

Ottimizzazione e Scalabilità

Reingegnerizzazione di una web application per il
supporto delle decisioni in ambito ospedaliero

Giorgia Paparazzo, 888319



Relatore: Prof Federico Cabitza
Correlatore: Dott Andrea Campagner

II luglio 2024

Introduzione

Al giorno d'oggi dobbiamo accettare i limiti della conoscenza e abituarci a convivere con l'incertezza, l'imprevisto e l'ignoto. Con l'avvento del Machine Learning in ambito medico si è tentato di limitare l'incertezza, di fare predizioni quanto più precise possibili circa il futuro di un paziente a seguito di terapie o operazioni. È qui che entra in gioco Epimetheus, un software che si vuole usare presso l'ospedale Galeazzi di Milano.

Obiettivi della tesi

L'obiettivo di questa tesi è la trasformazione di Epimetheus da Proof of Concept a software scalabile. Per fare ciò ho assunto il ruolo di Project Manager coordinando il lavoro di altri tesisti, definendone la nuova architettura e gli sviluppi futuri; UX/UI Designer intervenendo sulla User experience del prodotto migliorandone l'usabilità; Full Stack Developer lavorando sul codice frontend e backend

L'incertezza in ambito medico

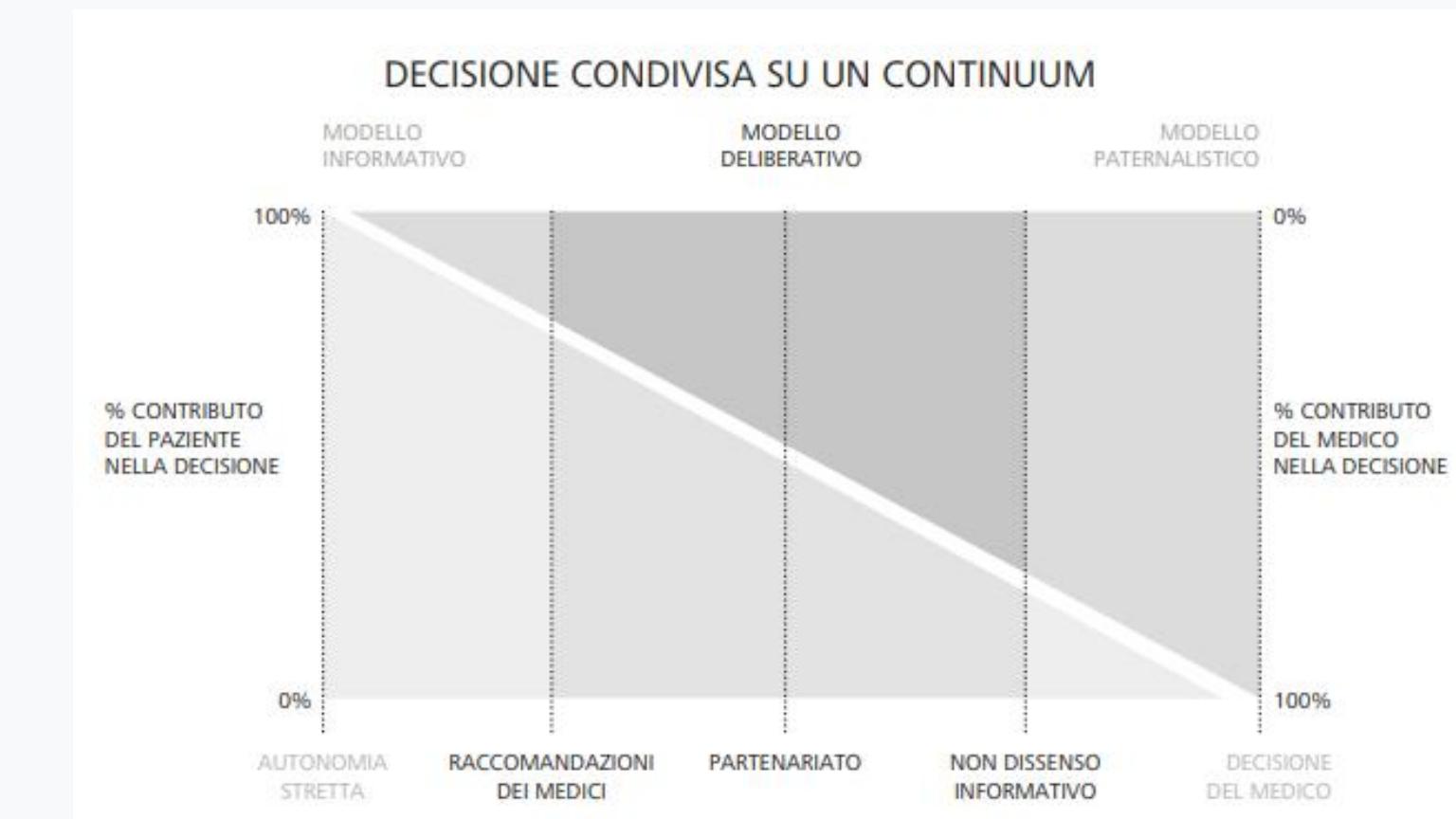
Le circostanze incerte sono quelle che non sono chiaramente distinguibili o separabili

Descrizione del problema

- Incertezza come **meta-ignoranza** e come **fenomeno cognitivo** ed emotivo
- 3 metodologie di valutazioni del rischio:
 - gut feeling ed euristiche,
 - ragionamento deduttivo,
 - clinical decision rules

Rapporto con il paziente

- Comunicare l'incertezza adattandosi alle caratteristiche del paziente
- Decisione condivisa



NK Han, PK Klein, WM. «Varieties of uncertainty in health care: a conceptual taxonomy».

Giuseppe Parisi e Peter Konstantin Kurotschka. «Dalla medicina basata sulle evidenze alla decisione condivisa con il paziente: come gestire l'incertezza nella pratica clinica»

Sistemi di supporto alle decisioni

Strumenti informatici progettati per assistere gli utenti nel processo decisionale, utilizzando dati e modelli per risolvere problemi complessi e non strutturati

Categorie

- DSS orientati ai dati
- DSS orientati ai modelli
- DSS orientati alla conoscenza

Machine Learning

Studio di come gli algoritmi possono "imparare" relazioni complesse dai dati empirici, producendo **modelli matematici** che collegano numerose variabili a una variabile target di interesse.

