



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

**DIPARTIMENTO DI TECNICA E GESTIONE DEI
SISTEMI INDUSTRIALI**

TESI DI LAUREA DI PRIMO LIVELLO

MODELLO IN ARENA DI UN'UNITÀ
COMPLESSA DI RADIOLOGIA: PAZIENTI D'ETÀ
SUPERIORE A 70 ANNI

RELATORE: CH.MO PROF. GIORGIO ROMANIN JACUR

LAUREANDO: LIBER LORIS

MATRICOLA: 594707-IG

ANNO ACCADEMICO: 2011 - 2012

Sommario

INTRODUZIONE	4
CAPITOLO 1: Arena simulation	6
1. Il software Arena	6
1.1 Modulo Flow-Chart Create	6
1.2 Modulo Flow-Chart Dispose	7
1.3 Modulo Flow-Chart Process	7
1.4 Modulo Flow-Chart Decide	8
1.5 Modulo Flow-Chart Record	8
1.6 Modulo Flow-Chart Batch	9
1.7 Modulo Flow-Chart Separate	9
1.8 Modulo data Entity	9
1.9 Modulo data Queue	9
1.10 Modulo data Resource	9
1.11 Modulo data Variable	9

1.12 Modulo data Schedule	9
CAPITOLO 2: Il modello, una panoramica generale	10
CAPITOLO 3: Modello dell'unità di radiologia	14
1. _Generazione, assegnazione priorità e spogliatoio pazienti programmati	16
2. _Generazione, assegnazione priorità e spogliatoio pazienti non programmati	20
3. _Processo di Preparazione	21
4. _Processo di esecuzione TAC	24
5. _Processo di uscita	26
6. _Uscita dal modello delle entità	28
CAPITOLO 4: Analisi dei dati	29
Conclusioni	37
Bibliografia e sitografia	38

INTRODUZIONE

Il lavoro consiste nel realizzare un modello di simulazione per un reparto di TAC dell'Unità Complessa di Radiologia dell'Ospedale dell'Angelo di Mestre, partendo dai dati analizzati da Alice Optale e Veronica Beraldo in Analisi della Gestione della TAC in un'unità complessa di radiologia: pazienti di età superiore a 70 anni.

Cerchiamo prima di tutto di capire che cosa significa simulazione, quali vantaggi e svantaggi può comportare e come si procede con una simulazione.

Per simulazione s'intende un modello della realtà che consente di valutare e prevedere lo svolgersi dinamico di una serie di eventi o processi susseguenti all'imposizione di certe condizioni da parte dell'analista o dell'utente.

Le simulazioni sono uno strumento sperimentale di analisi molto potente, utilizzato in molti ambiti scientifici e tecnologici, che si avvale delle grandi possibilità di calcolo offerte dall'informatica; la simulazione, infatti, altro non è che la trasposizione in termini logico-matematico-procedurali di un "modello concettuale" della realtà; tale modello concettuale o modello matematico può essere definito come l'insieme di processi che hanno luogo nel sistema valutato e il cui insieme permette di comprendere le logiche di funzionamento del sistema stesso.

La simulazione porta con sé molti aspetti positivi: flessibilità ed efficienza, possibilità di compiere dei test prima di investire, possibilità di capire cause di eventi, comprensione del sistema, valutare nuove politiche di gestione. Nasconde, tuttavia, alcuni aspetti negativi, si tratta, infatti, di un processo lungo e costoso; anche l'interpretazione dei dati non è banale, i risultati non sono esatti ma sono delle interpretazioni e richiedono strumenti di statistica per l'analisi.

È importante precisare che la simulazione conduce a risultati e risposte che non rappresentano la realtà, ma solo una sua approssimazione, può condurre a risultati difficili da interpretare, richiede molto tempo nella creazione e nella validazione del modello soprattutto se l'utente non è esperto.

Passi e procedure:

- Definizione degli obiettivi e delle problematiche da esaminare.
- Stesura di un modello concettuale, consiste nella comprensione e nella modellazione del sistema che s'intende simulare.

- Validazione del modello concettuale, confronto tra le varie parti per assicurarsi della capacità del modello di offrire un'immagine consistente della realtà.
- Analisi dei dati in ingresso: la raccolta e l'analisi dei dati che diverranno la base per la definizione dei parametri di funzionamento del sistema.
- Scrittura del modello al calcolatore.
- Calibrazione e valutazione.
- Definizione di un piano degli esperimenti: è opportuno eseguire diversi "run" per poi analizzare i parametri in uscita.
- Analisi dei dati in uscita.

In questo lavoro ci concentreremo soprattutto sulle fasi di valutazione e costruzione del modello al calcolatore attraverso il software simulativo Arena.

CAPITOLO 1

Arena Simulation

Arena Simulation è il più diffuso strumento per la simulazione di sistemi di natura discreta.

È un ambiente di simulazione grafico integrato che contiene tutte le risorse per la modellazione, la progettazione, la rappresentazione dei processi, l'analisi statistica e l'analisi dei risultati.

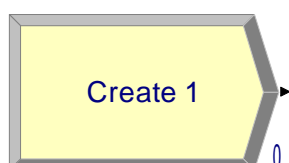
La simulazione consente di riprodurre il sistema reale e analizzare dinamicamente il comportamento del sistema modellizzato, testare criteri di gestione, valutare situazioni ritenute particolarmente critiche, validare scelte progettuali, confrontare, anche dal punto di vista economico, soluzioni alternative. L'intero processo di creazione del modello di simulazione è grafico, visivo e integrato.

Arena simulation permette di:

- Conoscere e analizzare i processi aziendali – "as-is".
- Effettuare analisi "what-if" e valutare le possibili alternative "to-be".
- Identificare i colli di bottiglia, quantificare i costi dei processi, ridurre il tempo ciclo.
- Schedulare e allocare le risorse in modo ottimo.
- Analizzare tutti gli aspetti del business, dal processamento degli ordini d'acquisto alle spedizioni.
- Realizzare sostanziali miglioramenti delle performance.

1. Il software Arena Nel software Arena esistono due tipi di moduli utilizzabili da parte dell'utente e si trovano sulla sinistra della schermata nel menù "Basic Process", sono i moduli Flow-Chart e Data.

1.1 Modulo Flow-Chart Create Il modulo "Create" serve a generare le entità.



Costituisce l'inizio del modello; una volta generate, le entità lasciano il modulo per proseguire nel modello. In questo modulo vengono definiti il tipo di entità, il tempo tra gli arrivi, il numero di entità per arrivo.

Per quanto riguarda il tempo tra gli arrivi, può essere di tipo Random (tempo che segue una distribuzione esponenziale con media definita dall'utente), Constant (tempo costante) o Expression (il tempo segue una distribuzione tra quelle presenti in una lista).

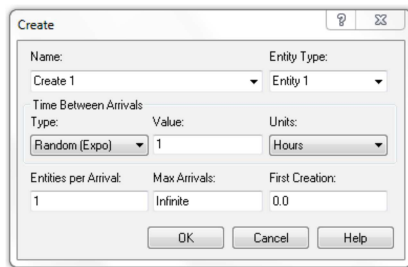


Figura 1: Modulo Create.

Il campo "Value" da' appunto il valore della media nella distribuzione Random, o della costante di tempo nella distribuzione Constant; nel campo "Units" si determina l'unità di tempo (giorni, ore, minuti...). Il numero di entità per arrivo e il numero massimo di entità che possono essere processate sono specificati nei due campi seguenti ("Entities per Arrival" e "Max Arrivals").

