

In questa lezione si tratteranno i problemi tattici - operativi (*in passato sono stati trattati problemi di natura strategica*) che riguardano la gestione dei pazienti che devono effettuare trattamenti di **radioterapia**. Questi tipi di problemi tattici-operativi **riguardano un orizzonte temporale di natura contingente, ovvero di qualche giorno o settimana**. Quindi, è un processo temporale più breve.

Il modello di riferimento è il **patient flow** (“flusso del paziente”, impropriamente), processo di rappresentazione specifico che ha a come sistema **di riferimento l'analisi e lo sviluppo di problemi di natura organizzativa e decisionale**.

*Gestione delle attività da considerare (riguardano i seguenti settori):*

- Gestione produzione ed erogazione dei servizi
- Gestione accesso ai servizi (liste d'attesa, CUP)
- Assegnamento / Allocazione Risorse (complessive risorse sanitarie necessarie e per produrre ed erogare i servizi)
- Gestione del flusso delle attività che caratterizzano i processi decisionali nell'ambito dei sistemi e dei servizi sanitari

**Cos'è il modello Patient Flow?**

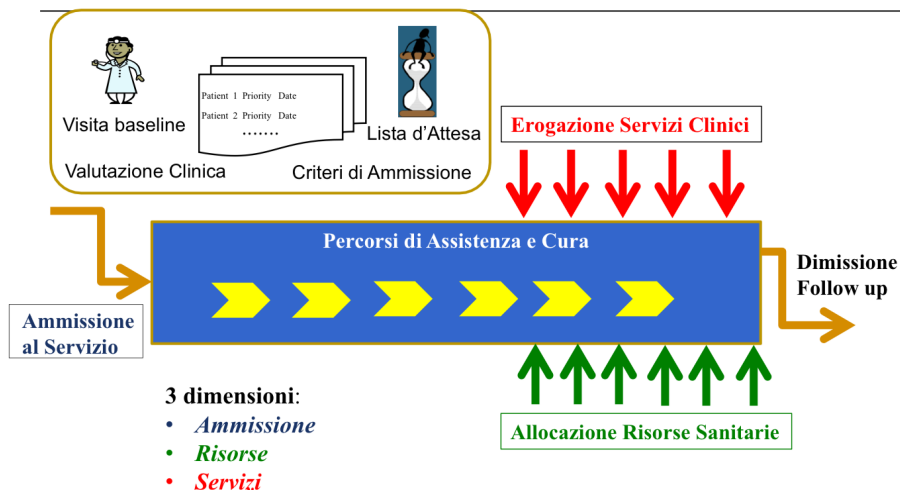
Rappresenta la capacità del sistema sanitario di soddisfare, in modo efficace ed efficiente, le esigenze di tutela della salute mentre i pazienti si **muovono (scorrono)** lungo i vari **stadi** dei processi di assistenza e cura (dallo stadio 1 allo stadio n). Bisogna immaginare come se la produzione e l'erogazione dei servizi sanitari necessari per tutelare la salute degli individui (gestione di patologie croniche soprattutto) fosse svolta in modo tale che i beneficiari del servizio scorrono all'interno dei loro specifici percorsi di assistenza e cura, durante i quali vengono erogate le prestazioni. *Esempio del professore:* è come se il paziente fosse un pezzo da lavorare su una linea di assemblaggio industriale, in modo tale da poter essere trattato a beneficio della propria salute.

**A cosa serve il modello Patient Flow?**

- Stabilisce le modalità in cui è possibile pianificare l'erogazione dei servizi e governare l'accesso dei pazienti con l'obiettivo di rendere il sistema nel suo complesso più efficace ed efficiente.
- Garantisce un flusso continuo dei pazienti lungo i vari stadi (di assistenza e cura), con adeguato controllo dei ritardi (tempi d'attesa, dimensione delle liste d'attesa), con contestuale erogazione efficace dei servizi e uso efficiente delle risorse.

Si possono indicare 3 fattori chiave (**dimensioni**) che lo caratterizzano: **accesso al servizio** (possibilità del cliente del fruire delle prestazioni sanitarie che prevede il proprio percorso di assistenza e cura), **erogazione dei servizi clinici** e **allocazione delle risorse sanitarie**.