S. K. Card et al. «Understanding the Role of Visualizations on Decision Making: A Study on Working Memory».

Giuseppe Banfi Federico Cabitza Angela Locoro. «Machine Learning in Orthopedics: A Literature Review».

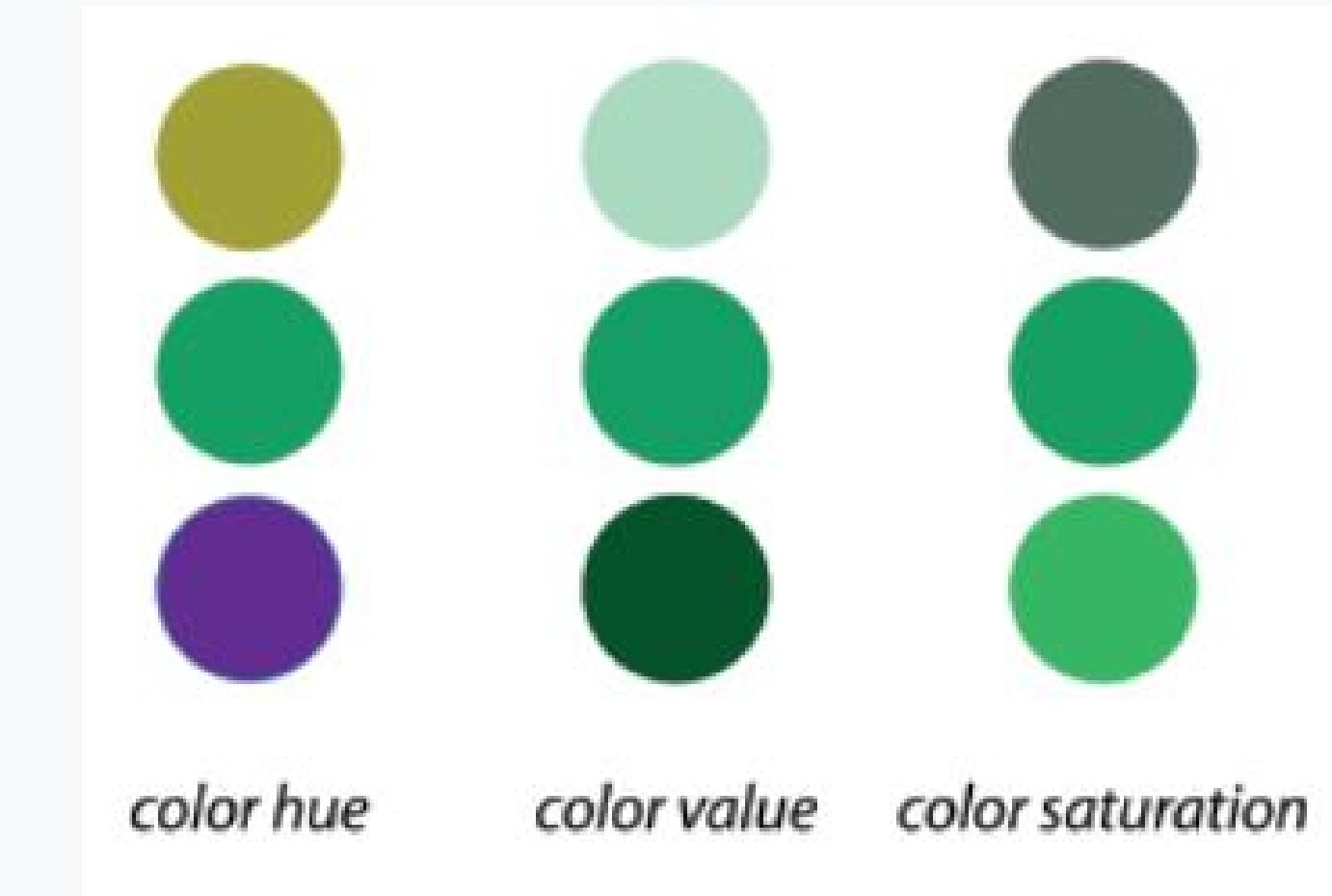
Silvia Bordogna Michela Assale e Federico Cabitza. «Vague Visualizations to Reduce Quantification Bias in Shared Medical Decision Making».

Visualizzazioni vaghe

Nel contesto medico, le visualizzazioni delle informazioni sfruttano la **percezione** per trasmettere dati in modi che ne facilitano l'interpretazione.

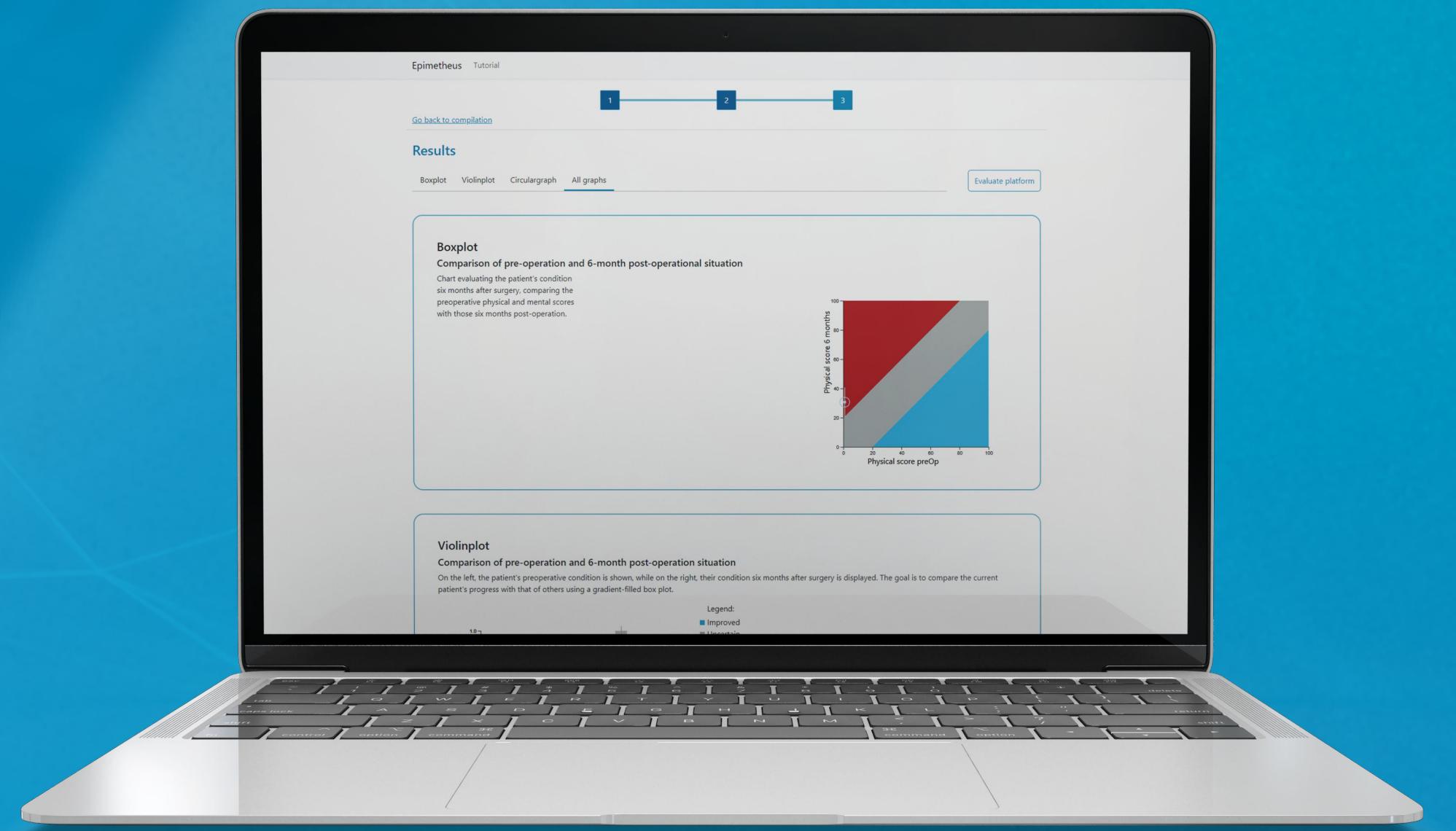
Molte visualizzazioni omettono l'incertezza o la comunicano in modo inefficiente. Questo può portare a un "bias di quantificazione".

