistemi a supporto del medico professionista. In attesa del dataset di pazienti con aritmie cardiache, la metodologia è stata anche inizialmente testata su un dataset di prova contenente risonanze magnetiche di epilessia del lobo temporale.

Il limite della metodologia consiste proprio nella disponibilità di una serie di immagini, che è legata alla macchina radiologica usata per la malattia. Per tale motivo, è stato progettato e sviluppato un modello matematico per l'analisi di singole immagini; tale metodo è stato applicato su diverse immagini e tipi di malattia, per validarne l'efficacia. Ciò permette anche di analizzare i pazienti con un video di Ecografia 4-camere apicale molto breve. Per la metodologia a singola immagine, il modello è stato testato e validato grazie a un dataset di pazienti affetti da COVID-19 ed è stato confrontato anche con l'intelligenza artificiale, facendo pattern recognition di malattie oculari.

In questo usecase includiamo anche il progetto Anziani in Movimento, in collaborazione con CONI. Questo progetto mira alla diffusione dell'attività sportiva regolare anche nei soggetti di età over 60 anni con diverse comorbidità in vari comuni molisani e prevede un percorso motorio strutturato in base alle esigenze dei partecipanti. Inoltre, aspettiamo un benefit non solo all'aspetto fisico-motorio negli anziani coinvolti nel progetto Anni in Movimento ma anche in quello psicologico, medico-sanitario e di prevenzione.

Inoltre, si intende sviluppare e realizzare un prototipo basato su wearable sensors ovvero sensori non invasivi e facilmente indossabili per il monitoraggio della deambulazione di cittadini e/o anziani in condizioni di recupero della regolare mobilità degli arti inferiori e più in generale nel trattamento di patologie di interesse ortopedico nella Telemedicina e Teleassistenza.

L'esigenza di monitorare da remoto i pazienti sta portando all'integrazione di dispositivi indossabili e sensori di movimento per una valutazione dell'esercizio di riabilitazione e consentire al paziente l'autogestione delle sessioni riabilitative. In altri termini, dispositivi o sistemi di sensori indossabili e assistivi possono essere impiegati per anziani e cittadini in fase di riabilitazione e/o recupero post-operatorio o affetti da patologie neurodegenerative. L'utilizzo dei dispositivi assistivi e per la cura riabilitativa andrà velocemente crescendo: il mercato globale dei sistemi di ausilio per la riabilitazione è stato valutato di oltre 500 milioni di dollari e si pensa possa raggiungere oltre 2500 milioni nel 2026. Il mercato è in enorme crescita: questa spinta viene determinata anche dall'invecchiamento della popolazione. In Italia e in Europa, dove il trend demografico dell'invecchiamento è in ascesa si stima che nel 2050, il 50% della popolazione avrà oltre 65 anni, e la

popolazione ultraottantenne sarà raddoppiata rispetto ad oggi. L'esigenza di tali dispositivi è sentita soprattutto per andare incontro alle seguenti necessità:

- Segnalare eventuali cadute del paziente
- Consentire un tempestivo intervento del personale sanitario
- Controllare l'efficacia della fase di riabilitazione
- Influenzare positivamente la qualità di salute del paziente

Numerosi centri riabilitativi e strutture pubbliche si sono dotati di dispositivi tecnologici per la riabilitazione, ma si tratta ancora di numeri piccoli e in grande prevalenza centri privati, che dimostrano di voler investire con maggiore rapidità laddove ci siano opportunità.

In tale contesto, si intende sviluppare e implementare un dispositivo costituito da sensori non invasivi ed indossabili in grado di monitorare parametri legati all'andatura della camminata di un paziente/cittadino (accelerazione, velocità, direzione ecc...).

Il framework Accurate si basa sull'utilizzo di tecniche di CV analizzando quindi immagini costruite a partire dagli indicatori clinici estratti sfruttando l'IA, la cui adozione negli ultimi anni sta emergendo nello sviluppo di metodi per assistere gli esperti nell'interpretazione delle immagini mediche.

In particolare, Accurate utilizza il transfer learning, una tecnica di deep learning [3] in cui un modello sviluppato per un compito viene riutilizzato come punto di partenza per un modello relativo ad un secondo compito.

Il transfer learning rappresenta un approccio diffuso in diversi ambiti in cui i modelli pre-addestrati vengono utilizzati come punto di partenza per compiti di CV e elaborazione del linguaggio naturale, date le vaste risorse di calcolo e tempo richieste per sviluppare modelli di reti neurali su questi problemi e dai notevoli miglioramenti nelle prestazioni che essi forniscono su problemi correlati.

Recenti studi infatti hanno dimostrato di migliorare la diagnosi in diversi campi medici, come ad esempio nel caso della diagnosi automatica del COVID-19 [4].

Come funzionalità aggiuntiva, Accurate è in grado di mostrare le aree di interesse dell'immagine che sono responsabili di una determinata predizione, per fornire spiegazioni sulla previsione (fornendo quindi explainability). Questa funzionalità può rappresentare un interessante suggerimento per il medico per individuare immediatamente le aree dell'immagine che possono essere di interesse per una approfondita analisi.

Per costruire il modello, Accurate interroga un modello di deep learning, basata sull'architettura VGG-16 [3], sfruttando il transfer learning. Il principale vantaggio nell'adozione del transfer learning è rappresentato dalla diminuzione del tempo per l'addestramento di un modello di rete neurale. Inoltre, può portare a un errore di generalizzazione minore. Chiaramente, il primo problema dovrebbe essere correlato al secondo problema da risolvere: in questo caso, trasferiamo la conoscenza di un modello addestrato per la rilevazione di immagini generiche per risolvere il problema di identificazione di malattie.

Il modello VGG-16 è una rete neurale convoluzionale con 16 layer. È possibile caricare una versione pre-addestrata della rete VGG-16 addestrata sul database ImageNet, che è un dataset di oltre 14 milioni di immagini: la rete pre-addestrata può classificare le immagini in 1000 classi diverse, ad esempio gatto, penna e altri oggetti simili. Questo modello ottiene una precisione di test del 92,7% utilizzando per l'addestramento il dataset ImageNet. VGG-16 è stato addestrato per diverse settimane con GPU NVIDIA Titan Black.

Accurate applica il transfer learning utilizzando il fine-tuning. Inizializza il modello VGG che viene configurato per il fine-tuning: in pratica, istanziamo la rete VGG16 con pesi pre-addestrati su ImageNet, tralasciando il layer fully connected. Da lì, costruiamo un nuovo layer fully connected composto da AveragePooling2D, Flatten, Dense, Dropout e un ultimo Dense con attivazione "softmax" per prevedere le classi. Lo aggiungiamo sopra la rete VGG16. Congeliamo poi i pesi convoluzionali di VGG16 in modo che solo il layer fully connected sarà addestrato: questo completa la nostra configurazione di fine-tuning di Accurate.

Per garantire che i modelli proposti generalizzino, utilizziamo la data augmentation impostando una rotazione casuale dell'immagine a 15 gradi in senso orario ed antiorario.

Il primo layer del modello proposto è rappresentato da una convoluzione di dimensioni fisse pari a 224 x 224 per immagine (in formato RGB), quindi le bioimmagini vengono ridimensionate a questa dimensione. Le immagini vengono poi passate attraverso una serie di layer convoluzionali: la convoluzione è impostata su 1 pixel; il padding spaziale dell'input del layer convoluzionale è tale da preservare la risoluzione spaziale dopo

la convoluzione. Il pooling spaziale viene eseguito sfruttando 4 layer di max-pooling, che seguono alcuni dei layer convoluzionali. Il max-pooling viene eseguito considerando una finestra di 2x2 pixel.

Tutti i layer nascosti considerano una funzione di attivazione di tipo relu. Maggiori dettagli sull'architettura del modello VGG-16 possono essere trovati in letteratura.

In aggiunta all'architettura della rete VGG-16, abbiamo aggiunto i seguenti layer:

1) AveragePooling2D: esegue l'operazione di average pooling. Questo layer comporta il calcolo della media per ogni patch della mappa delle caratteristiche in analisi. Ciò significa che ciascun quadrato 2x2 della mappa delle caratteristiche viene campionato alla media dei valori;

2) Flatten: lo scopo di questo layer è quello di appiattire l'input. È un layer di utilità, appiattisce un input, ad esempio una matrice di righe x colonne, in un semplice output di vettore di dimensione righe \* colonne. L'appiattimento trasforma una matrice bidimensionale di caratteristiche in un vettore che può essere inserito in un classificatore di rete neurale completamente connesso.