# Patient Flow



## Dove interviene il modello di Patient Flow?

- **Ammissione** (problematiche relative a liste di attesa: si parte con una visita baseline per capire se il paziente è idoneo o meno per accedere al servizio, che classe di priorità lo caratterizza per l'accesso alle prestazioni) immaginiamo se questo fosse un percorso ospedaliero, l'allocazione e l'erogazione riguardano:
  - **Risorse** (sale di ricovero, medici, ecc: riguardano l'allocazione delle risorse sanitarie)
  - **Servizi**: produzione ed erogazione dei servizi, follow up specifici per i pazienti.

## Patient Flow: Applicazioni

- Gestione dei pazienti in Radioterapia (*ammissione*): il grado di libertà da gestire è l'ammissione del paziente, la gestione della lista di attesa;
- Gestione delle Sale Operatorie (*ammissione, risorse*): qui bisogna assegnare anche le risorse non in termini di sale operatorie ma in termini di tempo di utilizzo delle sale;
- Gestione Ricovero Ospedaliero – Week Hospital : programmazione di attività (non urgente) in cui entrano in gioco tutte e tre le dimensioni del patient flow (*ammissione, risorse, servizi*)
- Gestione Pacchetto Ambulatoriale Complesso (PAC) – Day Service (*ammissione, servizi*): parente molto prossimo del day hospital (l'unica differenza è rappresentata dal fatto che, nel day service, non è necessario il posto letto, nel day hospital sì)
- Assegnamento Posto Letto in ospedale (*ammissione, risorse*): ricovero con ciascuno che è caratterizzato dalla propria necessità clinica.

Quello che seguirà è il lavoro che è stato svolto circa negli anni 2000 con la collaborazione dell'azienda ospedaliera di Cosenza, in cui, con il modello indicato, è stato analizzato il problema dell'ammissione dei pazienti nelle liste di attesa e nella gestione della calendarizzazione delle sedute per la radioterapia.

Si inizia con un'analisi del contesto specifico fino a giungere alla risoluzione del problema decisionale di base.



Partiamo, innanzitutto, dalla definizione di **radioterapia**: si tratta di una terapia localizzata, non invasiva, indolore, effettuata per lo più in regime ambulatoriale, in grado di provocare la necrosi, ovvero la morte delle cellule del tumore, attraverso l'utilizzo di radiazioni di elevata energia chiamate radiazioni ionizzanti.

**Si stima che circa il 60 per cento dei malati di tumore, nel percorso di cura, sia sottoposto ad almeno un ciclo di radioterapia.**

## RISORSE PER LA RADIOTERAPIA:

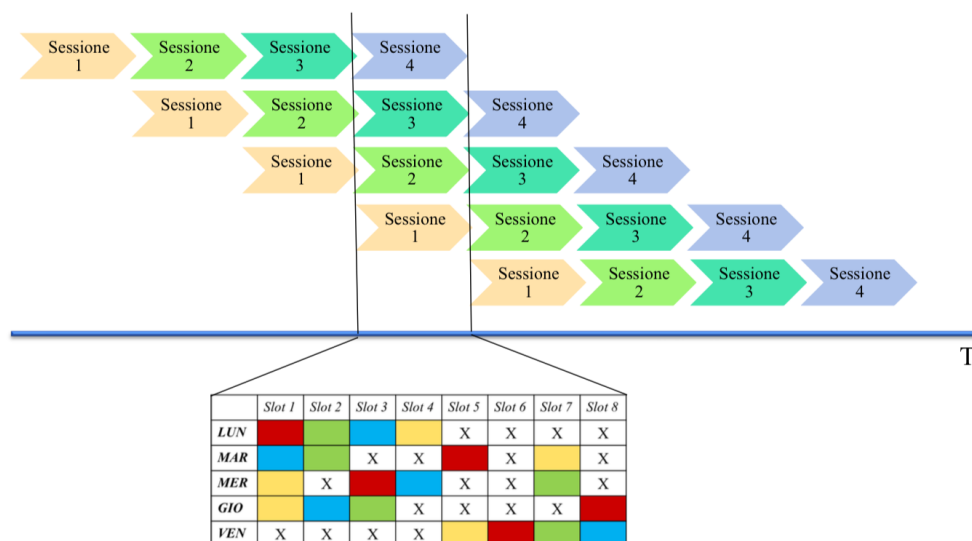
- **Dispositivi biomedicali** (la macchina) per produrre ed erogare le radiazioni ionizzanti: ACCELERATORI DI PARTICELLE (LINAC) di interesse dei fisici sanitari.
- **Processo di valutazione clinica**: serve per comprendere se il servizio è appropriato per il paziente da parte dei medici specialisti, se il paziente è idoneo alle prestazioni. Una volta verificata l'idoneità, il paziente viene inserito in lista di attesa. Successivamente viene pianificato il trattamento, viene simulata la prestazione del trattamento, viene definito il calendario delle sedute, vengono svolti i cicli ed infine vi è il follow up.