Una visualizzazione vaga è un'immagine pittorica a cui viene applicato un effetto visivo proporzionale alla quantità di incertezza che si vuole comunicare. Tonalità e saturazione del colore, forma e trasparenza sono i mezzi più efficaci per trasmettere l'incertezza.



Epimetheus

Epimetheus è una web application volta a fornire supporto nell'ambito delle decisioni mediche



User experience

Brainstorm

Progettazione

Design centrato sull'utente

- interviste agli stakeholder
- user personas

Design centrato sulle attività

- comprensione del flow di utilizzo tipico dell'utente

Define

Personas

Utenti avezzi all'uso del computer.

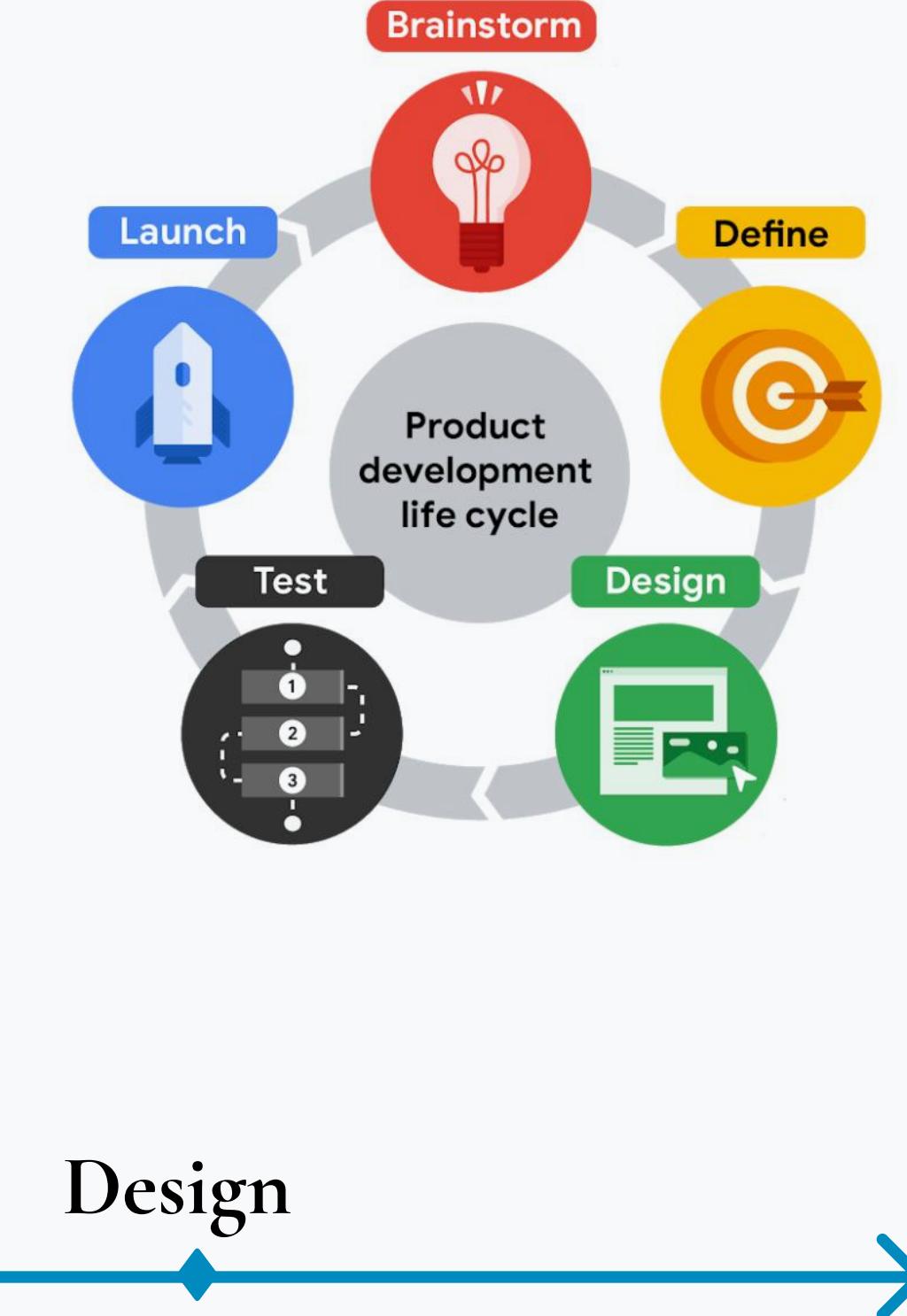
Necessità:

