POLITECNICO DI TORINO

FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica

Tesi di Laurea Magistrale

Piattaforma di supporto per il monitoraggio di pazienti affetti da I.B.D. (Inflammatory Bowel Diseases)

Candidato:
De Matteis Simone
Matricola S251224

Relatore:
Prof. Chiasserini Carla Fabiana

Correlatore:
Prof. Pagana Guido

Anno Accademico 2020-2021

Sommario

La tesi si configura all'interno di un progetto di più ampia portata, con l'obiettivo di realizzare una piattaforma (accessibile tramite web o app per dispositivi mobili) di supporto alla terapia delle malattie croniche intestinali. La tesi si è svolta presso *LINKS Foundation*, in smart working a causa dell'emergenza COVID-19 attualmente in corso, in collaborazione con il *Dipartimento di Gastroenterologia* dell'*Azienda Ospedaliera Ordine Mauriziano* di Torino.

Le **I.B.D.** (acronimo di *Inflammatory Bowel Diseases* sono delle malattie croniche (le più conosciute sono la *malattia di Crohn* e la *rettocolite ulcerosa*) che colpiscono uno o più tratti dell'apparato gastrointestinale dell'essere umano causando ulcere e infiammazioni; si manifestano attraverso la comparsa di diversi sintomi quali *diarrea, dimagrimento, malassorbimento, perdita di sangue o muco intestinale dal tratto rettale, dolori addominali, vomito*: ad oggi in Italia sono riconosciute come malattie invalidanti e ne soffrono circa 200.000 persone. L'eziologia risulta tutt'ora sconosciuta, tuttavia si è osservato come queste patologie autoimmuni abbiano in comune una forte compromissione del sistema immunitario. Le terapie più comuni riguardano l'utilizzo di farmaci cortisonici, immunosoppressori, immunomodulanti e anti-infiammatori.

La telemedicina si sta ritagliando uno spazio sempre maggiore nel supporto al trattamento delle malattie croniche intestinali, in quanto fornisce ai clinici un mezzo versatile per il monitoraggio dei pazienti nel corso del tempo: un esempio è la piattaforma *myIBDcoach*, realizzata nel 2017 per un gruppo di centri ospedalieri in Olanda e non disponibile negli altri Paesi europei.

Il lavoro svolto in questa tesi mira allo sviluppo di una piattaforma moderna che integra le tecnologie più recenti disponibili sul mercato, al fine di perseguire i seguenti obiettivi:

- permettere al clinico di intervenire tempestivamente in caso di emergenza, attraverso la ricezione di alert via notifica/email;
- seguire l'evoluzione della malattia dei pazienti nel corso del tempo, avendo la possibilità di individuare i periodi di benessere o di cronicizzazione studiando i risultati dei questionari somministrati periodicamente ai pazienti;
- ridurre la frequenza di ospedalizzazione dei pazienti;
- stabilire un legame medico-paziente più solido, attraverso comunicazioni dirette (telefonicamente) o telematiche (e-mail/sms).

Il risultato ottenuto è un'applicazione web intitolata **IBD Tool**, che fornisce funzioni personalizzate a seconda dell'utilizzatore medico/paziente. Tra le tecnologie di cui si è usufruito in fase di sviluppo figurano *Angular*, *Java* e framework *Spring*, *MongoDB*,

Firebase, *Heroku* e *GitHub*; è stato necessario creare un account *Gmail* ad-hoc per l'inoltro automatico di posta elettronica agli utenti del sistema.

In conformità alle normative europee sul trattamento dei dati personali, il paziente dovrà accettare il modulo sul consenso informato per poter utilizzare l'applicazione e permettere la raccolta di dati personali.

Ringraziamenti

Ad Adriana, la luce dei miei occhi, che mi supporta sempre con tutto il suo amore ogni giorno della nostra vita insieme, soprattutto nei momenti più difficili.

Alla mia famiglia, papà, mamma e Gabriele, che mi hanno aiutato in tutti questi anni e insegnato a prendere la vita con più leggerezza.

A Sandro, Vanda e Alessia, che mi hanno immediatamente accolto e fatto sentire parte della loro famiglia.

Alle mie nonne, Anna e Rosa, che mi hanno insegnato l'importanza del donare e dell'amare.

Ad Alberto e Luca, che mi spronano sempre a non mollare mai, vedendo sempre il meglio che è in me.

E, infine, ai miei nonni, Vito e Rocco, e a mia zia Claudia, che mi hanno insegnato l'importanza di mettere sempre il prossimo in piano piano rispetto a sé stessi. In qualche modo, vegliano ancora su di me.

A voi tutti dedico questa tesi. Senza di voi questo momento non sarebbe mai arrivato.
Grazie di cuore, vi voglio bene.

Indice

1 Introduzione **14**
1.1 IBD . . . 14
1.1.1 Eziologia e incidenza . . . 14
1.1.2 Malattia di Crohn . . . 18
1.1.3 Rettocolite ulcerosa . . . 18
1.1.4 Farmacoterapia . . . 19
1.1.5 Telemedicina: introduzione . . . 19

2 Stato dell'Arte: myIBDcoach **23**
2.1 Introduzione . . . 23
2.2 Progettazione . . . 23
2.3 Sviluppo . . . 24
2.4 Moduli di monitoraggio . . . 24
2.5 Conclusioni . . . 26

3 Metodologia **28**
3.0.1 Obiettivi prefissati . . . 29
3.0.2 Questionari: tipologie . . . 29
3.1 Struttura del progetto . . . 31
3.1.1 Backend: tecnologie utilizzate . . . 31
3.1.2 Frontend: tecnologie utilizzate . . . 41
3.1.3 Strumenti di supporto . . . 42
3.2 Considerazioni . . . 45

4 Risultati **46**
4.1 Pagina iniziale . . . 47
4.2 Funzionalità comuni . . . 48
4.2.1 Accesso . . . 48
4.2.2 Reimpostazione password . . . 49
4.2.3 Home . . . 50
4.2.4 Impostazioni . . . 51
4.2.5 Centro notifiche . . . 51
4.3 Casi d'uso: medico . . . 54
4.3.1 Registrazione nuovo account medico . . . 55
4.3.2 Registrazione nuovo paziente . . . 55
4.3.3 Lista pazienti . . . 57
4.4 Casi d'uso: paziente . . . 66
4.4.1 Trattamento dei dati personali . . . 66
4.4.2 Questionari . . . 67

Elenco delle figure

1.1 Caratteristiche generali dei pazienti affetti da IBD [3] 15
1.2 Tipologia di professione svolta [3] 16
1.3 Comorbidità [3] 16
1.4 Statistica di distribuzione delle patologie [3] 17
1.5 Costi correlati alle IBD per regione [3] 17

2.1 Home page di myIBDcoach su iOS 25
2.2 Dashboard riassuntiva del paziente 26

3.1 Schema architetturale del pattern MVC. Fonte *Wikipedia* 33
3.2 Schema di interazione in MVC. Fonte *Wikipedia* 33
3.3 *References relation.* Fonte MongoDB - Data Modeling[9] 39
3.4 *Embedded Document relation.* Fonte MongoDB - Data Modeling[9] . . 39

4.1 Pagina iniziale di *IBD Tool* 47
4.2 Pagina di login di *IBD Tool* 48
4.3 Richiesta di reset password di *IBD Tool* 49
4.4 Reset password di *IBD Tool* 49
4.5 Home page del medico 50
4.6 Home page del paziente 50
4.7 Pagina di impostazioni dell'account 51
4.8 Centro notifiche dell'account 52
4.9 Ricezione di una nuova notifica 52
4.10 Lista delle notifiche ricevute 52
4.11 Apertura di una notifica 53
4.12 Rimozione di tutte le notifiche 53
4.13 Registrazione di un nuovo account medico 55
4.14 Lista dei pazienti vuota 56
4.15 Registrazione di un nuovo paziente 56
4.16 Lista dei pazienti 57
4.17 Dati anagrafici del paziente 58
4.18 Dati clinici del paziente 58
4.19 Modifica dei dati clinici del paziente 59
4.20 Tipologie di questionari assegnate al paziente 60
4.21 Pulsante *Aggiungi* per l'aggiunta di nuove tipologie 60
4.22 Finestra di dialogo per l'aggiunta di nuove tipologie 61
4.23 Grafico per questionari di attività di malattia 62
4.24 Lista dei questionari compilati dal paziente 62
4.25 Esito di un questionario compilato 63
4.26 Valutazione clinica di un questionario compilato 63

4.27 Impostazione del timer di un questionario 64
4.28 Modifica/rimozione del timer di un questionario 64
4.29 Dialog di alert per la rimozione di una tipologia di questionario . . . 65
4.30 Presentazione del consenso informato del paziente 66
4.31 Lista dei questionari da compilare 67
4.32 Esempio di compilazione del questionario *HBI* 68
4.33 Pulsante *Invia* a fondo pagina 68
4.34 Dialog di questionario incompleto 68
4.35 Tipologie dei questionari compilati 69
4.36 Lista dei questionari completati della tipologia selezionata 70
4.37 Esito del questionario 70
4.38 Lettura del questionario da parte del proprio curante 70

Capitolo 1

Introduzione

1.1 IBD

Le malattie infiammatorie croniche intestinali, note come **IBD** (*Inflammatory Bowel Diseases*), sono patologie che si manifestano con un'infiammazione cronica dell'apparato digerente. Le più conosciute sono:

- **malattia di Crohn**;
- **rettocolite ulcerosa**.

Entrambe presentano caratteristiche accomunabili, come l'eziologia (studio sulla ricerca delle cause della malattia) ancora sconosciuta, i sintomi presentati dal soggetto affetto e l'alternanza di periodi di remissione e recidiva.

1.1.1 Eziologia e incidenza

L'eziologia rimane tuttora sconosciuta; la ricerca scientifica condotta negli ultimi anni ha, tuttavia, evidenziato la presenza di diversi fattori di rischio nell'insorgenza delle IBD, come:

- *stile di vita*
- *stress*
- *alimentazione sregolata*
- *alterazione della flora batterica intestinale*
- *fumo*
- *inquinamento ambientale*
- *predisposizione genetica per le malattie autoimmuni*

Studi recenti hanno osservato l'autoimmunità di tali malattie, ovvero un'alterazione del sistema immunitario che non riconosce più alcuni organi del corpo umano come propri e li aggredisce come se fossero agenti esterni. Le cure farmacologiche, infatti, mirano alla riduzione della risposta immunitaria diminuendo l'infiammazione delle regioni dell'apparato digerente interessate.[1]

L'incidenza delle IBD è aumentata notevolmente negli ultimi anni, in relazione ai fattori di rischio di stress, stile di vita e inquinamento ambientale: i Paesi in via di sviluppo (India, Cina) presentano percentuali fortemente in crescita, soprattutto tra i 20 e i 30 anni di età.

Attualmente in Italia si stimano circa 200.000 persone affette da malattie croniche dell'intestino.[2] In riferimento allo studio del 2018 effettuato dall'associazione *A.M.I.C.I. Onlus* sul burden economico delle IBD in Italia, sono emersi i seguenti dettagli:

Caratteristiche	Tasso di risposta (%)	Media	Min	Max	Dev. Std.
Età	96,17%	44	11	88	14,59
Femmina	46,46%	-	-	-	-
Maschio	53,01%	-	-	-	-
Celibe/Nubile	36,56%	-	-	-	-
Coniugato/a	54,49%	-	-	-	-
Divorziato/a	5,56%	-	-	-	-
Vedovo/a	2,02%	-	-	-	-
Istruzione elementare/media	27,66%	-	-	-	-
Diploma scuola sup.	48,89%	-	-	-	-
Laurea	18,51%	-	-	-	-
Formazione post-laurea	4,29%	-	-	-	-
Lavoratore	58,33%	-	-	-	-
Assenza da lavoro (lavoratore)	79,79%	27	0	365	49
Presenza di caregiver	69,33%	-	-	-	-
Perdita giorni di lavoro (caregiver)	61,59%	-	-	-	-
Assenza da lavoro (caregiver)	79,15%	11	1	365	25
Altezza (cm)	93,65%	169	140	201	8,91
Peso	94,11%	68,5	37	183	15,27

Figura 1.1: Caratteristiche generali dei pazienti affetti da IBD [3]

- non si sono riscontrate differenze sostanziali nella diffusione di IBD tra Nord e Sud Italia;
- l'età media dei pazienti è di 44 anni, con maggiore diffusione tra i 15-30 anni e tra i 50-70 anni;
- i pazienti maggiormente affetti svolgono lavori di ufficio (14.2%), seguiti da coloro che svolgono professioni intellettuali, scientifiche e di elevata specializzazione (10.6%) (Figura 1.2);
- spesso le IBD sono associate ad altri disturbi o patologie, i più frequenti di natura osteo-articolare (Figura 1.3);

- il 53.09% dei pazienti è affetto da malattia di Crohn, mentre il 43.32% è affetto da rettocolite ulcerosa. Solo l'1.8% è affetto da colite indeterminata (Figura 1.4);
- i costi sostenuti e percepiti da paziente affetto da IBD variano a seconda della regione (Figura 1.5).

Tipologia di professione svolta	%
Legislatore, Imprenditore e alta dirigenza	8,1%
Professioni intellettuali, scientifiche e di elevata specializzazione	10,6%
Professioni tecniche	8,3%
Professioni esecutive nel lavoro d'ufficio	14,7%
Professioni qualificate nelle attività commerciali e nei servizi	9,5%
Artigiani, operai specializzati e agricoltori	6,7%
Conduttori di impianti, operai di macchinari fissi e mobili e conducenti di veicoli	2,2%
Professioni non qualificate	3,0%
Forze armate	2,2%
Missing	34,6%

Figura 1.2: Tipologia di professione svolta [3]

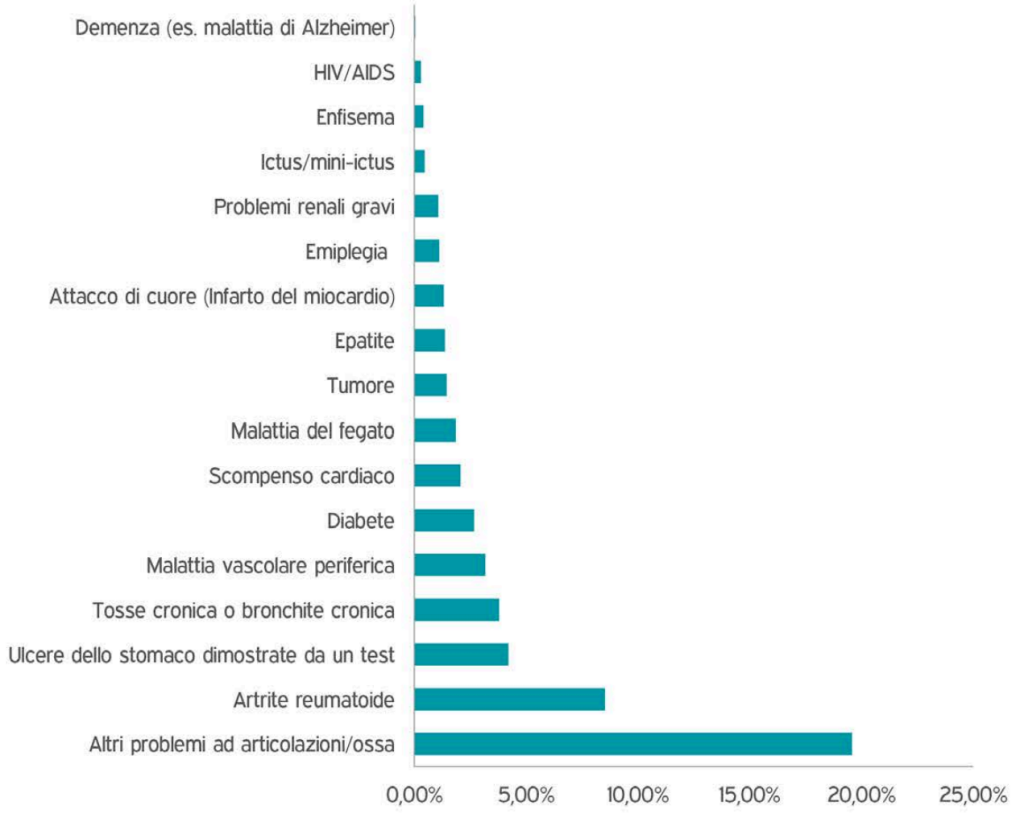

Figura 1.3: Comorbidità [3]

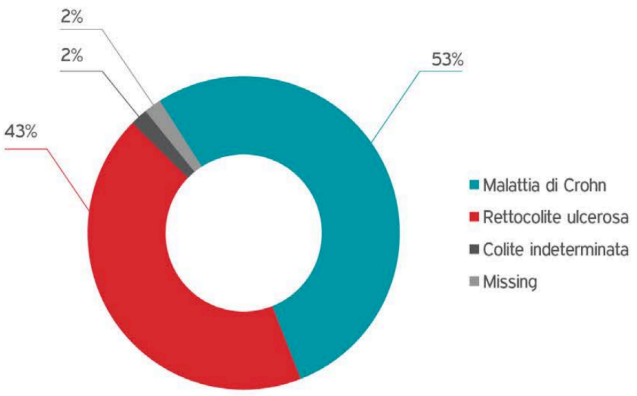

Figura 1.4: Statistica di distribuzione delle patologie [3]

Regioni	Costi diretti totali medi per MICI (percepiti da paziente)	Costi diretti totali medi per MICI (sostenuti da paziente)	Costi diretti totali medi sostenuti dal paziente + costi indiretti (paziente e caregiver)
Abruzzo	€ 396,48	€ 502,89	€ 1.984,96
Basilicata	€ 527,67	€ 591,60	€ 1.874,96
Calabria	€ 1.713,33	€ 1.718,62	€ 2.961,04
Campania	€ 912,96	€ 1.039,72	€ 2.840,20
Emilia-Romagna	€ 710,83	€ 709,49	€ 2.410,92
Friuli-Venezia Giulia	€ 559,00	€ 1.301,66	€ 3.103,87
Lazio	€ 727,75	€ 674,59	€ 2.266,54
Liguria	€ 723,33	€ 857,94	€ 2.573,72
Lombardia	€ 503,87	€ 539,17	€ 1.849,53
Marche	€ 372,81	€ 632,05	€ 1.908,94
Molise	€ 912,50	€ 1.197,34	€ 2.868,42
Piemonte	€ 761,31	€ 548,67	€ 2.099,70
Puglia	€ 716,79	€ 817,36	€ 2.091,07
Sardegna	€ 770,00	€ 1.082,86	€ 2.147,97
Sicilia	€ 741,27	€ 883,67	€ 2.471,49
Toscana	€ 864,47	€ 1.054,94	€ 3.269,95
Trentino-Alto Adige	€ 872,14	€ 1.126,64	€ 2.930,50
Umbria	€ 531,25	€ 930,04	€ 3.894,17
Valle d'Aosta	€ 2.500,00	€ 1.178,84	€ 1.502,98
Veneto	€ 689,47	€ 725,15	€ 2.201,36
Provenienza sconosciuta	€ 617,65	€ 642,62	€ 1.708,93

Figura 1.5: Costi correlati alle IBD per regione [3]

1.1.2 Malattia di Crohn

La malattia di Crohn è una patologia autoimmune che può interessare uno o più tratti dell'apparato digerente, dalla bocca all'ano. Nel 90% dei casi colpisce l'ultima parte dell'intestino tenue (ileo). La malattia va trattata tempestivamente, in quanto la sua trascuranza può portare a complicazioni come restringimento intestinale (stenosi) e/o formazione di fistole verso gli organi vicini. I sintomi più comunemente presentati sono:

- dolori e crampi addominali;
- diarrea cronica;
- nausea;
- febbricola notturna;
- perdita di peso ricorrente;
- dolori articolari.

Spesso la diagnosi arriva dopo diversi anni/mesi, poichè i sintomi potrebbero essere riconducibili anche ad altre patologie. La diagnosi viene effettuata analizzando i risultati dei seguenti esami:

- colonscopia e biopsia intestinale nella regione interessata;
- ecografia delle anse intestinali;
- entero-risonanza con mezzo di contrasto;
- esofagogastroduodenoscopia.