Il numero di entità per arrivo e il numero massimo di entità che possono essere processate sono specificati nei due campi seguenti ("Entities per Arrival" e "Max Arrivals").

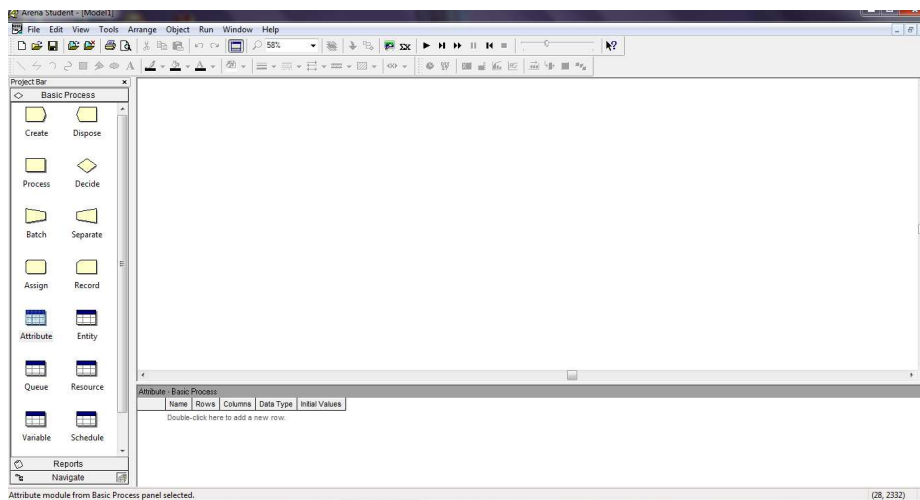


Figura 2: schermata iniziale del software Arena.

1.2 Modulo Flow-Chart Dispose Il modulo "Dispose" è il punto finale del modello. Una volta giunte a questo modulo, le entità escono dal modello e cessano di esistere.

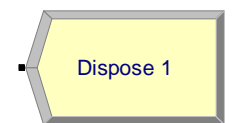
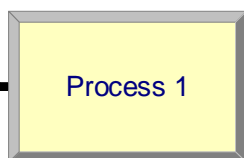


Figura 3: Modulo Dispose.

1.3 Modulo Flow-Chart Process Il modulo "Process" serve a simulare i vari processi che avvengono nel modello. I processi possono richiedere l'utilizzo di risorse, cui sono associate code, dipendenti dalla limitata capacità della risorsa stessa. Ci sono quattro tipi di processo: Delay, Seize Delay, Seize Delay Release, Delay Release. Il primo tipo è un processo in cui le entità subiscono



solo ritardo, senza occupare risorse; il secondo è un processo di riempimento e attesa: la capacità della risorsa viene impiegata, e si presuppone ci sarà più avanti

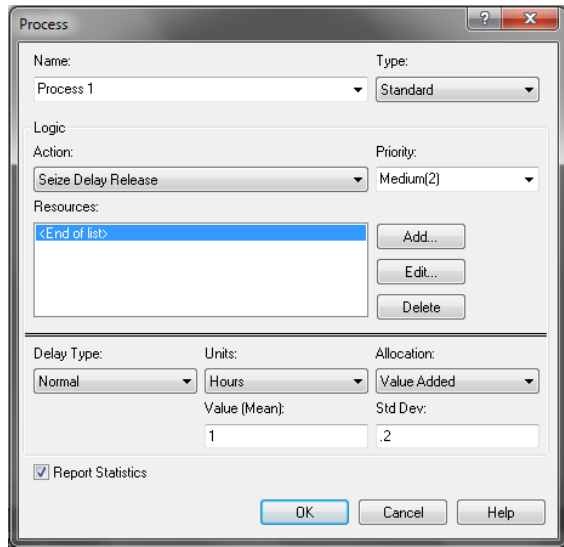


Figura 4: Modulo Process standard.

un processo di tipo Delay Release, in cui la risorsa verrà liberata; infine, il Seize Delay Release comporta occupazione della risorsa, suo utilizzo e successivo rilascio.

È poi indicato il tipo di distribuzione temporale del processo: normale (media e deviazione standard), triangolare (valore massimo, valore minimo e valore più probabile), costante, uniforme (valore massimo e minimo) oppure di tipo Expression (indicata cioè da

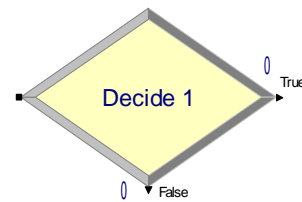
un'espressione algebrica).

È possibile specificare un tipo di processo

“Submodel” quando questo è più complicato da definire.

1.4 Modulo Flow-Chart Decide

Il modulo “Decide” serve nei casi in cui si hanno decisioni di tipo “what-if”, o casi in cui uno scenario avvenga solo alla presenza di una certa variabile o attributo. Ci possono essere quattro tipi



di decisione: 2-way by chance, 2-way by condition, N-way by chance, N-way by condition, a seconda se le possibilità sono due (2-way, casi ad esempio di vero/falso) o più di due (N-way). Se si è nella situazione “by chance”, le decisioni sono influenzate da una percentuale definita; se si è nella situazione “by condition”, è un particolare valore di una variabile, di un attributo, di un'espressione, o il tipo di entità, a determinare la decisione.

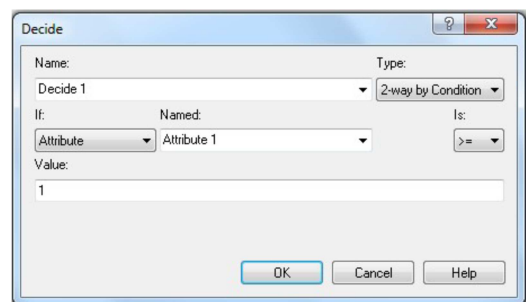


Figura 5: Modulo Decide.

1.5 Modulo Flow-Chart Record Il modulo “Record” è utilizzato per la raccolta delle statistiche del modello. Nel modulo sono possibili diversi tipi di statistiche; in questo lavoro saranno utilizzati solo i tipi Count e Time Interval. Il primo aumenta

la statistica in questione di un valore determinato dall'utente; suo tipico uso sono i contatori. Il secondo calcola e immagazzina la differenza tra il valore di uno specifico attributo e il tempo di simulazione corrente; come risultato finale, dà la media, il valore massimo e il valore minimo tra tutte le entità processate da questo modulo. Questi valori sono esplicitati in un "tally", cui normalmente si dà per comodità lo stesso nome del modulo.

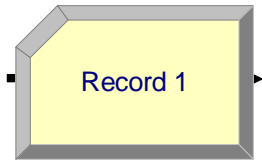


Figura 6: Modulo Record.

1.6 Modulo Flow-Chart Batch Il modulo "Batch" viene utilizzato per il raggruppamento delle entità che può essere temporaneo o permanente.

1.7 Modulo Flow-Chart Separate Il modulo "Separate" serve per separare una singola entità in più entità uguali, questo processo può essere temporaneo.

1.8 Modulo data Entity Utilizzato per definire le entità, è possibile definire nome, figura di animazione, costo di permanenza nel sistema e altri costi iniziali quali costi di attesa, trasferimento.

1.9 Modulo data Queue Il modulo Queue è utilizzato per definire le code; sono possibili diverse modalità di gestione, FIFO (first in first out) il primo elemento che entra è il primo elemento che esce dalla coda, LIFO (last in first out) l'ultimo elemento che entra è il primo a uscire, infine è possibile attribuire una priorità all'elemento che entra.