3) Dense: è il layer regolare della rete neurale profondamente connessa. Lo scopo del layer è trasformare i dati. È il layer più comune e frequentemente utilizzato. In questo caso, questo layer riduce il vettore di altezza 512 a un vettore di 64 elementi;

4) Dropout: questo layer funziona essenzialmente selezionando casualmente neuroni non considerati nell'addestramento. Lo scopo di questo layer è quello di migliorare la generalizzazione, infatti costringiamo la rete ad addestrare lo stesso concetto di alto livello sfruttando diversi neuroni. Abbiamo scelto di ignorare il 50% dei neuroni. Chiaramente, siamo consapevoli che sfruttando questo layer potremmo ottenere prestazioni peggiori, ma vogliamo generare un modello meno sensibile alle variazioni dei dati;

5) Dense: l'ultimo layer denso è finalizzato a ridurre il vettore di altezza 64 a un vettore di 2 elementi (cioè le due classi da prevedere).

Inoltre, per dare una sorta di explainability dietro le predizioni di Accurate, proponiamo di visualizzare le mappe di attivazione, con una tecnica di solito considerata per il debug dei modelli di deep learning. Per farlo, ricorriamo all'algoritmo Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM) [5].

Infatti, come dimostrato dalla recente letteratura, sebbene l'apprendimento profondo abbia facilitato una precisione senza precedenti nella classificazione delle immagini, nella rilevazione degli oggetti e nella segmentazione delle immagini, uno dei loro principali problemi è l'interpretabilità del modello, un componente fondamentale nella comprensione e nel debug del modello che attualmente limita l'applicazione di queste tecniche in contesti critici (ad esempio, quello medico).

Di fatto, i modelli di apprendimento profondo sono considerati metodi "black box" e molte volte ricercatori e professionisti non hanno un'idea ragionevole su:

1. dove la rete sta "guardando" nell'immagine di input;
2. quali serie di neuroni sono attivati nel passaggio in avanti durante l'inferenza/previsione;
3. come la rete è arrivata alla sua predizione finale.

Le questioni sopra possono essere riassunte nel seguente interrogativo principale: "come possiamo fidarci delle decisioni di un modello se non siamo in grado di convalidare correttamente come è giunto a queste conclusioni?" È ovviamente cruciale rispondere a questa domanda, con particolare riguardo ai contesti biomedici.

Per questo motivo, sfruttiamo l'algoritmo Grad-CAM per eseguire il debug visuale dei modelli e comprendere correttamente dove la rete sta "guardando" nelle immagini per prevedere la diagnosi. In poche parole, la Grad-CAM utilizza i gradienti che fluiscono nell'ultimo layer convoluzionale per produrre una mappa di localizzazione approssimativa che evidenzia le regioni importanti nell'immagine ai fini della predizione.

Utilizzando la Grad-CAM, è possibile convalidare visivamente dove la rete sta "guardando" quando viene valutata una bioimmagine, verificando che stia effettivamente guardando i pattern corretti nell'immagine e attivandosi intorno a quei pattern.

La Grad-CAM funziona estraendo l'ultimo layer convoluzionale nella rete e quindi esaminando le informazioni sul gradiente che fluiscono in quel layer. L'output della Grad-CAM è una visualizzazione della mappa di calore per una determinata predizione. Usiamo questa mappa di calore per convalidare visivamente il punto della bioimmagine in cui la rete neurale convoluzionale sta "guardando".



### 3.2.1 Timeline

Le attività previste per la progettazione e la realizzazione del sistema ACCURATE sono le seguenti:

- ACC-1.1 → *Analisi dei requisiti*. In questa fase vengono identificati e documentati tutti i requisiti e le specifiche che il sistema dovrà avere. Questo processo aiuta a definire quelle che saranno le funzionalità del sistema ACCURATE e quali saranno i regimi di funzionamento.
- ACC-1.2 → *Scouting delle tecnologie*. In questa fase saranno analizzati tutti i framework e le tecnologie allo stato dell' arte nella Computer Vision, al fine di identificare la tecnologia più adeguata per la realizzazione di ACCURATE. Sarà anche valutato l'hardware sul quale il sistema dovrà essere eseguito.
- ACC-2.1 → *Progettazione*. Partendo dall' elenco dei requisiti funzionali e non funzionali, questa fase sarà dedicata alla progettazione del sistema ACCURATE. Questa fase definite come i requisiti saranno quindi soddisfatti dal software.
- ACC-2.2 → *Implementazione del prototipo*. Sulla base dell' output fornito dalla fase di progettazione, in questa fase saranno sviluppi i requisiti funzionali in maniera prototipale del sistema ACCURATE..
- ACC-3.1 → *Testing e Debugging*. Questa fase è dedicata al test di tutte le funzionalità realizzate nel prototipo del sistema. Inoltre in questa fase eventuali problemi al software prototipale saranno risolti attraverso l'uso di strumenti di Debug.
- ACC-3.2 → *Manutenzione Correttiva*. In questa fase vengono risolti tutti i problemi relativi a bug ma anche relativi ad eventuali problemi di data privacy o di cybersecurity (per esempio data exfiltration) che possono presentarsi in seguito alla fase di Testing e Debugging del sistema.
- ACC-3.3 → *Deployment*. In questa fase il prodotto software ACCURATE viene installato su un server e viene rilasciato per testarne tutte le funzionalità realizzate.

La timeline con cui queste attività verranno realizzate è riportata nella tabella in basso.

| Attività | 2023 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2024 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|          | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ACC-1.1  |      |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■  |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ACC-1.2  |      |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  | ■  | ■  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ACC-2.1  |      |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  | ■  | ■  | ■    | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ACC-2.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   | ■  | ■  | ■  | ■    | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ACC-3.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |    |    |    |
| ACC-3.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ |   |    |    |    |
| ACC-3.3  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   | ■  | ■  | ■  |

### 3.3 – Nice

I progressi nelle tecniche di imaging medico, segmentazione dell'immagine, caratterizzazione dei tessuti e modelli predittivi stanno trasformando in modo significativo il paradigma terapeutico e, allo stesso tempo, facilitando le diagnosi specifiche. NICE, acronimo di Non-Invasive sCrEening è un insieme di metodi innovativi e convenzionali di screening non invasivi per la rilevazione di alterazioni di parametri fisiologici e di misure biomeccaniche. La biomodellazione consente una comprensione più completa delle proprietà meccaniche dei vari componenti dei tessuti e l'uso appropriato di dispositivi medici e impianti. La biomeccanica, infatti, aiuta a fornire un modello preciso di tessuti complessi, migliora la misurazione quantitativa delle proprietà meccaniche, offre assistenza alle applicazioni ingegneristiche e aiuta nella gestione clinica del paziente. NICE ha lo scopo di individuare nuovi markers biomedici per la rilevazione di patologie e di raffinare quelli esistenti, a partire da una rilevazione delle proprietà meccaniche dei tessuti. La biomeccanica, ed in

particolare la meccanica tissutale, sono attualmente considerate dei potenti strumenti di investigazione dell'evoluzione di tessuti e organi verso il mantenimento delle condizioni fisiologiche (omeostasi) o l'allontanamento da esse con conseguente traslazione verso stati patologici. Molto spesso, infatti, l'insorgenza di patologie tumorali, neurodegenerative, ecc. è accompagnata e coadiuvata da uno stato meccanico delle cellule e della matrice extracellulare che compongono tessuti e organi. Per questo motivo, gran parte della comunità bioingegneristica attuale sta rivolgendo la propria attenzione verso questi aspetti che si prospettano promettenti e forieri di nuove metodologie diagnostiche in grado di prevedere l'insorgere e la progressione di malattie in stadi molto precoci.

Il sistema NICE può essere utilizzato per attività di screening di pazienti affetti da diverse patologie. Saranno implementati metodi correlativi di parametri meccanici, termici, o di altra natura ricavati da immagini diagnostiche non invasive eseguite mediante:

- a. UtraSound
- b. Tomografia computerizzata
- c. Risonanza magnetica
- d. Radiografia
- e. Termografia a infrarossi
- f. Sensori biometrici

al fine di implementare modelli biomeccanici in grado di rilevare alterazioni di parametri fisiologici in relazione allo stile di vita. Di seguito sono riportati alcuni esempi:

- a. Modellazione meccanica di retina: follow up su pazienti affetti da patologie alla retina (in particolare, epiretinica e distacco retinico). L'analisi dei movimenti retinici mediante acquisizione di fondi oculari permetterà di porre in relazione, attraverso specifici modelli meccanici, l'evoluzione del tessuto retinico e del suo stato meccanico per ogni singolo paziente. Il modello meccanico permetterà di ottenere degli score meccanici di riferimento che potranno essere utilizzati dall'oftalmologo come parametri quantitativi di valutazione dei pazienti in fase sia pre- che post-operatoria.
- b. Modellazione meccanica di articolazioni complesse: attraverso la ricostruzione da immagini diagnostiche (Radiografie, Risonanze Magnetiche, TC) sarà possibile ricostruire un modello patient-oriented di articolazioni complesse (in particolare, spalla) sia per quanto riguarda i tessuti rigidi che per quelli molli. Tale ricostruzione, permetterà lo sviluppo di modelli meccanici, fisiologici e patologici, che guideranno l'ortopedico sia nella fase diagnostica che in quella terapeutica, compresa la scelta e il dimensionamento di eventuali protesi sostitutive.
- c. Modellazione termica e meccanica di tessuti biologici: la rigenerazione tissutale di una ferita è un fenomeno molto complesso regolato dai processi cellulari e matriciali che intervengono durante esso. Allo stesso modo, lo sviluppo e la progressione di tumori interessano modificazioni e riprogrammazioni a livello di cellule e matrici extracellulari che ne permettono lo sviluppo. La bioingegneria e, in particolare, l'ingegneria dei tessuti studiano questi processi e, soprattutto, le modalità che possono essere utilizzate per controllarli.

