**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, sia perché la loro condizione migliora e quindi non è più necessario il trapianto, oppure perché la loro condizione di salute peggiora a tal punto da non poter sostenere il trapianto.

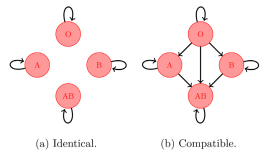
Il blocco b. della banca degli organi disponibili per l’assegnamento è modellato come 4 code FIFO, una per ogni gruppo sanguigno. Gli organi una volta entrati nel sistema sono soggetti ad un processo di deterioramento (con distribuzione esponenziale del tempo di deterioramento). Pertanto una volta entrati 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.

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.

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.



**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

**Stati**

Organo\_A: {DISPONIBILE, NON DISPONIBILE}

Organo\_B: {DISPONIBILE, NON DISPONIBILE}

Organo\_AB: {DISPONIBILE, NON DISPONIBILE}

Organo\_0: {DISPONIBILE, NON DISPONIBILE}

Coda\_Pazienti\_A: {VUOTA, NON VUOTA}

Coda\_Pazienti\_B: {VUOTA, NON VUOTA}

Coda\_Pazienti\_AB: {VUOTA, NON VUOTA}

Coda\_Pazienti\_0: {VUOTA, NON VUOTA}

Trapianto: {COMPLETATO, RIGETTATO}

(es: in ABO-identical: organo\_X=DISPONIBILE + Coda\_Pazienti\_X=NON VUOTA => match!)

**Variabili di stato** (forse vanno nel modello delle specifiche)

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 attesa per gruppo sanguigno

**Assunzioni**

* Le richieste di trapianto superano la disponibilità di organi. Tuttavia 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, ma un unico tipo di organo generico.
* Nel modello si assume una vista globale sugli Stati Uniti che comprende:
  + La totalità di pazienti che fanno richiesta per un trapianto.
  + La totalità degli organi presenti nelle banche.
  + La totalità dei posti disponibili per l’esecuzione del trapianto.

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.