1.10 Modulo data Resource Il modulo resource è utilizzato per definire le risorse; possiamo stabilire una capacità fissa delle risorse oppure variabile attraverso lo schedule.

1.11 Modulo data Variable Il modulo variable viene utilizzato per definire le variabili globali del sistema, possono essere vettori o matrici.

1.12 Modulo data Schedule Il modulo schedule è utilizzato per definire temporizzazioni di arrivi o disponibilità di risorse a seconda che esso sia di tipo arrival o capacity.

CAPITOLO 2

Il modello, una panoramica generale

In questo capitolo osserviamo il modello e suoi sottomodelli nella sua interezza (vedi figura 7, 8, 9, 10); il processo di TAC che andiamo ad analizzare vuole mettere in luce quali sono i tempi medi di esecuzione, quelli di attesa, i colli di bottiglia che si hanno nel processo e come intervenire sull'organizzazione delle risorse per diminuire i tempi di attesa e le inefficienze.

Il processo analizzato inizia dal paziente che viene accolto nel reparto dopo l'accettazione da parte delle segretarie; il paziente è invitato a recarsi nello spogliatoio per togliere gli indumenti che potrebbero ostacolare l'esame, in particolare quelli radiopachi.

In seguito l'infermiere controlla, sul braccio del paziente, la presenza della via venosa e v'inserisce l'ago necessario all'iniezione del mezzo di contrasto; medico e infermiere scelgono il mezzo di contrasto più opportuno e lo iniettano nel paziente; il ricoverato viene poi posto sul lettino assumendo la posizione più comoda possibile secondo il tipo di esame da eseguire.

Finita la fase di preparazione, il tecnico radiologo imposta i parametri di scansione e controlla che non vi siano ostacoli lungo la corsa del macchinario, inoltre il tecnico impartisce delle istruzioni al paziente durante l'esame attraverso degli altoparlanti. Infine l'infermiere deve togliere l'ago e il paziente è invitato a rivestirsi.

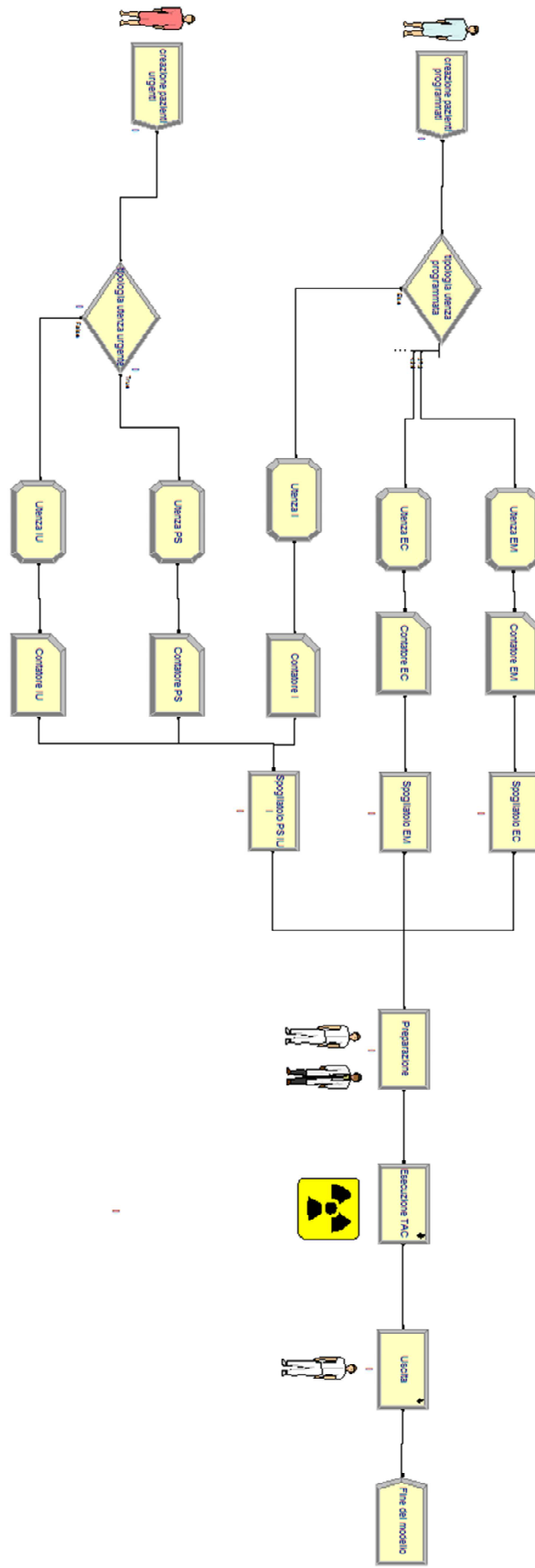


Figura 7: Modello del reparto TAC analizzato.

