



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale

PROJECT WORK – RELAZIONE FINALE

Valutazione e Miglioramento dei processi di un Pronto Soccorso della Regione
Toscana con tecniche di Process Mining

STUDENTI

Filippo Bernardini
Carla Mariarita De Giorgio
Valeria Picchianti
Adriana Russo

DOCENTI

Davide Aloini
Alessandro Stefanini

ANNO ACCADEMICO

2020/21

1 BUSINESS CONTEXT

Il Pronto Soccorso (PS) è una sezione degli ospedali il cui obiettivo è far fronte alle emergenze sanitarie dei cittadini. I dati che verranno analizzati al fine di studiare il processo e proporre un miglioramento fanno riferimento ad un Pronto Soccorso della regione Toscana nel periodo di tempo tra il 1° febbraio 2017 e il 12 aprile 2017.

Sebbene sia possibile notare una certa periodicità degli accessi in PS (ore diurne/notturne, feriali/festivi, mesi dell'anno) come verrà discusso nei paragrafi successivi, non è possibile invece prevedere in assoluto gli accessi al Pronto Soccorso, così come non è possibile prevedere la gravità dei pazienti che arriveranno e/o il tipo di cure di cui avranno necessità.

Quanto detto determina l'intrinseca variabilità del contesto in esame che richiede una grande flessibilità conseguibile con un'attenta progettazione dei processi; è opportuno che siano chiari e rispettati i seguenti requisiti:

- Conoscenza degli obiettivi del Pronto Soccorso
- Conoscenza dei processi del Pronto Soccorso e classificazione di questi in principali e di supporto
- Risorse sufficienti a soddisfare la domanda
- Prestazioni erogate in modo coerente con la domanda

È possibile usufruire dei servizi erogati dal Pronto Soccorso giungendo in ospedale con il proprio mezzo di trasporto oppure trasportati da mezzi di soccorso; in entrambi i casi la fase iniziale prevede l'accettazione amministrativa (svolta in loco oppure sui suddetti mezzi), in cui si ha la raccolta e la registrazione di dati sensibili del paziente (dati anagrafici e motivi dell'emergenza). Successivamente inizia la fase di smistamento, comunemente chiamata triage, per cui esistono specifici protocolli aggiornati in base all'evidenze scientifiche: ad ogni paziente, previo controllo iniziale, viene assegnato un colore sulla base della gravità dell'emergenza sanitaria. Questo permette di creare una lista di priorità di intervento per un più efficace funzionamento del Pronto Soccorso.

I colori, con relativa codifica, sono i seguenti:

1. Bianco: poco grave, non critico
2. Verde: mediamente grave, poco critico
3. Azzurro: urgenza differibile

4. Giallo: grave, mediamente critico
5. Rosso: molto grave, molto critico

Seguendo la lista di priorità i pazienti vengono visitati e sulla base di tale visita può essere richiesta una consulenza di un medico esperto. A seguito della visita e dell'eventuale consulenza può manifestarsi la necessità di una prestazione radiologica o di una prestazione di laboratorio (esterno al PS) per delle analisi approfondite.

In Pronto Soccorso è possibile che il paziente venga tenuto sotto osservazione per monitorare il suo stato di salute. A seguito dell'osservazione il medico effettuerà dei controlli per valutare la necessità di sottoporre il paziente a ulteriori visite oppure valuterà la dimissione.

2 PROCESS DISCOVERY

In questa fase si prende in input l'event log fornito e si produce in output un modello che descrive ciò che osservabile all'interno del log. A partire dal dataset fornito è stato prodotto, attraverso il software Disco (Fluxicon), il seguente modello che descrive il comportamento del processo in esame (Figura 1).