Un altro aspetto di NICE è quello di utilizzare dispositivi che possono essere potenzialmente utilizzati per alimentare impianti biomedicali (*Implantable Medical Devices, IMDs*), come pacemaker, neurostimolatori, ecc., oppure dispositivi medicali indossabili (*Wearable Medical Devices, WMDs*) utilizzati per lo screening non invasivo di lunga durata dei parametri fisiologici. Una tecnica è detta Human Energy Harvesting (HEH), ossia il recupero di piccole quantità di energia dalle attività del corpo umano, che altrimenti andrebbero perse, e successiva conversione in energia elettrica per il sostentamento di dispositivi biomedicali. In particolare, lo HEH è ormai oggetto approfondito di ricerca e sviluppo, date le sue peculiarità, proprio per l'IoT ed in previsione futura per l'IoE (*Internet of Everything*), con particolari applicazioni per lo stato di salute delle persone.

Tra le varie fonti energetiche di recupero la più promettente è quella delle vibrazioni indotte dal movimento

umano (arti superiori od inferiori). L'utilizzo dei materiali *smart* offre una più ampia applicazione delle tecniche di HEH per il recupero di energia dalle vibrazioni, in quanto sono assenti parti meccaniche in movimento. Tra i materiali smart più comuni, i materiali magnetostrittivi come il Terfenol-D o il Gafenol, ossia leghe di Ferro della consistenza dell'acciaio, sono risultati i più performanti. Verrà quindi investigato un harvester magnetostrittivo di tipo "cantilever beam" risonante, in grado di convertire vibrazioni meccaniche indotte dal movimento delle persone e che possono essere installate in nuove generazioni di scarpe o orologi "intelligenti", con potenziali valori di potenza nell'ordine del mW. Tali valori sono del tutto compatibili con i sopracitati WMDs per applicazioni di health-monitoring.

### 3.3.1 Timeline

Le attività previste per NICE sono le seguenti:

- NIC-1.1 → *Analisi dello stato dell'arte*. In questa fase verranno identificate e documentate le applicazioni di biomodellazione supportate da tecniche di imaging al fine di delineare lo stato di avanzamento tecnologico ed applicativo.
- NIC-1.2 → *Scouting delle tecnologie*. Verranno analizzati gli apparati hardware e software necessari allo sviluppo del progetto al fine di individuare il sistema di testing da implementare.
- NIC-1.3 → *Analisi dei tessuti*. Verranno valutati sulla base degli obiettivi del progetto e delle macro-caratteristiche dei materiali i tessuti con migliori prospettive di impiego nei test. Sarà anche necessario valutare la catena conservazione-trasporto-trattamenti pre- e post-test.
- NIC-2.1 → *Progettazione del sistema di testing*. Sulla base delle valutazioni sviluppate nei punti precedenti verranno selezionate le attrezzature e gli applicativi necessari alle prove sperimentali.
- NIC-2.2 → *Realizzazione del sistema di prova*. In questa fase verranno materialmente realizzati i test rig prototipali.
- NIC-3.1 → *Testing*. Questa attività prevedrà la realizzazione delle prove sperimentali sui tessuti selezionati.
- NIC-3.2 → *Modellazione*. Questo step consisterà nella implementazione di modelli termici e biomeccanici dei tessuti.
- NIC-3.3 → *Confronto e validazione dei risultati*. In questa fase verranno confrontati risultati sperimentali e simulati al fine di valutarne la corrispondenza ed individuare le feature bio-termo-meccaniche che rilevano la patologia.

| Attività | 2023 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2024 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|          | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| NIC-1.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| NIC-1.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| NIC-1.3  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| NIC-2.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |



“Momi by Evotion”, un prodotto Made & Design in Italy. I dati saranno trasmessi su un cloud dove verranno analizzati ed inviati su un app.

### 3.4.1 Validazione tecnica del dispositivo Momi

Nel periodo compreso tra il 1° e il 31 marzo 2025, è stata condotta una fase di validazione del dispositivo MOMI, comparandolo con un device medico di riferimento. L'obiettivo era verificare l'accuratezza del wearable nella rilevazione dei principali parametri vitali: frequenza cardiaca, saturazione dell'ossigeno e temperatura corporea.

I risultati preliminari hanno evidenziato una buona coincidenza dei valori misurati da MOMI rispetto al dispositivo medico, in particolare per la frequenza cardiaca e la SpO<sub>2</sub>. Questo suggerisce che il sensore ottico del dispositivo risulta già ben tarato per le condizioni standard di utilizzo. Tuttavia, per garantire la piena affidabilità in contesti operativi più variabili, è stato suggerito un piano di miglioramento che prevede test aggiuntivi su soggetti con fototipi differenti, l'ottimizzazione del segnale in condizioni di movimento e la valutazione della stabilità del segnale su periodi prolungati (24–48 ore).

Altri aspetti riguardano il miglioramento della metodologia di assemblaggio per assicurare un contatto stabile tra il sensore e la pelle e la riduzione dell'offset termico nella misurazione della temperatura corporea. Le conclusioni della validazione hanno confermato che il MOMI di Evotion fornisce una qualità di lettura comparabile a quella di un device medico standard, ma anche che esistono margini di ottimizzazione, in particolare attraverso l'implementazione di algoritmi di auto-calibrazione e la personalizzazione in base a diverse condizioni fisiologiche e ambientali.

La prossima fase del progetto prevede il passaggio all'industrializzazione, la taratura avanzata e la distribuzione dei primi 350 dispositivi, con l'obiettivo di estenderne l'applicazione a contesti di testing.

### 3.4.2 Timeline

Le attività previste per MOMI BY EVOTION sono le seguenti:

- MOMI-1.1 → *Analisi dello stato dell'arte*. In questa fase verranno identificate e documentate le applicazioni tecnologiche già esistenti sul mercato.
- MOMI-1.2 → *Scouting delle tecnologie*. Verranno analizzati gli apparati hardware e software necessari allo sviluppo del progetto al fine di individuare il sistema di testing da implementare.
- MOMI-1.3 → *Analisi del design e dei materiali*. Verrà creato un design tailor made per il dispositivo. Sarà fatta un'attenta analisi sui materiali prototipali e successivamente industriali del prodotto.
- MOMI-2.1 → *Sviluppo, progettazione del sistema di testing, realizzazione dei prototipi per la taratura e prima fase di testing*. Sulla base delle valutazioni sviluppate nei punti precedenti verranno selezionate le attrezzature e gli applicativi necessari alle prove sperimentali. Verranno materialmente realizzate le tecnologie prototipali e tarate durante una prima fase di testing per migliorare il prodotto finale che andrà in fase di testing finale.
- MOMI-2.2 → *Migliorie e consegna 350 device*. In questa fase verranno apportate le migliorie emerse durante la fase di taratura e consegnati 350 device.

- MOMI-3.1 → *Testing finale*. Questa attività prevede la realizzazione delle prove sperimentali attraverso la valutazione dello sviluppo grosso-motorio e al monitoraggio dei parametri biometrici.
- MOMI-3.2 → *Confronto e validazione dei risultati*. In questa fase verranno confrontati risultati sperimentali e simulati al fine di valutare l'evoluzione della performance motoria e dei parametri biometrici.

| Attività | 2025 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|          | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| MBE-1.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| MBE-1.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| MBE-1.3  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| MBE-2.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| MBE-2.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| MBE-3.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| MBE-3.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

### 3.5 CARELINK

L'evoluzione tecnologica e la crescente diffusione della Telemedicina stanno favorendo l'uso di sensori e dispositivi indossabili (wearable devices) per tenere sotto controllo parametri vitali e somministrare farmaci.

Assistere i propri pazienti da remoto, prevenendo i rischi di complicazioni, è un sistema di gestione efficiente per la struttura ospedaliera che al contempo può occuparsi in loco della cura dei casi più complessi e dei pazienti non trattabili a distanza.

Questa soluzione permette alla struttura di:

- raggiungere nuovi livelli di efficienza,
- ridurre i rientri di pazienti per complicazioni post-operatorie che possono essere evitate con un monitoraggio più attento,
- dare priorità a nuovi accessi, incrementando quindi la possibilità di salvare più vite e di risolvere più situazioni cliniche a favore della salute nazionale.

In questo ambito esistono progetti e tecnologie già disponibili sul mercato, con un'ampia gamma di tipologie di dispositivi (smartwatch, smart ring, dispositivi impiantabili, etc.) e diversi ambiti di applicazione (ortopedia, oculistica, oncologia, gastroenterologia, etc.).