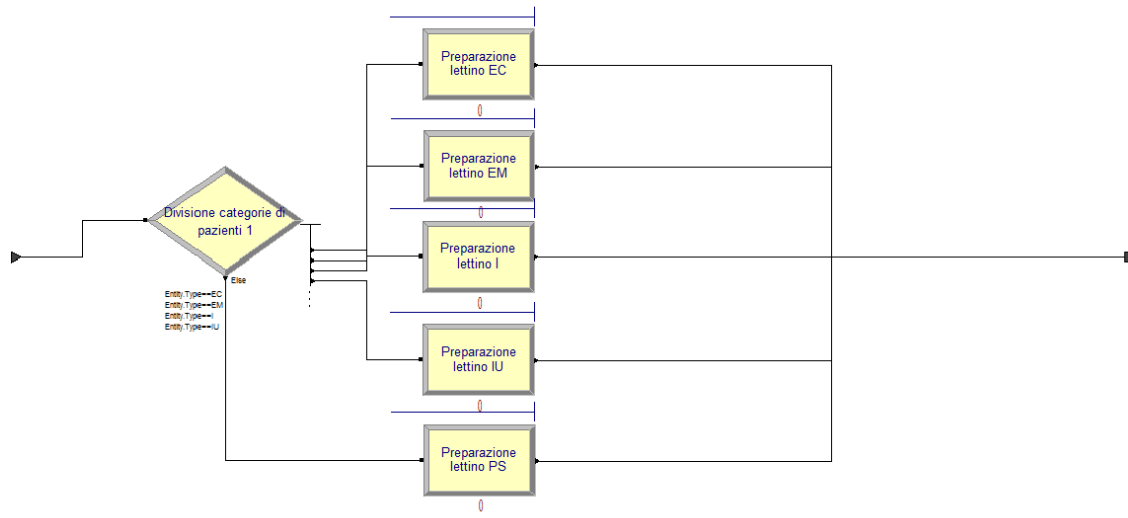


Figura 8: Sottomodello del processo di preparazione

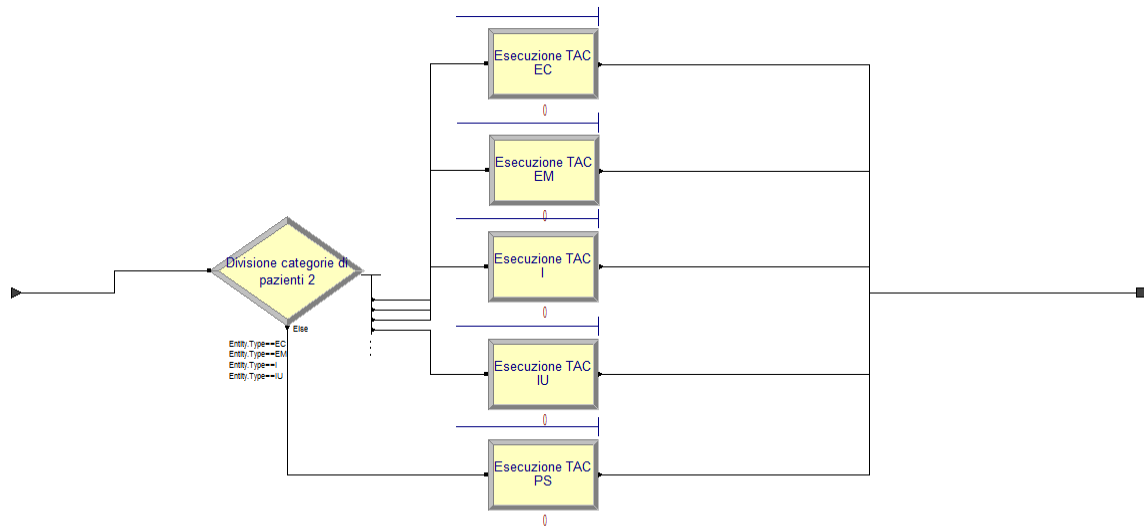


Figura 9: Sottomodello del processo di esecuzione TAC.

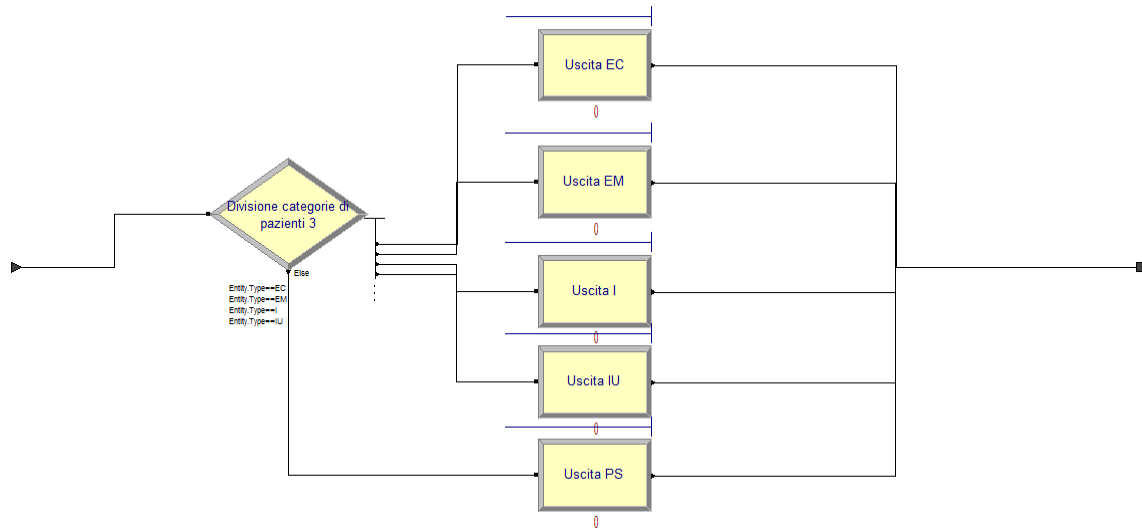


Figura 10: Sottomodello del processo di uscita.

CAPITOLO 3

Modello dell'unità di radiologia

I pazienti che devono essere sottoposti all'esame sono di cinque tipi: esterni da cup, esterni manuali, interni, interni urgenti e pronto soccorso, in base alla loro provenienza; viene attribuita loro una priorità secondo quanto sia urgente la visita come la tabella di figura 11.

Provenienza	Sigla abbreviativa	Priorità
Esterni da cup	EC	2
Esterni manuali	EM	2
Interni	I	2
Interni urgenti	IU	1
Pronto soccorso	PS	1

Figura 11: Utenze

Priorità 2 indica che la prestazione non è urgente ed è programmata dal sistema informativo interno al reparto, gli orari previsti per queste visite sono su due turni di sei ore ciascuno per un totale di dodici ore giornaliere; priorità 1 indica che la prestazione è urgente, per questi è possibile eseguire la prestazione in qualsiasi orario, si suppone, tuttavia che l'urgenza non sia tale da dover interrompere le visite degli utenti meno urgenti. La priorità è definita nel modulo data attribute (figura 12) con nome prior.

Attribute - Basic Process					
	Name	Rows	Columns	Data Type	Initial Values
1 ▶	prior			Real	0 rows

Figura 12: Modulo data attribute.

Le risorse impiegate nel processo sono: i macchinari utilizzati per eseguire la TAC, il medico che sceglie il mezzo di contrasto ed esegue la refertazione, l'infermiere che assiste il paziente e il tecnico radiologo che esegue l'analisi; sono tutti visibili nel Modulo data Resource di Arena come indica la figura 13.

Resource - Basic Process										
	Name	Type	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1 ▶	Infermiere	Based on Schedule	Disponibilita infermieri	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
2	Macchinario TAC	Based on Schedule	Disponibilita macchinari TAC	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	Tecnico radiologo	Based on Schedule	Disponibilita tecnici radiologi	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	Medico	Based on Schedule	Disponibilita medici	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

Figura 13: Modulo data resource del modello analizzato.

Le risorse del nostro modello sono state organizzate secondo un "programma" o uno "schedule" poiché il numero di urgenze da gestire in orario non di visite è inferiore, inoltre è ipotizzabile che i macchinari subiscano manutenzione dopo l'orario lavorativo, vediamo un esempio in figura 14.

Schedule - Basic Process					
	Name	Type	Time Units	Scale Factor	Durations
1	scheda pazienti programmati	Arrival	Hours	1.0	2 rows
2	Disponibilita infermieri	Capacity	Hours	1.0	2 rows
3	Disponibilita tecnici radiologi	Capacity	Hours	1.0	2 rows
4	Disponibilita macchinari TAC	Capacity	Hours	1.0	2 rows
5	Disponibilita medici	Capacity	Hours	1.0	2 rows

Figura 14: Modulo data Schedule.

Figura 15: Esempio di schedule per la disponibilità dei tecnici.

Le risorse sono in numero maggiore per le prime dodici ore del giorno, nell'esempio sono due per le prime dodici ore della giornata; in seguito, finite le visite programmate, le risorse rimangono in numero minore per fronteggiare comunque le urgenze derivanti dal pronto soccorso e le urgenze interne, in questo caso uno. Nel caso le risorse mutino nel reparto a causa, ad esempio, di un acquisto di un nuovo macchinario o l'assunzione di un nuovo dipendente è facile modificare le risorse anche nel

modello andando nel menù Edit.

Andiamo adesso ad analizzare nel dettaglio il nostro modello.

1. Generazione, assegnazione priorità e spogliatoio pazienti programmati in questo paragrafo, descriviamo la fase del processo che va dalla creazione dei pazienti programmati, suddivisi, in seguito, nelle rispettive tre categorie, attribuendo loro la rispettiva priorità contrassegnata da una figura blu e assegnata loro un tipo di entità. Viene poi analizzata la prima fase di processo: lo spogliatoio. La parte del modello è visibile in figura 16.