In contesti in cui la farmacoterapia tradizionale non funziona, viene valutato attentamente anche l'intervento chirurgico sulla porzione di apparato digerente interessante, sebbene la malattia in futuro possa tornare a colpire nuovamente tali zone.

1.1.3 Rettocolite ulcerosa

La rettocolite ulcerosa è una patologia autoimmune caratterizzata da un'infiammazione cronica intestinale: colpisce il retto e eventualmente può estendersi a tutto il colon. Come nella malattia di Crohn, anche nella rettocolite ulcerosa si alternano periodi di remissione e recidiva con riacutizzazione della malattia. I sintomi comunemente presentati sono:

- diarrea ematica;
- dolori e crampi addominali;
- tenesmo rettale (sensazione di evacuazione non completa).

Gli esami eseguiti per elaborare una diagnosi sono:

- colonscopia e biopsia intestinale nella regione interessata;

- cromoendoscopia;
- calprotectina fecale;
- Rx addominale;
- ecografia delle anse intestinali.

Anche in questo caso viene effettuata una valutazione chirurgica qualora la terapia farmacologica non risulti efficace o non presenti miglioramenti tangibili.

1.1.4 Farmacoterapia

La farmacoterapia nella malattia di Crohn e nella rettocolite ulcerosa può essere strutturata a seconda della gravità della situazione. I tipi di farmaci più frequentemente utilizzati sono:

- **anti-infiammatori** (es. mesalazina) e corticosteroidei come primo step per il trattamento;[4][5]
- **immunosoppressori**, che riducono la risposta del sistema immunitario, valutati nel caso la terapia con anti-infiammatori non presenti risultati tangibili; [4][5]
- **biologici**, come infliximab e adalimumab, noti come anti-TNF-alfa o inibitori del fattore di necrosi tumorale (TNF)-alfa, che lavorano neutralizzando una proteina del sistema immunitario responsabile dell'infiammazione. È necessario eseguire prima esami di screening mirati, per diagnosticare la presenza di eventuali altre patologie che possano impedire l'impiego della terapia biologica.[4][5]

In supplemento alla terapia farmacologica il medico, dopo aver valutato opportunamente i risultati degli esami effettuati dal paziente, può optare per la somministrazione di integratori multi-vitaminici insieme a una dieta mirata, in quanto le malattie in oggetto sono spesso causa di un ridotto apporto di nutrienti rispetto al fabbisogno giornaliero richiesto da un essere umano.

1.1.5 Telemedicina: introduzione

La telemedicina è il punto di incontro tra l'informatica e la medicina tradizionale, e nasce dall'esigenza di fornire servizi sanitari a distanza senza che sia richiesta la presenza del paziente in visita.[6]

Al giorno d'oggi essa rappresenta una svolta nel monitoraggio delle malattie nel mondo, infatti i benefici che se ne possono trarre, dopo aver istruito il paziente all'utilizzo dello strumento scelto (applicazione di telemedicina), sono molteplici[7]:

- il medico può essere sempre effettuato delle situazioni emergenziali, tramite strumenti come e-mail e notifiche push al dispositivo personale;
- il legame medico-paziente viene consolidato;
- il paziente ha l'opportunità di contattare agilmente il proprio medico;

- monitoraggio costante dell'attività di malattia del paziente, attraverso somministrazione periodica di questionari;
- la riduzione della frequenza di ospedalizzazione del paziente, con conseguente risparmio in termini di risorse impiegate dall'ospedale.

1.1.5.1 Telemedicina: utilizzo nelle IBD

È facile individuare quindi come, nel trattamento e nel monitoraggio delle malattie infiammatorie croniche intestinali, le applicazioni di telemedicina assumano un'importanza decisamente elevata. L'obiettivo di questa tesi è stato di integrare in una piattaforma personalizzata ad-hoc i vantaggi precedentemente elencati, sfruttando la versatilità degli strumenti tecnologici a disposizione sul mercato. L'applicazione prende il nome di **IBD Tool**, realizzata in collaborazione con l'*Ospedale Mauriziano di Torino*; attraverso questo strumento, ogni medico/paziente ha a disposizione il proprio account personale su cui effettuare diverse operazioni:

- il medico ha la possibilità di registrare e gestire i propri pazienti, visualizzandone e compilandone la cartella clinica, e somministrando loro in modo automatico dei questionari mirati, che potrà visualizzare una volta compilati;
- il paziente ha la possibilità di gestire i questionari non ancora compilati e visualizzare i risultati di quelli già completati in precedenza.

I questionari vengono utilizzati per il monitoraggio dell'attività di malattia e della qualità della vita del paziente, analizzandone aspetti psico-fisici per studiarne la personalità; nel sistema sono presenti attualmente:

- questionari che monitorano attività di malattia:
  - Clinical-SCCAI
  - HBI
  - IBD-Disk
  - MIAH-CD
  - MIAH-UC
  - Patient-SCCAI
- questionari che misurano la qualità della vita del paziente:
  - EORTC-QLQ
  - EQ5D5L
  - HADS
  - IPAQ-SF
  - MMAS-8
  - PHQ-9
  - PRISM
  - PSQI

- SIBDQ
- TSQM
- WPAI-UC

Nel prossimo capitolo discuteremo dello stato dell'arte di questa tipologia di applicazioni di telemedicina, rappresentato al momento da *myIBDcoach*, sviluppata in Olanda, che ha gettato le basi per questa e altre applicazioni future in materia di IBD.

Capitolo 2

Stato dell'Arte: myIBDcoach

2.1 Introduzione

L'applicazione *myIBDcoach* nacque nel 2017 dopo un'approfondita analisi di fattibilità sull'utilizzo della telemedicina per il monitoraggio dei pazienti con IBD; è stata realizzata da un gruppo di centri ospedalieri affiliati a Maastricht, in Olanda, utilizzandola per un'attività di raccolta dati inerenti alla condizione clinica dei pazienti. Fino a quel momento, vennero sviluppati diversi strumenti di telemedicina per pazienti affetti da colite ulcerosa: uno che richiedeva un netbook e una bilancia elettronica per la misurazione dei sintomi, l'altro (web-based) per monitorare la qualità di vita (*QoL: Quality of Life*) dei pazienti in trattamento con farmaci 5-ASA (mesalazina); è risultato che tali sistemi andassero bene solo per un sottogruppo di persone affette da malattia lieve, per cui si è ritenuto necessario lo sviluppo di uno strumento più completo, in associazione con gli specialisti gastroenterologi, infermieri e dietologi, per lo studio di IBD di qualsiasi entità.[3].1 Lo sviluppo tecnologico di myIBDcoach è stato condotto da Sananet BV, azienda specializzata nello sviluppo e nell'implementazione di strumenti di telemedicina. In una piattaforma web-based e HTML-based, accessibile con un collegamento sicuro tra medico e paziente, sono state integrate informazioni pertinenti consultabili e questionari compilabili. Il sistema include moduli di monitoraggio, moduli di monitoraggio intensificati, moduli di visita ambulatoriale, moduli di e-learning, una pagina amministrativa usata dall'assistente sanitario. L'applicazione rispetta tutti i requisiti di sicurezza e legali come previsto dalla legge Europea in materia di trattamento di dati personali. L'analisi di fattibilità in termini di soddisfazione, accessibilità e fruizione dell'applicazione è stata condotta collezionando i dati dei questionari compilati dai pazienti e dal personale sanitario.[8]

2.2 Progettazione

La progettazione di *myIBDcoach* è stata strutturata in diverse fasi:[3].2 (pag.3)

- Fase I: identificazione degli attori; sono stati scelti:
  - 4 gastroenterologi (2 specializzandi e 2 ospedalieri);
  - 5 infermieri IBD (2 specializzandi e 2 ospedalieri);
  - 1 dietologo;

  - 2 rappresentanti IBD per l'organizzazione dei pazienti;
  - rappresentanti dell'industria farmaceutica;

- Fase II: brainstorming; si sono stabilite le priorità di progetto, gli argomenti rilevanti, le modalità di informazione e comunicazione e la gestione della sicurezza.

- Fase III: selezione dei questionari; si sono individuati i questionari che trattano determinati argomenti, e si sono selezionati i più adatti. Si sono anche individuati argomenti utili e non trattati nei questionari disponibili.

- Fase IV: sviluppo dei questionari; si è avviata la stesura dei questionari mancanti.

- Fase V: ottimizzazione del contenuto e finalizzazione; si è passati alla fase del bilancio tra i questionari selezionati e il totale delle domande per modulo.

- Fase VI: moduli e-learning; si sono individuati gli argomenti da trattare nei moduli e-learning, sviluppati da esperti del settore.

- Fase VII: testing; myIBDcoach è stata testata e ottimizzata dagli specialisti gastroenterologi e infermieri dopo ogni singola fase.

2.3 Sviluppo

La fase di sviluppo ha avuto inizio a partire dalla fase di brainstorming descritta nel paragrafo precedente, nel momento in cui i pazienti hanno riportato agli specialisti e al personale sanitario la necessità di avere una forma di comunicazione più solida con l'ospedale per il monitoraggio dei sintomi delle proprie patologie; anche i gastroenterologi hanno valutato attentamente e riportato tale necessità, soprattutto per la valutazione di altri aspetti come nutrizione, produttività lavorativa, fumo, ansia e depressione che non sono tenuti in considerazione nelle indagini tradizionali, ma rilevanti nel contesto complessivo di analisi della qualità della vita del paziente. A tal proposito, sono stati sviluppati dei questionari ad-hoc per la misurazione dell'attività di malattia (questionario *MIAH*:*Monitoring IBD At Home*, incentrato sull'assegnazione di un punteggio in base alle risposte fornite dal paziente, che ha dimostrato una buona accuratezza nella diagnosi), per l'analisi dei sintomi non-intestinali, per l'analisi della produttività lavorativa (questionario *WPAI*:*Work Productivity and Activity Impairment*), per l'individuazione dello status nutrizionale (questionari *Malnutrition Screening Tool* e *Short Nutritional Assessment Questionnaire*), per l'analisi di stanchezza, ansia, stress, depressione e esercizio fisico e il modo in cui essi impattano sulla vita della persona.

2.4 Moduli di monitoraggio

L'applicazione è costruita sui moduli di monitoraggio, ognuno dei quali prevede la somministrazione automatica dei questionari descritti nel paragrafo precedente. Per ogni modulo di monitoraggio è previsto un determinato periodo di somministrazione di un gruppo selezionato di questionari:

Figura 2.1: Home page di myIBDcoach su iOS

- monitoraggio base: prevede la compilazione da parte del paziente dei questionari *MIAH*, *Treatment Satisfaction Questionnaire for Medication*, *Malnutrition Screening Tool*, *Short Nutritional Assessment Questionnaire*, *WPAI*, *euroQol instruments* e *SF-12*, e di altre domande per l'analisi di diversi aspetti generali della vita. Il periodo di somministrazione varia da 1 a 3 mesi (quest'ultimo caso se il paziente è in remissione prolungata).

- monitoraggio intensificato: prevede la compilazione settimanale del questionario *MIAH*, in caso di riaccensione della malattia.

- modulo per pazienti in visita: prevede la compilazione dei questionari citati nel primo punto insieme ad altri, e la discussione con il personale sanitario, durante la visita, di un argomento scelto del paziente.

- modulo e-learning: offre al paziente informazioni mirate su 16 argomenti selezionati, per approfondire meglio l'argomento delle IBD.

È fornito, inoltre, un servizio di comunicazione disponibile 24 ore al giorno, per tutta la settimana, di cui paziente e personale sanitario possono usufruire; il sistema prevede che ogni tipo di conversazione venga sistematicamente documentata e possa essere consultata in un secondo momento. Il sistema fornisce anche un servizio di consultazione personale dello status del paziente, disponibile sempre 24/7. Il personale medico ha, infine, la possibilità di accedere ad una dashboard riassuntiva

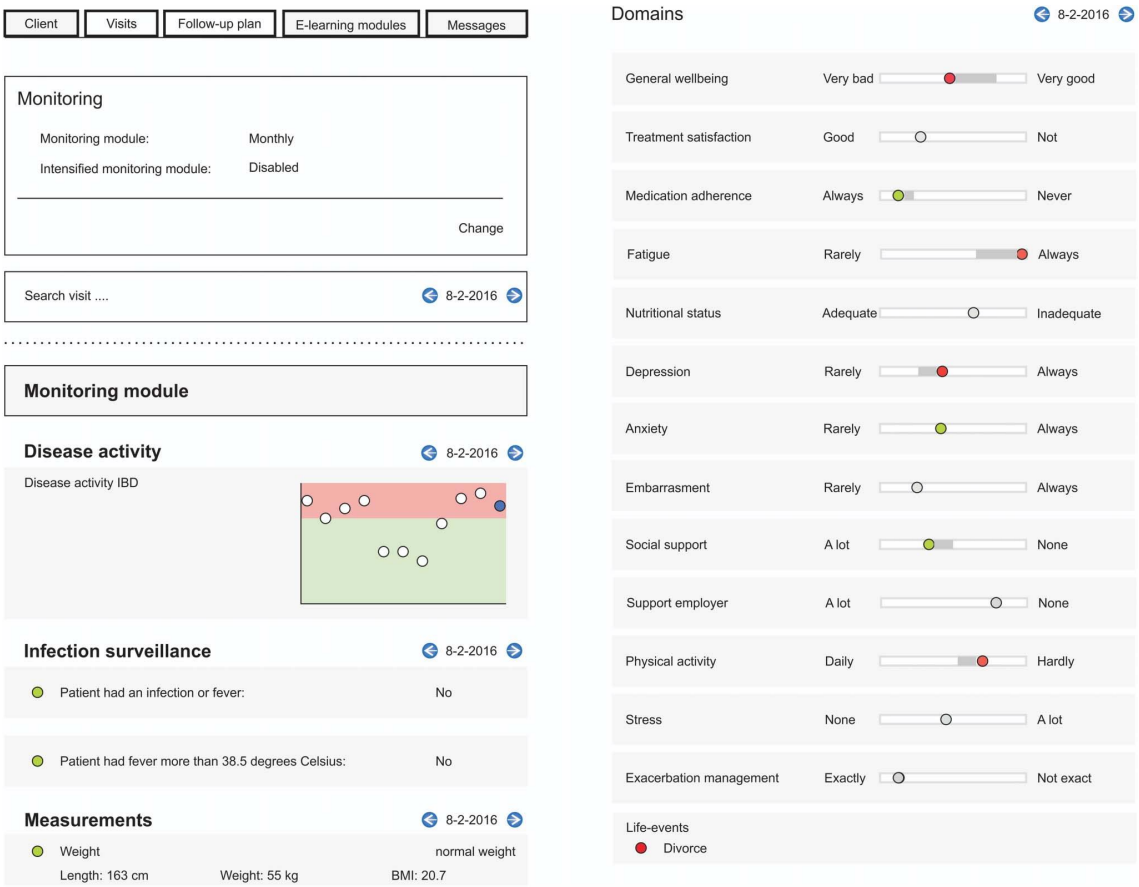

Figura 2.2: Dashboard riassuntiva del paziente

che illustra lo status del paziente, l'evoluzione della sua malattia e i dati raccolti sui questionari completati nei moduli di monitoraggio.

2.5 Conclusioni

MyIBDcoach è stato testato su 30 pazienti con IBD e 8 assistenti sanitari. La risposta dei pazienti sui moduli di monitoraggio mensili è stata del 100%. L'indice di gradimento è risultato piuttosto elevato: i pazienti hanno giudicato myIBDcoach con un punteggio di 7.8 su 10, mentre il personale sanitario con un punteggio di 8 su 10. L'interfaccia utente e l'accessibilità del sistema sono state considerate di qualità elevate, e il 93% dei pazienti raccomanderebbe myIBDcoach ad altri pazienti. Durante il periodo di studi di 3 mesi, il 40% dei pazienti ha contattato il proprio medico attraverso l'applicazione per domande urgenti o generali: di questi, l'83% ha avuto un riscontro positivo rispetto a tutti i colloqui registrati nel sistema avuti dai pazienti con il personale sanitario. Il 90% dei pazienti ha completato almeno 1 modulo di e-learning; la maggior parte di questi pazienti ha ritenuto di aver acquisito più conoscenze sulla propria patologia.[3].3 (pag. 6) Si evince dunque da tali percentuali che un sistema di telemedicina come supporto nel trattamento delle IBD ha un riscontro decisamente positivo sia lato medico che lato paziente, i quali consolidano in questo modo il loro rapporto di fiducia e comunicazione, fondamentale nel decorso di queste patologie. L'applicazione *myIBDcoach* è disponibile solo in Olanda e in nessun altro Stato Europeo: per cui, per ovviare a questa mancanza nel mercato

Italiano, si è deciso di sviluppare una nuova web-app per l'*Ospedale Mauriziano* di Torino dal titolo **IBD Tool**, prendendo libera ispirazione dallo strumento citato in questo capitolo.

Capitolo 3

Metodologia

Il lavoro svolto in questa tesi mira allo sviluppo di una piattaforma di telemedicina destinata al reparto di gastroenterologia dell'*Azienda Ospedaliera Ordine Mauriziano* di Torino, basandosi sulle linee guida definite dagli specialisti e sulle funzionalità dell'applicazione *myIBDcoach* descritta nel capitolo precedente. Sono state individuate 3 fasi di lavoro principale:

- Fase I: definizione del sistema di autenticazione e della struttura di una dashboard (con funzionalità differenti a seconda del ruolo dell'account autenticato).
- Fase II:
  - paziente: gestione dei questionari da completare e possibilità di visualizzazione dei questionari completati;
  - medico: gestione dei pazienti (registrazione), gestione dei questionari somministrabili e dei periodi di somministrazione e modalità di comunicazione con il paziente.
- Fase III: gestione di un profilo personale.
  - paziente: compilazione dei questionari e invio risposte al database;
  - medico: visualizzazione dei questionari compilati dal paziente, ricezione di alert in caso di ripresa attività di malattia, basandosi sullo score dei questionari stabiliti.

Gli specialisti dell'Ospedale hanno definito, inoltre, una serie di requisiti fondamentali per lo studio dei dati raccolti:

- Randomizzazione in **telemedicina** o in **cure tradizionali**. Al completamento della fase di registrazione di un nuovo paziente, costui verrà assegnato casualmente a una delle due categorie precedentemente menzionate.
- Tipologie di questionario incluse e intervalli di somministrazione per la gestione del follow-up, definizione degli score di alert per medico.

3.0.1 Obiettivi prefissati

Questa nuova piattaforma web-based prende il nome di **IBD Tool**, e mira a perseguire i seguenti obiettivi, prefissati in fase di definizione progetto:

- permettere al clinico di intervenire tempestivamente in caso di emergenza, attraverso la ricezione di alert via notifica/e-mail;
- seguire l'evoluzione della malattia dei pazienti nel corso del tempo, avendo la possibilità di individuare i periodi di benessere o di cronicizzazione;
- ridurre la frequenza di ospedalizzazione dei pazienti;
- stabilire un legame clinico-paziente più solido, attraverso comunicazioni dirette (telefonicamente) o telematiche (e-mail/sms).

L'applicazione fa utilizzo di diversi framework e componenti per la gestione del frontend (User Interface con cui l'utente interagisce) e del backend (server che riceve richieste HTTP per assolvere i compiti stabiliti), di cui si discuterà nei prossimi capitoli.