In questo contesto si inserisce **Carelink**, un progetto ideato e realizzato presso il Dipartimento di Cardiochirurgia dell'ospedale Responsible Research Hospital di Campobasso. Questo progetto di telemedicina ha come obiettivo la realizzazione di una soluzione di teleassistenza e telemonitoraggio progettata per il controllo dei parametri vitali dei pazienti dimessi sottoposti ad intervento di bypass aortocoronarico a cuore battente ed ai loro caregiver. Questi ultimi saranno formati dal personale medico competente della struttura ospedaliera citata, al fine di poter utilizzare correttamente ed al meglio l'app di controllo interfacciata al wearable device del paziente e a valutare i feedback generati dalla lettura dei parametri vitali. Tali messaggi di feedback permetteranno al caregiver, al paziente ed al personale medico di valutare in tempo reale l'andamento del decorso post operatorio, prevenendo problemi incipienti ed evitando al tempo stesso falsi allarmi.

Il progetto si pone come obiettivo la creazione di una soluzione di teleassistenza e telemonitoraggio progettata per il controllo dei parametri vitali destinata ai pazienti sottoposti ad intervento di bypass aortocoronarico a cuore battente ed ai loro caregiver. I dati raccolti tramite strumenti di società terze o tramite inserimento manuale da parte del paziente o del caregiver, vengono aggregati tramite API/web hook e monitorati con automazioni di segnalazione.

L'evoluzione in atto della dinamica demografica e la conseguente modificazione dei bisogni di salute della popolazione, con un incremento del numero di anziani con patologie croniche rendono necessario un rafforzamento di personale in ambito sanitario.

Purtroppo gli studi di settore certificano che nei prossimi anni si andrà incontro ad una progressiva carenza di personale medico e paramedico, già ad oggi insufficiente a soddisfare la domanda di una popolazione in cui l'età media cresce sempre più.

L'innovazione tecnologica può contribuire ad una riorganizzazione dell'assistenza sanitaria trasferendo il fulcro dall'ospedale al territorio, attraverso modelli innovativi incentrati sul cittadino e facilitando l'accesso alle prestazioni sul territorio nazionale.

Il progetto CARELINK si propone come obiettivo quello di migliorare la qualità della vita del paziente nella fase post operatoria ed allo stesso tempo di alleggerire il carico delle strutture sanitarie. Nel caso specifico gli attori coinvolti sono:

- **Assistito:** persona che utilizza i servizi di monitoraggio e le altre funzioni offerte dall'app. Questa persona può o meno fornire dati in modo semiautomatico o manuale per il monitoraggio dei parametri vitali;
- **Caregiver:** persona incaricata di fornire assistenza all'assistito. Questo ruolo può essere svolto anche da un familiare. Il caregiver ha il compito di supervisionare, monitorare e supportare l'assistito nelle attività mediche quotidiane;
- **Azienda ospedaliera:** rappresenta il personale medico della struttura ospedaliera coinvolto nel progetto. Questi esperti possono essere contattati dal caregiver quando necessario, per fornire consulenza medica o assistenza aggiuntiva;
- **Azienda server protetto:** si tratta di un attore terzo che gestisce i dati raccolti dall'app in conformità con le regole del Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR);
- **Attori terzi:** Questi sono soggetti esterni coinvolti nel progetto, come aziende specializzate in tele-monitoraggio e gestione dei dispositivi, fornitori di servizi di telemedicina, medici di altre strutture, e altri attori che possono avere un ruolo nell'ecosistema di supporto all'assistito e al caregiver.

L'attuale modalità di gestione del decorso post operatorio prevede la presenza attiva di solo due degli attori: l'assistito e l'azienda ospedaliera. Il ruolo del caregiver varia a seconda dei casi e va da una presenza costante e attiva ad una sua totale assenza. In questa situazione l'assistito viene sottoposto a visite di controllo periodiche, con una frequenza che va diminuendo nel corso dei mesi successivi all'intervento, e rimane in contatto con la struttura ospedaliera ed il suo personale per segnalare eventuali disturbi o sintomi allarmanti. Data la prevalente impreparazione di assistito e caregiver queste segnalazioni sono di norma prive di alcun valore diagnostico e spesso dettate da una apprensione dovuta al non saperle interpretare.

In questo contesto si inserisce il progetto CARELINK che si concentra su due aspetti fondamentali:

- Fornire uno strumento di monitoraggio che al tempo stesso dia una valutazione di massima del quadro clinico in relazione ai parametri vitali registrati;
- Formare assistito e caregiver nella gestione del decorso post operatorio e nell'utilizzo di tale strumento.

Lo studio clinico sarà di tipo bilaterale e coinvolgerà un totale di 60 soggetti.

In un primo momento saranno osservati 40 pazienti sottoposti a intervento cardiocirurgico di bypass aortocoronarico a cuore battente che in seguito a dimissioni verranno divisi in due gruppi:

- Il primo di 20 pazienti mediante appositi device sarà sottoposto a monitoraggio dei parametri vitali collegati direttamente con l'ospedale;
- Il secondo sempre di 20 pazienti invece sarà soggetto a monitoraggio tradizionale dei parametri vitali post-operatori.

Ci aspettiamo che il sapere di essere monitorati tramite device trasmetta una maggiore sicurezza e tranquillità ai pazienti migliorando la qualità della vita in fase post-operatoria sia dal punto di vista fisico (in quanto questo riduce lo stress fisico dovuto agli spostamenti e alle attese legate a una tradizionale visita ospedaliera) e sia dal punto di vista psicologico (in quanto il paziente inizia ad avere una visione di autogestione della malattia grazie anche alla presenza di figure formate "caregiver").



Nella seconda parte dello studio si confronteranno i 20 pazienti monitorati tramite device in fase post-operatoria con 20 volontari sani per valutare e confrontare i rispettivi parametri di salute e di conseguenza la qualità della vita.

La parte tecnologica del progetto si focalizzerà sulla creazione di un'app ibrida, che avrà la capacità di registrare e analizzare i parametri vitali mediante un device wearable (medical watch), degli assistiti dimessi post intervento di bypass aortocoronarico a cuore battente. L'app dovrà essere in grado di fornire valori accurati e, quando necessario, segnalare situazioni critiche attraverso avvisi e allarmi al caregiver di riferimento, offrendo allo stesso tempo delle indicazioni di base per facilitare una auto lettura semplificata dei dati.

Il progetto si comporrà dei seguenti elementi tecnologici:

- **App mobile per assistiti e caregiver:** un'app ibrida progettata per assistiti e caregiver, compatibile con i sistemi operativi iOS e Android. Gli utenti riceveranno le credenziali di accesso dalla struttura Ospedaliera. Successivamente, gli utenti potranno configurare il proprio account, registrare dati, monitorare i parametri nel corso del tempo e ricevere avvisi e consigli relativi alla salute dell'assistito;
- **Wearable device per assistiti:** un dispositivo di rilevamento e registrazione automatica dei parametri vitali dell'assistito. Tali dati saranno acquisiti in tempo reale dall' App mobile;
- **Pannello admin per la struttura Ospedaliera:** un'interfaccia online e user-friendly attraverso la quale i medici ed il personale della struttura potranno gestire l'interazione con il sistema. Questo pannello gli consentirà di creare gli account per gli assistiti e i caregiver, e visualizzare e gestire gli indicatori chiave di prestazione (KPI) in modo efficiente e centralizzato. La gestione del pannello admin avverrà esclusivamente attraverso postazioni dedicate composte da una Dashboard e un Pc. Tali postazioni saranno inoltre utilizzate per le operazioni di teleassistenza all'assistito.

Sono state identificate diverse tipologie di dati in base al tipo di dispositivo utilizzato e alla relazione tra l'assistito o il caregiver e il dispositivo stesso:

- **Dati automatici:** questi dati verranno raccolti automaticamente da un dispositivo senza la necessità di interventi manuali;
- **Dati semiautomatici:** questi dati vengono raccolti da dispositivi, ma richiedono una partecipazione manuale da parte dell'utente;
- **Dati manuali:** questi dati vengono inseriti nell'applicazione manualmente dall'assistito o dal caregiver;
- **Dati elaborati:** questi dati sono risultato di elaborazioni basate su altri dati raccolti. Vengono generati dal sistema a partire dai dati primari.

Queste definizioni aiutano a classificare e comprendere come i dati vengono raccolti, registrati e utilizzati nel contesto dell'applicazione di monitoraggio dei parametri vitali.

L'app registrerà sei parametri chiave: la pressione arteriosa, la saturazione dell'ossigeno, la temperatura corporea, la frequenza cardiaca, le urine e il livello di dolore.

Quando l'app rileverà dati considerati anomali o fuori dai parametri stabiliti dall'equipe medica della struttura ospedaliera, invierà un avviso sia al caregiver che all'assistito, fornendo consigli pratici.

Quando il caregiver riceve un alert legato a soglie o parametri anomali, l'app fornirà indicazioni di contatto per facilitare il processo di consulto medico specializzato in teleassistenza o in presenza a seconda della gravità del quadro clinico.