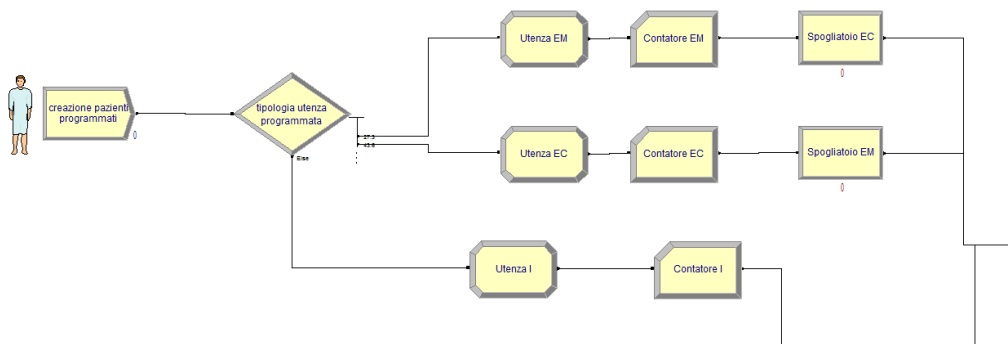


Figura 16: Parte 1 del modello

Figura 17: Modulo create per i pazienti programmati.

Nel modulo Flow-Chart Create creiamo i pazienti programmati, il nome dell'entità che viene utilizzato è nuovi pazienti programmati, come si vede dalla figura 17, il tempo tra gli arrivi è programmato, quindi facciamo riferimento allo schedule di figura 18.

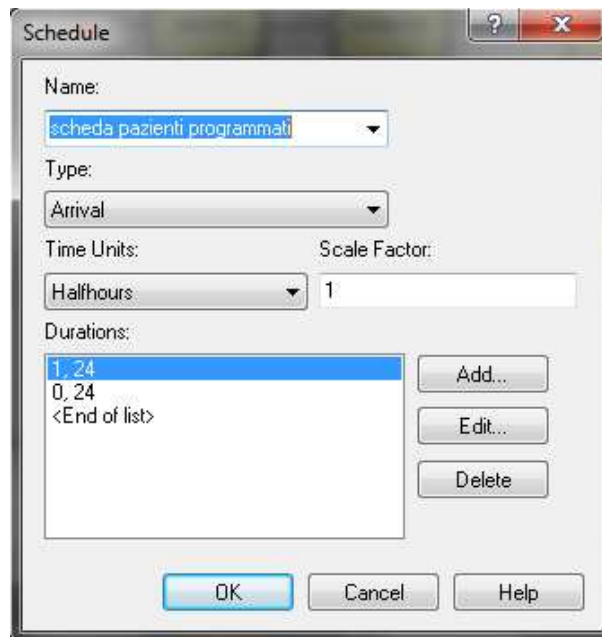


Figura 18: Schedule per gli arrivi dei pazienti programmati.

Lo schedule è di tipo arrival, in altre parole imposta quanti sono gli arrivi per ogni mezzora di quell'entità; nel riquadro duration impostiamo un arrivo per ogni mezzora per le prime ventiquattro mezzore, ovvero i due turni da sei ore ciascuno.

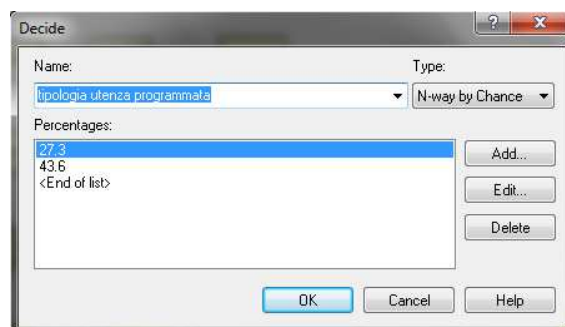


Figura 19: modulo decide per i pazienti programmati.

Una volta impostati gli arrivi dei pazienti programmati dobbiamo vedere a quale categoria di pazienti non urgenti appartengono, dai dati ricaviamo che il 43.6% delle utenze programmate sono esterne da cup (EC), il 27.3% sono esterni manuali (EM) e il 29.1% sono interni (I); andiamo a introdurre queste percentuali nel modulo decide, il modulo è di tipo N-way by chance, ovvero di tipo true o false, true corrisponde a esterni da cup (43.6%) e esterni manuali (27.3%), false corrisponde a interni per la rimanente percentule.

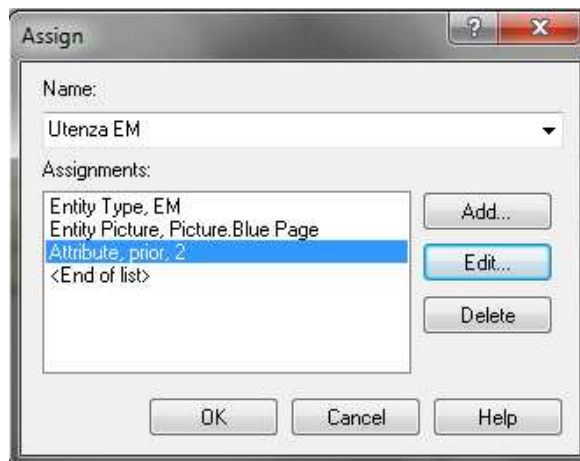


Figura 20: Modulo assign per i pazienti programmati.

Ora assegniamo a ogni categoria il tipo di entità, EM per gli esterni manuali, EC per gli esterni da cup e I per gli interni; attribuiamo loro un attributo di priorità 2 per ciascuna entità e li rappresentiamo attraverso una pagina blu per dare visibilità della loro non urgenza. Introduciamo un record di tipo count, visibile in figura 21, per contare quanti, tra i pazienti programmati, appartengono alle diverse categorie di entità. In seguito i pazienti esterni da cup ed esterni vanno nel processo chiamato "spogliatoio", gli interni subiranno un iter diverso come vedremo in seguito. Il processo di spogliatoio è visibile in figura 22, è un processo in cui il paziente subisce un ritardo, quindi di tipo delay, il paziente è invitato nello spogliatoio per cambiarsi e togliere gli oggetti radiopachi, è indicato inoltre il tempo medio e la sua variabilità.

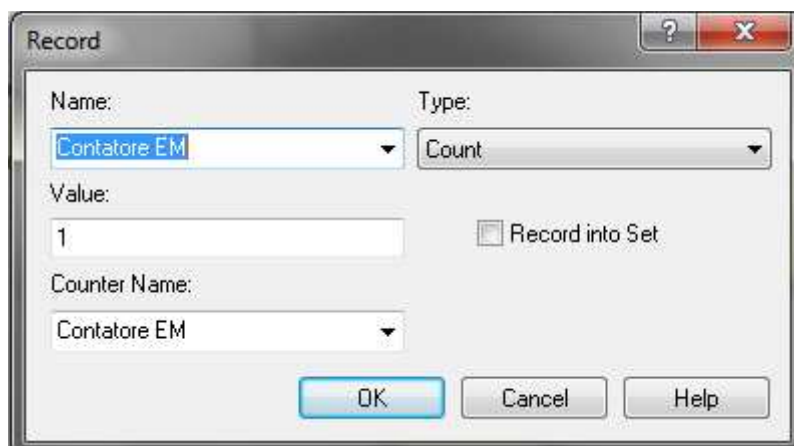


Figura 21: modulo record.

Process

Name: Spogliatoio EC Type: Standard

Logic

Action: Delay

Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

Value (Mean): 3.29 Std Dev: 1.57

Report Statistics

OK Cancel Help

Figura 22: modulo process.