- accesso rapido alle informazioni
- preferenza per la semplicità
- efficacia ed efficienza

Design

Difetti iniziali

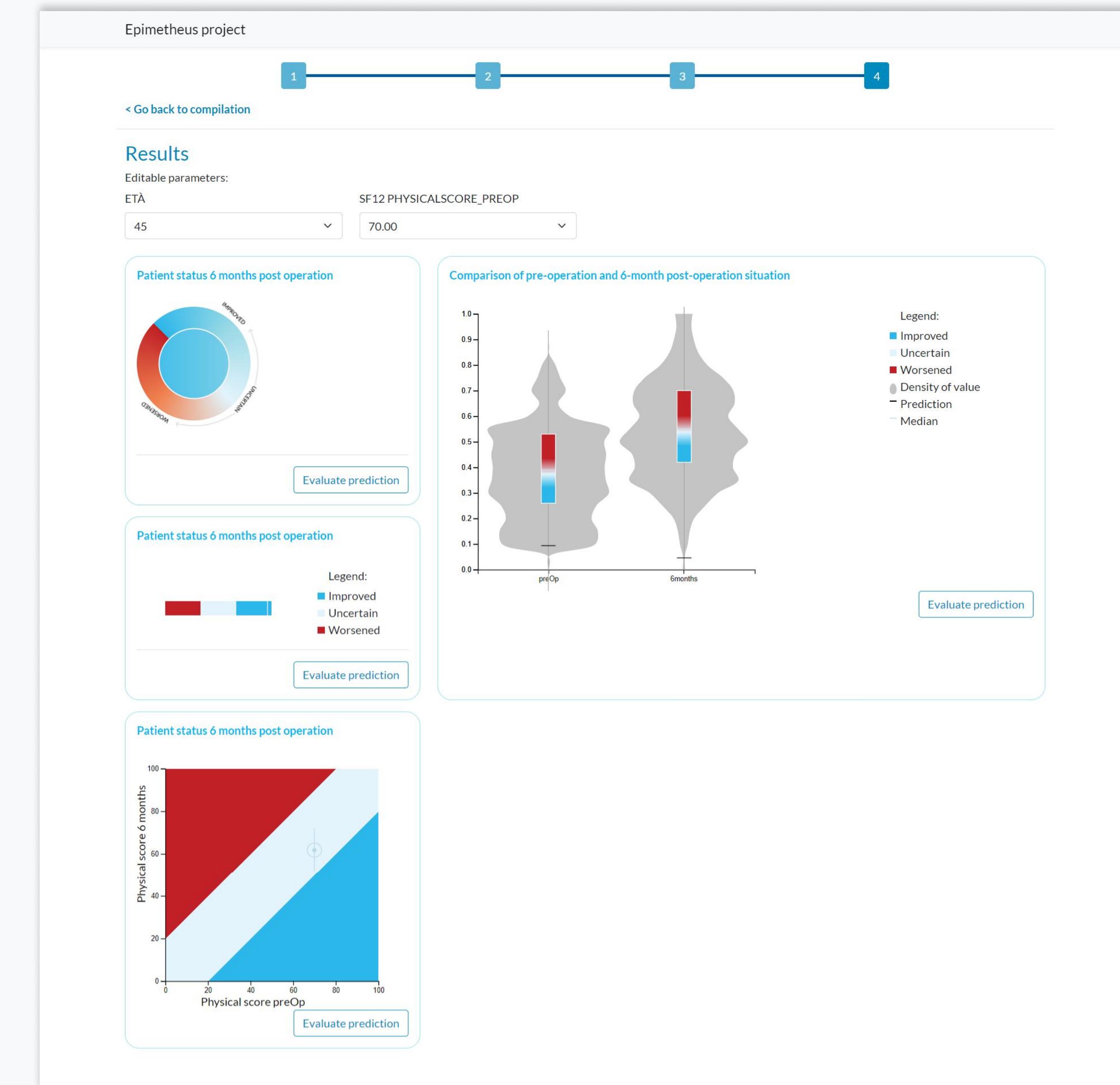
- wizard troppo lungo
- mancanza di contesto nei grafici o qualunque altra forma di spiegazione
- pagina dei risultati affollata