Inoltre, al fine di non avere esclusivamente aggiornamenti solo sullo stato corrente della salute del paziente, saranno anche implementati dei modelli, appositamente addestrati dai ricercatori dell'Università degli Studi del Molise, facenti uso di IA al fine di predire situazioni di (eventuale) anomalia. Infatti, i modelli di AI implementati saranno in grado di analizzare i dati storici dei pazienti, oltre a quelli attuali, per identificare correlazioni che potrebbero predire eventi futuri, come crisi ipertensive o altre problematiche cardiache. Inoltre, i modelli potranno aiutare a personalizzare i piani di trattamento in base alle risposte individuali dei pazienti e adattarli dinamicamente in risposta ai cambiamenti nei dati vitali acquisiti.

Il progetto è concepito come un processo progressivo, in grado di integrare gradualmente un numero crescente di dispositivi e rilevazioni, in linea con le mutevoli esigenze del mercato e della struttura Ospedaliera.

### 3.5.1 Timeline

Le attività previste per la progettazione e realizzazione del sistema CARELINK sono le seguenti:

- CL-1 → *Analisi dei requisiti*. Verranno identificati e documentati tutti i requisiti e le specifiche mediche e tecnologiche del progetto. Questi elementi saranno il punto di partenza per delineare un modello di interazione tra gli attori e le tecnologie coinvolte.
- CL-2 → *Valutazione delle tecnologie*. Individuazione dei dispositivi medici wearable disponibili sul mercato e delle loro caratteristiche tecniche. Catalogazione delle API rese disponibili dai dispositivi e progettazione del layer di comunicazione con l'app.
- CL-3 → *Progettazione dell'App*. Si procederà attraverso le varie fasi di progettazione dell'app:
  - definizione dei requisiti;
  - analisi funzionale per identificare la tecnologia più adatta allo sviluppo;
  - elaborazione di flussi di navigazione ed esperienza;
  - definizione del design e di tutti gli aspetti di UX (user experience) e UI (interfaccia);
  - prototipazione rapida;
  - sviluppo dell'app stessa.
- CL-4 → *Screening dei candidati per lo studio clinico*. Verranno individuati i pazienti ed i loro caregiver che meglio rispondano ai requisiti dello studio clinico e del progetto.
- CL-5 → *Testing dell'infrastruttura tecnologica*. Verranno testate tutte le componenti dell'infrastruttura tecnologica ed il loro corretto interfacciamento.
- CL-6 → *Formazione degli attori coinvolti*. Verranno formati sia il personale medico ed ospedaliero che i caregiver per l'utilizzo degli strumenti e per il corretto svolgimento dello studio clinico.
- CL-7 → *Studio clinico*. Verrà eseguito uno studio clinico di tipo bilaterale su un campione di pazienti e volontari.
- CL-8 → *Valutazione dei risultati dello studio*. Si procederà infine alla raccolta e valutazione dei dati al fine di redigere dei paper da sottoporre alla pubblicazione scientifica.

| Attività | 2023 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2024 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|          | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| CL-1     |      |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| CL-2     |      |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| CL-3     |      |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■  | ■  | ■    | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| CL-4     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ■    | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| CL-5     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ■    | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| CL-6     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |    |    |    |
| CL-7     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  |    |    |
| CL-8     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    | ■  | ■  |

### 3.6 Piattaforma integrata di telemedicina per la medicina e lo sport

La telemedicina rappresenta un’innovativa opportunità di intervenire in favore sia dei pazienti che dei professionisti, determinante nella prevenzione, la diagnosi, la prescrizione, la capacità di governo multifunzionale, il monitoraggio clinico ed è aperta alla collaborazione professionale multidisciplinare (*dal medico, al dietologo, allo sportivo*), in linea con future prospettive nazionali e regionali.

La piattaforma che consentirà di svolgere i servizi di telemedicina dovrà essere completamente integrata alle indicazioni ed ai protocolli nazionali, ai sistemi che metterà, eventualmente, a disposizione la Regione e a quelli già in uso presso l’IRCCS Neuromed, come ad esempio la Cartella Clinica digitalizzata e il Fascicolo sanitario elettronico nonché l’attivazione di sistemi integrati di Intelligenza Artificiale. L’implementazione della piattaforma di telemedicina consentirà lo svolgimento di periodiche consulenze telematiche tra clinico, consulente sportivo e paziente nell’ambito della teleassistenza, permetterà di seguire il follow up dei pazienti nell’ambito della teleriabilitazione, con percentuali di successo molto più elevate rispetto alle condizioni attuali, consentirà il teleconsulto tra diversi specialisti posti in aree differenti, la predizione di determinate patologie attraverso l’analisi dei dati raccolti ed integrati con la cartella clinica informatizzata. Inoltre, consentirà in maniera semplificata il coinvolgimento di altri professionisti, tra cui esperti di medicina dell’attività fisica ed esperti di dietologia e nutrizione, allo scopo di una migliore gestione del paziente e di un perfezionamento dei trattamenti, in coerenza con gli attori coinvolti.

Nel corso dello sviluppo dell’idea progettuale e dei momenti di confronto e di affinamento, si è giunti alla conclusione di attivare un sistema di componenti il più possibile integrato e riconducibile ad unitarietà spaziale e funzionale, per questo il progetto diviene unitario, diviso in due Lotti funzionali A e B, di cui il lotto A è articolato in 6 sub componenti tutte strettamente integrate, mentre il Lotto B che presenta una specifica singolarità in riferimento al target dei bambini da 2 a 5 anni.

In dettaglio, la piattaforma, nella sua interezza (**LOTTO 1**) include 6 componenti:

**Componente 1A:** Modulo di Tele-riabilitazione;

**Componente 1B:** Modulo Fascicolo Sanitario Individuale (FSI) integrato con gli altri componenti;

**Componente 1C:** Modulo Antropometrico digitale robotizzato per scansioni corporee 3D e assistente digitale a guida autonoma, integrato con gli altri sistemi;

**Componente 1D:** Modulo caratterizzato da Indumenti Biomedici Intelligenti (IBI) integrati con gli altri sistemi;

**Componente 1E:** Dispositivo Sensoristico di monitoraggio a distanza;

**Componente 1F:** Modulo di Intelligenza Artificiale di bordo sincronizzata con tutti i sistemi costituenti il prodotto finale.

**Componente 1A:** sistema di tele-riabilitazione costituito da una piattaforma di telemedicina che permetta di erogare servizi di riabilitazione a distanza e/o di video consulto e/o di tele assistenza. La soluzione deve essere basata sul sistema della tele-medicina, permettere agli operatori di gestire l'intero processo di cure (dalla presa in carico alla SDO) attraverso un gestionale che mette al centro il paziente (approccio olistico) consentendo un'interazione unitaria, veloce ed efficace, utile a tutte le figure cliniche e sanitarie coinvolte nel programma di cure, nel totale rispetto della legislazione in materia e di tutte le direttive che il Ministero della Salute indica come condizioni irrinunciabili e/o obbligatorie per la protezione dei dati sensibili e il riconoscimento delle prestazioni sanitarie rimborsate da remoto. **La soluzione deve essere integrata con gli altri componenti afferenti alla gara e deve costituire una struttura fondamentale che consente a tutti i moduli di funzionare in modo sincronizzato.** Il sistema deve essere considerato "duale", ovvero in grado di essere adoperato sia in forma assistenziale a distanza presso la casa dell'utente che presso la clinica direttamente dentro le strutture centrali in cui si svolgono abitualmente le attività di cura e riabilitazione. L'offerta è per una soluzione tecnologica a supporto della riabilitazione motoria e cognitiva.

Il software gestionale dovrà essere web based, accessibile a tutti i professionisti autorizzati attraverso qualunque dispositivo connesso a Internet, **senza vincoli di sistema operativo.** Dovrà permettere la gestione degli appuntamenti tramite agenda condivisa, la pianificazione delle sessioni di terapia, l'accesso al database pazienti al fine di poter consultare le schede cliniche, avviare sessioni di tele-riabilitazione, tele-visita e/o tele-consulto.

**Componente 1B: Modulo Fascicolo Sanitario Individuale integrato con gli altri componenti.**

La realizzazione di un sistema di monitoraggio remoto di pazienti necessita della integrazione di componenti tecnologiche differenti, relative agli aspetti di acquisizione dei segnali che descrivono l'andamento nel tempo di parametri biologici di interesse sanitario per la valutazione dello stato di salute del paziente, agli aspetti di comunicazione e trasferimento dati nonché agli aspetti di affidabilità, riservatezza e sicurezza del sistema, intese sia come efficacia di utilizzo che come capacità di preservare l'integrità e confidenzialità dei dati trasferiti, sensibili dal punto di vista della privacy degli utenti coinvolti secondo la normativa vigente. L'obiettivo di questa fornitura è dato dalla realizzazione di un sistema di raccolta dei dati provenienti da Dispositivi Medici e apparati biometrici e biomedici in modo stabile, continuativo e affidabile al fine di garantire il monitoraggio remoto dei pazienti avvalendosi di apparecchiature di tele-monitoraggio. L'architettura logica della soluzione deve prevedere alcune funzioni, di seguito descritte.