2. Generazione, assegnazione priorità e spogliatoio pazienti non programmati la seconda parte del modello, mostrata in figura 23, quella riferita ai pazienti non programmati è molto simile a quella del paragrafo precedente, con differenza nel modulo decide, che questa volta è di tipo 2-way by chance, il 30% proviene dal pronto soccorso mentre il restante 70% è un'urgenza interna. Lo spogliatoio è un processo di tipo delay, questa volta il tempo è una costante zero poiché i pazienti provenienti da questi reparti arrivano già predisposti all'esame.

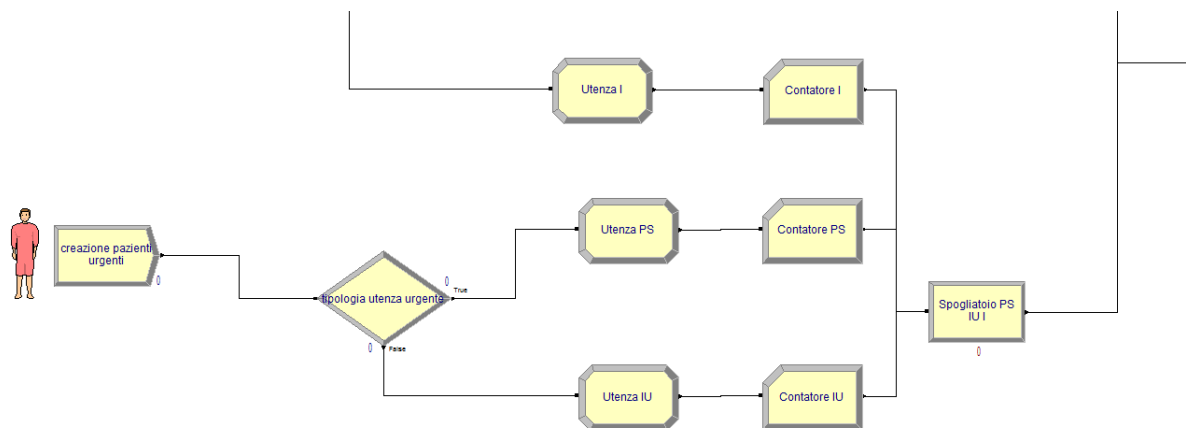


Figura 23: parte due.

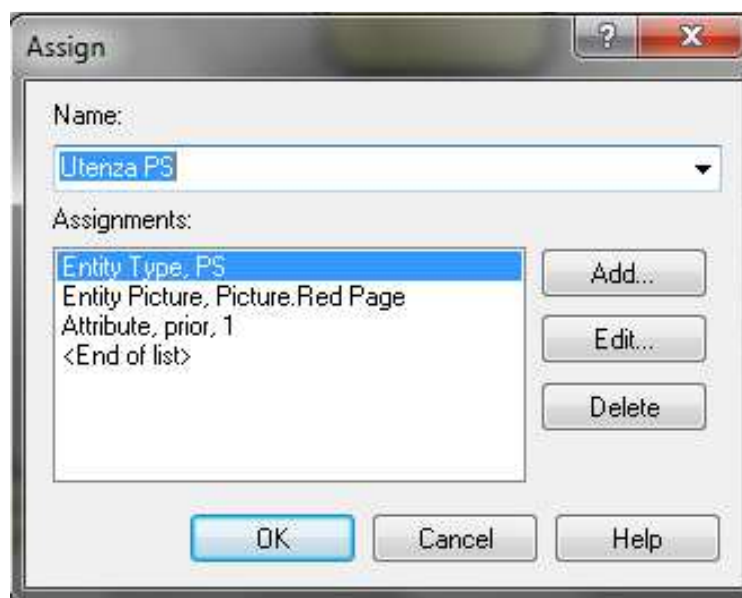


Figura 24: modulo assign.

Nel modulo assign per questo tipo di utenza viene attribuita una entità, PS per il pronto soccorso e IU per gli interni urgenti, entrambi con priorità 1 e raffigurati da una pagina rossa per mostrare l'urgenza di questi pazienti.

3. Processo di Preparazione

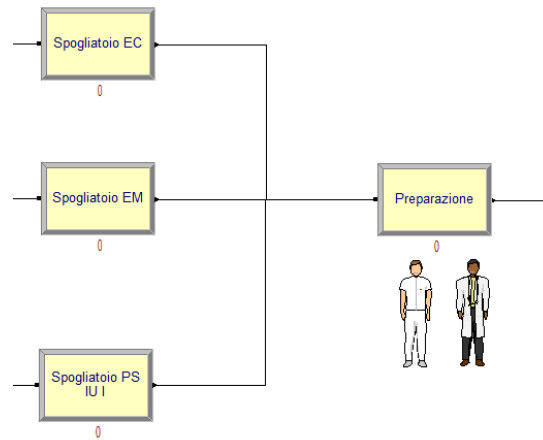


Figura 25: Parte tre.

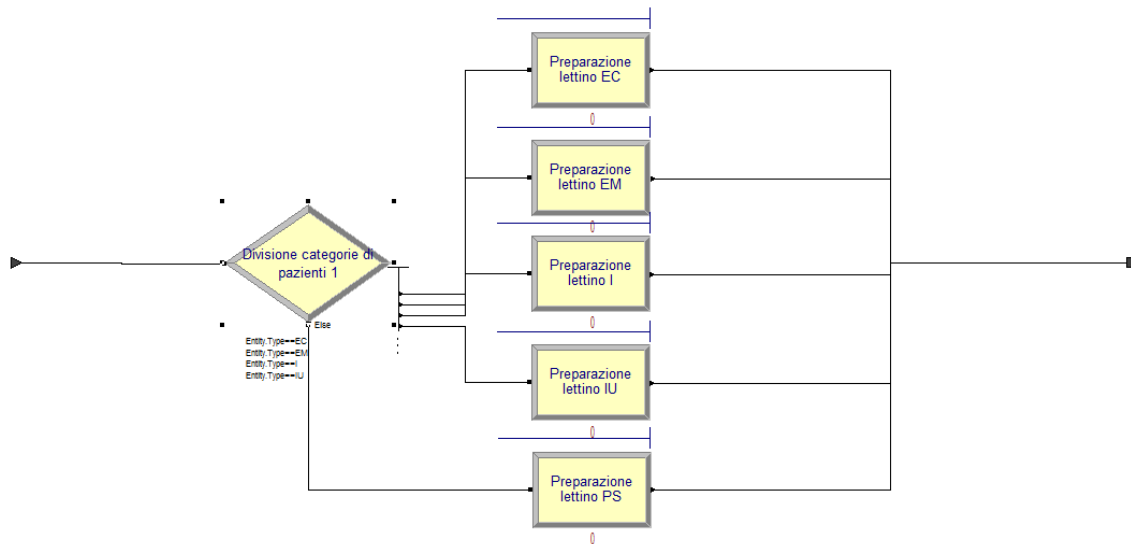


Figura 26: Sottomodulo del processo di preparazione.

Una volta usciti dal processo di spogliatoio i pazienti entrano nel processo di preparazione, in questa fase l'infermiere controlla, sul braccio del paziente, la via venosa e prepara l'iniettore automatico del mezzo di contrasto, il medico sceglie il mezzo di contrasto più opportuno in base al distretto anatomico da analizzare e ne imposta il flusso e la quantità da iniettare sull'iniettore automatico. Successivamente il paziente viene collocato sul lettino nella posizione più comoda per l'esecuzione del test, vengono rimossi eventuali ostacoli lungo la corsa aiutandosi con una simulazione e, infine, vengono date tutte le istruzioni al paziente.