Stato iniziale

Come si presentava il progetto all'inizio dei lavori

Pagina di risultati



Stato finale

Come è stato modificato il progetto

Pagina di risultati

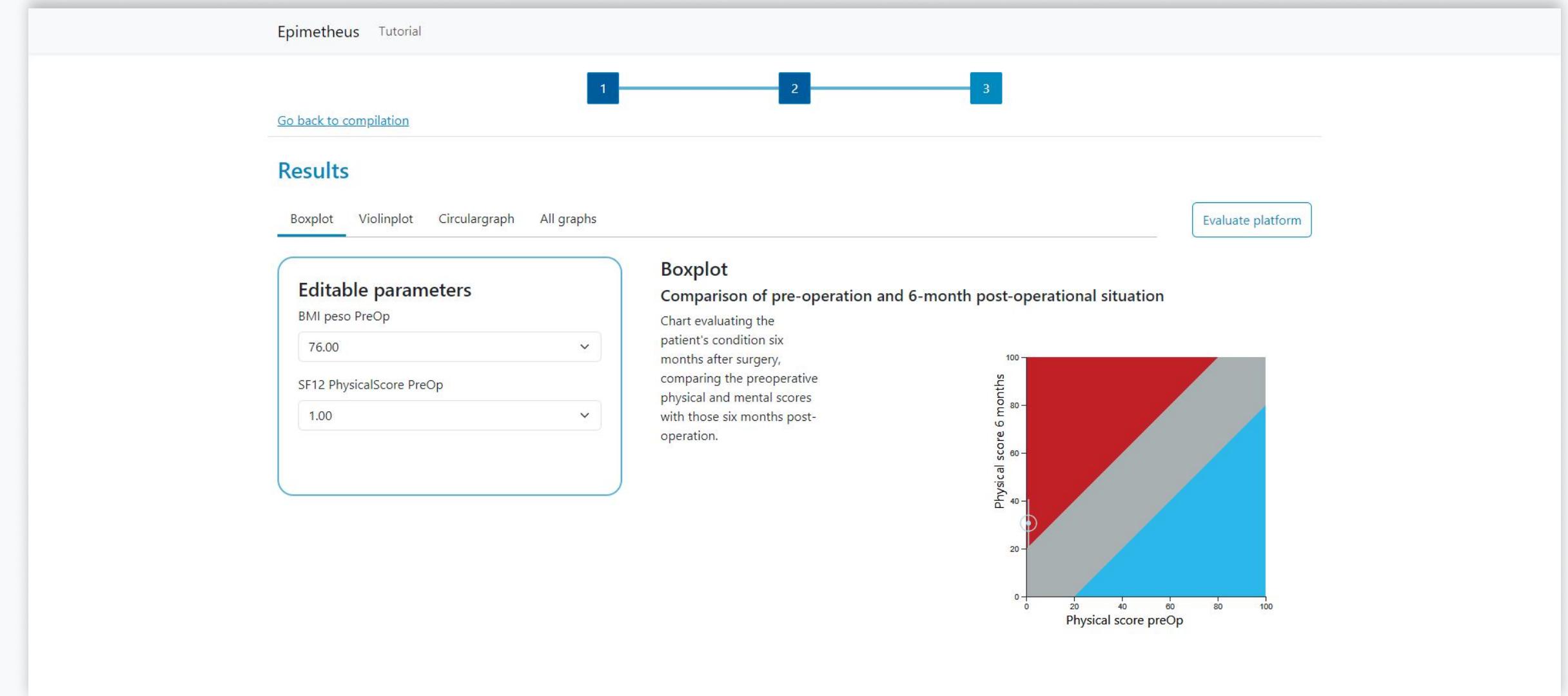


X

Stato finale

Come è stato modificato il progetto

Esempio di parametri modificabili e pagina del wizard



Epimetheus Tutorial

1 2 3

Requirement selection
Select the procedure for which you want to make the decision
Procedure: Hip

Preference selection
 False positive minimization Balanced prediction False negative minimization

Input data
Select the score
Score: Seleziona

| | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Gender <input type="radio"/> Male <input type="radio"/> Female | Age patient 55 | ASA Class select ASA class |
| Height Pre operation (cm) 189 | Weight Pre operation (kg) 65 | VAS Total pre operation 1 |
| SF12 PhysicalScore Pre operation 0 | SF12 MentalScore Pre operation 1 | SF12 health self-assessment 1 |
| SF12 response scale 4 | SF12 yield of last month 0 | SF12 limit of last month 0 |
| SF12 Emo of last month 0 | SF12 hurdle of last month 1 | SF12 clear of last month 0 |
| SF12 energy of last month 4 | SF12 sadness of last month 4 | SF12 socialization of last month 0 |

Reset Back Submit

Stato finale

Come è stato modificato il progetto
Pagina tutorial

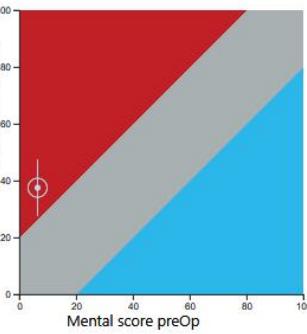
The Form

To collect patient data for the completion form, the doctor relies on PROMs (Patient-Reported Outcome Measures), measurements based on patient feedback. This feedback is collected through a questionnaire that the patient completes before the follow-up visit, where they are asked self-assessment questions about their health status, focusing on the difficulties encountered in performing daily activities after the operation. To better understand the data in the form, it is useful to analyze the meaning of the elements in each field:

- **ASA Class:** The ASA scale is a classification system for the physical status of the patient. It was developed to provide anesthesiologists and patients with a simple numerical categorization of the patient's general condition, which helps to predict the surgical risk.
- **Morbidity:** Refers to medical problems, complications, or undesirable side effects that may arise after surgery or medical treatment.
- **ODI:** The Oswestry Disability Index (ODI) is a questionnaire used to assess disabilities in individuals with both acute and chronic low back pain. The scale ranges from 0 (best possible health condition) to 100 (worst possible health condition).
- **VAS:** The Visual Analogue Scale (VAS) is a measurement tool that attempts to quantify a characteristic or attitude that is believed to vary along a continuum of values that are difficult to measure directly.
- **FABQ Work:** The Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) is a self-report questionnaire that quantifies pain-related fears and beliefs about the need to modify behaviors to avoid pain. It assesses the association between these beliefs and work and physical activity disabilities.
- **SF12 and SF36:** The Short-Form Health Survey with 12 and 36 items is a psychometric questionnaire that describes perceived health through two summary indices (physical and mental), very useful for quantitative health analyses of specific populations. The values of these scales range from 0 (worst possible health condition) to 100 (best possible health condition).

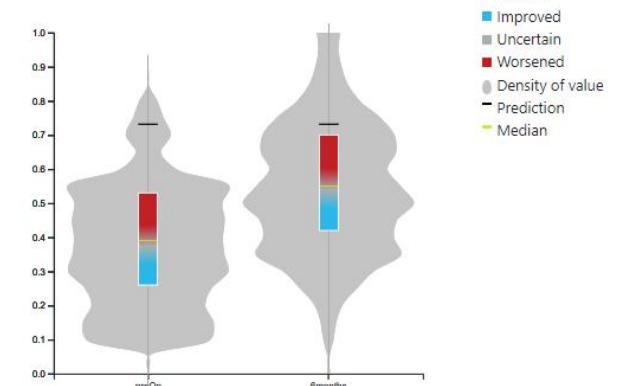
Boxplot

This chart evaluates the patient's condition six months after the operation, comparing the preoperative physical/mental score with the score at six months. The area corresponding to the different health states of the patient (uncertain, stable, and improved) is visually represented in relation to two coordinates. In this type of chart, an increase in the score results in a greater state of uncertainty; conversely, improvement occurs with values close to zero.



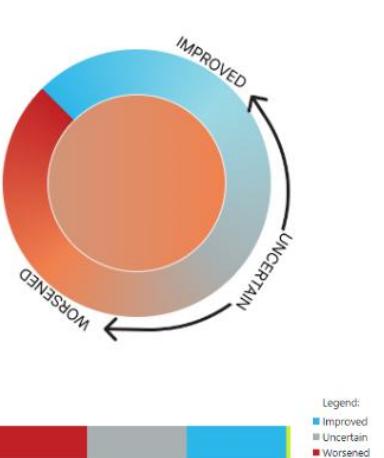
Violinplot

The violin plots allow for comparing two situations: one represents the patient's condition before the operation, the other illustrates their condition six months after the intervention. In this visualization, the patient's data are compared with those of other patients, showing the density of values and the median of the other patients' conditions. This is overlaid with a box plot, with a gradient indicating the state of patients (uncertain, stable, and improved) and the prediction of the health status of the patient under analysis.