L'integrazione con il Sistema di Cartella Clinica informatizzata. Il Sistema deve contenere le informazioni del paziente e fungere da collettore centralizzato delle informazioni. Il Sistema deve garantire la raccolta della documentazione medica di un paziente tutte le volte che sia necessario acquisire dati su di esso. Le informazioni personali del paziente devono includere dettagli quali storia clinica, diagnosi applicabili, trattamenti terapeutici in corso e tutte le notizie a contenuto diagnostico e clinico (diario clinico). Il Sistema deve prevedere la memorizzazione di tutti i dati sanitari auto-riportati e auto-registrati, registrazione dei parametri vitali, con dispositivi personali, dati nutrizionali etc.. Il Sistema deve prevedere la raccolta dei dati provenienti da Dispositivi Medici, consentire la gestione remota ed informatizzata e:

- o valutare la condizione in cui può trovarsi un soggetto a partire dalla gestione anamnestica;
- o prendere le opportune decisioni in relazione ai dati rilevati dai dispositivi;
- o gestire il monitoraggio da remoto;
- o gestire il follow-up del paziente.

Sistema di Repository. Il Sistema deve consentire l'archiviazione dei referti e tutta la documentazione digitale prodotta mediante la piattaforma di carico.

L'obiettivo è realizzare una piattaforma scalabile e accessibile via Web, attraverso una semplice connessione Internet, agli utenti del sistema. Per utenti si intendono tutti gli utilizzatori che, a seconda dei singoli casi, potranno accedere ai servizi. I servizi offerti dovranno garantire, quindi, l'accesso agli utenti mediante un adeguato sistema di profilazione. La piattaforma informatica dovrà essere sviluppata garantendo elevati standard di sicurezza e portabilità tra i diversi ambienti operativi.

I servizi che la piattaforma deve garantire devono essere finalizzati per la gestione del controllo a distanza dello stato di salute dell'utente che, in maniera del tutto automatica, garantiranno un'assistenza remota volta ad assicurare il check-up continuativo e la prevenzione di possibili emergenze. Il servizio si basa sull'utilizzo di dispositivi medici da assegnare all'utente, per la misurazione di determinati parametri vitali che saranno inviati al sistema centrale e quindi monitorati per rilevare eventuali situazioni anomale o di allarme.

La piattaforma software centralizzata deve essere in grado di acquisire per via telematica i dati biomedici provenienti dai dispositivi forniti in dotazione ai pazienti, attraverso un processo semplice ed immediato, tale da non richiedere particolari abilità tecniche.

**Componente 1C:** Modulo Antropometrico digitale robotizzato per scansioni corporee 3D e assistente digitale a guida autonoma in lingua italiana, integrato con gli altri sistemi. Il sistema di cattura ed analisi antropometrica digitale 3D deve essere in grado di fornire ampia flessibilità nella valutazione delle caratteristiche funzionali della spalla, del tronco e degli arti; deve utilizzare un sistema di Intelligenza artificiale che snellisca il compito degli operatori che adoperano il modulo, ovvero i dati raccolti devono poter essere inviati ad una intelligenza artificiale, che conceda spazio e tempo all'acquirente di poter avere un discreto vantaggio operativo per almeno 24 mesi dalla consegna. L'obiettivo principale è fornire soluzioni digitali 3D/4D per l'analisi della postura e del movimento in modo rapido in non più di 5 minuti di acquisizione ed inoltre deve essere estremamente preciso. Per la connessione con l'intelligenza artificiale, il modulo deve essere integrato (API) con gli altri moduli e componenti caratterizzanti l'intero sistema (Lotto A).

Il sistema deve fornire dati esemplificativi e comprensibili in un linguaggio elementare. Il modulo deve essere progettato specificamente per i campi soprattutto della medicina nutrizionale e collegata allo sport. Il modulo integrato con gli altri componenti del lotto di fornitura deve offrire una maggiore precisione di quella offerta tradizionalmente dalle apparecchiature per la rilevazione BIA (Bioimpedenziometrica) e più indicatori di misurazione per un'analisi dei dati più precisa e accurata possibile ed una valutazione corporea estremamente completa. Il sistema deve poter essere adoperato direttamente dall'utente finale perché guidata da un assistente digitale robotizzato a guida autonoma, ampiamente applicabile in tutti gli ambienti sanitari e non. Il modulo si deve integrare perfettamente con il software applicativo medico.

Il sistema antropometrico deve poter anche fornire consigli su esercizi e nutrizione in modo comprensibile. Il modulo non deve prevedere costi aggiuntivi, al di fuori di quanto offerto. Nessun aggiornamento SW deve essere a pagamento, nessun updating sw-gestionale deve essere a pagamento (tranne che quando la release sw tratta una nuova general purpose), eventuali API devono essere gratuite e di facile reperimento.

Inoltre il dispositivo antropometrico deve essere in grado di fornire programmi di fitness e riabilitazione personalizzati e completi, offrendo agli utenti un'esperienza di servizio migliore. Il sistema deve utilizzare telecamere di profondità ad elevato fattore tecnologico per accoppiamento stereoscopico. I device in questione devono utilizzarne le TVC per riconoscere i gesti dell'utente, avviare le procedure di acquisizione, ovvero il robot deve essere in grado di rilevare i gesti del paziente e selezionare di conseguenza le funzioni uomo-macchina in modo autonomo e assistito, rendendo alquanto umanizzata l'attività di interazione tra uomo e macchina, evitando che l'utente affronti una macchina fredda. Il dispositivo antropometrico deve fornire differenti soluzioni di visualizzazione dei report e dei record acquisiti di tutti i test eseguiti nel tempo, il sistema deve offrire la possibilità di interoperare a distanza da una dashboard di interazione tra operatore sanitario e dati raccolti. Inoltre il sistema essendo anche un analizzatore di composizione corporea ed un sistema di rilevazione di avatar 3D (per la realizzazione di Digital Twin stampabili in 3D).

**Componente 1D: Modulo Indumenti Biomedici Intelligenti (IBI) integrati con gli altri sistemi.**

Gli Indumenti Intelligenti Biomedici Indossabili devono essere costituiti da nano-reticolati intrecciati nel tessuto atti a formare un'architettura sensorizzata ed interattiva. Gli indumenti biomedici intelligenti indossabili rendono più realistica possibile la misurazione dei parametri vitali degli individui interessati alla

medicina personalizzata ed alle cure di precisione e danno agli utenti la possibilità di interagire a basso costo con i sistemi tecnologici in uso, in modo più intuitivo e naturale, basato anche sulla gestualità.

Gli Indumenti Biomedici Intelligenti sono provvisti di una combinazione di componenti microelettronici flessibili integrati nel tessuto reticolare, o alternativamente in cui il reticolato stratificato forma direttamente componenti elettronici e sensori, o ancora realizzati con fibre o tessuti reticolari provvisti di elementi biologici, che formano direttamente componenti elettronici e sensori intelligenti (PCB e Sensori tessili), in modo che i sensori possano percepire i cambiamenti nell'ambiente esterno, per monitorare la temperatura del corpo umano, il ritmo cardiaco e altri dati, elaborare le informazioni, formulare giudizi ed emettere istruzioni, cambiare lo stato iniziale del materiale, attraverso il conducente per adattarsi al mondo esterno in modo da ottenere l'autodiagnosi, l'autoregolazione, l'auto-riparazione e altre funzioni.

### **Componente 1E: Dispositivo sensoristico di monitoraggio a distanza**

L'offerta complementare di arricchimento è costituita da un device biometrico capace di registrare parametri vitali individualmente in tempo reale e per una durata di almeno 24 ore, in modo continuativo, attraverso un sensore (dispositivo di telemonitoraggio) di semplice applicazione, in grado di attivare un sistema telemetrico di dati.

Il sistema dovrà essere collegato in wireless ad uno smartphone e ad un sistema informatico per inviare i diversi parametri.

Il sistema, costituito da almeno 50 dispositivi dovrà essere in grado di rilevare:

Tracciato ECG,

Battito Cardiaco,

Ossigenazione Sanguigna,

Pressione arteriosa derivata,

Temperatura Corporea,

Bioimpedenziometria (Sudorazione),

Livello di Glucosio nel sangue e Respirazione, oltre che parametri fisici come

Accelerazioni laterali,

Rotazioni improvvise,

variazioni di altezza ecc. e garantire quindi uno straordinario livello di conoscenza per la mobilità e la pratica sportiva.

A completamento delle informazioni acquisite dovrà poter essere disponibile un insieme di indici funzionali importanti, quali: stress, recupero prestazionale, consumo energetico.

**Componente 1F:** Modulo di Intelligenza Artificiale di bordo sincronizzata con tutti i sistemi costituenti il prodotto finale.