3.0.2 Questionari: tipologie

Da protocollo ospedaliero, è stato stabilito quali questionari includere nel sistema e le modalità di invio ai pazienti.
A differenza di *myIBDcoach*, dove ad ogni paziente è assegnata una schermata di riepilogo contenente i punteggi generali sulla propria condizione, in *IBD Tool* si è agito diversamente, in quanto sono stati inclusi molti più questionari da compilare, di tipologie diverse e con assegnazioni dei punteggi molto variegate tra loro; i questionari sono stati suddivisi in:

- questionari che monitorano l'attività di malattia (da somministrare con cadenza mensile per pazienti in **telemedicina**, con cadenza trimestrale per pazienti in **cure tradizionali**)
  - per pazienti affetti da malattia di Crohn:
    - **Harvey Bradshaw Index (HBI)**: il medico riceverà un alert per attività di malattia (score ≥ 5), per passaggio di classe di attività (da remissione a lieve, da lieve a moderata/grave) e per variazione di ± 2 punti rispetto al questionario precedente della stessa categoria (se ne sono presenti più di uno).
    - **MIAH-CD (Monitoring IBD at Home - Crohn's Disease)**: incluso anche in *myIBDcoach*, il medico riceverà un alert per ripresa attività di malattia;
  - per pazienti affetti da colite ulcerosa:
    - **Patient-SCCAI (Simple Clinical Colitis Activity Index)**: il medico riceverà un alert per attività di malattia (score ≥ 5), per passaggio di classe di attività (da remissione a lieve, da lieve a moderata/grave) e per variazione di ± 2 punti rispetto al questionario precedente della stessa categoria (se ne sono presenti più di uno).

    - **MIAH-UC (Monitoring IBD at Home – Ulcerative Colitis)**, incluso anche in *myIBDcoach*, il medico riceverà un alert per ripresa attività di malattia;
  - per pazienti affetti da qualsiasi IBD:
    - **IBD-Disk**

- questionari che misurano la qualità della vita del paziente, somministrati a cadenza trimestrale tranne dove specificato diversamente (solo per pazienti in **telemedicina**):
  - per pazienti affetti da qualsiasi IBD:
    - **EQ5D5L (European Quality – version 5D - 5 Levels)**, non è previsto feedback per il medico, a compilazione semestrale.
    - **IPAQ-SF (International Physical Activity Questionnaire – Short Form)**
    - **MMAS-8 (Medication Morinsky Adherence Scale)**, il medico riceverà un alert in caso di score ≤ 8, per indicare bassa-media aderenza rispetto della terapia da seguire.
    - **PRISM (Pictorial Representation of Illness and Self Measure)**, a compilazione grafica per misurare l'impatto della malattia sulla vita del paziente.
    - **PSQI (Pittsburg Sleep Quality Index)**, a compilazione semestrale.
    - **TSQM (Treatment Satisfaction Questionnaire for Medication)**, per misurare il grado di soddisfazione del paziente rispetto alla terapia seguita;
    - **WPAI (Work Productivity and Activity Impairment Questionnaire)**, incluso anche in *myIBDcoach*, per l'analisi della produttività lavorativa del paziente.

- questionari per la diagnosi di ansia e depressione:
  - **HADS (Hospital Anxiety and Depression Scale)**, misura il grado di ansia e depressione del paziente.
  - **PHQ-9 (Patient Health Questionnaire - 9)**, il medico riceverà un alert se score ≥ 5 (indicante qualsiasi grado di depressione).

3.1 Struttura del progetto

3.1.1 Backend: tecnologie utilizzate

Nei seguenti paragrafi verranno illustrate le tecnologie, i framework e i linguaggi utilizzati per la gestione del backend in **IBD Tool**.

Il *backend* rappresenta il "motore" dell'applicazione: esso viene eseguito sul server e ha lo scopo di ricevere/rispondere a richieste HTTP e gestire le funzionalità della piattaforma stessa, fornendo le *API (Application Programming Interface)*, ovvero delle funzioni richiamabili dall'interfaccia utente.

3.1.1.1 HTTP (Hypertext Transfer Protocol)

HTTP (letteralmente: protocollo di trasferimento di ipertesti) è il protocollo di trasferimento più utilizzato nell'informatica moderna per la realizzazione di comunicazione client-server e la trasmissione di contenuti sul web. Una transazione HTTP è strutturata secondo la seguente URL

http://hostname[:port]/path

in cui:

- *hostname* rappresenta l'indirizzo in cui si trova il server in attesa di connessioni;
- *port* rappresenta la porta da/verso cui il server riceve/invia richieste/risposte;
- *path* rappresenta la posizione relativa della risorsa da richiamare all'interno del server.

Una *risorsa* indica in modo generico il contenuto informativo oggetto della transazione. Può essere costituita da:

- un documento statico (file sul server);
- programma/servizio la cui esecuzione produce/consuma il documento trasferito.

Una *richiesta* indica un'azione da svolgere sull'oggetto definito dalla URL; è strutturata in questo modo:

- la prima riga contiene l'azione da svolgere, la URL e la versione del protocollo; un esempio di comando HTTP è *GET /index.html HTTP/1.1*;
- le righe successive contengono le sotto-intestazioni, una riga vuota e il corpo della richiesta.

Una *risposta* rappresenta il risultato della richiesta effettuata in precedenza; sulla prima linea (definita linea di "stato"), sono presenti:

Versione protocollo - Codice stato - Descrizione testuale del codice

Un esempio di risposta è

HTTP/1.1 200 OK

e indica che:

- la versione del protocollo utilizzata è HTTP 1.1;
- il codice di ritorno è 200;
- la richiesta è ritornata con successo (OK).

Esistono diversi codici di stato HTTP, alcuni dei quali sono utilizzati all'interno di questa applicazione per monitorare lo stato delle risposte; si riportano i più comunemente visualizzati:

- **200 OK**: risposta standard per richiesta HTTP eseguita con successo;
- **400 Bad Request**: la richiesta non può essere soddisfatta per errori di sintassi;
- **401 Unauthorized**: l'autenticazione verso il server non può essere fornita;
- **403 Forbidden**: la richiesta è legittima ma non può essere soddisfatta per rifiuto del server;
- **404 Not Found**: la risorsa richiesta non è stata trovata;
- **500 Internal Server Error**: errore generico interno del server;
- **503 Service Unavailable**: il server non è disponibile al momento.

I metodi HTTP più utilizzati sono:

- **GET**: per il recupero di una o più informazioni dal server;
- **POST**: per la creazione di nuove risorse sul server;
- **PUT**: per l'aggiornamento di una risorsa sul server;
- **DELETE**: per l'eliminazione di una risorsa sul server.

3.1.1.2 Pattern MVC (Model View Controller) e architettura multi-tier

MVC è un pattern architetturale molto diffuso nell'informatica moderna e in particolar modo nelle applicazioni web. Secondo questo schema, l'applicazione backend si struttura in 3 componenti fondamentali:

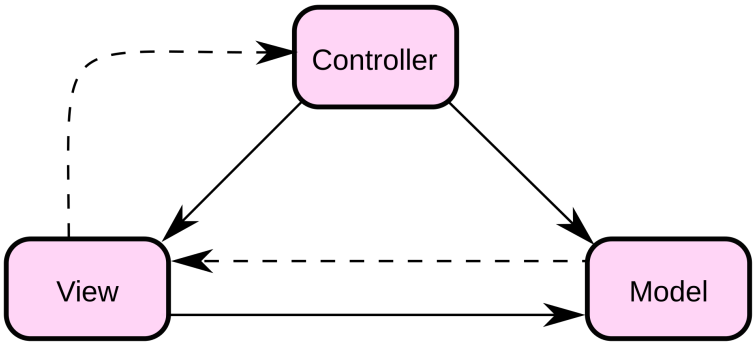

Figura 3.1: Schema architetturale del pattern MVC. Fonte *Wikipedia*

- il **modello**: è il componente centrale del pattern, gestisce direttamente i dati e la *business logic* dell'applicazione;
- la **vista**: è la rappresentazione del modello in formato visuale (attraverso l'output di informazioni prelevate dal modello);
- il **controllore**: è il componente che accetta un input e lo converte in comandi destinati al modello o alla vista.

L'interazione tipica tra componenti del pattern MVC si articola nei seguenti passaggi:

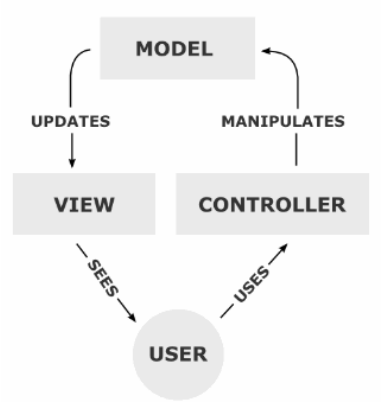

Figura 3.2: Schema di interazione in MVC. Fonte *Wikipedia*

1. l'utente usa il controller;
2. il controller manipola il modello;
3. il modello aggiorna la vista;
4. la vista viene visualizzata dall'utente.

La definizione dei 3 componenti di cui sopra permette di adottare un approccio stratificato nella progettazione di applicazioni web, un'architettura *multi-tier*, in cui ogni strato, *tier* o *layer* può interagire solo con i suoi adiacenti (precedente e successivo); un'app web di questo tipo prevede:

1. un **Data Access Layer**: è il layer che si occupa del trasferimento delle singole entità da/verso la sorgente dei dati. Si interfaccia direttamente con il *Data Tier o strato di persistenza* (il database su cui sono salvati i dati).

2. un **Data Domain Layer**: è il layer rappresentante il modello logico dei dati su cui deve essere applicata la business logic. Il suo compito è quello di astrarre i dati del Data Access Layer per poter essere utilizzati dal Service Layer sottostante; inoltre, interagisce con il Data Access Layer per rendere persistenti le informazioni (salvataggio sul database).

3. un **Service Layer**: è il layer che implementa la business logic; ricevendo i dati astratti dal Data Domain Layer, utilizza le funzioni specifiche delle classi servizio (annotate con **@Service**) e coordina le attività delegando i vari compiti agli oggetti del dominio applicativo.

4. un **Presentation Layer**; è il layer più esterno, e ha il compito di trasformare le richieste provenienti dall'utente in operazioni eseguibili dal Service Layer, e incapsulare i risultati in risposte visualizzabili sul dispositivo dell'utente.

A questo punto, è possibile estendere le definizioni di modello, vista e controllore integrando le considerazioni effettuate sull'architettura multi-tier:

1. il *modello* contiene i dati dell'applicazione e impone delle regole sulla loro evoluzione. Viene realizzato tramite un insieme di oggetti Java memorizzati nella sessione o resi persistenti. Nel source code di **IBD Tool** le classi che delineano il modello si trovano nella directory **model**.

2. la *vista* è una rappresentazione visuale del modello, e non può in alcun modo modificarlo. Possono coesistere viste alternative, infatti ciò che viene visualizzato dall'utente è codice HTML riempito con dati dinamici ricevuti dal modello.

3. il *controllore* intercetta le richieste HTTP in ingresso, estraendone i parametri e invocando il Service Layer, verso cui vengono indirizzate. Inoltre, sceglie la vista da presentare, che verrà popolata con dati ottenuti dal modello. Nel source code di **IBD Tool**, le classi controller sono annotate con **@Controller** (la cui spiegazione è rimandata al paragrafo successivo) e si trovano nella directory **controller**. Per ogni URL supportata, occorre creare un controllore opportuno (classe Java) ed esporre un *endpoint* i rispettivi metodi da invocare.

3.1.1.3 Linguaggio Java e Framework Spring

Il backend di **IBD Tool** è stato scritto in linguaggio *Java*, uno dei più popolari linguaggi di programmazione a oggetti presente sul mercato.

In coordinazione a Java è stato utilizzato anche *Spring*, un framework molto conosciuto oggigiorno per la progettazione di applicazioni web basate sul pattern MVC e architettura multi-tier, discusse nel paragrafo precedente.

Spring permette una configurazione agevole delle classi Java sfruttando le potenzialità delle *annotazioni*, keyword precedute dal simbolo "@" che permettono l'aggiunta automatica di metadati e caratteristiche alla classe che le include. Le annotazioni maggiormente utilizzate nel backend di **IBD Tool** sono:

- **@Autowired**: realizza l'*Autowiring*, una funzionalità che lascia a Spring il compito di risolvere le dipendenze tra i *bean* automaticamente. I **bean** sono oggetti Java istanziati e gestiti direttamente da Spring.

- **@GetMapping, @PostMapping**: espongono un endpoint per la ricezione di una richiesta HTTP di tipo GET (GetMapping) o PUT (PostMapping). Queste due annotazioni sono utilizzate all'interno dei controller per intercettare le richieste provenienti dal frontend (con cui interagisce l'utente).

- **@PreAuthorize("hasAnyAuthority('ROLE')")**: utilizzata in coordinazione a quelle di Mapping precedenti, securizza gli endpoint esposti; in questo modo, solo un utente autorizzato può avanzare determinate richieste al server, mentre gli altri riceveranno una risposta **403 Forbidden**.

- **@RestController**: indica che la classe Java è un controller di tipo **REST**; se ne discuterà nel paragrafo successivo.

- **@Service**: indica che la classe Java appartiene al Service Layer, ed è un servizio invocato dal rispettivo controller per chiamarne i metodi richiesti.

- **@Transactional**: indica che il metodo implementa un cross-cut concern, per cui non ci si deve preoccupare di eseguire sul database operazioni di commit-start-rollback perchè i singoli metodi esistono nel contesto di un'unica transazione.

- **@Document**: è utilizzata su una classe Java di tipo *Entity* salvabile sul database, nel contesto di database non relazionale (nello specifico, in **IBD Tool** viene utilizzato *MongoDB* come database No-SQL).

- **@Id**: indica che il campo appartenente a una certa classe Java di tipo *Entity* è utilizzato come chiave primaria per il salvataggio sul database non relazionale; ciò implica che non possono coesistere due entità sul database con lo stesso ID (nello specifico, in **IBD Tool** l'e-mail di un utente viene utilizzato come ID per il salvataggio sul database No-SQL).

- **@JsonAutoDetect**: permette l'identificazione automatica della classe annotata in un oggetto JSON salvabile sul database.

- **@Data, @Builder, @NoArgsConstructor**: annotazioni specifiche del progetto **Lombok**, un plugin di Java che permette di implementare nella classe

annotata automaticamente e in modo safe sia il pattern Builder come alternativa al costruttore tradizionale (con sintassi *Class.builder().params(...).build()*) sia i metodi **getters, setters, equals** e **hashCode**.

Attraverso l'estensione *Spring Boot* del framework tradizionale è possibile automatizzare alcune configurazioni che richiederebbero una serie di passaggi non immediati; nel source code di **IBD Tool**, ad esempio, viene utilizzato per la configurazione dei parametri del plugin *Spring Mail* (per l'invio automatico di e-mail) e di quelli utilizzati nel plugin *Spring Security* (per realizzare le funzionalità di sicurezza).

3.1.1.4 REST: Representational State Transfer

REST è uno stile di programmazione adatto alla realizzazione di architetture distribuite, e che garantisca diverse proprietà:

- **eterogeneità**: capacità di fare interoperare diversi dispositivi;
- **scalabilità**: capacità di garantire il mantenimento del servizio al crescere del numero di utenti/transazioni;
- **evoluzione**: evitare di introdurre vincoli che impediscano l'evoluzione e il mantenimento del sistema;
- **resilienza**: capacità di mantenere i vari servizi del sistema a fronte di un guasto locale;
- **efficienza**: misura il rapporto tra risorse impegnate e il valore del risultato;
- **prestazioni**: valutazione assoluta del tempo/risorse necessarie per erogare un servizio.

I principi fondamentali su cui fonda il modello REST sono:

1. architettura client-server *stateless* (non memorizzando informazioni sulla sessione di navigazione);
2. il server ospita uno o più servizi;
3. ogni servizio gestisce un insieme di "informazioni", ciascuna delle quali ha un nome su scala globale (URI) e supporta le operazioni **CRUD** (*CREATE, READ, UPDATE, DELETE*);
4. le informazioni associate ad una URI possono essere relative a:
   (a) singole voci;
   (b) collezioni di voci;
   (c) risultati di computazioni funzionali.

I metodi HTTP standard *GET, POST, PUT, DELETE* possono essere usati nel modello REST. Come descritto nel paragrafo precedente, i controller di tipo REST sono classi Java annotate con **@RestController**, espongono endpoint del servizio fornito e ritornano un valore che verrà convertito in una rappresentazione accettabile dal client.

3.1.1.5 Funzioni di sicurezza: Spring Security e JWT

Ogni applicazione moderna deve rispondere a precisi standard di sicurezza, rispondendo a due obiettivi principali:

- solo gli utenti aventi diritto possono usufruire di alcune funzionalità;
- bisogna impedire l'uso malevolo dell'applicazione.

Spring Security è il modulo del framework Spring che si occupa di implementare la sicurezza:

- a livello web (utilizzando dei filtri);
- a livello di invocazione dei metodi.

Per perseguire gli scopi prefissati, occorre gestire un database di utenti e fornire servizi che supportino i processi di *registrazione, autenticazione, aggiornamento profilo e recupero credenziali*, caratteristici di un sistema securizzato. Inoltre il server di **IBD Tool**, come descritto precedentemente, risponde all'architettura REST: essendo completamente *stateless* non memorizza le informazioni sulla sessione di navigazione dell'utente, perchè in realtà in un modello di questa tipologia è il concetto stesso di *sessione* a non esistere. L'approccio che è necessario adottare prevede, quindi, di seguire questi step:

1. l'autenticazione dell'utente attraverso l'inserimento di username e password (frontend);
2. se l'autenticazione ha successo (ricercando nel database l'utente che ha il match con le credenziali inserite), avviene il rilascio di un token autorizzativo dal server all'utente;
3. l'inclusione del token autorizzativo in ogni richiesta HTTP avanzata dall'utente per l'utilizzo di determinate funzionalità.

Il token autorizzativo menzionato è noto come **JSON-Web-Token** o *JWT*, una stringa composta da 3 parti, *Header, Payload e Signature*, in cui:

- **Header**: indica il tipo di algoritmo utilizzato per firmare la Signature (nel caso di questo sistema, *HMAC-SHA256*);
- **Payload**: contiene l'insieme dei "claim" che rendono valido il token (es. a chi appartiene, la sua validità temporale, l'autorità che l'ha rilasciato ecc...);
- **Signature**: è la concatenazione di *BASE64("Header") + '.' + BASE64("Payload") + '.' + BASE64(HMAC-SHA256("Header" + "Payload", SecretKey))*, dove BASE64 rappresenta il tipo di codifica utilizzata sulla stringa fornita come input, mentre *SecretKey* rappresenta la chiave segreta utilizzata per l'algoritmo *HMAC-SHA256*.

In **IBD Tool** le funzioni di sicurezza sono state integrate nel seguente modo:

- a livello web, nelle classi Java **AuthorizationFilter** e **SecurityConfig**; nello specifico
  - *SecurityConfig* definisce l'applicazione come *STATELESS* e quali endpoint (path delle risorse remote definite con le annotazioni *@GetMapping* e *@PostMapping*) sono raggiungibili previa autenticazione dell'utente e quali no;
  - *AuthorizationFilter* analizza la richiesta HTTP in ingresso, estraendone il campo *Authorization* e verificando che il token JWT incluso sia valido.
- A livello di invocazione dei metodi, annotando il singolo metodo da richiamare nel controller REST con **@PreAuthorize("hasAnyAuthority('ROLE')")**, come definito precedentemente; nel sistema sono stati previsti due *ROLE*:
  - *DOTTORE*: per identificare gli utenti medici registrati;
  - *PAZIENTE*: per identificare gli utenti pazienti, registrati dai rispettivi medici curanti.

  In questo modo solo gli utenti del *ROLE* previsto possono avanzare determinate richieste al server (come ad esempio, l'eliminazione di un paziente dal database che può essere effettuata solo dal medico curante che ha registrato quel paziente).
- A livello di autenticazione, con il rilascio di un *JWT* di validità di 15 minuti al login dell'utente; per simulare il concetto di sessione, l'utente ogni 10 minuti avanza una richiesta all'applicazione backend per il rinnovo del proprio token autorizzativo, mantenendo in questo modo la sessione attiva.
- A livello di salvataggio delle informazioni sul database, infatti le password degli utenti non vengono mai salvate in chiaro ma concatenate con un *sale*, e sulla stringa risultante viene applicata la funzione di hash *SHA-256*.