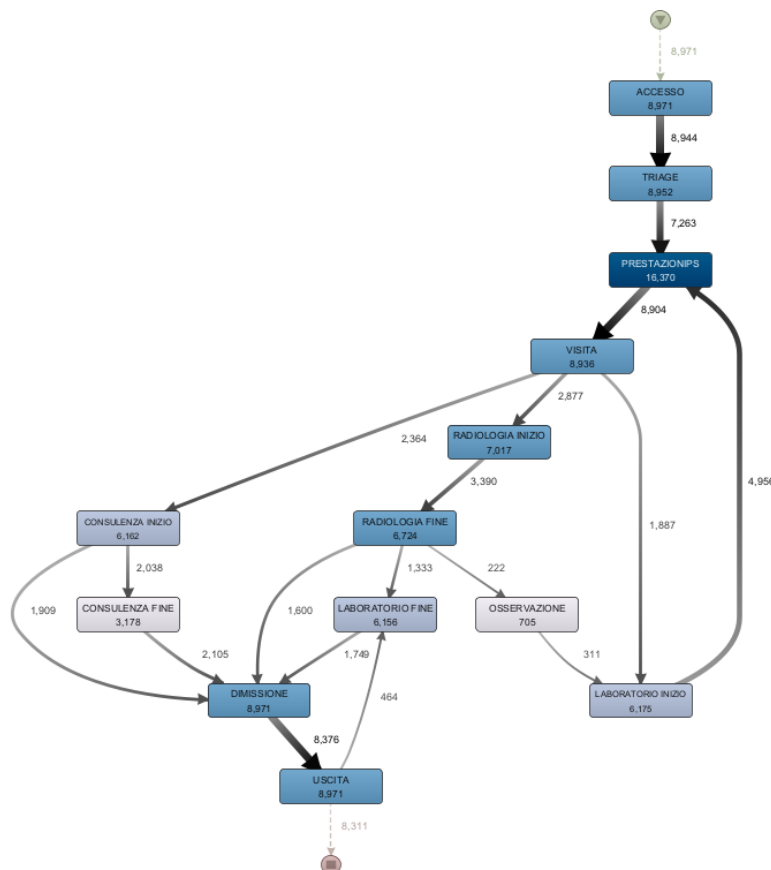


Figura 1 - Mappa di processo

Le attività che prendono parte al processo analizzato sono le seguenti:

Accesso: il paziente entra in Pronto Soccorso con mezzo proprio o di soccorso.

Triage: prima valutazione delle condizioni del paziente e attribuzione del colore secondo gravità.

Prestazioni in pronto soccorso: attività effettuate da medico di PS quali ECG e/o prelievo venoso volte a determinare un primo stato di salute del paziente

Visita: attività mediante cui un medico effettua la prima diagnosi circa la condizione del paziente.

Consulenza inizio/fine: valutazione approfondita effettuata da un medico esperto.

Radiologia inizio/fine: attività di indagine condotta con l'obiettivo di effettuare una valutazione radiologica approfondita a sostegno della diagnosi iniziale.

Laboratorio inizio/fine: attività di indagine condotta con l'obiettivo di effettuare ulteriori valutazioni dello stato di salute.

Osservazione: attività di monitoraggio delle condizioni di salute del paziente al fine di assicurarne la stabilità. Durante l'osservazione è inoltre possibile valutare l'efficacia della terapia effettuata in Pronto Soccorso.

Dimissione: il medico ritiene che il paziente sia idoneo a lasciare il Pronto Soccorso per tornare al domicilio o per essere trasferito in un altro reparto.

Uscita: il paziente abbandona il Pronto Soccorso.

Dall'analisi dell'event log è emerso che le varianti più frequenti* sono 10 e rappresentano solo il 43% dei casi. Per questa ragione, si ritiene necessario considerare, ai fini dell'analisi, tutte le varianti dell'event log e non solo le più frequenti. Si ritiene inoltre che un'analisi che includa anche le tracce che si presentano con frequenze minori dia la possibilità di valutare azioni di miglioramento più accurate.

**Sono state considerate come "più frequenti" le varianti che si presentano nel log con una frequenza maggiore o uguale all'1% dei casi.*

Nella figura sottostante è possibile notare che circa il 50% dei casi (4628 casi di 8971) appartengono alle prime ventisei varianti: non è sufficiente quindi considerare solo le varianti più frequenti perché, per il fine dell'analisi, non risultano rappresentative del comportamento del processo.