Una nuova modalità di erogazione del servizio di assistenza sanitaria e di medicina sportiva che si concretizza attraverso un sistema e mezzi specifici di raccolta ed elaborazione dati, afferenti ad una piattaforma informatizzata di valutazione, comprendente dispositivi sensoriali di monitoraggio, per la personalizzazione del trattamento sul paziente/fruitori. Il Sistema ed i mezzi sono sviluppati per ottenere un servizio personalizzato di monitoraggio e valutazione, nella sanità e nelle attività sportive tramite un servizio di intelligenza artificiale attivabile nei prodotti costituenti l'intero lotto di fornitura.

E' richiesto un sistema che integri differenti metodi di machine learning e Deep Learning e coniugati a sistemi di BDP (Big Data Platform) correttamente abbinati e sincronizzati ad una piattaforma informatizzata (FSI) che implementa i risultati delle attività e atta a consentire l'analisi e la diagnostica dello stato di salute del paziente o dello sportivo, in tempo reale, a partire da una serie di dati raccolti da indumenti indossabili che, inglobando al loro interno opportune tipologie di sensori e attuatori (*smart materials*), sono in grado di monitorare l'ambiente fisico operativo e raccogliere ed interpretare le informazioni, individualizzate e personalizzate, attraverso un centro di elaborazione dati per poi rispondere ai cambiamenti in modo appropriato attraverso opportuni attuatori. L'utente, interagendo con il modulo Patient Centric

Environment, abilita l'acquisizione delle necessarie rilevazioni su cui sono basati i processi di data mining eseguiti sulla Big Data Platform. Quest'ultima sarà preposta all'estrazione della conoscenza semantica ed all'individuazione di specifiche regole mediante l'elaborazione dei dati provenienti dalle banche dati biomediche e dai feedback ricevuti mediante la fruizione del contenuto. In aggiunta, i risultati dei processi di inferenza, condotti mediante modelli basati su Machine/Deep learning, consentono l'erogazione di specifici servizi e la corrispondente fruizione da parte degli utenti. Le tecniche della intelligenza artificiale I.A. applicate in questa soluzione, sono atte a perseguire significativi miglioramenti nella condizione dell'atleta e del paziente, nella prevenzione degli infortuni e nella insorgenza di patologie legate allo stile di corsa ed allo sforzo necessario/impiegato, ed in grado di fornire suggerimenti su come migliorare il gesto atletico ed il benessere complessivo dell'atleta e del paziente.

**LOTTO 2**, relativo ad uno smart wearable che nasce per bambini 2-5 anni in grado di monitorare diversi parametri biometrici.

**Componente 2A.** Dispositivi indossabili (braccialetto unico device) con brevetto e protocollo di utilità in Italia per monitorare tutti i parametri relativi alla fascia dei bambini, di seguito dettagliati:

capacità di monitoraggio dei parametri:

- temperatura,
- frequenza cardiaca,
- saturazione dell'ossigeno,
- accelerometro integrato,
- respirazione;

connessione via bluetooth e Wi-Fi;

caricatore a induzione;

gestione attraverso app, UX e UI baby friendly, visualizzazione di grafici con storico dei parametri, GDPR compliant;

notifica push in caso di parametri cardiorespiratori fuori range, monitoraggio dei parametri biometrici primari;

capacità di conservare lo storico dei dati relativi alla salute dei bambini in apposito spazio cloud;

target bambini 2-5 anni;

dispositivi ipoallergenici, resistenti ai getti d'acqua, materiali certificati;

servizi di sviluppo e gestione finalizzati al raggiungimento del progetto sopracitato.

L'obiettivo è di offrire anche un'opportunità di esperienze ludico-motorie tali da permettere al bambino di scoprire e potenziare il movimento nelle sue varie forme e di utilizzare il movimento per conquistare altre forme di apprendimento ed avvicinarsi allo sport.

### 3.6.1 Timeline

LOTTO 1 (Piattaforma PIT)

- PIT-1 → *Sviluppo e progettazione architettura complessiva*. Definizione della piattaforma, dei devices, dei raccordi. 1-13
- PIT-2 → *definizione caratteristiche prestazionali dei 6 componenti integrati e protocolli di relazione*. Valutazioni di mercato e raccolta stato dell'arte. Dettagli operativi 14-17
- PIT-3 → *Implementazione della piattaforma e dei devices integrati*. Acquisizione e personalizzazione forniture. 18-23
- PIT-3.1 → *Testing*. Verifica sistema integrato. 20-22
- PIT-3.2 → *Analisi ed elaborazione dati*. Verifica dati raccolti e validazione device. 21-23
- PIT-4 → *Applicazioni pazienti e cure*. Valutazione data base ed applicazioni AI per definizione algoritmi predittivi e di prevenzione. 20-24

LOTTO 2 (Dispositivi indossabili DI)

- DI-1 → *Sviluppo e progettazione*. Definizione dei devices. 1-13
- DI-2 → *affinamento caratteristiche prestazionali*. Valutazioni di mercato. Dettagli operativi 14-17
- DI-3 → *Testing*. Verifica sistema integrato. 20-22

- DI-4 → Applicazioni fruitori. Applicazioni operative. 20-24

| Attività | 2023 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2024 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|          | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| PIT-1    | ■    | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■  | ■  | ■    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| PIT-2    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |    |    |    |
| PIT-3    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■  | ■  |
| PIT-3.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ |    |    |    |
| PIT-3.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  | ■  | ■  |
| PIT-4    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  | ■  | ■  |
| DI-1     | ■    | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■  | ■  | ■  | ■    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| DI-2     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |    |    |    |
| DI-3     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ |   |    |    |    |
| DI-4     |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  | ■  | ■  |

### 3.7 BenEssere Tenace

Nel corso degli anni il tema dell'alimentazione ha assunto un ruolo sempre più centrale nell'ambito dei temi fondamentali per lo sviluppo di una società sana e quale componente fondamentale nella prevenzione e cura di diverse malattie, molte delle quali a carattere cronico. Di contro, lo stile di vita sempre più frenetico e sempre meno regolare che sta caratterizzando la nostra società tende a favorire un'alimentazione sregolata, costituita per lo più di cibi pronti o da semilavorati raffinati che permettano una preparazione ed un consumo rapido delle pietanze.

Dalla contrapposizione di questi due aspetti emerge evidente la necessità per ciascuno di acquisire una corretta educazione alimentare. Ciò vale in particolare per i bambini in giovane e giovanissima età, essendo questa, come ben sappiamo, la fase della vita nella quale si assimilano quelle abitudini e quei meccanismi mentali che accompagnano l'individuo durante tutta la sua esistenza.

Evotion è una PMI Innovativa molisana che si occupa di design, sviluppo e commercializzazione di sistemi hardware e software per il monitoraggio di Health Data attraverso la raccolta, l'elaborazione e l'analisi dei dati.

La Molisana è uno storico pastificio italiano che da quattro generazioni produce pasta di grano italiano e semole di alta qualità, sicurezza alimentare e tenacità certificata fortemente radicata nel territorio e vicina alla comunità

L'unione di due società è spesso motivata da una convergenza di obiettivi e valori comuni. Nel caso specifico di Evotion e La Molisana, l'interazione, nata grazie a un forte legame col territorio molisano, è stato rafforzato dalla volontà di mettere la propria expertise a disposizione del miglioramento del benessere e della salute dei propri conterranei con particolare riferimento ai bambini e alle loro famiglie. Se a quanto detto vi si aggiunge la centralità dell'innovazione nello sviluppo aziendale e la consapevolezza di entrambe della situazione critica riguardante l'obesità nel territorio del Molise (35,5% popolazione in sovrappeso e 15,3% presenta casi di obesità, fonte ISS) se ne comprende la forte intenzione di cooperare sinergicamente.

Entrambe le società hanno riconosciuto la necessità di agire direttamente al fianco delle famiglie al fine di affrontare più efficacemente questa sfida e hanno trovato un terreno fertile per la



collaborazione. La missione condivisa, incentrata sui valori territoriali e salutistici, ha reso naturale il loro impegno congiunto. Il progetto pilota, nato dalla fusione delle loro competenze e risorse, mira a garantire una maggiore attenzione al territorio grazie anche a un cambiamento della percezione delle madri sullo stato generale dei bambini e a promuovere uno stile di vita salutare fin dalla giovane età, formando le nuove generazioni e provando ad arginare il problema dell'obesità. Se i risultati del pilota saranno soddisfacenti, ci sarà la possibilità di estendere l'iniziativa sia aumentando i contenuti e i servizi integrati nella piattaforma sia geograficamente a livello nazionale (33% popolazione in sovrappeso e 10% presenta casi di obesità, *fonte ISS*), offrendo un contributo significativo alla prevenzione e al benessere delle future generazioni italiane.

L'obiettivo del progetto è di contribuire positivamente all'alimentazione dei bambini, promuovendo abitudini alimentari che favoriscano il benessere e la crescita sin dalla loro giovane età. Questo obiettivo risponde alla necessità di affrontare il problema dell'obesità infantile, partendo dal Molise, offrendo soluzioni di facile gestione nella vita quotidiana, pratiche e sostenibili.