## Pianificazione del Trattamento di radioterapia

Si caratterizza dalle seguenti attività:

- Il medico di radioterapia, sulla base della valutazione iniziale, determina la DOSE complessiva di radiazioni per il paziente;
- Ciascuna dose di radiazione va erogata all'interno di un *CICLO* di trattamenti (durata del *ciclo*: 4-6 settimane), essa infatti non va erogata all'interno di un'unica attività e il processo viene stabilito dal medico radioterapista;
- Un *CICLO* è articolato in *SESSIONI* settimanali;
- Ogni *SESSIONE* settimanale è suddivisa in *SEDUTE* giornaliere;
- Tra le *SESSIONI* settimanali è previsto qualche giorno di riposo;
- In genere è prevista al più una *SEDUTA* al giorno.

## CICLO – SESSIONE – SEDUTA: come si svolge?



Se un paziente deve fare un ciclo di quattro settimane, ad esempio, ogni sessione è incardinata in una settimana e ogni giornata è suddivisa in sedute: ovvero, ogni giornata è suddivisa in slot temporali in cui viene svolta la seduta di radioterapia, in cui si ha il frazionamento della dose distribuita per ogni seduta.

## **Organizzazione della *SESSIONE* - Calendario settimanale delle *SEDUTE***

Le sedute sono organizzate in base alle esigenze del reparto di radioterapia. Nello strutturare lo schema si stima la durata media di seduta e si suddivide la giornata in slot temporali, si stima il tempo di entrata, l'erogazione del servizio in uscita: si fa ciò per calcolare correttamente i tempi, in modo tale da far entrare clienti successivi seguendo una precisione temporale e organizzativa nella massima efficacia ed efficienza.

La struttura dell'organizzazione viene fatta a colori, ogni colore è un paziente. Si deve definire il calendario.

### ***GIORNO – SLOT – PAZIENTE***

Le celle colorate identificano la seduta del paziente (colore = paziente)

## **Quali sono i punti essenziali del processo decisionale da definire?**

- Come pianificare nel tempo l'esecuzione delle sedute di radioterapia per ogni paziente ammesso ed estratto dalla lista di attesa;
- Quale paziente trattare e quando;
- A seconda delle condizioni cliniche del paziente vengono definite quattro classi di priorità e il percorso di assistenza e cura. Il calendario settimanale definito e scelto, dal punto di vista dell'erogazione di radioterapia, è sempre disponibile ma, in realtà, può subire variazioni in relazione alle esigenze del reparto.

Bisogna dunque decidere come pianificare nel tempo l'esecuzione delle sedute di radioterapia per ogni paziente ammesso ed estratto dalla lista di attesa. **Data la lista di attesa, quale paziente estrarre da essa per definire il gruppo di pazienti?**

## **Quali sono i requisiti del problema decisionale?**

- Controllare la lista di attesa per evitare eventuali ritardi temporali o variazioni
- Orizzonte temporale di schedulazione (calendarizzare, stabilire la sequenza delle liste di attesa): Settimana (*Sessione*)
- *Giorno* suddiviso in *Slot* temporali di uguale durata che siano simili per tutte le settimane: questo metodo è efficiente ma forse non proprio efficace poiché potrebbe non essere molto gradito dal paziente.