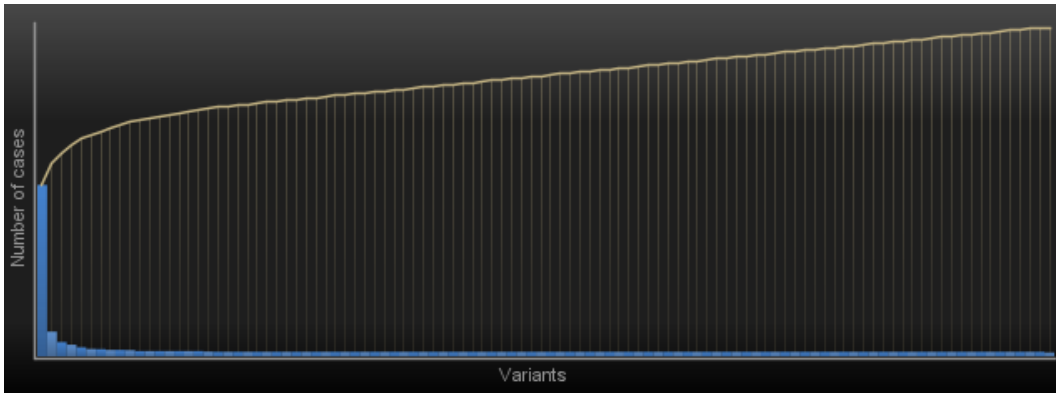


Figura 2 - Numero di casi per ogni variante

3 PROCESS ANALYSIS

Per riuscire a portare a termine un'efficace analisi della dinamica prestazionale del processo in esame è necessario misurare e confrontare le misurazioni con dei valori target. La fase di misurazione, che abilita quella di analisi, non può prescindere dalla definizione del “cosa” misurare e del “come” misurarlo, quindi quelli che vengono definiti indicatori di prestazione (KPI).

I KPI riscontrati più idonei sono i seguenti:

1. Tempo di attesa tra triage e visita
2. Tempo di attesa tra inizio e fine radiologia
3. Percentuale di abbandono PS
4. Percentuale di decessi in PS
5. Efficacia delle prestazioni di PS

Tempo di attesa tra triage e visita di Pronto Soccorso

Questo indicatore prende in considerazione l'intervallo di tempo che intercorre tra l'attività di triage e la visita di Pronto Soccorso. Si è ritenuto necessario considerare questo indicatore dal momento che, sia in casi gravi (codici rosso, giallo) che non (codici bianco, azzurro e verde), risulta rilevante:

- nei casi gravi un elevato tempo di attesa tra triage e visita può compromettere la vita stessa del paziente
- nei casi meno gravi un elevato tempo di attesa tra triage e visita può determinare l'abbandono del Pronto Soccorso

Tempo di attesa tra inizio e fine radiologia

Questo indicatore prende in considerazione l'intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio e la fine dell'attività di radiologia, che può risultare necessaria in alcuni casi. Sebbene un elevato tempo di

attesa non comprometta direttamente la vita del paziente, questo può determinare un rallentamento della diagnosi e di conseguenza della terapia e anche l'abbandono del Pronto Soccorso.

I due precedenti indicatori di tempo sono stati scelti perché si ritiene che tempi di attesa elevati influiscano in modo negativo sulla percezione del paziente riguardo la qualità del servizio offerto: un paziente soddisfatto risulta essere più collaborativo e questo determina, in parte, la riuscita del trattamento.

Percentuale di abbandono del PS

Questo indicatore prende in considerazione il numero di pazienti che abbandonano il Pronto Soccorso prima della visita medica e/o in corso di accertamenti. Si ritiene che tale percentuale debba essere il più bassa possibile per garantire a chiunque si presenti in PS per un'emergenza riceva i trattamenti più idonei.

Percentuali di decessi in PS

Si è ritenuto necessario inserire questo indicatore per misurare:

- eventuali tempi di attesa troppo elevati
- eventuali trattamenti erranei (errori di assegnazione codice, errori diagnosi, errori nelle somministrazioni, ecc.)
- eventuali condizioni operative non adeguate

Efficacia delle prestazioni di PS

Una valutazione circa l'efficacia di tutte le attività di Pronto Soccorso potrebbe essere effettuata andando a quantificare il numero di ritorni in PS di uno stesso paziente, all'interno di un certo intervallo di tempo dalla prima dimissione, per la stessa emergenza. Tale valutazione, sebbene necessaria, non può essere effettuata a partire dall'event log fornito, perché non è possibile identificare in modo univoco un paziente (è disponibile l'ID univoco di accesso, ma non quello personale).

Le misure e gli indicatori considerati in base ai dati analizzati sono di tipo non cost.