In questo use case, La Molisana ed Evotion, intendono sviluppare un software, integrato a un dispositivo wearable, attualmente in fase di validazione e ottimizzazione presales, che supporti i genitori nell'educazione alimentare dei bambini, con particolare attenzione alla fascia di età compresa tra i 4 e i 6 anni; tale fascia risulta infatti quella critica in riferimento al problema dell'obesità infantile (*l'obesità è una sfida sanitaria globale in crescita, come evidenziato nel report "The Economic Impact of Overweight & Obesity in 2020 and 2060" della World Obesity Federation e RTI Internatioinal*).

Il progetto si articolerà attraverso l'implementazione di un'applicazione mobile innovativa e facile da usare, progettata per fornire un supporto prezioso all'educazione alimentare dei bambini e dei loro genitori. Questa app avrà un'interfaccia intuitiva che renderà l'apprendimento divertente e coinvolgente per i bambini, mentre fornirà informazioni chiare e utili per i genitori.

Un elemento che potrà differenziare il progetto sarà l'integrazione di un bracciale dotato di sensori biometrici certificati CE per garantire la sicurezza e l'accuratezza delle misurazioni. Questo smart wearable, che non utilizzerà radioattività e userà solo Bluetooth low energy, monitorerà i principali parametri biometrici dei bambini, consentendo una valutazione del loro stato di salute.

Per garantire la sicurezza e l'igiene, il bracciale sarà realizzato con materiali plastici certificati.

I dati raccolti saranno gestiti in modo sicuro e conforme al Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR), garantendo la privacy e la protezione delle informazioni personali dei bambini e delle loro famiglie. I dati verranno utilizzati non solo per monitorare lo stato di salute dei bambini, ma anche per scopi di ricerca, consentendo agli esperti di analizzare le tendenze e identificare eventuali aree di intervento aggiuntive.

La piattaforma software permetterà ai genitori di registrare i cibi assunti dai bambini nel corso della giornata ed ottenere indicazioni chiare ed immediate in merito all'apporto delle principali categorie di nutrienti, mentre il dispositivo hardware consentirà di monitorare quantitativamente i principali parametri biometrici (e.g. frequenza cardiaca, saturazione dell'ossigeno, temperatura, etc.).

Le informazioni elargite, riferite al carente o eccessivo apporto per ciascuna delle categorie di nutrienti, saranno definite a partire da tabelle di riferimento specifiche per l'età del singolo individuo e basate su dati nutrizionali specifici.

Fermo restando l'obiettivo principale del progetto, in considerazione della cultura tipica del nostro Paese, della ricchezza e varietà di prodotti dei nostri territori, l'impostazione e le informazioni fornite dal software avranno anche lo scopo di:

- valorizzare le specificità del territorio;
- incentivare il consumo di prodotti locali e di alta qualità;
- offrire spunti e suggerimenti per un'alimentazione certamente sana, ma anche piacevole e soddisfacente da un punto di vista culinario.

Avendo ben noti i punti di forza e di debolezza delle soluzioni tecnologiche esistenti in quest'ambito, particolare cura sarà dedicata all'ergonomia dell'interfaccia e alla semplicità di utilizzo, progettando funzionalità e grafiche che risultino intuitive, rapide ed efficaci.

Essendo il software orientato all'utilizzo tramite dispositivi mobili e in particolar modo tramite smartphone, sarà posta la massima cura nel realizzare interfacce strutturate come "percorsi guidati" per la compilazione dei dati di alimentazione.

Durante la sperimentazione si proverà a matchare al meglio i dati raccolti dal software e dall'hardware, cercando di fornire un report unico nel suo genere visto che ad oggi non esistono soluzioni che mettano insieme tali dati in una piattaforma di facile interrogazione in questa nicchia di mercato.

La finalità del progetto sarà quella di condurre uno studio comparativo tra due gruppi di bambini, al fine di evidenziare le differenze nei risultati ottenuti tra coloro che hanno ricevuto supporto e coloro che non lo hanno ricevuto. Questo studio permetterà di valutare l'efficacia delle strategie educative e degli strumenti messi a disposizione dall'applicazione e dal bracciale biometrico nell'influenzare positivamente le abitudini alimentari e lo stile di vita dei bambini.

Attraverso l'analisi dei dati raccolti dai bracciali biometrici e dalle interazioni con l'applicazione, sarà possibile confrontare i due gruppi sotto diversi aspetti, come l'andamento dei parametri biometrici, le abitudini alimentari, l'attività fisica e altri indicatori di salute e benessere. Questo confronto permetterà di valutare se l'intervento ha portato a miglioramenti significativi rispetto al gruppo di controllo.

I risultati dello studio comparativo saranno utilizzati per valutare l'efficacia del progetto e identificare eventuali aree di miglioramento o aggiustamenti necessari nelle strategie educative e nell'implementazione dell'applicazione e del bracciale biometrico. Inoltre, forniranno una base empirica per eventuali interventi futuri e per l'estensione del progetto ad altre comunità e contesti. L'obiettivo finale è quello di fornire evidenze scientifiche solide sull'efficacia delle iniziative promosse dal progetto nell'affrontare il problema dell'obesità infantile e nell'educare i bambini e le loro famiglie a uno stile di vita più sano e consapevole.

## **POTENZIALI PARTECIPANTI ALLO STUDIO**

Fasce di età: dai 4 ai 6 anni\*  
Bambini in totale: 50\*

## **TIMELINE**

Le attività previste per il progetto *BenEssere Tenace* sono le seguenti:

- **ELM-1.1 → *Analisi dello stato dell'arte.*** In questa fase verranno identificate e documentate le applicazioni tecnologiche già esistenti sul mercato.

- **ELM-1.2 → *Scouting delle tecnologie***. Verranno analizzati gli apparati hardware e software necessari allo sviluppo del progetto al fine di individuare il sistema di testing da implementare.
- **ELM-2.1 → *Integrazione della app esistente***. Sulla base delle valutazioni sviluppate nei punti precedenti verranno selezionate le attrezzature e gli applicativi necessari alle prove sperimentali, valutando la combinazione della piattaforma software e del dispositivo hardware.
- **ELM-2.2 → *Realizzazione della piattaforma beta***. In questa fase verrà sviluppata la tecnologia software necessaria. Verranno rilasciate le funzionalità principali: realizzazione e messa in opera dell'infrastruttura tecnologica; realizzazione e popolazione del database; realizzazione moduli applicativi e interfacce. Successivamente verranno rilasciate ricette personali con realizzazione di moduli applicativi e interfacce.
- **ELM-3.1 → *Testing***. Questa attività prevede la realizzazione delle prove sperimentali attraverso la registrazione dei cibi assunti dai bambini nel corso della giornata, mentre il dispositivo hardware consentirà di monitorare i principali parametri biometrici. Ulteriore sviluppo della app e rilascio funzionalità di "marketing" con realizzazione di messaggi pubblicitari contestualizzati.
- **ELM-3.2 → *Confronto e validazione dei risultati***. In questa fase verranno confrontati risultati sperimentali e simulati al fine di valutare il miglioramento dello stile di vita del bambino, grazie a una più consapevole alimentazione.

| Attività | 2024 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|          | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ELM-1.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ELM-1.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ELM-2.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ELM-2.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ELM-3.1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| ELM-3.2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

## Capitolo 4 – Bibliografia

- [1] Ramesh, A. N., Kambhampati, C., Monson, J. R., & Drew, P. J. (2004). Artificial intelligence in medicine. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 86(5), 334
- [2] Chai, J., Zeng, H., Li, A., & Ngai, E. W. (2021). Deep learning in computer vision: A critical review of emerging techniques and application scenarios. *Machine Learning with Applications*, 6, 100134.
- [3] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature*, 521(7553), 436-444
- [4] Brunese, L., Mercaldo, F., Reginelli, A., & Santone, A. (2020). Explainable deep learning for pulmonary disease and coronavirus COVID-19 detection from X-rays. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 196, 105608
- [5] Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., & Batra, D. (2017). Grad-cam: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 618-626).
- [6] Preethika, M. et al. (2022). Harvesting Electrical Energy from Body Heat to Power Bio Medical Wearables. In *International Conference on Artificial Intelligence for Smart Community: AISC 2020, 17–18 December, Universiti Teknologi Petronas, Malaysia* (pp. 297-309). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [7] Sharma, S., Drezner, J. A., Baggish, A., Papadakis, M., Wilson, M. G., Prutkin, J. M., ... & Corrado, D. (2017). International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *Journal of the American College of Cardiology*, 69(8), 1057-1075.
- [8] Fortuni, F., Ciliberti, G., De Chiara, B., Conte, E., Franchin, L., Musella, F., ... & Oliva, F. (2024). Advancements and applications of artificial intelligence in cardiovascular imaging: a comprehensive review. *European Heart Journal-Imaging Methods and Practice*, 2(4), qyae136.
- [9] Bunker, T. D. (1997). Frozen shoulder: unravelling the enigma. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 79(3), 210.