Per ogni **Paziente** si prende in considerazione la seguente sistematicità:

- **Ciclo** basato su più **Sessioni** consecutive intervallate dallo stesso numero di giorni di riposo (si assume ciò come caratteristica determinante, in termini organizzazione, per ogni utente)
- **Sessione** articolata in una **Seduta** giornaliera ripetuta su giorni consecutivi (definite dalle linee guida del reparto di radioterapia). Nel frazionamento della dose per il paziente, viene stabilito il numero di giorni, specifico per paziente, da fare settimanalmente.
- Numero di **Sedute** nella **Sessione**
- Tempi netti di trattamento uguali (si assume che ogni paziente abbia tempo netto di seduta uguale, anche se in realtà non è così)

- **Prima Seduta** del ciclo: occupa 2 slot consecutivi
- Indice di priorità clinica a seconda delle proprie condizioni

L'approccio più semplice è che, i Pazienti già schedulati nelle settimane precedenti e che non hanno completato il **Ciclo**, mantengano la stessa schedula della prima settimana (replica); inoltre, si assume che si abbia solo una LINAC a disposizione (spesso non è così, c'è ne sono di più).

### Dinamica del processo decisionale

Se si considera la settimana corrente, ci sono già pazienti che hanno avviato il ciclo nelle settimane precedenti e altri che lo stanno per avviare. Il calendario della settimana corrente avrà slots che saranno già occupati da pazienti che hanno il ciclo di radioterapia in corso, si devono sfruttare quindi le caselle libere per i nuovi pazienti. **La struttura più semplice per programmare il tutto è mettere a disposizione una calendarizzazione meno flessibile per posizionare tutti nel giusto piano settimanale**, così, in base al numero di sedute del paziente, si può decidere sul resto del calendario settimanale. Dunque, dalla lista di attesa, si prendono in considerazione i pazienti e si procede a schedulare il tutto correttamente ai fini dell'organizzazione della pianificazione del processo decisionale.

**Nel modello base la caratteristica è considerare il calendario settimanale e replicare il calendario per tutte le settimane successive.**

## MODELLO BASE

### Dati

\* 3 insiemi caratterizzano il modello base:

- $J$  = lista dinamica dei nuovi pazienti da schedulare per ogni settimana: ci mettiamo all'interno della settimana corrente come orizzonte temporale di gestione, qualche giorno prima della settimana corrente si informa il paziente sulla pianificazione del processo decisionale. Ogni settimana ci saranno nuovi pazienti che verranno immessi in lista di attesa.
- $K$  = insieme dei giorni lavorativi della settimana
- $W$  = insieme degli slot temporali previsti nel giorno lavorativo

\* **Si costruisce una maschera, una matrice,  $SCHED$  ( $|K| \times |W|$ )** = matrice  $\{0, 1\}$  che indica gli slot già occupati: è una matrice che si costruisce con 0 se lo slot è libero e 1 se lo slot è occupato.

\* Profilo Clinico Paziente:

- Livello di Priorità Clinica  $pr_j$  (*urgenza o cure palliative*)
- Numero di Sedute settimanali  $e_j$  (*da fare nella sessione corrente*): dipende dalle caratteristiche gestionali del reparto e dalle caratteristiche della radioterapia.

### Decisioni

- Determinare se **Paziente  $j \in J$**  avvierà il proprio **Ciclo** nella settimana corrente (si scelgono fino a che si riempiono tutti gli slot liberi della settimana). Una volta fatto ciò, si determina quanto sotto.
- Determinare il **Giorno  $k \in K$**  e lo **Slot  $w \in W$**  in cui il paziente  $j \in J$  sarà sottoposto alla **Prima Seduta** del **Ciclo** (*la prima ha una durata allocata su due slot consecutivi*). Una volta determinata la prima

seduta, si lavora su due insiemi. Queste decisioni si modellano come decisioni binarie, perché determinare se il paziente sarà sottoposto alla prima seduta si fa se in quello slot ci sarà il riempimento della cella, ovvero se c'è o no il paziente  $j$ . Possono, quindi, essere formulate proprio come variabili decisionali discrete binarie.