Circulargraph

To represent the patient's condition six months after the operation, a visualization was created characterized by a bar divided into three sections (uncertain, stable, and improved) indicating the different ranges of possible states, and a bar that shows the prediction of the health status of the patient under analysis. This visualization allows for evaluating the patient's condition six months after the intervention without requiring specific knowledge. Using two methods to represent the state six months after the operation makes the data understandable to anyone and allows determining which of the two methods offers the best results. The elements composing the circular visualization include an outer band with a gradient that defines the various levels of health status and a central colored circle whose coloration varies in relation to the health status of the patient under analysis representing one of the colors present in the gradient.



Visual design

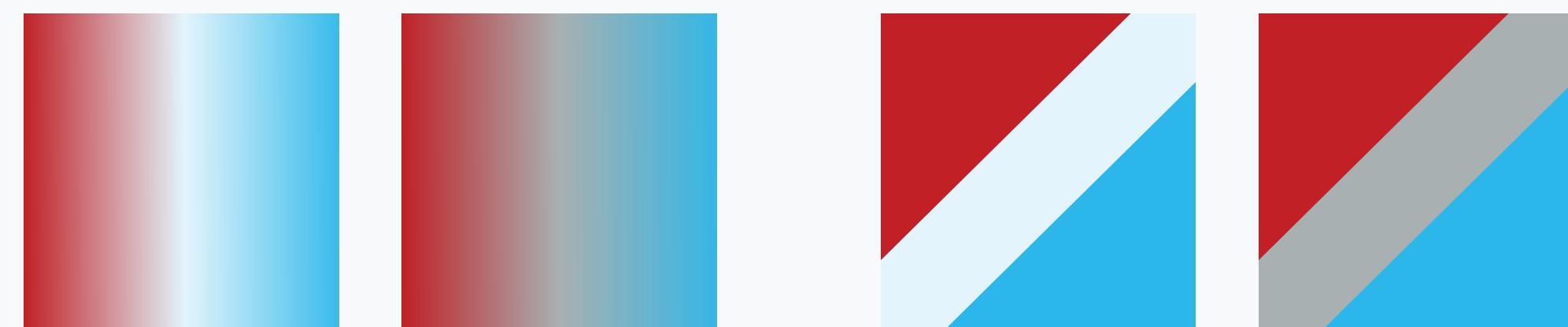
Brand identity

#018ABE

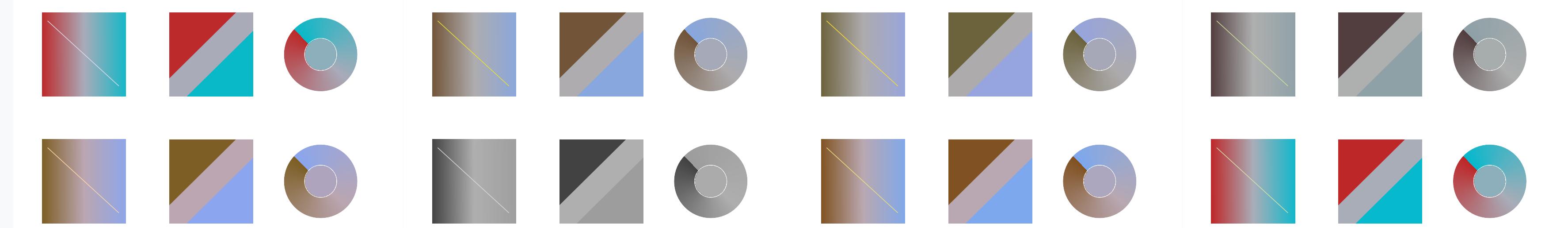
#5AB3D5

#F8F9FA

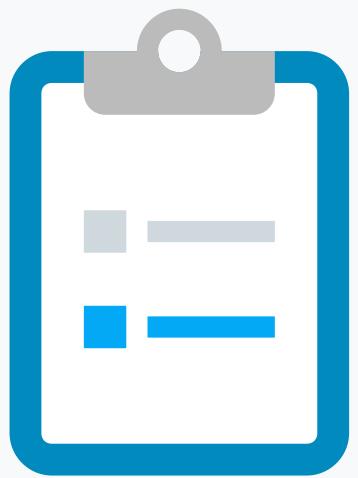
Colori grafici



Accessibilità



User test



Quiz con AB test

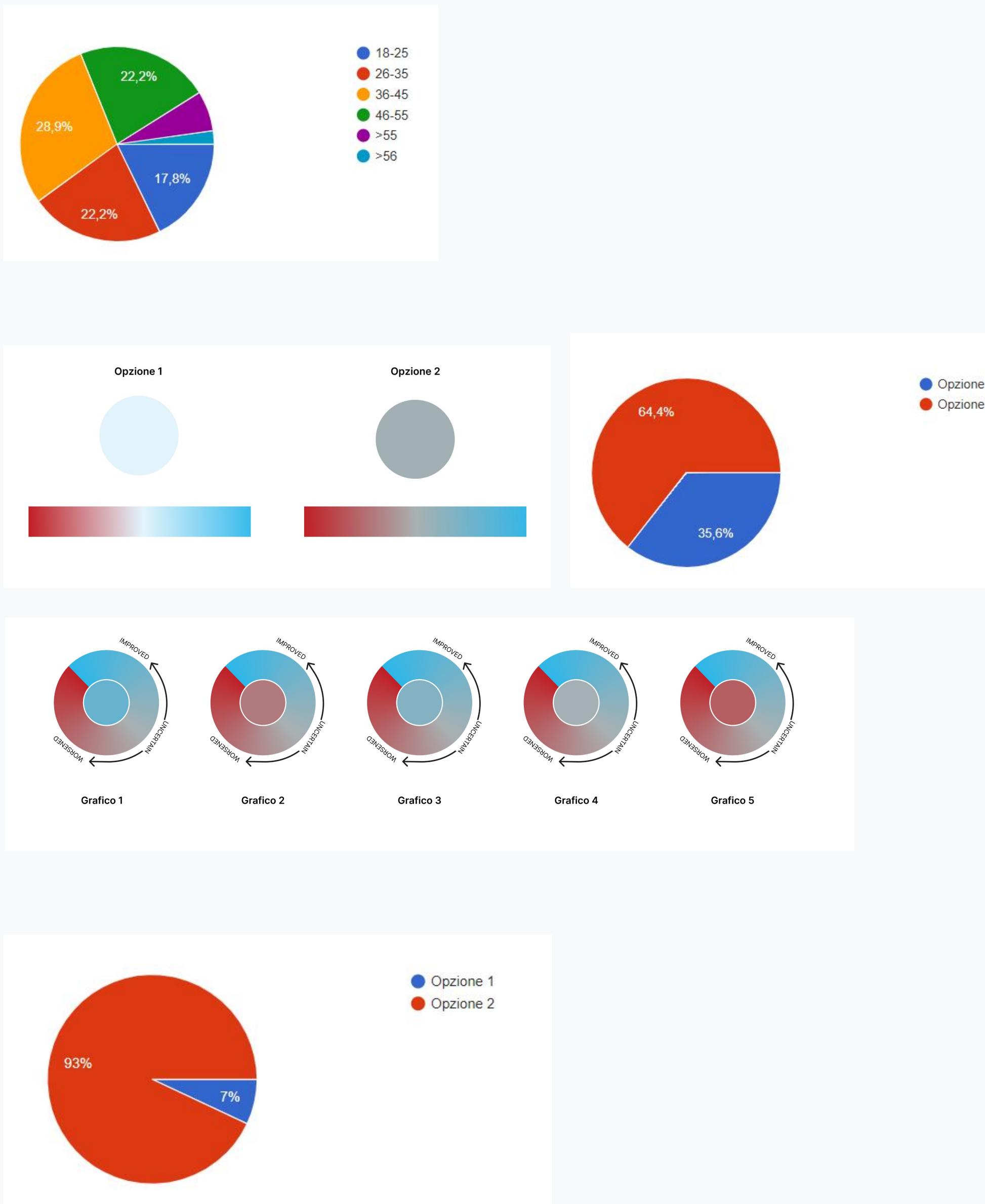
Un test strutturato in diverse sezioni con **domande chiuse e aperte**.

L'obiettivo principale è raccogliere dati quantitativi.