3.1.1.6 MongoDB: database No-SQL

I database *No-SQL* (o *non relazionali*) sono stati progettati per mettere a disposizione sul mercato delle collezioni di dati manipolabili rapidamente; inoltre, questa tipologia di database supporta nativamente lo *sharding*, ovvero la capacità di suddividere i dati tra un numero arbitrario di server in modo totalmente trasparente alle applicazioni. Si possono riconoscere diversi vantaggi nell'impiego di DB No-SQL nel mondo delle applicazioni odierne, sempre più orientate agli oggetti:

- l'abbandono degli schemi predefiniti del mondo SQL (database relazionali), da cui consegue la possibilità di salvare oggetti aventi campi diversi nella stessa collezione.
- l'utilizzo di *API (Application Programming Interface)* più semplici nella manipolazione dei dati;
- le prestazioni elevate in *R/W (Read: Lettura, Write: Scrittura)*, dovute all'assenza di lock sulla collezione durante l'esecuzione di una transazione;

MongoDB è un database No-SQL orientato ai documenti: i dati sono memorizzati in formato *BSON*, un'estensione del formato *JSON* con la possibilità di storing di oggetti in formato binario; tale formato è stato progettato per essere più efficiente sia nella memorizzazione dei dati sia nella velocità di ricerca. Le relazioni tra i dati in MongoDB possono essere rappresentate in 2 modi:

1. *References*: le relazioni tra i dati vengono rappresentate attraverso *riferimenti* tra i vari oggetti nel DB; è l'approccio che più si avvicina al modello relazionale (fig. 3.3).

2. *Embedded Document*: le relazioni tra i dati vengono rappresentate memorizzando i dati correlati in un unico documento, sfruttando le proprietà intrinseche dei DB No-SQL (fig. 3.4).

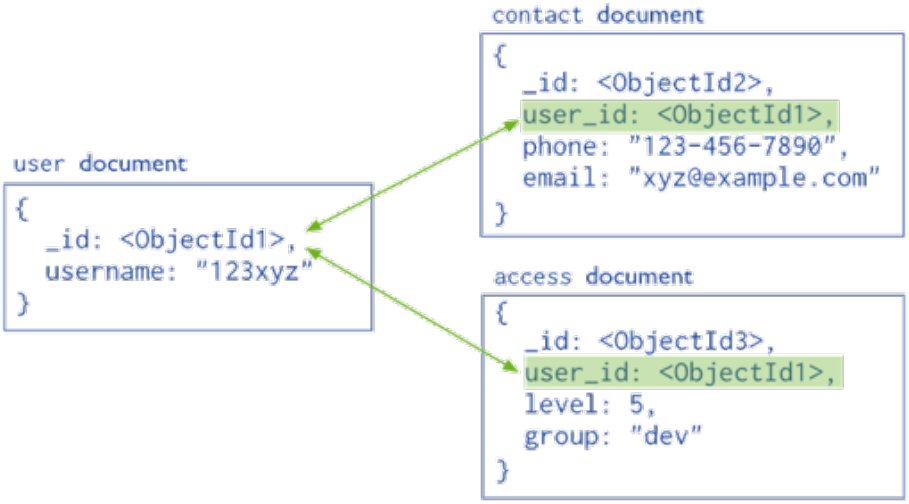

Figura 3.3: *References relation.* Fonte MongoDB - Data Modeling[9]

Figura 3.4: *Embedded Document relation.* Fonte MongoDB - Data Modeling[9]

La versatilità di creazione e manipolazione dei documenti di MongoDB ha consentito di implementare in **IBD Tool** un processo agevole per salvare i dati di tutti gli utenti nella stessa collezione, nello specifico:

- gli utenti sono salvati nella collezione "**users**" del database; ogni singolo utente ha campi relativi ai propri dati anagrafici e alle notifiche ricevute sull'account personale;
- un utente medico è contraddistinto dal campo "role" = "DOTTORE" e dalla presenza della lista dei pazienti (sfruttando la relazione di tipo *Embedded Document*);
- un utente paziente è contraddistinto dal campo "role" = "PAZIENTE" e dalla presenza dei seguenti campi:
    1. un campo "doctor" contenente le informazioni dello specialista che lo ha registrato;
    2. un campo "bodyStat" contenente le informazioni inerenti la propria cartella clinica (patologia, caratteristiche fisiche, terapia seguita);
    3. un campo "category" indicante se l'utente appartiene al gruppo **Telemedicina** o **Cure tradizionali** dopo la fase di randomizzazione descritta in precedenza.

Le funzioni di manipolazione del database sono rese disponibili dal driver *Mongo Starter* del framework Spring, e richiamabili da semplici metodi Java. Il database dell'applicazione risiede in un cloud remoto, accessibile dalla piattaforma *MongoDB Atlas* accessibile al link `https://cloud.mongodb.com/`

3.1.2 Frontend: tecnologie utilizzate

A seguire, si approfondiranno le tecnologie, i framework e i linguaggi utilizzati per la realizzazione del frontend in **IBD Tool**.

Il *frontend* rappresenta l'interfaccia con cui l'utente interagisce, e nello specifico la congiunzione tra *UI (User Interface)* e *UX (User Experience)*.

In **IBD Tool**, per venire incontro all'esigenza di utilizzo dell'applicativo su qualsiasi dispositivo (fisso/mobile), è stata implementata un'interfaccia *responsive* secondo gli standard più moderni.

3.1.2.1 Angular: architettura e libreria grafica

Angular è un framework sviluppato da Google, scritto in linguaggio *Typescript* e con cui è possibile realizzare applicazioni frontend. Esso si struttura sul pattern architetturale *Model-View-ViewModel (MVVM)* (simile al *Model-View-Controller*), dove il controller viene sostituito da un *Component* che fa da "binding" tra *View* e *Model*, non essendoci tra i due una connessione diretta. Il ruolo svolto dagli strati architetturali è così articolato:

- per la *View*, realizzata attraverso i *Template*, occuparsi della *presentation logic* mostrando la vista opportuna sottoforma di interfaccia utente;
- per il *Model*, realizzato attraverso l'utilizzo dei *Service* (invocati dai Component) che lo modificano, occuparsi della *domain logic*. Un *Service* contiene i metodi necessari all'esecuzione delle richieste HTTP al server, deve essere annotato con la keyword **@Injectable** e deve essere passato come parametro del constructor del Component che lo invoca.
- per il *ViewModel*, gestito dai Component attivi, occuparsi della *business logic*.

Un *Component* in Angular è un'entità composta sostanzialmente da 3 parti:

1. un **template**: il file HTML contenente le direttive per la visualizzazione della pagina nel browser dell'utente;
2. uno **style-sheet**: il file CSS contenente le direttive per la definizione dello stile della pagina;
3. un file **Typescript**, contenente i metodi che delineano il ciclo di vita del *Component*, a partire dalla sua costruzione (*constructor(...)* e dalla sua inizializzazione (*ngOnInit()*), fino alla sua distruzione (*ngOnDestroy()*); questi ultimi 2 metodi vengono richiamati automaticamente nella fase in cui sono richiesti e di default hanno un body vuoto: tuttavia, se è necessario che eseguano delle azioni specifiche occorre ridefinirli mediante l'implementazione della loro interfaccia (specificando nella riga di definizione del *Component* la keyword *implements OnInit, OnDestroy*).

In Angular si utilizzano, dunque, i linguaggi per la programmazione frontend, ovvero HTML, CSS, Typescript.

HTML è un linguaggio di markup per ipertesti, utilizzato per l'inserimento e per l'impaginazione dei contenuti visualizzati sul browser; è attualmente giunto alla sua

versione 5, integrando funzionalità multimediali che prima erano disponibili soltanto attraverso estensioni ormai deprecate come *Adobe Flash*.

CSS (Cascading Style Sheets) è un linguaggio per la definizione dello stile (formattazione, impaginazione, layout responsive) della pagina HTML visualizzata, e nelle applicazioni moderne viene utilizzato in coordinazione con HTML per disaccoppiare logicamente la struttura di una pagina web: infatti, in linea teorica, la definizione degli stili di pagina può anche essere implementata in un unico file HTML, rendendo però il codice decisamente più verboso e illeggibile.

Typescript, infine, è un linguaggio di programmazione Object-Oriented sviluppato da Microsoft[10] come estensione del linguaggio Javascript tradizionale (che è, di fatto, solo un linguaggio di scripting). Typescript presenta diverse caratteristiche:

- supporta tutto il codice Javascript, comprese librerie di terze parti;
- introduce la tipizzazione dei dati;
- introduce il supporto a moduli e interfacce.

Infine, il frontend di **IBD Tool**, costruito su Angular, è stato stilizzato mediante la libreria grafica nota come *Angular Material*: seguendo le linee guida del *Material Design* (un design language sviluppato da Google per il sistema operativo *Android*[11]), esso integra un insieme di componenti visuali, layout e animazioni fluide adatte alla progettazione di *User Interface* moderne e responsive, adatte all'utilizzo su qualsiasi dispositivo (PC, smartphone e tablet).

3.1.3 Strumenti di supporto

Il processo di *messa in produzione* per **IBD Tool** ha richiesto l'utilizzo di strumenti aggiuntivi, descritti qui di seguito.

3.1.3.1 Firebase: introduzione, Hosting e Cloud Messaging

Firebase è una piattaforma sviluppata da Google e utilizzata per la progettazione di applicazioni per dispositivi mobili, fornendo diversi servizi utili:

- **Firebase Authentication**, per gestire le autenticazioni;
- **Firebase Cloud Firestore**, un database No-SQL su cui memorizzare dati;
- **Firebase Storage**, uno spazio cloud per la condivisione dei documenti;
- **Firebase Hosting**, per offrire funzionalità di hosting del sito web;
- **Firebase Cloud Messaging**, per offrire funzionalità di messaggistica real-time.

I servizi offerti da *Firebase* sono accessibili e configurabili dalla console di amministrazione al link `https://console.firebase.google.com`.

Teoricamente, servendosi di tutte le funzioni Firebase menzionate, è possibile eseguire l'hosting di un'applicazione completa senza necessità di disporre di un backend; tuttavia la filosofia adottata nello sviluppo di **IBD Tool** predilige il disaccoppiamento di tutti i componenti per i seguenti motivi:

- evitare un *Single Point of Failure* della piattaforma (che si identificherebbe in questo caso nell'utilizzo di tutta l'infrastruttura Firebase).

- avere la versatilità di scrivere metodi personalizzati sfruttando le potenzialità del linguaggio Java.

integrando, dunque, solo *Firebase Hosting* e *Firebase Cloud Messaging*.

Firebase Hosting si occupa dell'hosting del sito web frontend (l'applicazione realizzata con Angular), raggiungibile all'indirizzo `https://ibd-tool-mauriziano.web.app/` (i domini `web.app` e `firebase.app` sono di proprietà di Google e riservati ad applicazioni Firebase).

Firebase Cloud Messaging offre funzionalità di messaggistica avanzata in tempo reale, servendosi dell'invio di notifiche push ai dispositivi mobili registrati. Il servizio va configurato correttamente sia lato frontend che lato backend:

- su frontend si utilizza il modulo *Angular Fire Messaging*, che si occupa di 4 aspetti fondamentali:

    1. mostrare il popup nel browser dell'utente per consentire la ricezione delle notifiche sul dispositivo;
    2. generare un token (post-consenso dell'utente al popup del punto 1) che identifica univocamente il browser del dispositivo;
    3. inviare il token al server durante la fase di login;
    4. visualizzare la notifica sul dispositivo.

- su backend si utilizza il plugin Firebase per Java, che consente:

    1. il salvataggio del token inviato dal frontend nel database, nella entry corrispondente all'utente che ha effettuato il login;
    2. l'invio della notifica al dispositivo (identificato dal token) come un oggetto JSON avente "titolo", "corpo" e "destinatario"; nel caso più dispositivi abbiano acconsentito alla ricezione delle notifiche, l'applicazione provvederà all'invio simultaneo a tutti.

3.1.3.2 Spring Mail e Gmail

Il servizio di inoltro automatico di e-mail in **IBD Tool** è stato gestito mediante un account *Gmail* (servizio di proprietà di Google per l'invio e la ricezione di posta elettronica) creato ad-hoc; inoltre, si è dovuto procedere alla configurazione del modulo *Spring Mail* del framework Spring sull'applicativo backend, impostando correttamente i seguenti valori[12]:

- username (account `@gmail.com`);

- password dell'account;

- server *SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)*, identificato dall'indirizzo `smtp.gmail.com`. SMTP è il protocollo utilizzato per la trasmissione di posta elettronica: il messaggio di posta viene dapprima inoltrato dall'applicazione a un server mail SMTP, poi sarà quest'ultimo a occuparsi dello smistamento effettivo del messaggio stesso all'indirizzo e-mail di destinazione;
- porta per l'inoltro, specificando come parametro `465`.

3.1.3.3 GitHub

Lo sviluppo di **IBD Tool** è stato condotto su *GitHub* (`https://github.com/`), una popolare piattaforma per il caricamento dei source code dei progetti sfruttando il software di *Version Control* noto come *Git*. L'utilizzo di Git ha consentito di separare il codice sorgente dell'applicazione in:

1. progetto **IBDTool-be**, contenente il codice sorgente per il backend;
2. progetto **IBDTool-fe**, contenente il codice sorgente per il frontend.

Ogni progetto è stato poi suddiviso in 2 *branch* (letteralmente "ramo di un albero", seguendo la terminologia botanica, dove ogni "ramo" ospita una versione diversa del codice sorgente):

- branch *master*: ospita il codice sorgente dell'applicazione pubblica e contiene le configurazioni per raggiungere tutte le risorse remote:
  1. database su *MongoDB Atlas*;
  2. backend su *Heroku*;
  3. frontend su *Firebase Hosting* all'indirizzo `https://ibd-tool-mauriziano.web.app/`;
- branch *dev*: ospita il codice sorgente dell'applicazione in fase di sviluppo su *localhost*, ovvero sul PC dello sviluppatore; ciò implica che le risorse possono essere raggiunte nel seguente modo:
  1. database all'indirizzo `localhost:27017`, avendo in esecuzione il servizio *MongoDB* sul PC;
  2. backend all'indirizzo `localhost:8080`;
  3. frontend all'indirizzo `localhost:4200`.

3.1.3.4 Heroku

Heroku è una piattaforma di tipo *PaaS (Platform as a service)*, creata per lo sviluppo e l'esecuzione di applicazioni sul cloud, senza la necessità di mantenere e gestire un'infrastruttura fisica proprietaria e dedicata a tale scopo; esso supporta diversi linguaggi di programmazione.
Analogamente a Firebase Hosting per il frontend, Heroku è stato utilizzato per eseguire l'hosting dell'applicazione backend, scritta in linguaggio Java. Attraverso l'integrazione con *GitHub*, Heroku consente l'importazione manuale e automatica di un branch dell'applicazione, avendo scelto in questo caso il progetto **IBDTool-be**.

3.2 Considerazioni

L'architettura di **IBD Tool** strutturata in questo modo ha consentito di gestire agevolmente tutti gli strati dell'applicazione nelle diverse fasi di progettazione:

1. la fase di *sviluppo* è stata condotta sul branch *dev* dei progetti **IBDTool-fe** e **IBDTool-be**, utilizzando come *IDE (Integrated Development Environment)* la suite di *JetBrains* composta dai software *IntelliJ IDEA* e *WebStorm*;

2. la fase di *testing*, usufruendo del PC personale in *localhost*;

3. la fase di *produzione*, caricando le risorse sui server remoti dal PC personale.

Nel prossimo capitolo verrà illustrata visivamente l'applicazione, approfondendo la *User Interface* e la *User Experience*, ovvero l'interfaccia utente e le modalità di interazione tra l'utente e l'interfaccia stessa.

Capitolo 4

Risultati

L'applicazione **IBD Tool** è accessibile da URL pubblica (per ragioni di privacy si evita l'esposizione dell'indirizzo) attraverso browser web; è garantita piena compatibilità con i browser *Google Chrome* (e in generale qualsiasi browser basato sul codice sorgente di *Chromium*), *Mozilla Firefox* e *Microsoft Edge*.

L'interfaccia che si presenta all'utente è la medesima indipendentemente dal browser e dal sistema operativo utilizzato. Nei prossimi paragrafi verrà illustrata l'esperienza utente, partendo dalle seguenti funzionalità comuni a qualsiasi account e estendendo il discorso a quelle esclusive in base all'utilizzatore (account medico e account paziente).

4.1 Pagina iniziale

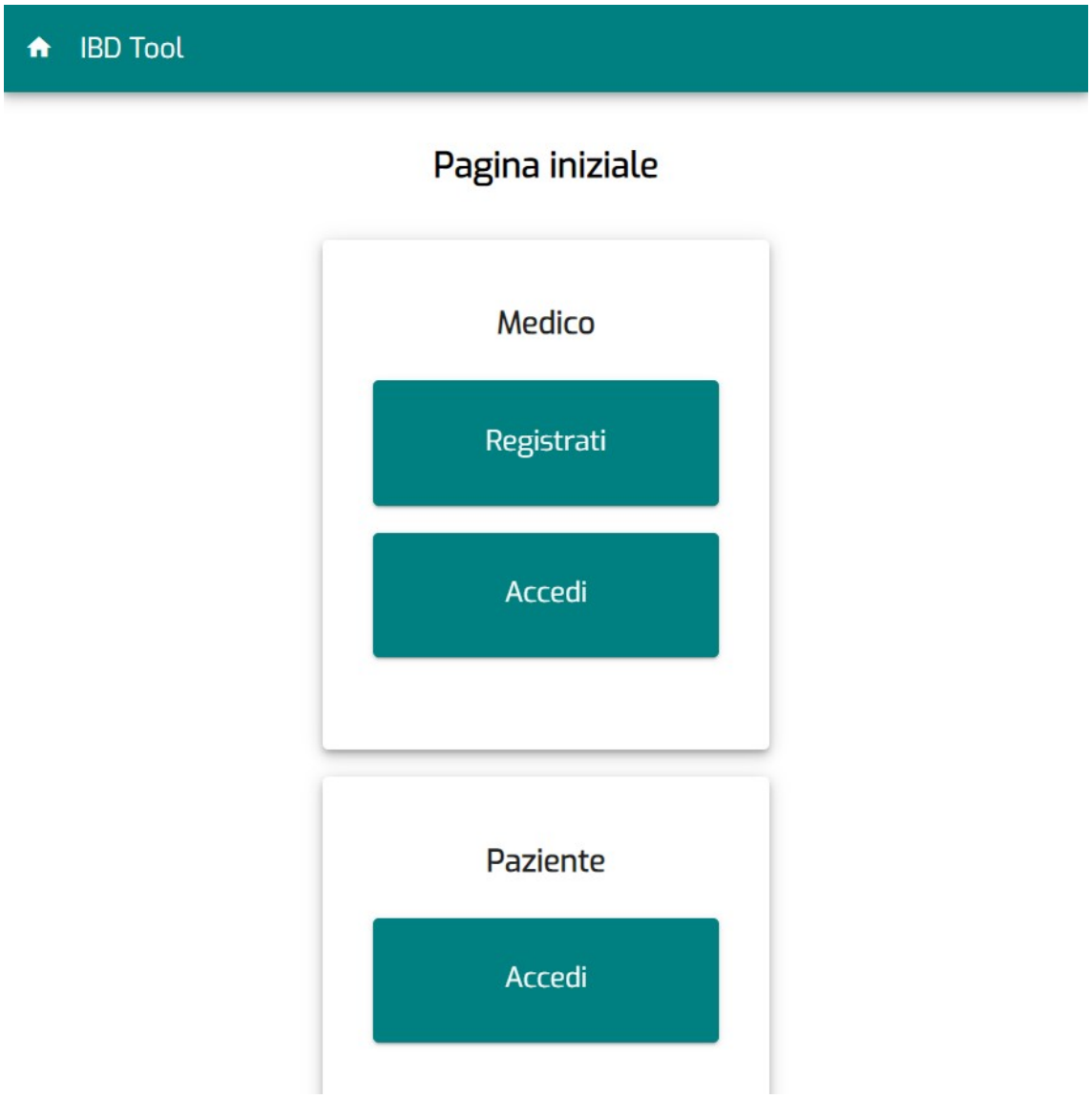

Figura 4.1: Pagina iniziale di *IBD Tool*

La pagina iniziale dell'applicazione indirizza l'utente a utilizzare il pannello *Medico* nel caso in cui si voglia effettuare una nuova registrazione o l'accesso come medico, o il pannello *Paziente* per effettuare l'accesso al proprio account come paziente.