Gli indicatori risultano coerenti con gli obiettivi strategici operativi che prevedono:

- Riduzione del tempo di attesa tra triage e visita
- Riduzione del tempo di attesa tra inizio e fine radiologia

- Altre azioni per garantire ai pazienti un tempo di permanenza in Pronto Soccorso minimo al fine di evitare abbandoni
- Riduzione numero di pazienti che tornano in Pronto Soccorso a causa dell'inefficacia della cura
- Soddisfazione dei pazienti

La misurazione e la valutazione delle performances hanno evidenziato:

- una percentuale di abbandono del 4%, a fronte di quella target di 3.52% della Regione Toscana (*dati www.regione.toscana.it*)
- una percentuale di deceduti in PS dell' 1%
- una media di 36.7 minuti trascorsi tra l'invio della richiesta di prestazione radiologica e la ricezione del referto
- i seguenti tempi di attesa tra triage e visita in base al codice:

Codice	Target Regione Toscana	PS in esame
Rosso	Immediato	10 minuti
Giallo	15 minuti	35 minuti
Azzurro	60 minuti	45 minuti
Verde	120 minuti	46 minuti
Bianco	oltre 120 minuti	40 minuti

Tabella 1 – Confronto tra i tempi di attesa triage – visita target e del processo in esame

L'analisi del processo as-is ha evidenziato le seguenti problematiche:

- Elevati tempi di attesa tra l'invio della richiesta di prestazione radiologica e l'arrivo del referto (o analogamente tra invio richiesta di analisi di laboratorio e arrivo del referto) che possono essere attribuiti ad una scarsa integrazione tra i sistemi informativi di PS e radiologia (PS e laboratorio)
- Elevati tempi di attesa tra triage e visita per i codici rossi e gialli, attribuibili a scarsità di risorse, mancanza di organizzazione del personale e/o inadeguatezza dell'infrastruttura
- Elevata percentuale di abbandono del Pronto Soccorso, imputabile agli elevati tempi di attesa o all'inadeguatezza dell'infrastruttura e/o del personale

A tal proposito, si reputa necessario agire sulle problematiche sopra riportate seguendo l'ordine di priorità:

1. Azioni tempestive per ridurre i tempi di attesa tra triage e visita per i codici rossi e gialli
2. Miglioramento dell'integrazione tra i sistemi informativi

3. Diminuzione della percentuale di abbandono di PS

4 PROCESS REDESIGN

A seguito degli esiti dell'analisi di processo, con conseguente evidenziazione delle aree di debolezza, si rende necessario un piano di miglioramento che permetta l'implementazione di azioni in grado di colmare le lacune e accrescere i punti di forza. Le azioni proposte per il miglioramento del funzionamento del Pronto Soccorso in esame sono:

1. Ricerca di regolarità negli accessi per una più efficace gestione delle risorse
2. Tracciamento dei tempi di attesa e identificazione di un iter alternativo
3. Integrazione tra sistemi informativi
4. Installazione nella sala di attesa di uno schermo che mostri i minuti di attesa stimati rimanenti per la visita;
5. Predisposizione di una figura che si occupi del paziente durante l'attesa;
6. Monitoraggio delle condizioni di salute del paziente durante l'attesa per effettuare un eventuale aggiornamento delle priorità di trattamento;

Ricerca di regolarità negli accessi per una più efficace gestione delle risorse

L'idea alla base di questa proposta di miglioramento è quella di riuscire a estrapolare delle regolarità nei dati per prevedere dei trend futuri: questa analisi può essere condotta con algoritmi diversi che sfruttano la possibilità di generalizzare gli attributi dei dati – come una sorta di astrazione orizzontale – per individuare dei pattern.¹

Di fatti, anche nel dataset analizzato, nonostante l'intrinseca variabilità e imprevedibilità del contesto in esame (i.e. negli accessi al PS), è possibile notare che i valori massimi degli eventi sono raggiunti di giorno, mentre i valori minimi sono raggiunti di notte (Figura 3). Quanto appena detto ha suggerito che all'interno della variabilità è possibile individuare delle regolarità: ad esempio, segmentando gli accessi per orario, giorno, mese ed eventuali ricorrenze, si potrebbe notare che in certi giorni dell'anno il numero degli accessi è maggiore oppure che all'interno di una data fascia oraria di un dato mese è più frequente che i pazienti arrivino con una data emergenza.

