**MODELLO CONCETTUALE**

**Descrizione**

Si distinguono due fasi fondamentali nel sistema analizzato:

1) Fase di Matching

2) Fase di Trapianto

**Fase 1:**

All’interno della fase 1, è possibile distinguere a sua volta due blocchi fondamentali:

a. Il blocco delle liste di attesa per l’assegnazione ad un organo

b. Il blocco della banca degli organi che sono disponibili per l’assegnamento.

Il blocco a. delle liste di attesa è modellato come un sistema di code con priorità dove i pazienti che devono essere assegnati ad un organo vengono suddivisi in base alle loro condizioni di salute di partenza. Ciascuna coda con priorità è a sua volta suddivisa internamente in 4 code FIFO, una per ogni gruppo sanguigno (A, B, 0, AB). I pazienti in lista di attesa possono uscire dalla coda sia perché vengono assegnati ad un organo secondo una particolare politica di assegnamento, oppure perché la loro condizione di salute peggiora a tal punto da non poter sostenere il trapianto.

Il blocco b. della banca degli organi disponibili per l’assegnamento è modellato come una semplice coda. Gli organi una volta entrati nel sistema sono soggetti ad un processo di deterioramento. Pertanto una volta entrati nel sistema gli organi possono essere associati ad un paziente compatibile e quindi essere trapiantati, oppure possono deteriorarsi a tal punto da non poter essere utilizzati per un trapianto in quanto potrebbero provocare reazioni nel paziente recipienti.

(Ho un’idea per aggiungere un pezzo qui. Possiamo modellare il processo di deterioramento in base a quanti “step” fa l’organo prima di poter essere allocato. Per “step” intendo:

1. Ricerca di un paziente compatibile nella zona locale all’organo
   1. Successo  trapianto con probabilità massima di successo (dal punto di vista della qualità dell’organo
   2. Fallimento (non ci sono pazienti compatibili)  step 2 + fattore di deterioramento  diminuiscono le probabilità di successo del trapianto senza rigetto o morte.
2. Ricerca di un paziente compatibile nelle regioni limitrofe (step iterativo: si testano *x* regioni in maniera iterativa finché non si trova un paziente)
   1. Come prima per ciascun passo iterativo (nel modello ne mettiamo uno e sti cazzi)
   2. Ad ogni fallimento diminuiscono le probabilità di successo del trapianto
3. Ricerca nazionale
   1. Successo  minime prob di successo ma comunque si fa il trapianto
   2. Fallimento  l’organo non ha un paziente a cui può essere allocato e “muore”

Certo qui c’è da considerare che mentre gli step vanno avanti può arrivare un paziente compatibile nel centro locale, ma il deterioramento è perlopiù dovuto al tempo trascorso, quindi il tempo della ricerca ha comunque compromesso la qualità. Un’alternativa sarebbe ricominciare il giro finché non scade un tempo di vita costante che assegniamo all’organo

Il sistema che abbiamo già pensato resta così com’è ed è il modello di ogni centro trapianti non appena l’organo viene accettato. Quindi questo pezzo interagirebbe con la fase di matching. Sto facendo uno schemino su Miro.

Ci può inoltre aiutare che i dati di OPTN sono divisi per “centro locale”, “regione” e “nazionale” [quelli che ho preso sono solo nazionali])

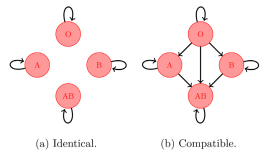
Il matching vero e proprio tra gli organi nel blocco b. e i pazienti nel blocco a. avviene a livello di 4 serventi, uno per ogni gruppo sanguigno. Il servizio è istantaneo, ossia nel momento in cui per un certo paziente che appartiene ad un certo gruppo sanguigno se (secondo la politica di assegnamento) è presente nella banca un organo compatibile allora inizia e finisce il servizio automaticamente e si passa alla fase successiva.

(Pezzo da tenere a mente per l’idea dell’iter degli organi)

Gli organi vengono assegnati ai pazienti secondo due politiche fondamentali:

1) ABO-compatible: un paziente con gruppo sanguigno X, può ricevere un organo che appartenga ad un gruppo sanguigno Y che sia compatibile con X, compreso ovviamente il caso in cui Y = X.

2) ABO-identical: un paziente con gruppo sanguigno X, può ricevere solo organi che appartengano allo stesso gruppo sanguigno X.



forse da cambiare anche sul diagramma (nell’immagine che ti ho mandato su Discord sulle code divise per gruppo sanguigno è modellata sta cosa di ABO-compatible. Può essere uno spunto.)

- Da vedere dopo aver visto cosa degli organi per decidere

**Fase 2:**

La fase di trapianto, in una prima rappresentazione semplificata del sistema, è rappresentata come un delay center (anche chiamato infinite server) (M|M|∞). La scelta permette in prima battuta di isolare la fase 1 e concentrarsi maggiormente sui tempi di attesa dovuti all’esclusiva applicazione della politica di assegnamento, senza aggiungere i naturali tempi di attesa dovuti all’esecuzione della procedura di trapianto e del successivo periodo di monitoraggio. Completato il periodo di monitoraggio possono verificarsi due esiti:

1) La procedura di trapianto dell’organo è andata a buon fine senza complicazioni, allora il paziente può uscire dal sistema e il trapianto viene considerato “completato con successo”.