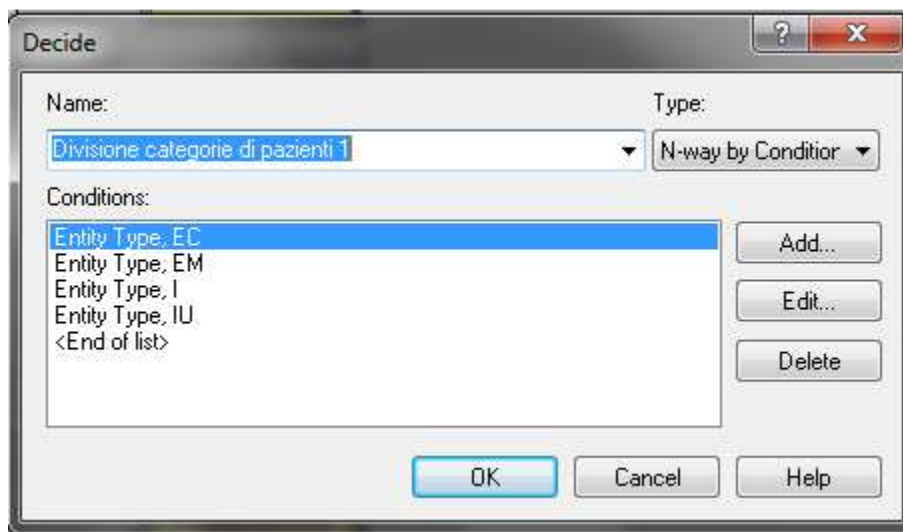


Figura 27: Modulo decide.

Nella prima fase del processo di preparazione le entità sono suddivise mediante il modulo decide, poiché i tempi di esecuzione sono molto diversi tra le varie entità. Nel caso di urgenze il personale tende a essere più veloce nell'esecuzione dell'esame. Il modulo decide è di tipo n-way by condition che suddivide le sue entità secondo il loro tipo assegnato in precedenza nel modulo assign ovvero EM, EC, I, IU e PS.

Tutti i processi del modello sono del tipo lowest attribute value, com'è possibile vedere in figura 29, in altre parole, nel caso si verificano delle code, hanno la precedenza tutte le entità alle quali è stata assegnata una priorità più bassa: le utenze interne urgenti e dal pronto soccorso.

Il processo di preparazione è del tipo seize delay release (figura 30), l'entità che arriva occupa delle risorse che in questo caso sono medico e infermiere.

Finito il processo, le entità lasciano le risorse che possono processare altre entità e proseguono nel modello. Vengono indicate le rispettive tempistiche relative al processo di preparazione in figura 28.

Tipologia di utenza	Media	Deviazione standard
Esterni da cup	8.27	4.52
Esterni manuali	10.44	10.08
Interni	11.50	6.50
Interni Urgenti	7.01	3.38
Pronto soccorso	8.06	3.18

Figura 28: tempi medi e deviazione standard per il processo di preparazione.

Queue - Basic Process					
	Name	Type	Attribute Name	Shared	Report Statistics
1	Preparazione.Queue	Lowest Attribute Value	prior	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Esecuzione TAC.Queue	Lowest Attribute Value	prior	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Tempo di uscita.Queue	Lowest Attribute Value	prior	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 29: Priorità delle code.

Process

Name: Preparazione lettino EC Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Medico, 1
- Resource, Infermiere, 1
- <End of list>

Buttons: Add... Edit... Delete

Delay Type: Normal Units: Minutes Allocation: Value Added

Value (Mean): 8.27 Std Dev: 4.52

Report Statistics

Buttons: OK Cancel Help

Figura 30: Processo di preparazione.

4. Processo di esecuzione TAC

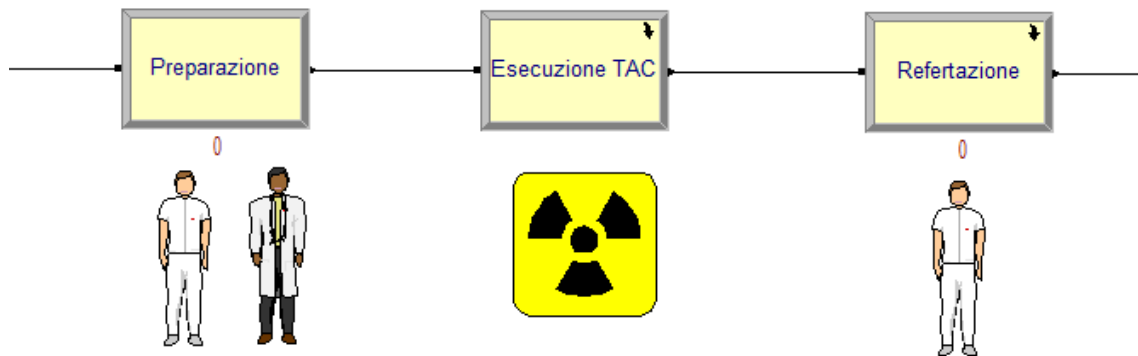


Figura 31: Parte quattro.

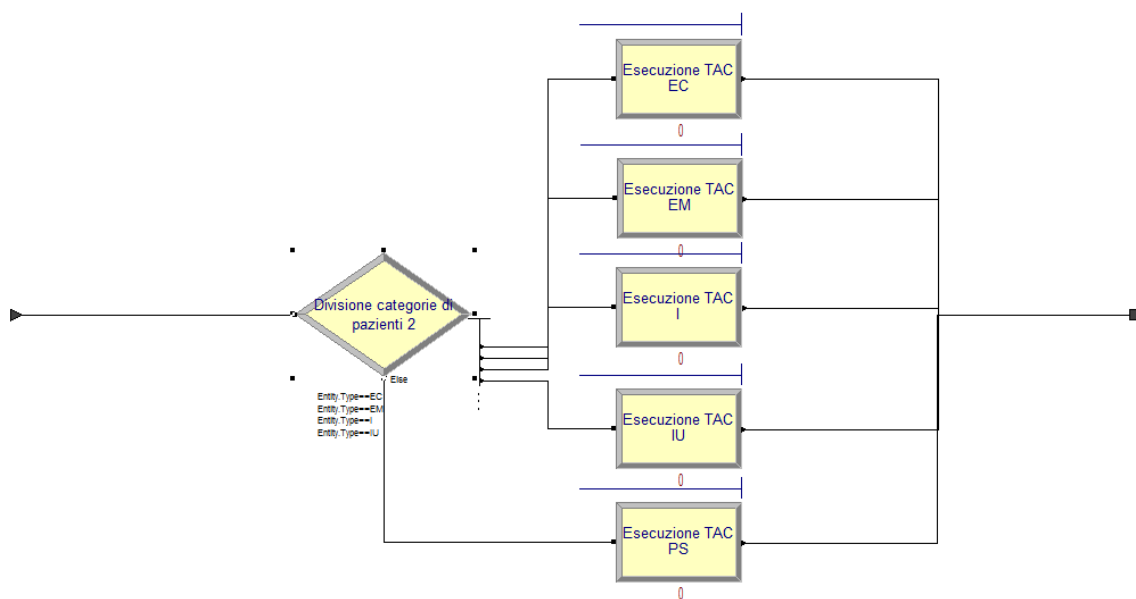


Figura 32: Sottomodello del processo di esecuzione TAC.