La prima volta che si visiterà la pagina web comparirà un pop-up per consentire la ricezione di notifiche sul dispositivo, dalla cui accettazione conseguirà la generazione di un token (identificativo univoco del browser web utilizzato) per *Firebase Cloud Messaging* che verrà inviato al server e associato alle informazioni dell'utente sul database.
Il consenso all'utilizzo di tale funzionalità è fondamentale per la ricezione di notifiche e per l'aggiornamento dell'applicazione in tempo reale.

4.2 Funzionalità comuni

4.2.1 Accesso

L'accesso al sito è regolamentato dalla compilazione del form di login, inserendo email e password associate al proprio account utente:

- in caso di medico, email e password sono indicate in fase di registrazione;
- in caso di paziente, email e password sono ricevute tramite email in seguito alla registrazione dell'account da parte del proprio specialista.

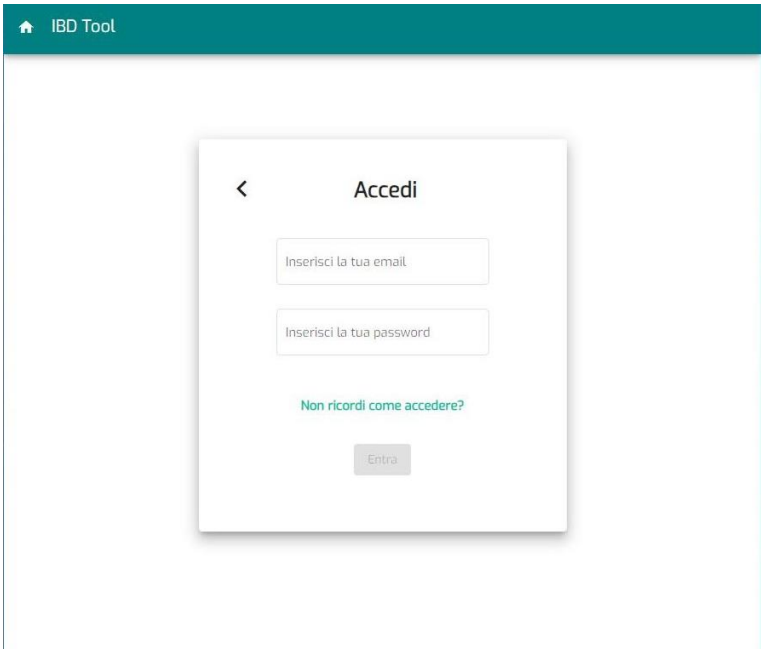

Figura 4.2: Pagina di login di *IBD Tool*

Nel caso l'utente abbia smarrito la propria password, il link *"Non ricordi come accedere?"* guiderà l'utilizzatore nella procedura di reimpostazione password per il proprio account.

4.2.2 Reimpostazione password

La procedura di reset della password viene avviata compilato il form con email e codice fiscale associati al proprio account.

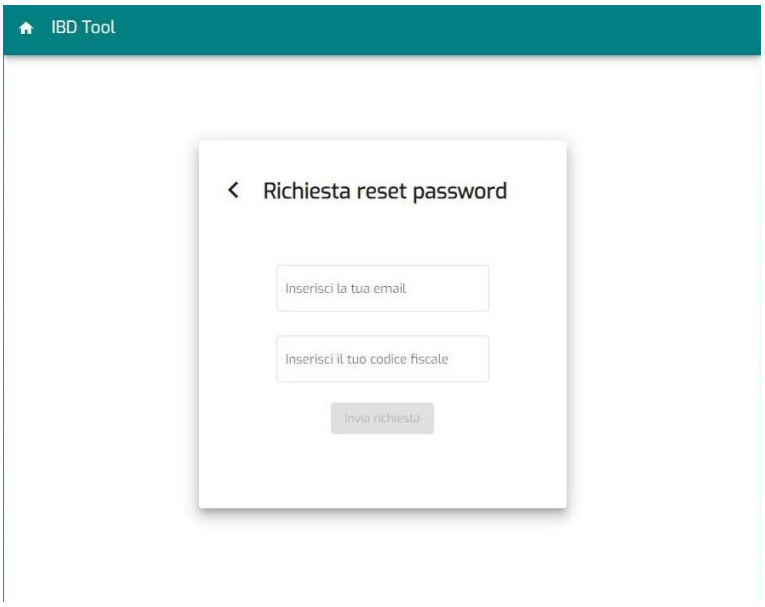

Figura 4.3: Richiesta di reset password di *IBD Tool*

Inoltrando la richiesta in questo modo (cliccando sul pulsante *Invia*) si riceverà al proprio indirizzo di posta elettronica un'email contenente un link univoco, valido 24 ore, per finalizzare la procedura.

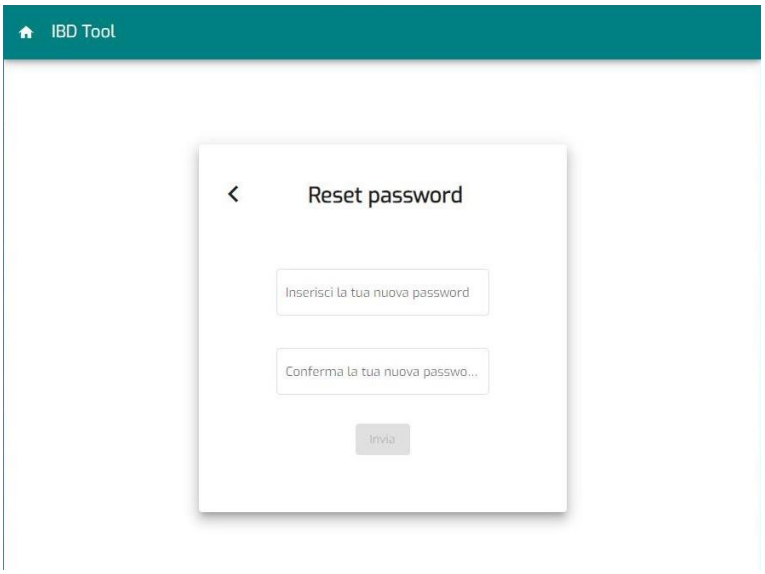

Figura 4.4: Reset password di *IBD Tool*

Infine, inserendo e confermando la nuova password verranno registrate le modifiche per il proprio account.

4.2.3 Home

Dopo aver effettuato l'accesso al sito verrà visualizzata la seguente schermata per il medico (Figura 4.5) e per il paziente (Figura 4.6); da qui sarà possibile accedere agli strumenti che verranno discussi nelle sezioni successive.

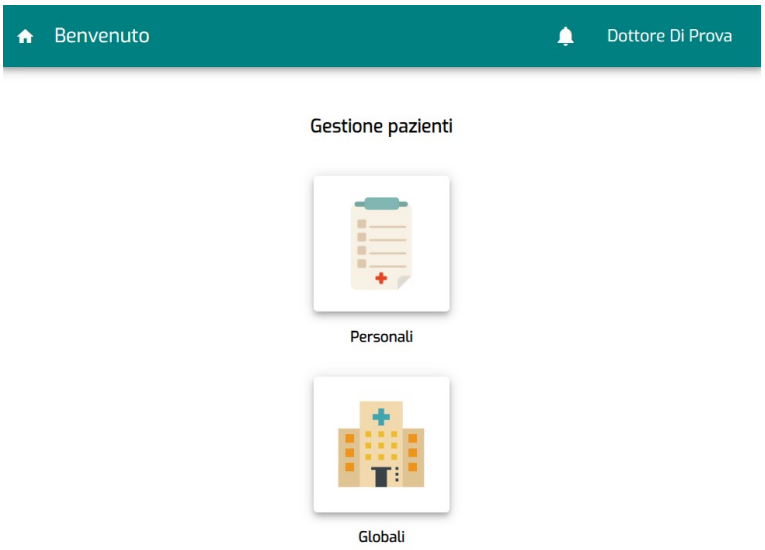

Figura 4.5: Home page del medico

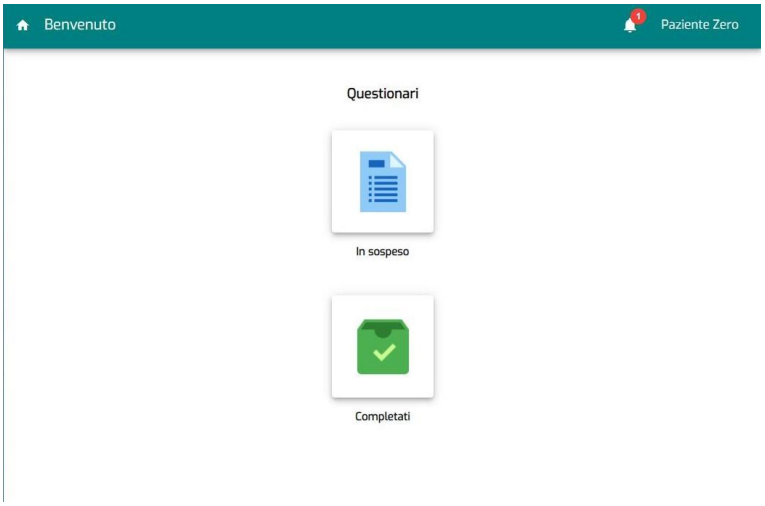

Figura 4.6: Home page del paziente

In alto è presente una barra degli strumenti, la quale consentirà:

- cliccando sulla freccia in alto a sinistra, di tornare alla pagina precedente (la freccia *Indietro* viene visualizzata se si sta visitando una pagina diversa dalla Home);
- cliccando sulla campana a destra, di accedere al pannello delle notifiche;
- cliccando sul proprio nome e cognome e su *Impostazioni* dal menù a comparsa, di accedere alle impostazioni del proprio account.

4.2.4 Impostazioni

La pagina di *Impostazioni* consente l'aggiornamento dei propri dati anagrafici cliccando sul pulsante *Modifica*, prevedendo l'eventuale inserimento/modifica dei campi:

- *Nome*
- *Cognome*
- *Data di nascita*
- *Luogo di nascita*
- *Numero di cellulare*

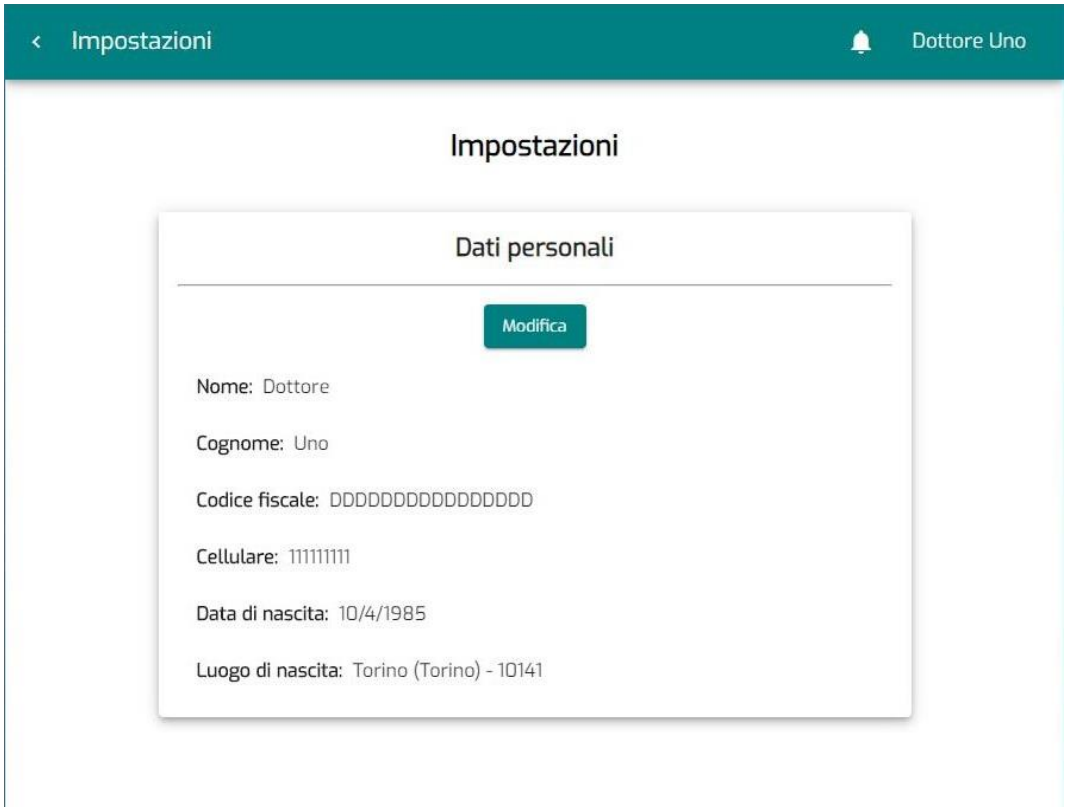

Figura 4.7: Pagina di impostazioni dell'account

4.2.5 Centro notifiche

Il centro notifiche consente la visualizzazione delle notifiche ricevute, ordinate per giorno e ora in ordine decrescente; nella lista delle notifiche, quelle non ancora lette sono evidenziate in grassetto.

Alla ricezione di una nuova notifica, la campana in alto a destra si aggiornerà con un badge numerico di colore rosso indicante il numero di notifiche non ancora lette. Aprendo una notifica, questa verrà contrassegnata come letta, e il badge numerico della campana decrementerà di 1 il proprio valore; cliccando sul pulsante *Rimuovi* nella finestra che si aprirà, la notifica verrà rimossa dalla lista (Figura 4.11).

Figura 4.8: Centro notifiche dell'account

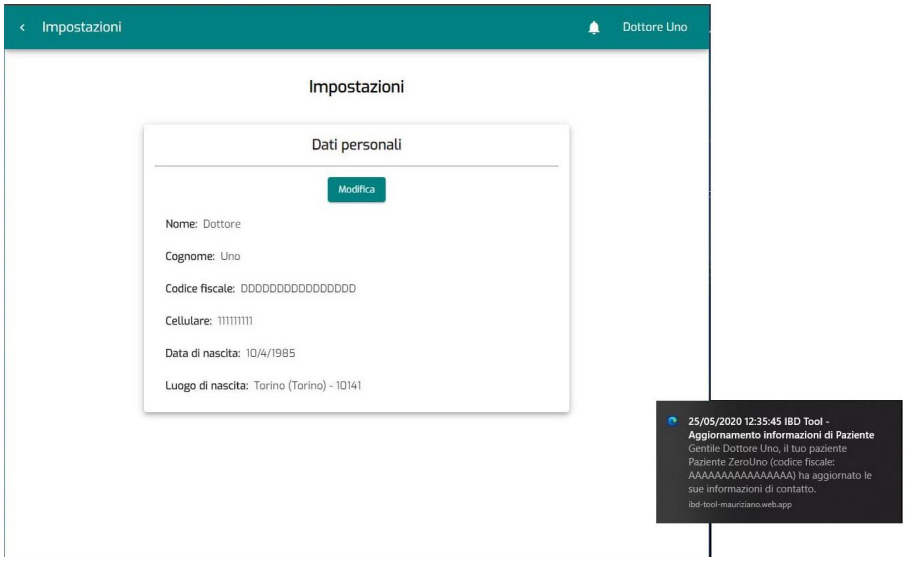

Figura 4.9: Ricezione di una nuova notifica

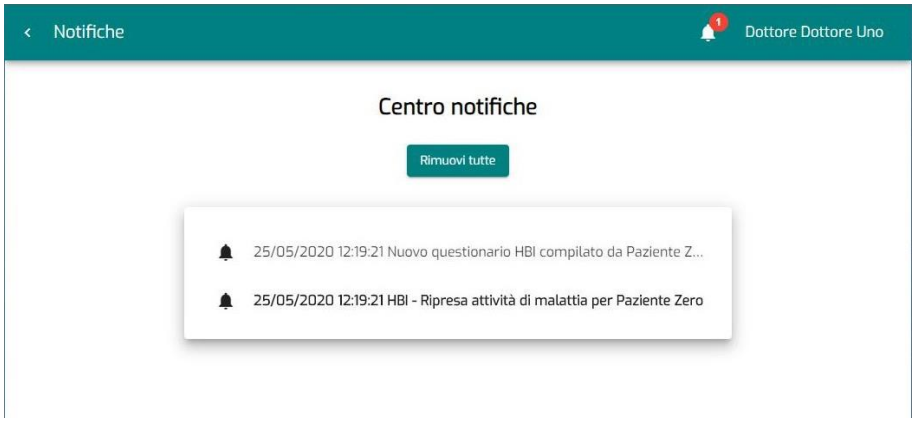

Figura 4.10: Lista delle notifiche ricevute

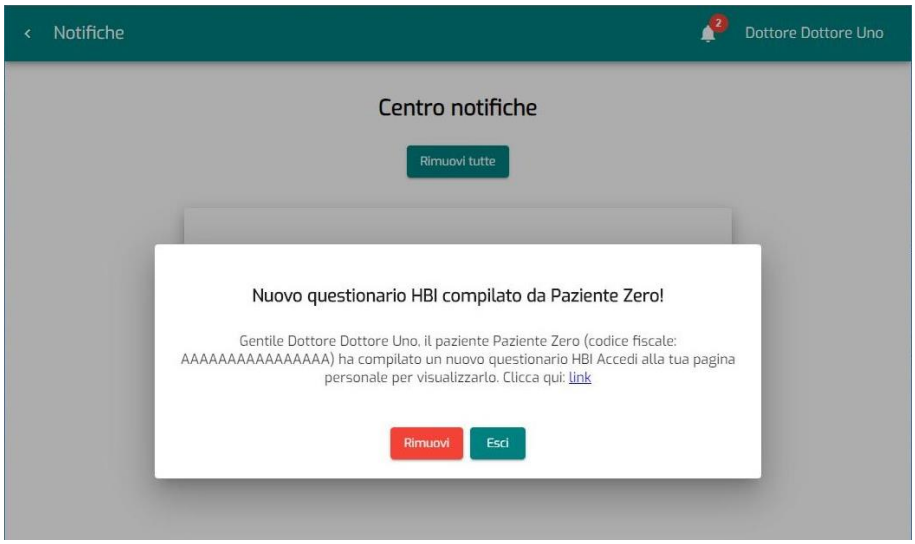

Figura 4.11: Apertura di una notifica

Infine, il pulsante *Rimuovi tutte* presente nella pagina consentirà la cancellazione di tutte le notifiche della lista (previo consenso dato dall'utente, necessario vista l'irreversibilità dell'operazione) (Figura 4.12).