- Determinare il **Giorno**  $k \in K$  e lo **Slot**  $w \in W$  in cui il **Paziente**  $j \in J$  sarà sottoposto al fissato numero  $e_j$  di **Sedute** settimanali ,

## Variabili Decisionali

---

### Variabili Decisionali

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{if the patient } j \text{ begins the treatment program on the current week;} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

$$t_{jkw} = \begin{cases} 1 & \text{if the patient } j \text{ has the first appointment in time slot } w \text{ on day } k ; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

$$y_{jkw} = \begin{cases} 1 & \text{if the patient } j \text{ is assigned to time slot } w \text{ on day } k ; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

*Otherwise: altrimenti.*

L'ultima variabile decisionale stabilisce quali saranno gli ulteriori slot all'interno dei quali il paziente riceverà gli ulteriori sedute all'interno della settimana. Supponendo che il paziente  $j$  ha le sedute su giorni sequenziali senza interruzioni di giorni, in slot differenti, si fissa il valore  $j$  in cui il paziente deve fare quelle 4 sedute.

## Obiettivo

Corrisponde al rendere il sistema più efficace ed efficiente possibile attraverso il riempimento completo del calendario settimanale. **L'efficienza** è data dal tenere il macchinario a regime, senza spegnere e accendere la macchina affinché non si perda tempo per i processi di accensione del macchinario e anche perché l'accensione comporta una spesa energetica maggiore ; inoltre, evitare di accendere spegnere la macchina comporta il buon funzionamento del macchinario più a lungo e al meglio possibile. Riempiendo tutto il calendario, in più, si va a svuotare la lista di attesa il più possibile.

La massimizzazione del numero di pazienti **schedulati**, pesati ciascuno con la propria priorità clinica, consente di massimizzare ed efficienza ed efficacia.

Il poter massimizzare il numero di pazienti schedulati con la funzione  $z$ , che è la somma di  $x_j$ ,  $pr_j$ , si attua pesandoli con la priorità è ciò si fa utilizzando un elemento incrementale come la potenza del 10, ad esempio. Più alta è la priorità, meglio viene preferito il paziente  $x_j$  da scegliere.

$$\max z = \sum_{j \in J} pr_j x_j$$

## Osservazioni

- Mitigare la scelta di privilegiare in assoluto i pazienti con alta priorità clinica.
- Tenere conto dei pazienti con stessa priorità ma in lista da più tempo e dei pazienti in lista da più tempo con bassa priorità.

## Funzione Obiettivo

$$\min \sum_j \sum_k \sum_w \left( \frac{1}{pr_j} - 1 \right) t_{jkw} + \sum_j \sum_k \sum_w (1 - t_{jkw}) \frac{1}{j} pr_j^{\left( \frac{1}{P_{\max} - pr_j} \right)}$$
$$P_{\max} = \max_{j \in \mathcal{J}} \{pr_j\} + 1$$

Si è usato un approccio empirico sperimentale ed è stata formulata questa espressione per ottemperare ai requisiti detti prima. In assoluto, questo approccio non permette che vengano prediletti i pazienti sopracitati bensì mitiga il sistema. Il primo pezzo massimizza il numero di pazienti in lista di attesa, in relazione alla priorità clinica. La variabile decisionale è in funzione di  $t$ . Sperimentalmente, si possono considerare diversi scenari in base a priorità e posizione in lista di attesa del paziente in base alle caratteristiche. Massimizzare  $z$  è come minimizzare  $1/pr_j - 1$ , il risultato finale è sempre lo stesso.

## CONDIZIONI – LIMITAZIONI

- 1) Ad ogni Slot può essere assegnata al più una attività
- 2) Ad ogni Paziente può essere assegnato al più uno Slot al giorno
- 3) Ogni Paziente può avere al più una Prima Seduta del Ciclo, al più uno slot della sessione giornaliera.
- 4) Ad ogni Paziente possono essere assegnati due Slot consecutivi al più una volta nel Ciclo: la prima seduta del ciclo richiede tempo in più per configurare al meglio la macchina, in relazione alle esigenze;
- 5) Ogni Paziente schedulato deve completare le previste Sedute nella Sessione;
- 6) Le Sedute previste nella Sessione devono essere effettuate in giorni consecutivi;
- 7) Occorre assegnare due Slot consecutivi per la Prima Seduta;

Le prime 4 condizioni sono di natura logica e consentono di fare il sistema più efficiente possibile, le altre due sono più specifiche vanno rispettate tenendo conto di e con  $j$ .

Ognuna di queste condizioni verrà effettuata con una relazione di vincolo, soprattutto il 5° e il 6°, i quali caratterizzano il problema.