¹ Hu, Xiaohua, Nick Cercone, and Jinshi Xie. "Learning Data Trend Regularities From Databases in a Dynamic Environment." *KDD Workshop*. 1994.

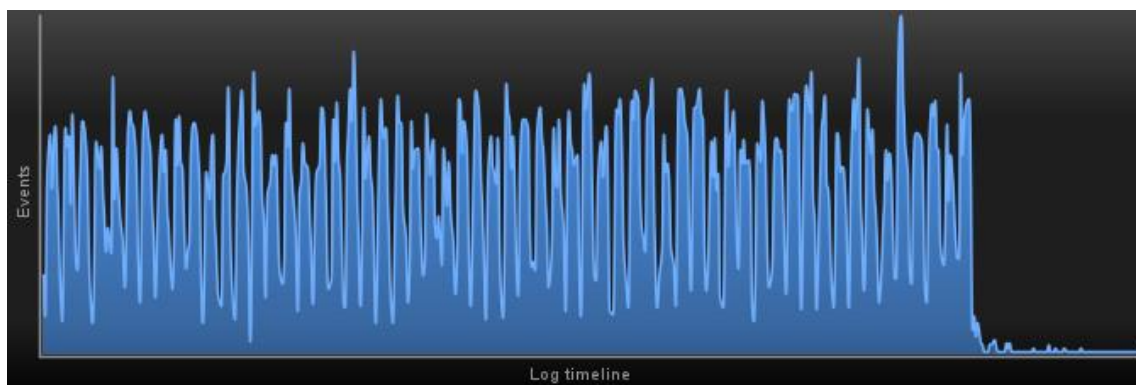


Figura 3 – andamento degli accessi in PS rispetto al tempo (ore)

Tale ricorrenza negli accessi al Pronto Soccorso permette di:

1. riorganizzare in modo più efficace ed efficiente le risorse disponibili;
2. studiare delle soluzioni organizzative che siano valide per un set di situazioni in apparenza differenti tra loro
3. comunicare tali regolarità negli accessi alla radiologia e al laboratorio analisi in modo da permettere loro una riorganizzazione delle risorse tale da favorire la cooperazione;
4. valutare l'acquisizione di nuove risorse

Tracciamento dei tempi di attesa e identificazione di un iter alternativo

Allo scopo di ridurre il tempo di attesa tra triage e visita, quindi la percentuale di abbandono del PS, si propone un sistema in grado di tenere traccia dei tempi di attesa di ogni paziente e individuare un tempo massimo (t_{soglia} = tempo target Regione Toscana) per i codici non gravi, oltre il quale il paziente viene preso in carico dal personale disponibile il prima possibile, nonostante siano presenti nuovi codici più gravi (codice rosso escluso). Il criterio di allocazione utilizzato è quello dell'allocazione differita – ritardazione dell'assegnazione fino al presentarsi dell'istanza – che consente una maggiore flessibilità al sistema. Si ritiene che la soluzione sia di facile implementazione in quanto non necessita di ulteriori sistemi informativi: il contatore del tempo di attesa può attivarsi nel momento in cui vengono registrati i dati all'accesso e fermarsi quando il paziente – identificato tramite un codice univoco – viene preso in carico da un medico.

Integrazione tra sistemi informativi

Per qualsiasi tipo di organizzazione è importante regolare i flussi informativi attraverso un sistema ben progettato al fine di assicurare efficienza e tempestività. In particolare, all'interno di un Pronto Soccorso (o in generale all'interno di un'unità del Sistema Sanitario) l'efficiente gestione e diffusione, con i vari attori interessati, dei dati del paziente consente di tenerne traccia al fine di una

diagnosi il più possibile precisa e veloce. Migliorare le tecnologie a disposizione del Pronto Soccorso e dell'unità radiologica, per avvicinarsi sempre di più ad una digitalizzazione dei dati del percorso del paziente, darebbe risultati positivi non solo in termini di qualità del servizio erogato ma andrebbe a ridurre anche i tempi di attesa che intercorrono tra inizio e fine radiologia.