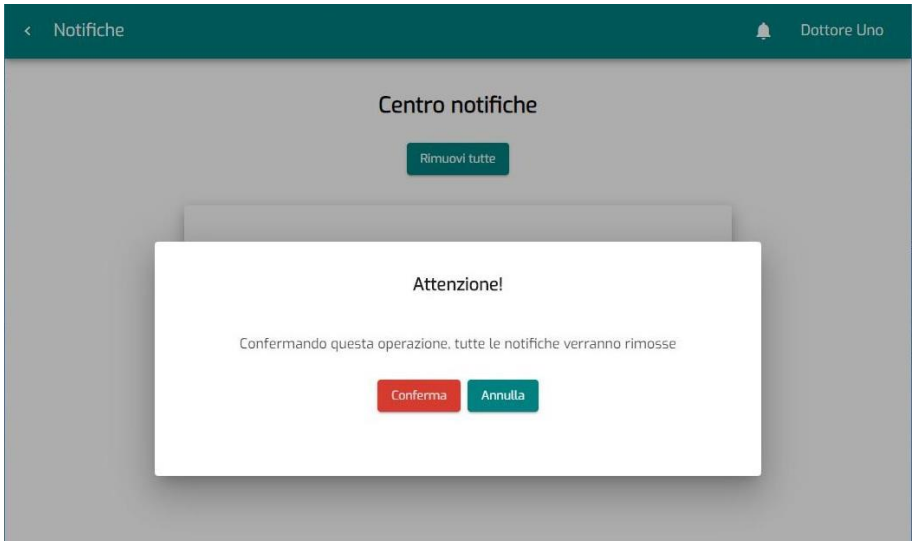

Figura 4.12: Rimozione di tutte le notifiche

Le notifiche che verranno ricevute sono:

- da account **medico**:
  1. compilazione di un nuovo questionario da parte di un paziente;
  2. avvertimento di ripresa dell'attività di malattia, per i questionari che prevedono il superamento di una certa soglia (es. **HBI** per Crohn, **Patient-SCCAI** per rettocolite ulcerosa). L'alert viene ricevuto anche tramite e-mail;

3. aggiornamento delle informazioni anagrafiche di un paziente;
4. segnalazione di un questionario compilato non correttamente da parte di un paziente;

- da account **paziente**:

1. assegnazione di una nuova tipologia di questionario;
2. rimozione di una tipologia di questionario;
3. disponibilità di un nuovo questionario da compilare (alert ricevuto anche tramite e-mail);
4. valutazione/segnalazione di un questionario da parte del proprio medico.

4.3 Casi d'uso: medico

Di seguito verranno illustrate le funzionalità di **IBD Tool** in caso di utilizzatore medico. Un account medico può disporre delle seguenti *utilities*:

1. registrare un nuovo paziente;
2. accedere alla lista dei propri pazienti;
3. accedere alla lista di tutti i pazienti registrati nel sistema;
4. accedere alla scheda dettagliata del paziente, con la possibilità di aggiornare i dati clinici (peso, altezza, patologia) e di inserire delle annotazioni;
5. accedere alla lista dei questionari del paziente, con la possibilità di:
   (a) modificare i periodi di somministrazione automatica dei questionari;
   (b) aggiungere nuove tipologie di questionari;
   (c) inviare un nuovo questionario della tipologia selezionata al paziente;
   (d) visualizzare i questionari della tipologia selezionata compilati dal paziente (con i relativi grafici di andamento statistico e eventuale feedback visivo, se previsto).

4.3.1 Registrazione nuovo account medico

La schermata iniziale (Figura 4.1) consente la registrazione di un nuovo account medico cliccando sul pulsante *Registra*. La procedura di registrazione consiste nella compilazione di un form (Figura 4.13) inserendo i propri dati anagrafici:

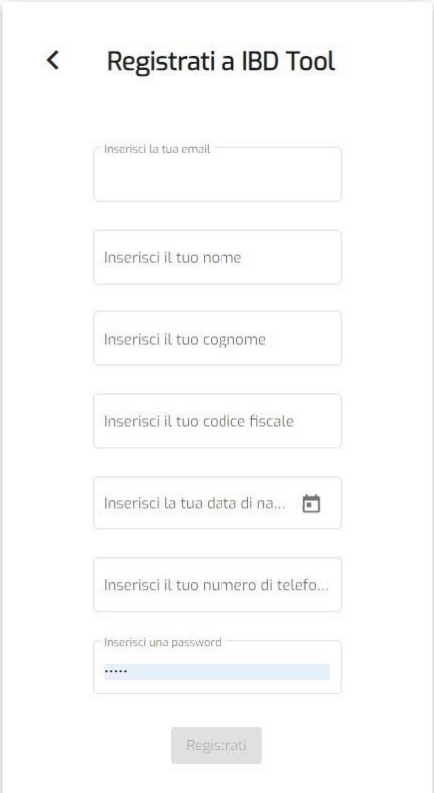

Figura 4.13: Registrazione di un nuovo account medico

- email;
- nome;
- cognome;
- codice fiscale;
- data di nascita;
- numero di telefono;
- password.

4.3.2 Registrazione nuovo paziente

La Home del medico (Figura 4.5) consente l'accesso sia alla pagina contenente la lista dei propri pazienti (cliccando sul pulsante *Personali*) che a quella contenente la lista dei pazienti registrati da tutti i dottori (cliccando sul pulsante *Globali*).

Da qui è possibile procedere alla registrazione di un nuovo paziente cliccando sul pulsante *Registra* (Figura 4.14):

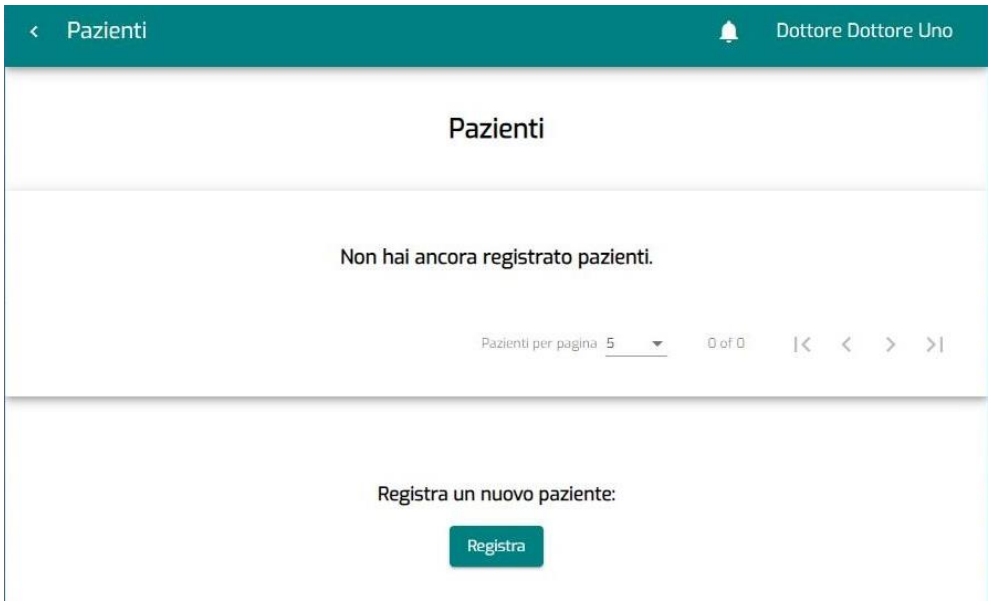

Figura 4.14: Lista dei pazienti vuota

La procedura di registrazione di un nuovo paziente avviene attraverso la compilazione del form (Figura 4.15), in cui è possibile specificare i seguenti campi relativi al paziente:

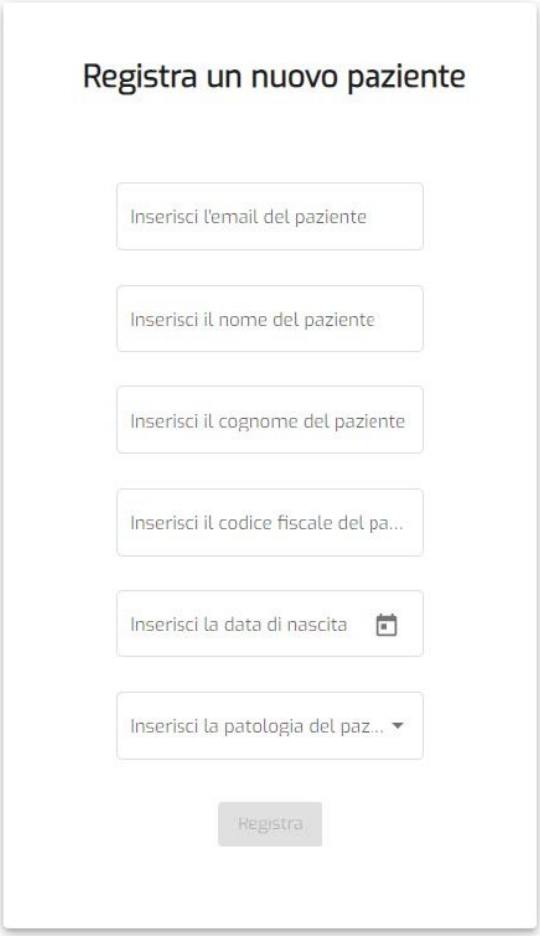

Figura 4.15: Registrazione di un nuovo paziente

- email;
- nome;
- cognome;
- codice fiscale;
- data di nascita;
- patologia, con selezione dal menù a tendina tra:
    1. *malattia di Crohn*;
    2. *rettocolite ulcerosa*;
    3. *IBD non definita*.

4.3.3 Lista pazienti

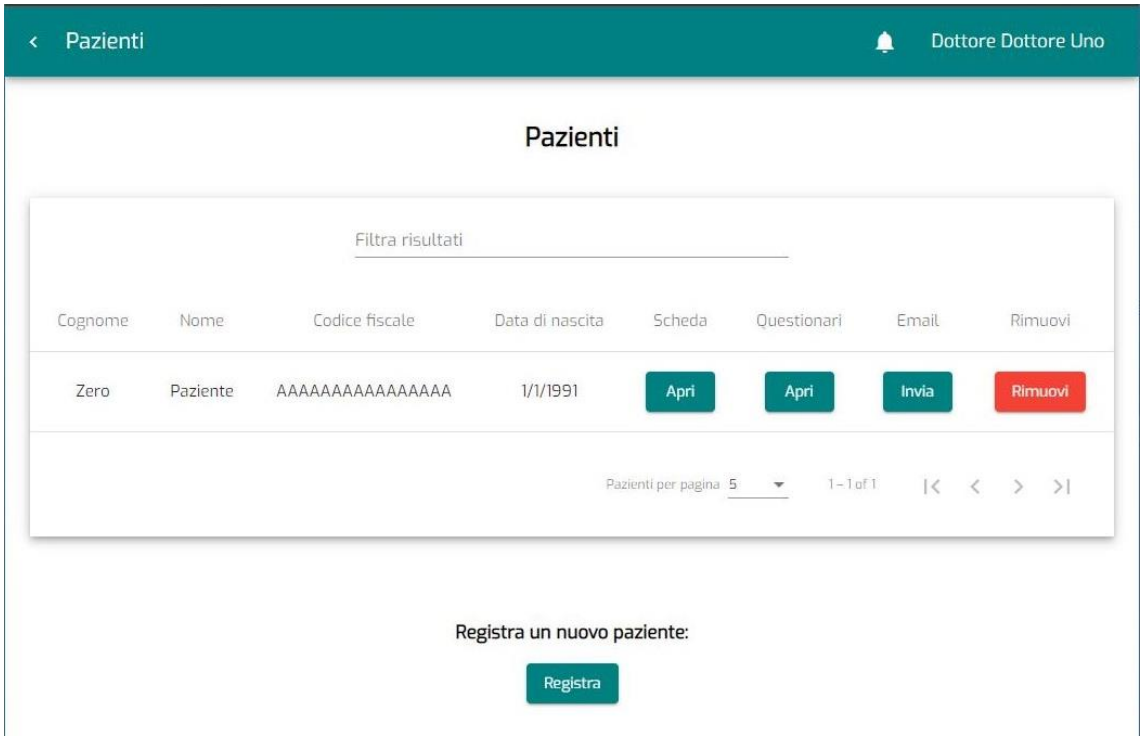

Figura 4.16: Lista dei pazienti

La tabella visualizzata contiene un paziente per ogni riga; le colonne, invece, contengono sezioni differenti (discusse qui di seguito) accessibili dal pulsante corrispettivamente allineato.

4.3.3.1 Sezione "Scheda"

La sezione *Scheda* consente di visualizzare una cartella clinica basilare contenente i dati anagrafici e clinici del paziente selezionato (Figura 4.17 e Figura 4.18).

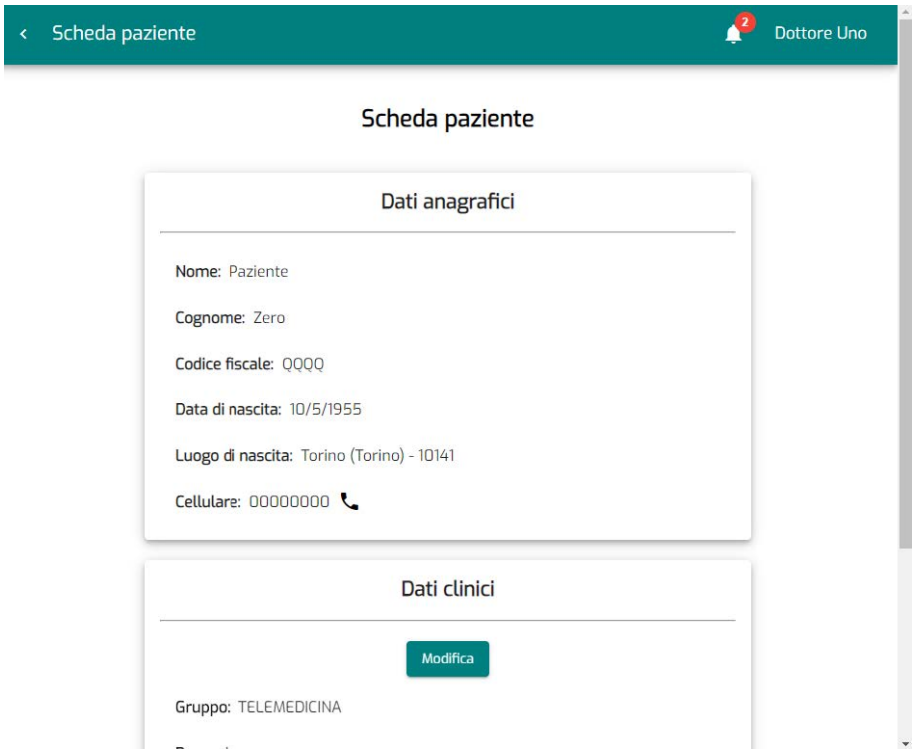

Figura 4.17: Dati anagrafici del paziente

Figura 4.18: Dati clinici del paziente

L'icona indicante una cornetta telefonica permette di contattare il paziente immediatamente via cellulare, implementata attraverso la direttiva HTML **callto:<numero>** La modifica dei dati anagrafici può essere effettuata solo dal paziente stesso dal suo account personale, mentre la modifica dei dati clinici deve essere effettuata dal medico specialista, cliccando sul pulsante *Modifica*.

I campi che possono essere inseriti e/o modificati sono (Figura 4.19):

1. peso;
2. altezza;
3. patologia (la scelta è la medesima precisata precedentemente);
4. piano terapeutico attualmente in corso;
5. note riguardanti il paziente, ordinate cronologicamente per data e ora di inserimento, che possono essere aggiunte (tramite il pulsante *Conferma* o rimosse (tramite l'icona *Cestino* a destra della nota) a proprio piacimento.

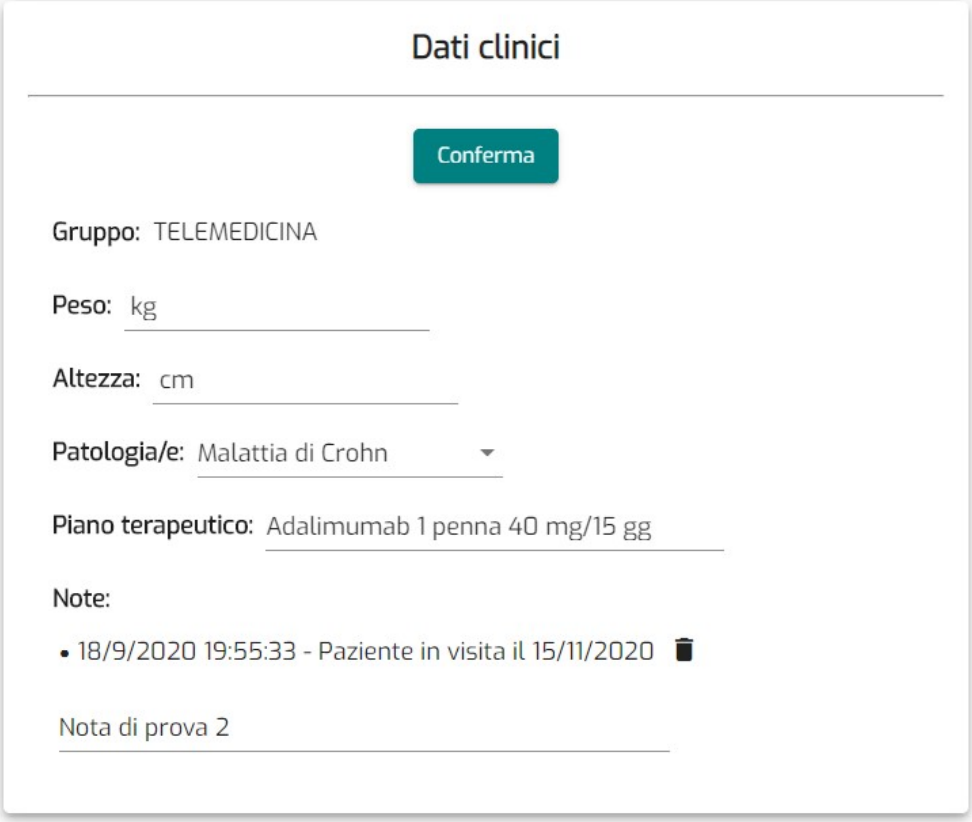

Figura 4.19: Modifica dei dati clinici del paziente

4.3.3.2 Sezione "Questionari"

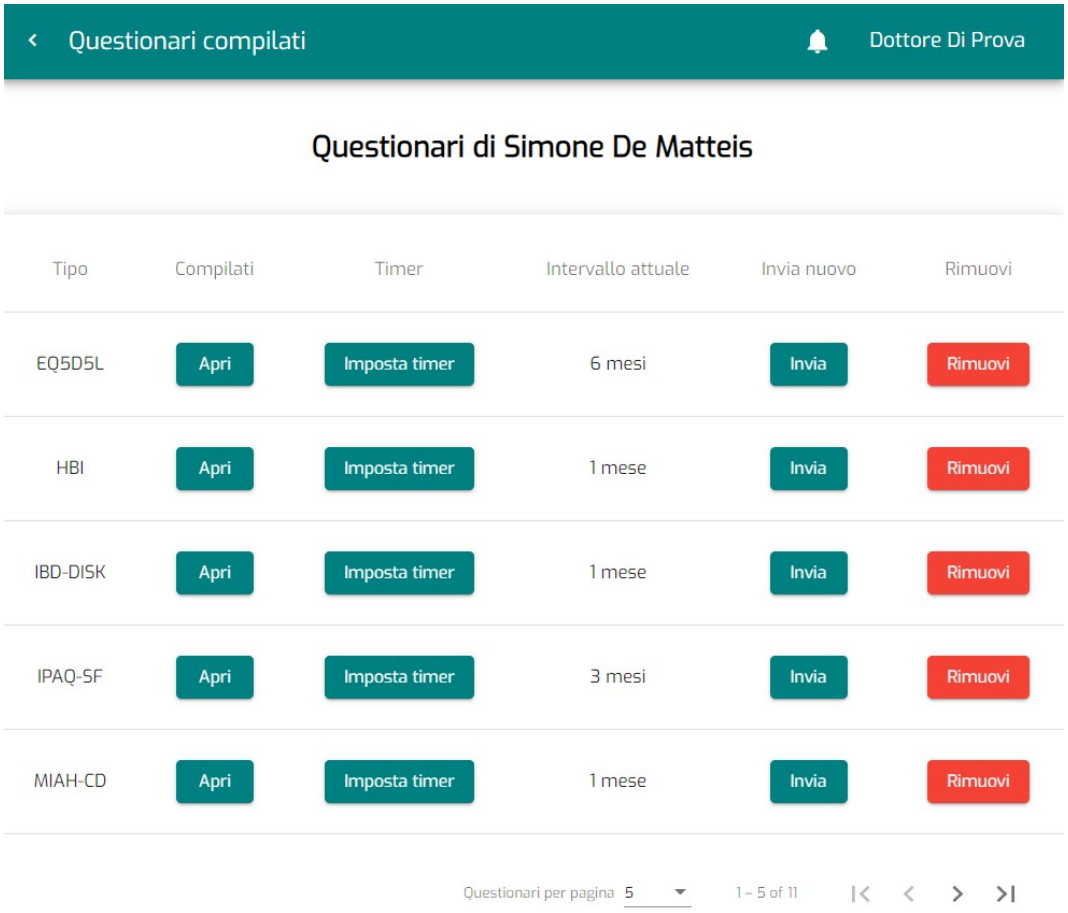

Figura 4.20: Tipologie di questionari assegnate al paziente

Figura 4.21: Pulsante *Aggiungi* per l'aggiunta di nuove tipologie

La sezione *Questionari* consente di visualizzare le tipologie di questionari assegnate al paziente. Attraverso il pulsante *Aggiungi* (Figura 4.21) viene aperta una finestra di dialogo a selezione multipla, in cui è possibile assegnare nuove tipologie di questionari al paziente in questione. L'operazione deve essere confermata dall'apposito pulsante *Conferma* (Figura 4.21).