Protocollo Think Aloud

Un **metodo qualitativo** in cui i partecipanti verbalizzano i loro pensieri mentre completano un compito specifico.



Quiz sui grafici

Sezione anagrafica

45 utenti di diversa età.

Comprensione della loro capacità di interagire con grafici o infografiche.

Sezione colori e grafici

Comparazione dei due gradienti pre e post modifiche.

Comparazione di diversi grafici circolari esprimendo diversi stati di salute del paziente a 6 mesi dall'operazione.

Sezione test A/B

Test A/B che mettessero a paragone l'interfaccia iniziale e finale chiedendo di giustificare la scelta fatta.

Think Aloud

◆ 4 task

- compilare il form contenente i dati e accedere alla pagina di risultati
- modificare le dimensioni su cui indagare
- accedere alla pagina di valutazione piattaforma
- tornare alla pagina del wizard e compilare un nuovo questionario

Partecipante A

Medico ortopedico specializzato nelle protesi all'anca e al ginocchio. Ha saputo interagire con il prodotto, ha fornito suggerimenti interessanti di cose da aggiungere tra i quali il KOOS e l'HOOS. Non sempre ha cambiato idea osservando il grafico.

Partecipante B

Tecnico audioprotesista. Ha saputo interagire con il prodotto, ha fatto un paragone con il proprio lavoro sollevando parallelismi, citando l'utilizzo di questionario COSI e spiegando come tale prodotto possa supportare nell'interazione con il paziente.