Da diversi studi condotti in Italia è emerso come l'interoperabilità sia un aspetto sul quale ancora si deve lavorare; anche esaminando i dati a disposizione è stato notato che, sebbene sia presente l'attività di inizio radiologia, spesso sia assente quella di fine. Tale mancanza, imputabile ad un erraneo collegamento del PS con la refertazione, potrebbe essere risolta con l'utilizzo di sistemi informativi, che seppur indipendenti, sarebbero in grado di scambiare simultaneamente informazioni grazie a dei precisi standard di comunicazione (DICOM, HL7, IHE).

Uno dei vantaggi dell'utilizzo di tali sistemi è la riduzione degli errori di trasmissione, dei tempi di risposta dell'unità radiologica e dei costi di stampa.

I due sistemi informativi che generalmente vengono utilizzati sono il PACS (Picture Archiving and Communication System), necessario per acquisire, archiviare, visualizzare e trasmettere digitalmente immagini cliniche direttamente su un monitor e il RIS (Radiology Information System), il cui obiettivo è gestire tutte le informazioni del reparto radiologia e, integrato al precedente, consente uno scambio completo degli esami radiologici. A partire dai dati forniti non è possibile stabilire se tali sistemi siano già presenti nel Pronto Soccorso; in caso negativo, si propone l'implementazione di entrambi i software. Circa la messa a punto del PACS e del RIS è opportuno notare che potrebbe manifestarsi la necessità di addestrare il personale sull'utilizzo, compresa la necessità di standardizzare gli input. Nonostante questo, anche considerando l'alto livello di digitalizzazione richiesto oggi, si ritiene che sia inevitabile adottare questa soluzione, dal momento che potrebbe comunque essere utile in un futuro prossimo.

Per il miglioramento delle condizioni di attesa del paziente che si ritiene potrebbero determinare, insieme ai lunghi tempi, l'abbandono del Pronto Soccorso, si propone l'implementazione di tre diverse soluzioni:

- **Installazione nella sala di attesa di uno schermo che mostri i minuti di attesa stimati rimanenti per la visita;**
- **Predisposizione di una figura che si occupi del paziente durante l'attesa;**
- **Monitoraggio delle condizioni di salute del paziente durante l'attesa per effettuare un eventuale aggiornamento delle priorità di trattamento;**

Le prime due proposte hanno un focus sulla dimensione psicologica: si ritiene infatti che conoscere il tempo mancante alla visita, seppur indicativo e in aggiornamento, possa costituire un riferimento per l'attesa e possa aiutare il paziente a sopportarla meglio. D'altra parte, potrebbe essere anche un incentivo per il personale a lavorare cercando di rispettare i tempi mostrati al paziente.

Anche la predisposizione di una figura preposta al paziente in attesa può costituire un riferimento per quest'ultimo, che non si sentirà trascurato in attesa della visita, ma potrà contare su una figura professionale aggiornata circa le sue condizioni di salute, permettendo l'implementazione della terza proposta – il monitoraggio delle condizioni di salute – che si rende necessaria per due ragioni:

- per ovviare a errori in sede di triage, quindi di erronea attribuzione della priorità e del codice;
- per poter agire tempestivamente nel caso in cui le condizioni di salute peggiorassero rapidamente.

La proposta appare di facile implementazione, pur presentando un impatto economico maggiore rispetto alle altre soluzioni: per limitare tale effetto è possibile destinare un'unica figura sia al monitoraggio delle condizioni di salute che al riguardo del paziente.

Appoggiarsi ad un'altra radiologia

Allo scopo di ridurre i tempi di attesa tra inizio e fine radiologia e il conseguente abbandono di PS si propone eventualmente anche di rivolgersi ad una radiologia esterna, durante le ore di intensa affluenza diurna. Si propone una struttura fisicamente vicina al Pronto Soccorso per casi meno gravi – codici verdi, bianchi e azzurri – che non hanno bisogno di intervento immediato e possono essere trasportati. Da subito, è possibile notare che questa è la soluzione di più difficile implementazione dal momento che presenta le seguenti criticità:

- grande investimento
- capacità di coordinamento
- necessità di individuare una struttura fisicamente vicina al Pronto Soccorso per garantire una prestazione tempestiva
- trasporto del paziente

A fronte di un'analisi qualitativa delle proposte di miglioramento individuate, è emerso che l'implementazione dell'ultima soluzione – appoggio ad un'altra radiologia – sia da considerare soltanto nel caso in cui le precedenti risultino non sufficientemente efficaci e/o concretamente realizzabili in modo conveniente.