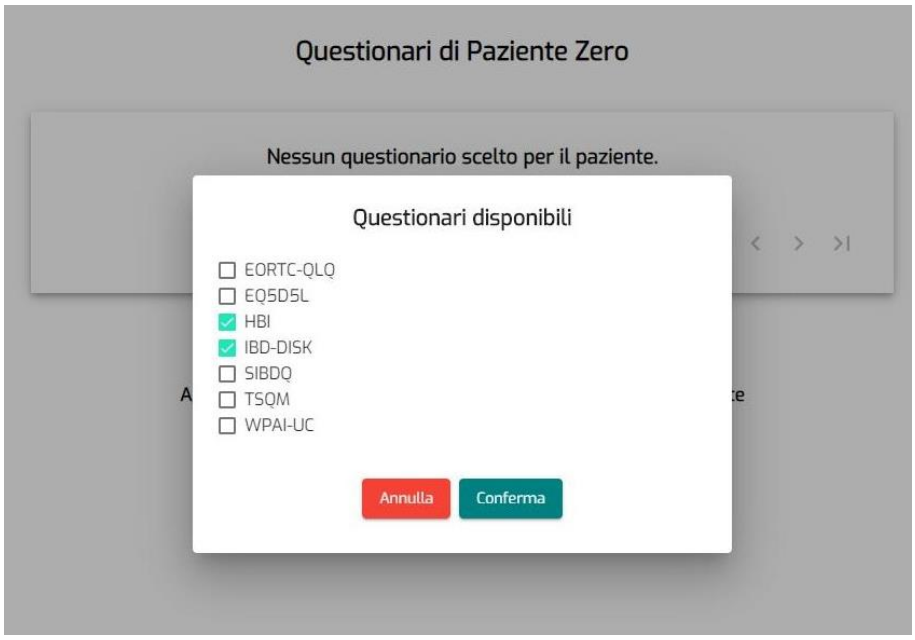

Figura 4.22: Finestra di dialogo per l'aggiunta di nuove tipologie

Al completamento della fase di registrazione, al nuovo paziente sono assegnati automaticamente i questionari stabiliti da protocollo ospedaliero in base alla patologia e alla categoria di appartenenza (**Telemedicina** o **Cure tradizionali**), come riportato nel precedente capitolo al paragrafo **3.0.2 Questionari: tipologie**.
La tabella in figura 4.20 consente l'esecuzione di diverse operazioni:

1. con il pulsante *Apri* si accede alla cronologia dei questionari della tipologia scelta compilati dal paziente, ordinati per data. Per i questionari che monitorano l'attività di malattia è presente un grafico che indica l'evoluzione della malattia nel tempo, sulla base dello *score* finale assegnato al questionario (Figura 4.23). Inoltre, viene indicato il miglioramento/peggioramento della condizione del paziente. Il grafico è inizialmente nascosto, per cui può essere visualizzato cliccando sul pulsante *Mostra grafico* (viceversa per nasconderlo sul pulsante *Nascondi grafico*). Per accedere all'esito di un questionario, è sufficiente cliccare su un questionario della lista presente nella pagina (sotto il grafico) (Figura 4.23). Come stabilito da protocollo ospedaliero, i questionari *HBI* e *Patient-SCCAI* presentano un alert visivo rosso/giallo/verde a seconda dell'intensità dell'attività di malattia registrata dal paziente. In questa pagina è consentito:

   (a) filtrare i risultati dei questionari cliccando sul pulsante *Filtra risultati*. Il filtro è impostabile (anche con selezione multipla) sui parametri *Letti*, *Non letti*, *Segnalati* e *Validati*.

   (b) Selezionare (singolarmente/pluralmente) i questionari mediante checkbox, per effettuare una validazione/segnalazione multipla.

   (c) Consultare l'esito di un questionario (Figura 4.25), decidendo se segnalarlo o validarlo dopo aver cliccato sul pulsante *Valuta*, e selezionando a scelta una delle due opzioni *Ok* (il questionario viene valutato correttamente) o *Segnala* (il questionario viene segnalato come non compilato

correttamente) (Figura 4.26). All'apertura del questionario, questo viene contrassegnato come *Letto*.

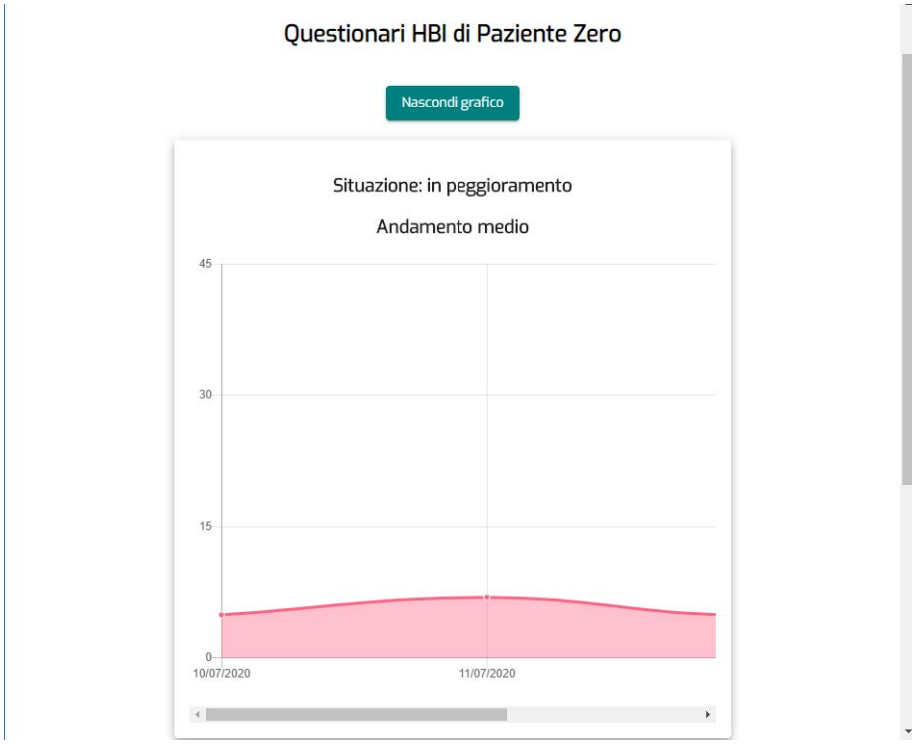

Figura 4.23: Grafico per questionari di attività di malattia

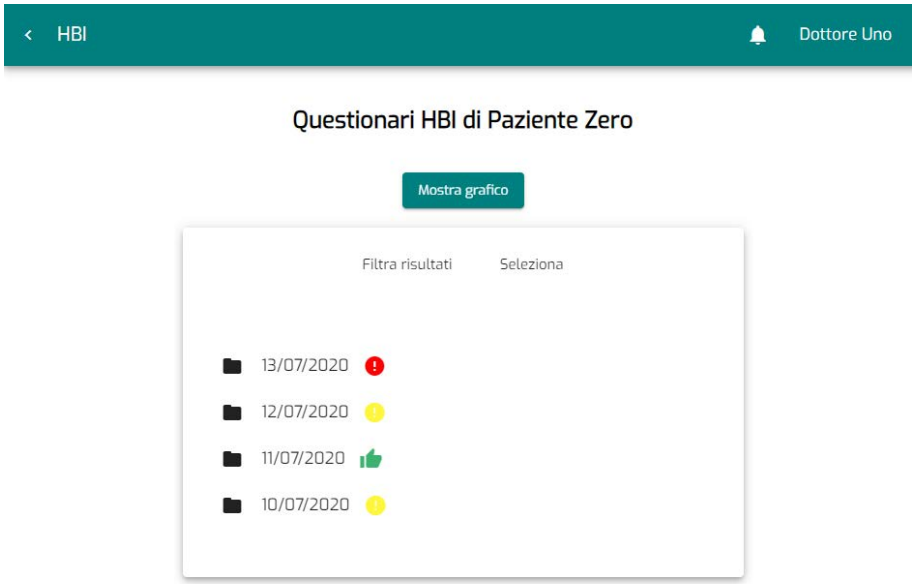

Figura 4.24: Lista dei questionari compilati dal paziente

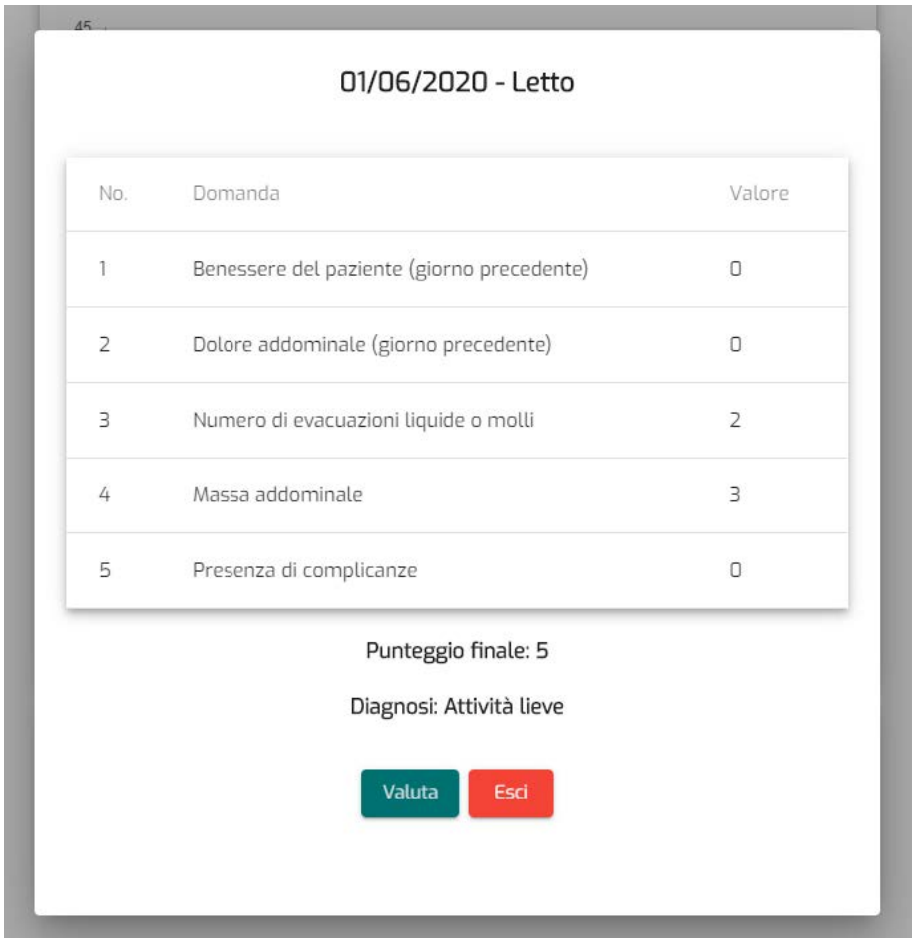

Figura 4.25: Esito di un questionario compilato

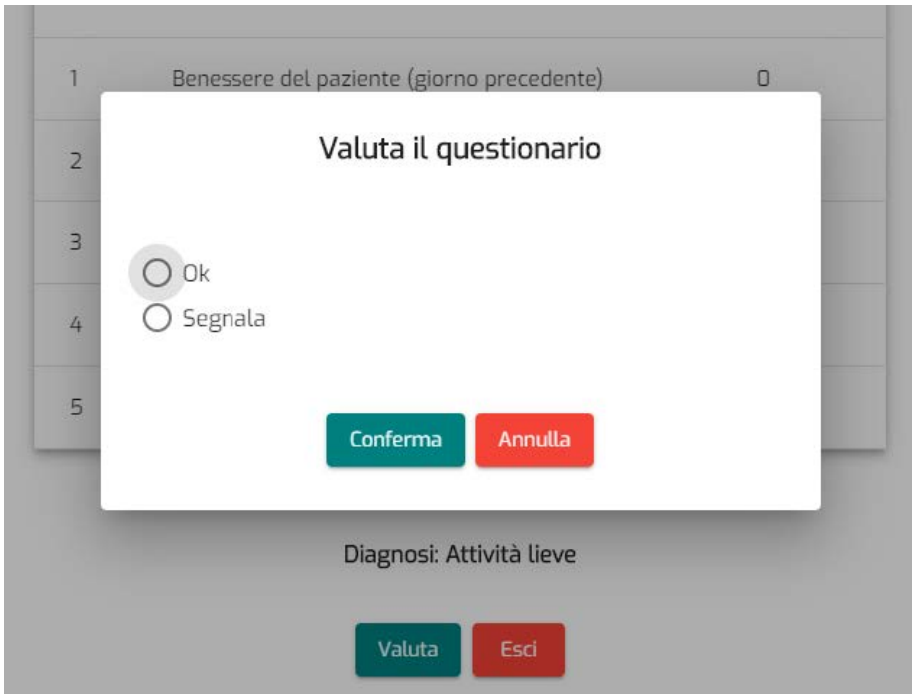

Figura 4.26: Valutazione clinica di un questionario compilato

2. Con il pulsante *Imposta timer* si potrà impostare, attraverso la finestra di dialogo a comparsa, l'intervallo di tempo desiderato per avviare un'attività programmata di invio automatico del questionario al paziente. Cliccando sul pulsante *Annulla* verrà annullata l'operazione, mentre cliccando sul pulsante *Conferma*, si aggiornerà il timer dell'attività schedulata (Figura 4.28). Se si desidera aggiornare/eliminare un'attività già creata, cliccando nuovamente sul pulsante *Imposta timer* si può rispettivamente modificare il valore dell'intervallo di tempo o eliminare l'attività precedentemente creata (attraverso il pulsante *Elimina esistente*) (Figura 4.29).

Figura 4.27: Impostazione del timer di un questionario

Figura 4.28: Modifica/rimozione del timer di un questionario

3. Con il pulsante *Invia*, viene inviato un un nuovo questionario della tipologia scelta al paziente. L'operazione fallirà nel caso sia già stato inviato un questionario al paziente nella stessa giornata.

4. Con il pulsante *Rimuovi*, viene rimossa una tipologia di questionario dalla tabella (aggiornando la lista delle tipologie rimanenti); in caso di presenza di questionari compilati dal paziente per la tipologia che si sta tentando di rimuovere, l'operazione verrà segnalata con una finestra di dialogo (Figura 4.29).

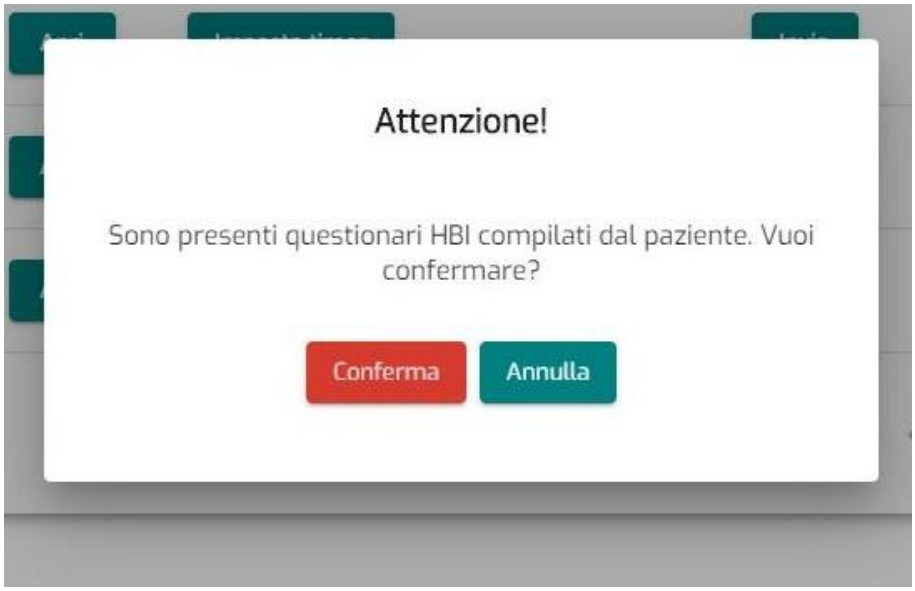

Figura 4.29: Dialog di alert per la rimozione di una tipologia di questionario

4.3.3.3 Sezione "Email"

La sezione *Email* consente l'invio di una nuova e-mail per comunicare direttamente con il paziente. Cliccando sul pulsante *Invia*, attraverso la direttiva HTML **mailto:<indirizzo-email>**, si aprirà automaticamente il client di posta elettronica predefinito sul proprio computer per iniziare la formulazione del messaggio.

4.3.3.4 Sezione "Rimuovi"

La sezione *Rimuovi*, cliccando sul corrispettivo pulsante *Rimuovi*, consente l'eliminazione di uno dei propri pazienti dal sistema. Data l'irreversibilità dell'operazione, questa deve essere necessariamente confermata nella finestra di dialogo successivamente aperta.

4.3.3.5 Campo "Filtra risultati"

Il campo *Filtra risultati* nella tabella con la lista dei pazienti (Figura 4.16) consente di filtrare l'elenco dei pazienti inserendo un'informazione di interesse (*Nome*, *Cognome*, *Codice fiscale*, *Data di nascita*).

4.4 Casi d'uso: paziente

Nei seguenti paragrafi verranno presentate, invece, le funzionalità di **IBD Tool** in caso di utilizzatore paziente. Un account paziente può:

1. visualizzare la lista dei questionari in sospeso;
2. compilare un questionario, selezionandolo dalla lista;
3. esaminare i questionari già compilati;
4. segnalare al medico la compilazione errata di un questionario.

4.4.1 Trattamento dei dati personali

Il paziente, per poter utilizzare l'applicazione, al primo accesso dovrà accettare il consenso informato sul trattamento dei dati personali cliccando sul pulsante *Acconsento* (Figura 4.30), secondo il **GDPR** (*General Data Protection Regulation*, il regolamento generale sulla protezione dei dati personali dell'Unione Europea); in caso di rifiuto (cliccando sul pulsante *Non acconsento*), tutti i dati associati all'utente verranno eliminati dal sistema, e l'account dell'utente non diverrà più accessibile.