2) La procedura di trapianto dell’organo non è andata a buon fine e si sono verificate complicazioni a seguito dell’operazione oppure il rigetto. Pertanto il paziente resta nel sistema tornando in lista di attesa per un nuovo organo con la priorità massima.

**Utenti**

Gli utenti sono di due tipi:

a. Utente di tipo “paziente”

b. Utente di tipo “organo”

a. I pazienti in ingresso al sistema sono identificati dalla coppia di parametri (p, g).

Il parametro p rappresenta lo stato di salute corrente del paziente. Il processo per determinare il livello di criticità, o *medical urgency*, dipende da diversi fattori di valutazione, differenti per ogni tipo di organo. Nel modello in esame tuttavia si assume che non ci sia differenziazione della tipologia di organi e pertanto per determinare il livello di criticità si considera la probabilità di sopravvivenza di un paziente se questo non dovesse ricevere un trapianto, criterio a cui tutti i fattori di valutazione citati precedentemente fanno riferimento. Date queste considerazioni, il parametro p può essere associato ad uno dei seguenti 4 livelli di gravità:

1) Critical: probabilità di sopravvivenza < 10 %

2) Urgent: probabilità di sopravvivenza tra 50% e 10%

3) Active: probabilità di sopravvivenza tra 90% e 50%

4) Inactive: probabilità di sopravvivenza > 90%

Il parametro g invece rappresenta il gruppo sanguigno del paziente e può assumere 4 valori diversi:

1) A

2) B

3) 0

4) AB

Pertanto in totale ci sono 16 tipi diversi di utente paziente che possono entrare all’interno del sistema in esame.

b. Gli organi in ingresso al sistema sono identificati dal parametro g, il quale rappresenta il gruppo sanguigno dell’organo. Esso assume gli stessi valori dell’omonimo parametro definito nel punto a.

**Eventi**

Tra gli eventi che caratterizzano il sistema si possono trovare:

* Arrivo di un nuovo paziente
* Arrivo di un nuovo organo
* Decesso di un paziente
* Deperimento di un organo
* Match organo-paziente
* Rigetto del trapianto
* Trapianto con successo
* alt: Uscita del paziente dal sistema:
  + - * Trapianto
      * Decesso

**Variabili di stato**

Le variabili di stato considerate nel modello sono:

* Numero di serventi attivi per i trapianti in corso
* Numero di organi disponibili per gruppo sanguigno
* Numero di pazienti in arrivo per gruppo sanguigno
* Numero di pazienti “in peggioramento”
  + Come fai a considerarla come variabile? Forse è meglio tipo un intervallo di tempo oltre il quale scatta il peggioramento? Oppure ancora meglio una probabilità di peggiorare dopo un certo tempo.
* Le probabilità sono considerate variabili di stato? Perché se così fosse ci sarebbero:
  + Probabilità di sopravvivenza (quella che determina la priorità in base allo stato di salute)
  + Probabilità di morte (da cui il numero di pazienti che muore nel periodo d’osservazione)
  + Probabilità di rigetto (da cui il numero di pazienti che rientra nel sistema (tasso di ingresso 2)). Questa direi che dipenderebbe dallo stato di salute del paziente al momento del trapianto + stato di deperimento dell’organo
  + Da qui mi riferisco alla parte che ho aggiunto sugli organi:
    - Probabilità che il centro locale accetti l’organo (probabilità che un paziente compatibile sia presente nelle sue code)
    - Probabilità che uno dei centri regionali accetti l’organo (probabilità che un paziente compatibile sia presente nelle loro code)
    - Probabilità che il centro nazionale accetti l’organo (probabilità che un paziente compatibile sia presente nelle sue code)
    - Probabilità di morte dell’organo (data dalla scadenza di un certo tempo o dall’indisponibilità di pazienti compatibili  1 - le 3 precedenti)

(forse potrebbero essercene delle altre? + trovare altro termine per ultimo punto)

**Assunzioni**

* Le richieste di trapianto superano la disponibilità di organi: .
* L’effettivo numero di pazienti che ricevono il trapianto è di gran lunga inferiore rispetto a quelli che lo richiedono, poiché le loro condizioni di salute peggiorano con il passare del tempo: .
* Gli arrivi dei pazienti sono arrivi indipendenti di Poisson.
* Gli arrivi degli organi sono arrivi indipendenti di Poisson.
* I pazienti mantengono uno stato di salute tale da sostenere il trapianto per un tempo distribuito esponenzialmente, dopo il quale abbandonano la lista di attesa.
* Gli organi deperiscono dopo in tempo distribuito esponenzialmente.
* Nel modello non sono stati considerati tipi diversi di organi.

Nota: Modellare lo stato di salute del paziente e la durata di vita dell’organo con una distribuzione esponenziale è una forte semplificazione. Entrambi gli aspetti sono caratterizzati da un processo degenerativo e pertanto sarebbe più opportuno modellarli attraverso una distribuzione a failure rate crescente. Tuttavia, essendo le distribuzioni di questo tipo molto complesse, si è scelto di modellare il tutto tramite l’esponenziale che è caratterizzata da un failure rate costante.