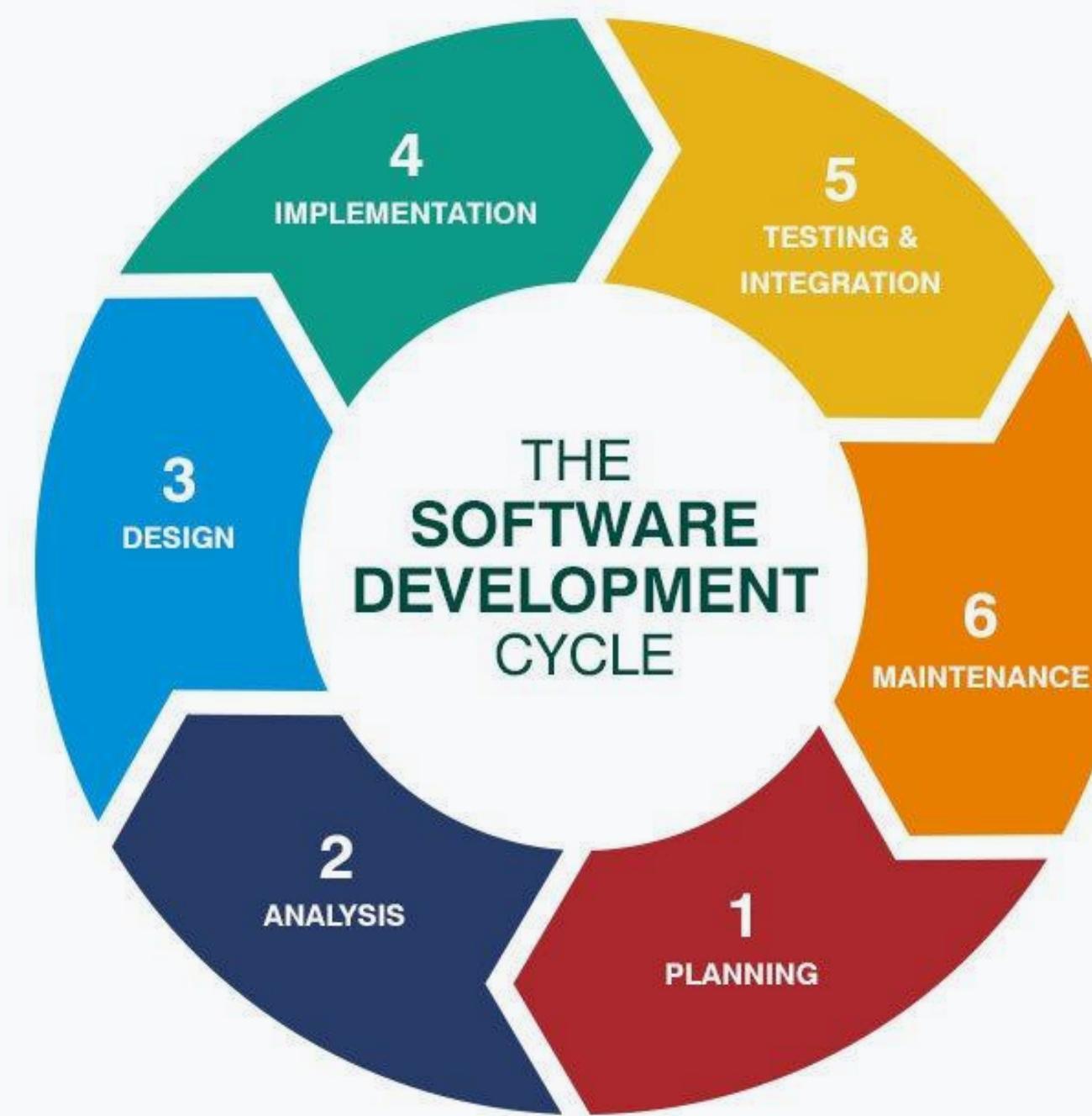
◆ 2 questionari PROM

- uno con score physical, physical score positivo e mental score discreto
- uno con score mental, physical score e mental score molto bassi

Partecipante C

Studente di medicina e chirurgia. Ha saputo interagire con il prodotto, è stato molto utile fornire una spiegazione dei grafici e di cosa comunicassero. Non sempre ha cambiato idea a seguito dell'indicazione del grafico.

Sviluppo software



Design di sistemi

Comprendere e gestire le interazioni tra le varie componenti del sistema.

Adozione di un **approccio modulare**, suddividendo l'interfaccia in **componenti riutilizzabili**.

Progettazione a **strati**.

POC

Monolite unico con backend che esponeva endpoint per visualizzazioni e si occupava di effettuare calcoli di machine learning per le predizioni. Frontend composto solo da pochi file HTML, CSS, JS

Analisi e motivazioni

Analisi con gli stakeholder.

Spostamento del frontend su un modulo indipendente per garantire una migliore modularità, scalabilità, divisione delle responsabilità. Garantire applicazione suddivisa in strati

Tecnologie

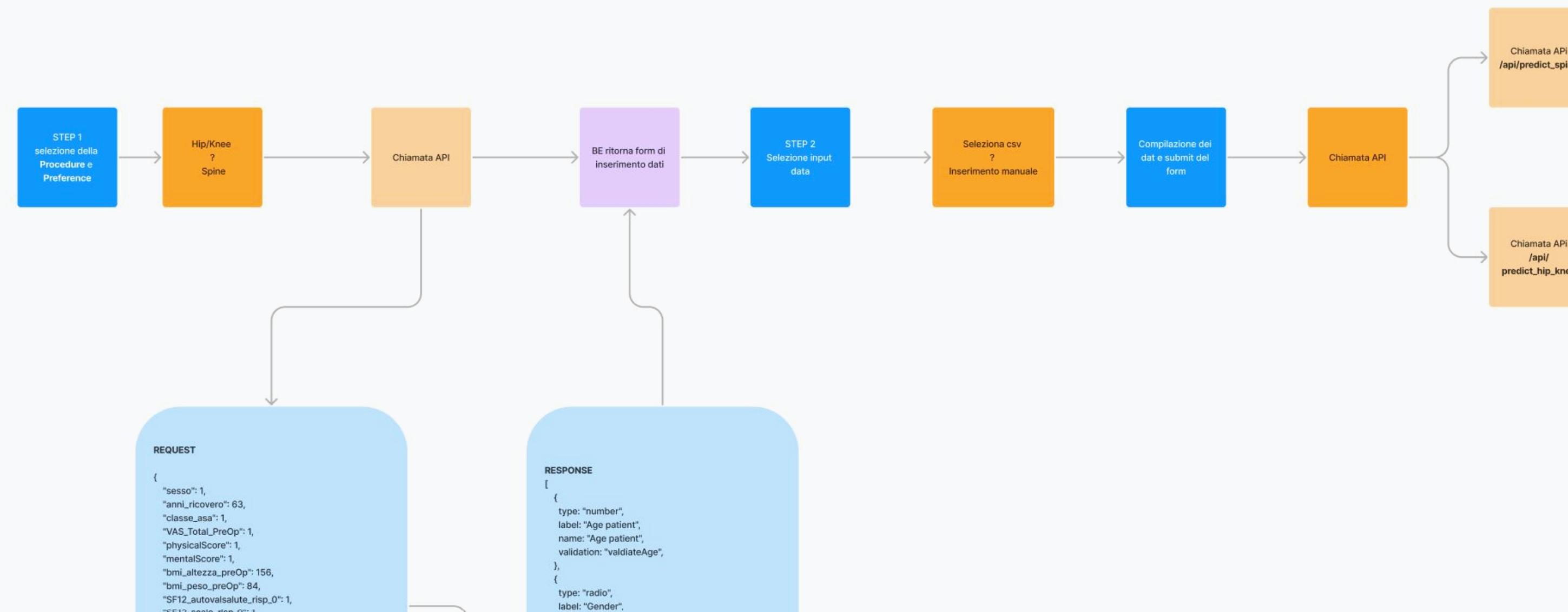
- Frontend: React (HTML, JS, CSS), con librerie Bootstrap, axios, D3.js
- Backend: Flask (Python)

Responsabilità

- Backend (Strato logico): gestisce la logica di business, genera risposte API per il frontend.
- Frontend (Strato di Presentazione): interagisce con l'utente, invia richieste API al backend per ottenere e visualizzare i dati.
- Strato di Persistenza: gestisce il salvataggio e il recupero dei dati.

Metodologia

- Metodologia agile
- EventStorming per comunicare con i colleghi tesisti
- Approccio iterativo
- Approccio top-down



Sviluppi futuri

Come si può migliorare il progetto nelle prossime iterazioni

Salvataggio dati su database

Introduzione KOOS e HOOS

Sistema di login

Logiche server-side

Ampliamento numero di grafici

Nuova disposizione elementi nei risultati

Nuove frontiere di utilizzo

Conclusioni

- ◆ I test di usabilità hanno confermato le ipotesi preliminari e hanno svelato nuovi ambiti di interesse per un prodotto come Epimetheus.
- ◆ I test hanno dimostrato come le visualizzazioni vaghe si prestino molto bene ad essere comprese sia da parte di utenti esperti che inesperti

Grazie per l'attenzione