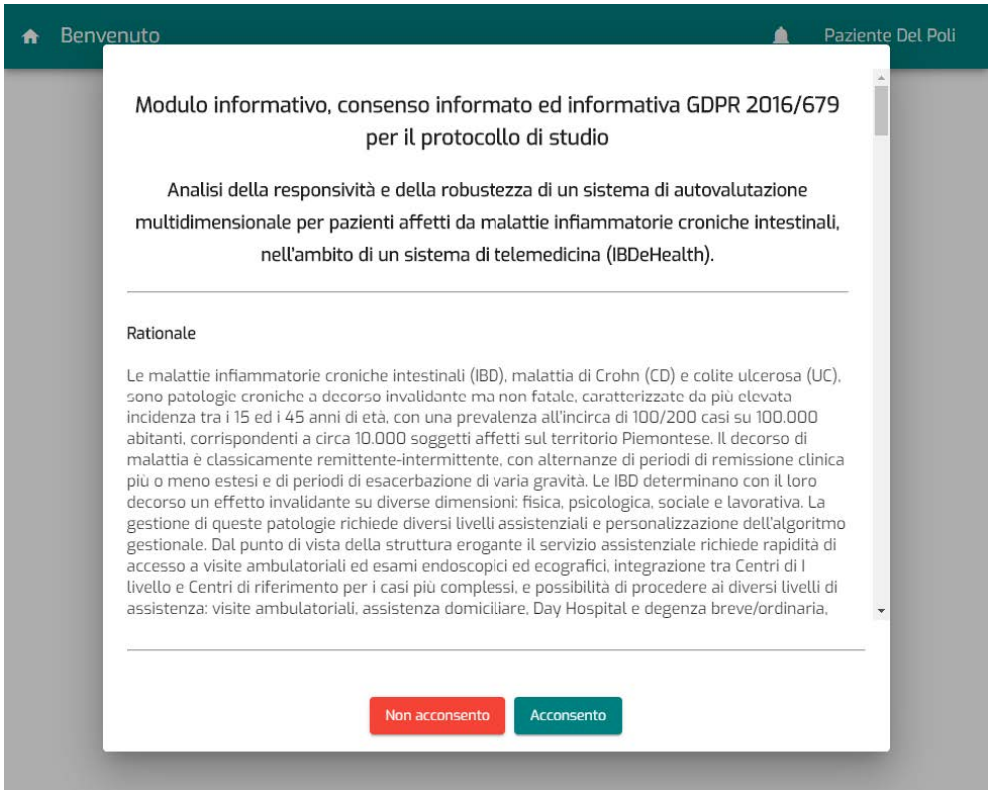

Figura 4.30: Presentazione del consenso informato del paziente

4.4.2 Questionari

La Home del paziente (Figura 4.6) consente, oltre alle funzionalità già descritte per l'accesso alle *Impostazioni* (**paragrafo 4.2.4**) e al *Centro notifiche* (**paragrafo 4.2.5**)

- di visualizzare la lista dei questionari da compilare, cliccando sul pulsante *In sospeso*;
- di consultare la lista dei questionari già compilati, cliccando sul pulsante *Completati*.

4.4.2.1 In sospeso

In questa pagina (Figura 4.31) sono elencati i questionari ricevuti dal proprio medico e non ancora completati, in ordine cronologico di ricezione; è riportato, inoltre, un contatore dei rimanenti da compilare.

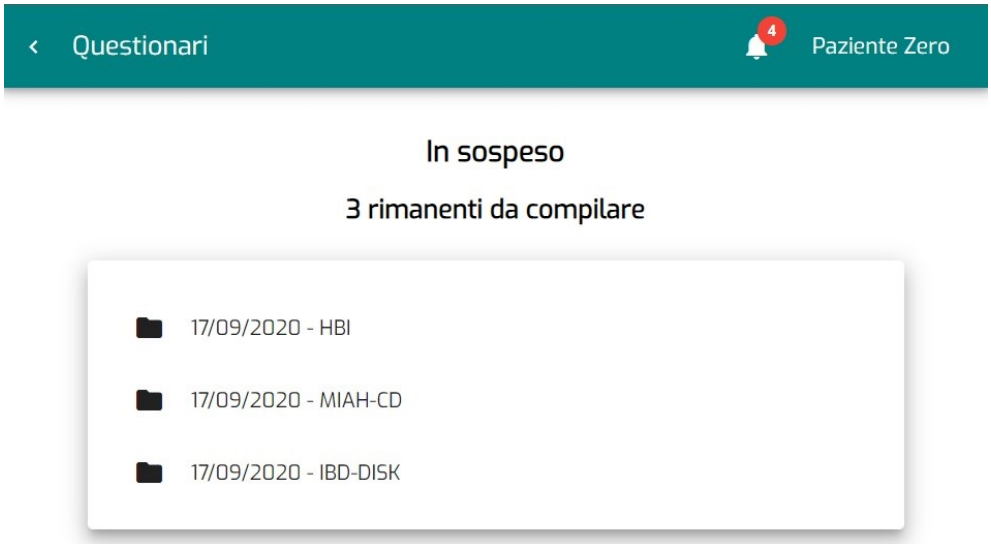

Figura 4.31: Lista dei questionari da compilare

Cliccando su un elemento della lista, il paziente accede alla pagina del rispettivo questionario (Figura 4.32), da cui può procedere con la compilazione.
A fondo pagina è presente il pulsante *Invia* (Figura 4.33), attraverso il quale l'esito del questionario viene inviato al server, processato (durante questa fase di elaborazione, viene effettuato un controllo di correttezza sulla compilazione) e salvato sul database; in caso si tenti l'invio di un questionario ancora incompleto, la procedura non avrà effetto e verrà segnalato con una finestra di dialogo di alert che il questionario deve essere ancora completato correttamente (Figura 4.34).

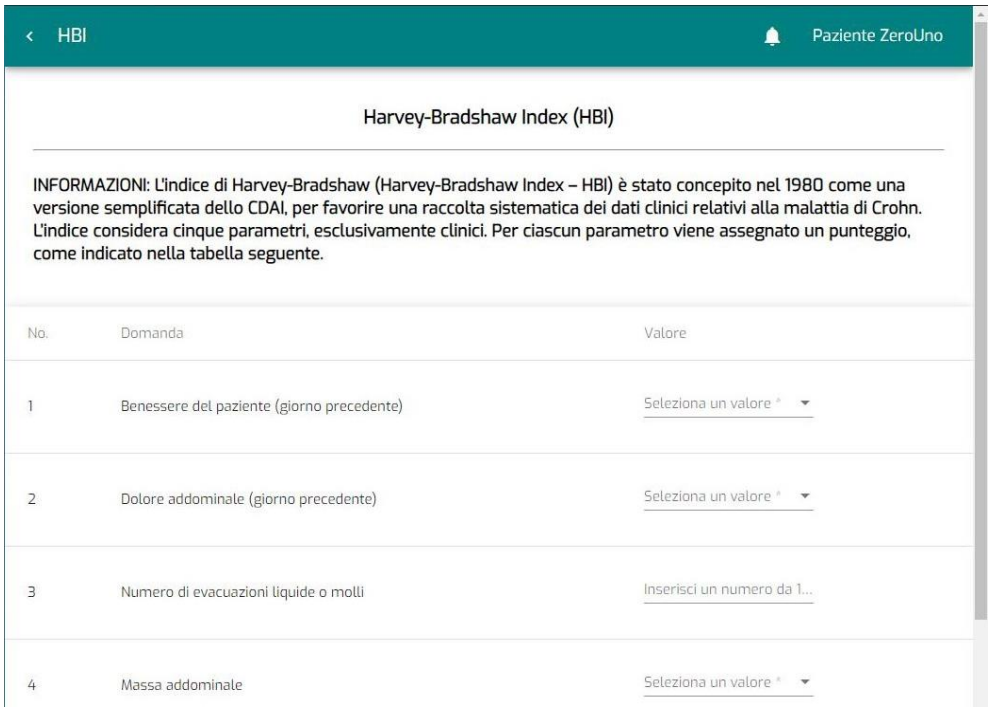

Figura 4.32: Esempio di compilazione del questionario *HBI*

Figura 4.33: Pulsante *Invia* a fondo pagina

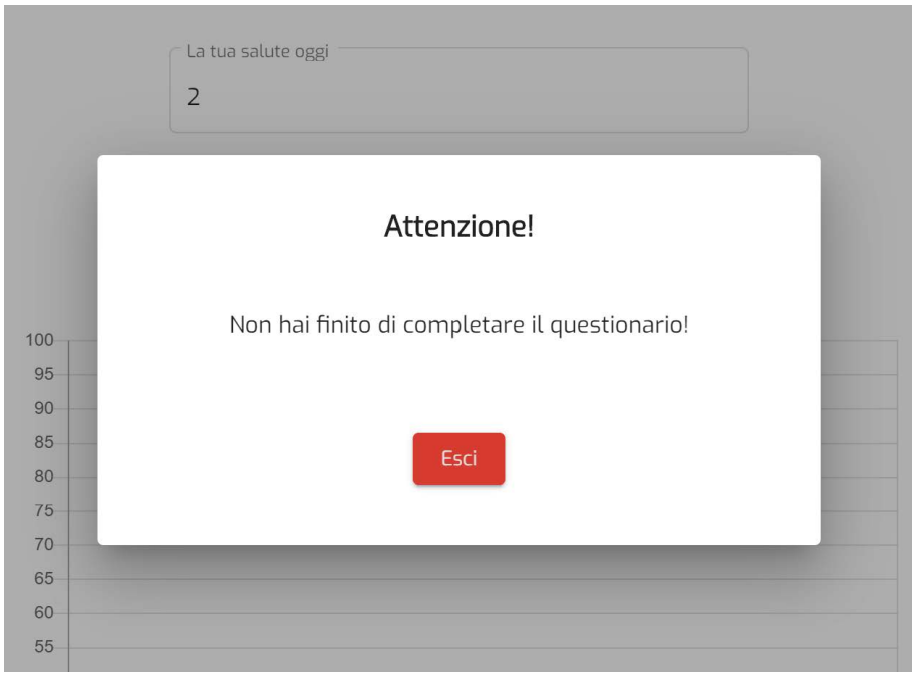

Figura 4.34: Dialog di questionario incompleto

Al termine della procedura di invio, sia il medico che il paziente potranno consultare nelle rispettive sezioni l'esito del questionario; inoltre, come da protocollo ospedaliero (**paragrafo 3.0.2)**, il medico riceverà un alert (via notifica/e-mail) per i questionari di attività di malattia in caso di superamento delle soglie prestabilite.

4.4.2.2 Completati

La pagina *Completati* consente la visualizzazione dello storico dei questionari compilati dal paziente; per ogni tipologia assegnata al paziente è indicato quanti questionari di quel tipo sono stati già compilati (Figura 4.35).

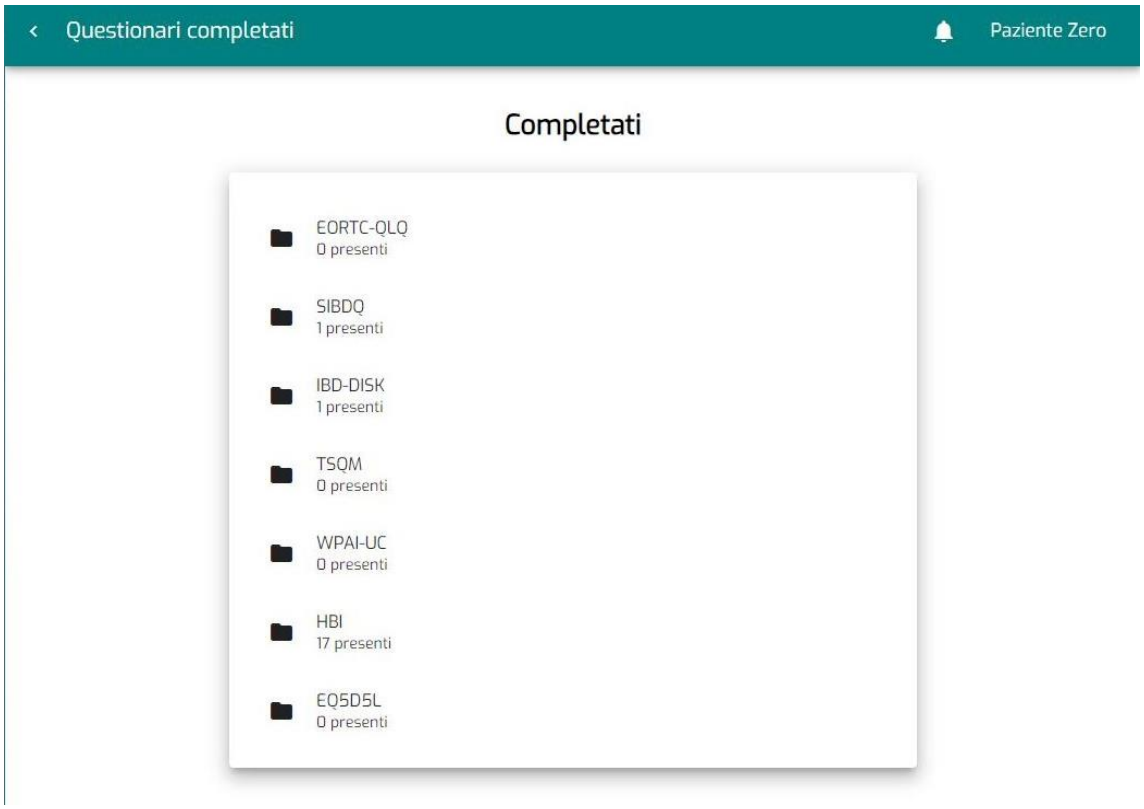

Figura 4.35: Tipologie dei questionari compilati

Le modalità di consultazione sono pressoché identiche a quelle già descritte per il medico:

1. selezionando su una tipologia, viene presentata la lista ordinata cronologicamente, in ordine discendente, dei questionari visibili (Figura 4.36);

2. cliccando su un questionario, ne viene presentato l'esito (Figura 4.37); il paziente può segnalare al proprio medico la compilazione errata del questionario attraverso il pulsante *Segnala*.

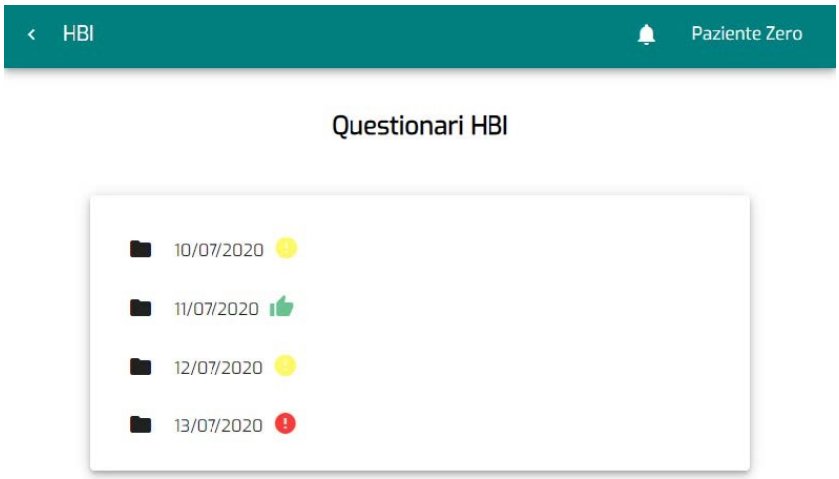

Figura 4.36: Lista dei questionari completati della tipologia selezionata

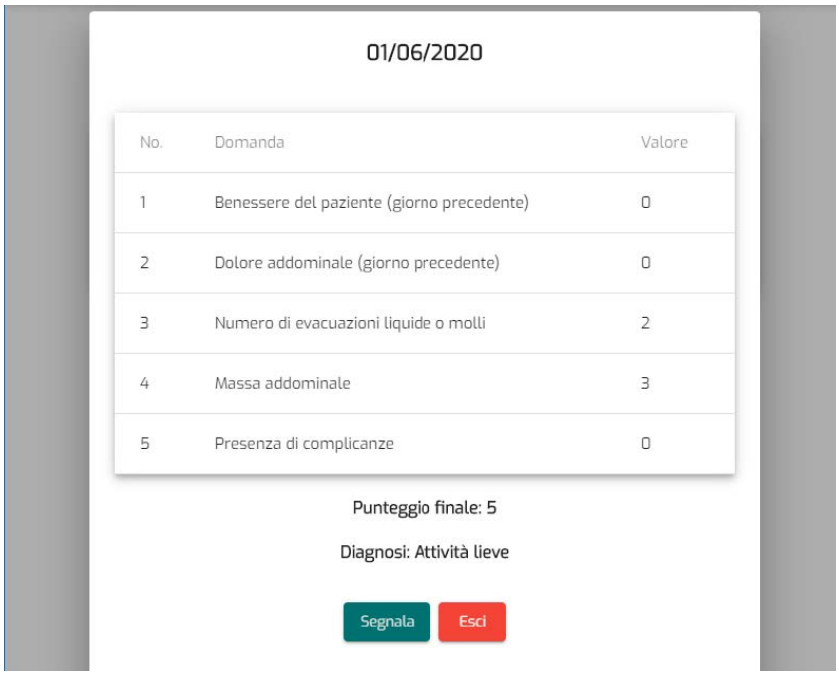

Figura 4.37: Esito del questionario

In caso il medico abbia già letto il questionario, verrà riportato sul titolo (Figura 4.38).

Figura 4.38: Lettura del questionario da parte del proprio curante

Capitolo 5

Conclusioni

Il progetto che ha portato alla realizzazione di **IBD Tool** è tutt'altro che concluso: nella prossima fase, della durata di un anno, si procederà con la raccolta dei dati, che rappresenta al momento l'obiettivo principale; contemporaneamente si proseguirà con lo sviluppo delle nuove features che verranno richieste. Lo step finale, in seguito, riguarderà l'analisi statistica dei dati raccolti attraverso l'impiego di algoritmi di *machine learning*, per poter studiare approfonditamente il campione di pazienti raccolto e le risposte fornite ai questionari compilati.

La telemedicina svolge un ruolo di fondamentale importanza da quanto si evince dal lavoro svolto in questa tesi: il parco applicazioni complessivo è in forte crescita, come l'interesse per il settore. Inoltre, in questo particolare periodo storico, a causa dell'emergenza sanitaria di COVID-19 attualmente in corso, si sta acquisendo la consapevolezza del vero valore aggiunto di questa branca disciplinare, il cui futuro è destinato ad essere più che mai roseo:

1. le visite da remoto e le analisi dei questionari portano a una maggior reattività da parte del medico nel prendersi cura dei propri pazienti;

2. la ridotta ospedalizzazione dei pazienti stessi ai soli momenti in cui è strettamente necessaria induce naturalmente a una riduzione della spesa sanitaria a carico dello Stato.

Occorre che si continui a investire finanziariamente favorendo il progresso di tutto il *Digital Health Care*, perché al momento l'Italia è rimasta più indietro di altri Paesi (Europei e non solo) in questo campo, e stare al passo con i tempi implica la necessità di accelerare ulteriormente in questa direzione.

Bibliografia

[1] Italian Group for the study of Inflammatory Bowel Disease. *Archivio Farmaci - IG-IBD*. URL: https://igibd.it/IT/farmaci.

[2] AGI. *Il mondo è sempre più malato, all'intestino*. URL: https://www.agi.it/salute/malattie_infiammazioni_intestino-4675710/news/2018-11-27/.

[3] AMICI Onlus. *Il burden economico delle MICI in Italia*. URL: https://amiciitalia.eu/sites/default/files/Burden_economico_mici_mail.pdf.

[4] AMICI Onlus. *La Malattia di Crohn*. URL: https://amiciitalia.eu/categorie/la-malattia-di-crohn.

[5] AMICI Onlus. *La Colite Ulcerosa*. URL: https://amiciitalia.eu/categorie/la-colite-ulcerosa.

[6] Ministero della Salute. *TELEMEDICINA - Linee di indirizzo nazionali*. URL: http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2129_allegato.pdf.

[7] Ultra Specialisti. *Come funziona la telemedicina*. URL: https://www.ultraspecialisti.com/come-funziona/telemedicina/.

[8] Marin de Jong et al. "Development and Feasibility Study of a Telemedicine Tool for All Patients with IBD: MyIBDcoach". In: *IBD LIVE* 23.4 (2017), pp. 485–493. DOI: https://doi.org/10.1097/MIB.0000000000001034.

[9] MongoDB. *Data Modeling Introduction*. URL: https://docs.mongodb.com/manual/core/data-modeling-introduction/.

[10] TypeScript. *Typed JavaScript at Any Scale*. URL: https://www.typescriptlang.org/.

[11] Google. *Material Design*. URL: https://material.io/design.

[12] Google. *Inviare email da stampanti, scanner o applicazioni*. URL: https://support.google.com/a/answer/176600?hl=it.