Una volta finito il processo di preparazione del paziente avviene l'esecuzione vera e propria dell'esame. Come prima viene impostato il sottomodulo esecuzione TAC, poi vengono suddivise le categorie di utenti. In questa fase le uniche risorse che operano sono il macchinario per l'acquisizione delle immagini e il tecnico radiologo. Anche qui il processo è del tipo seize delay release, il paziente occupa la risorsa e, una volta finita l'acquisizione delle immagini, la libera.

Le tempistiche tra le varie tipologie di pazienti sono molto diverse, si va dai 9 minuti e 22 secondi di media per gli interni urgenti, ai 12 minuti e 56 secondi per gli interni, come viene indicato in figura 34, questo poiché la tipologia di pazienti che viene trattata è complicata dall'età avanzata, inoltre per le urgenze il personale riduce i tempi di processo per evitare complicazioni.

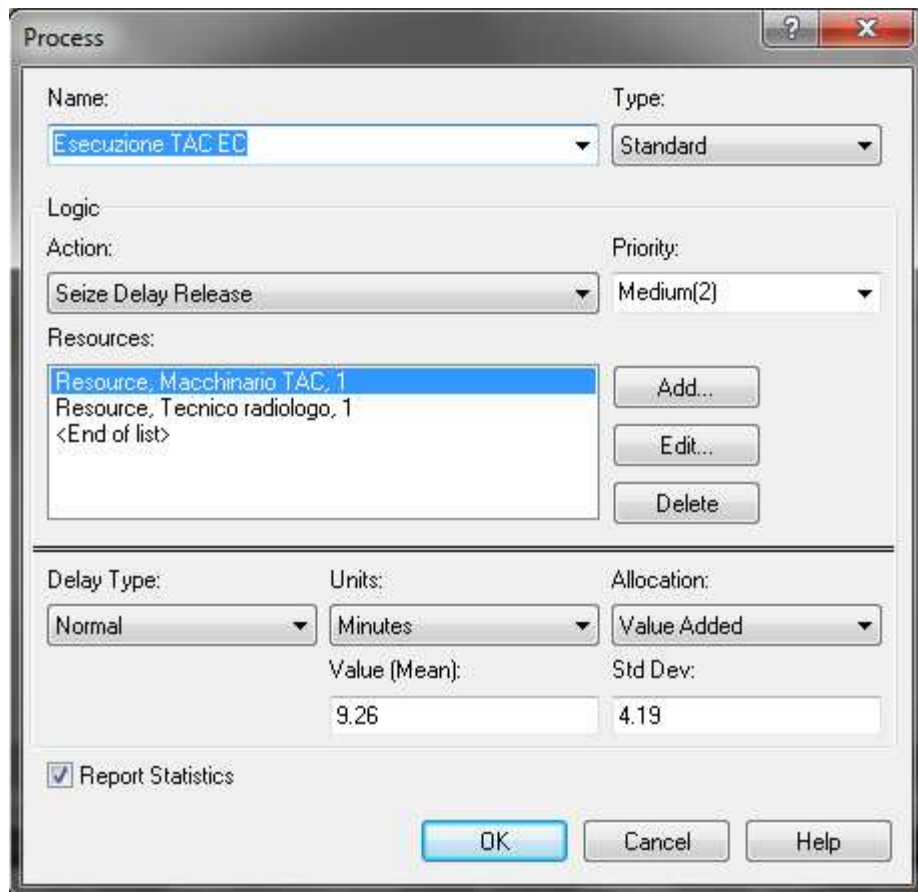


Figura 33: Modulo process per l'esecuzione TAC.

Tipologia di utenza	Media	Deviazione standard
Esterni da cup	9.26	4.19
Esterni manuali	11.23	4.57
Interni	12.56	15.44
Interni Urgenti	9.22	5.23
Pronto soccorso	10.32	3.11

Figura 34: andamento dei tempi medi e delle deviazioni standard per il processo di esecuzione TAC

5. Processo di uscita

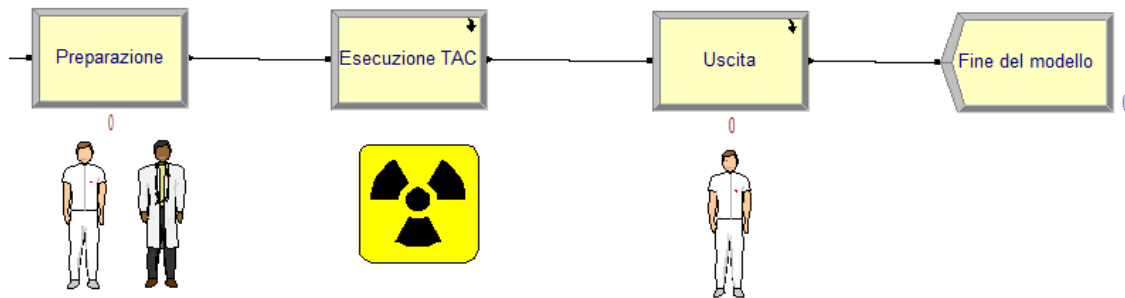


Figura 35: Parte cinque.

L'ultimo processo che subisce il paziente è quello dell'uscita dal reparto di TAC, è il tempo che impiegano gli utenti ad alzarsi dal lettino, rivestirsi e uscire dal reparto, in questa fase è molto importante che sia rimosso dall'infermiere il mezzo di contrasto.

Le tempistiche, tra le varie utenze, sono anche qui molto diversi come è possibile vedere in figura 38.

In figura 36 è possibile vedere il sottomodulo dell'uscita.

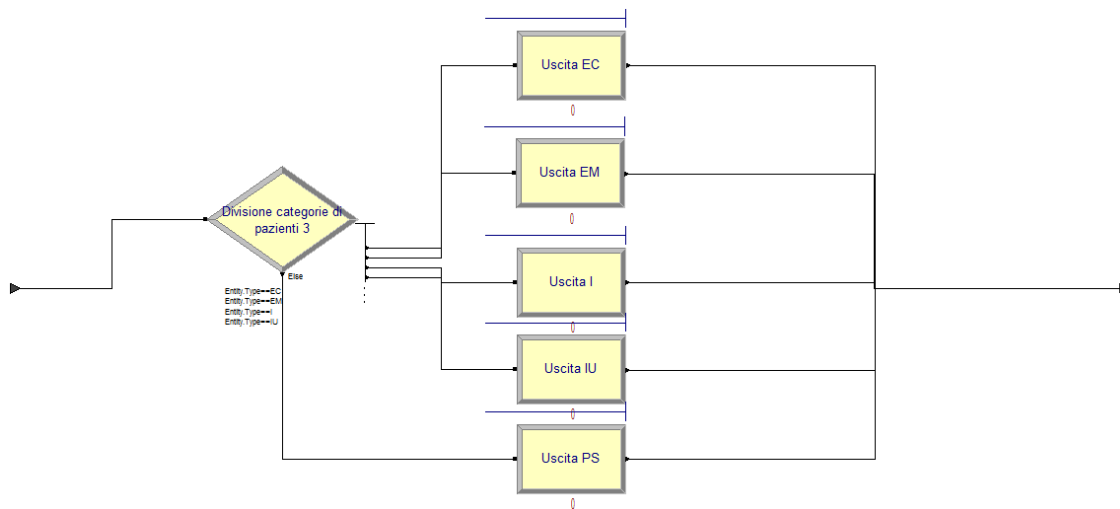


Figura 36: Sottomodulo del processo di uscita.

Utilizziamo ancora una volta il modulo decide per dividere tra le varie categorie di pazienti.

La risorsa che viene utilizzata è l'infermiere che deve togliere il mezzo di contrasto; il processo è di tipo seize delay release.

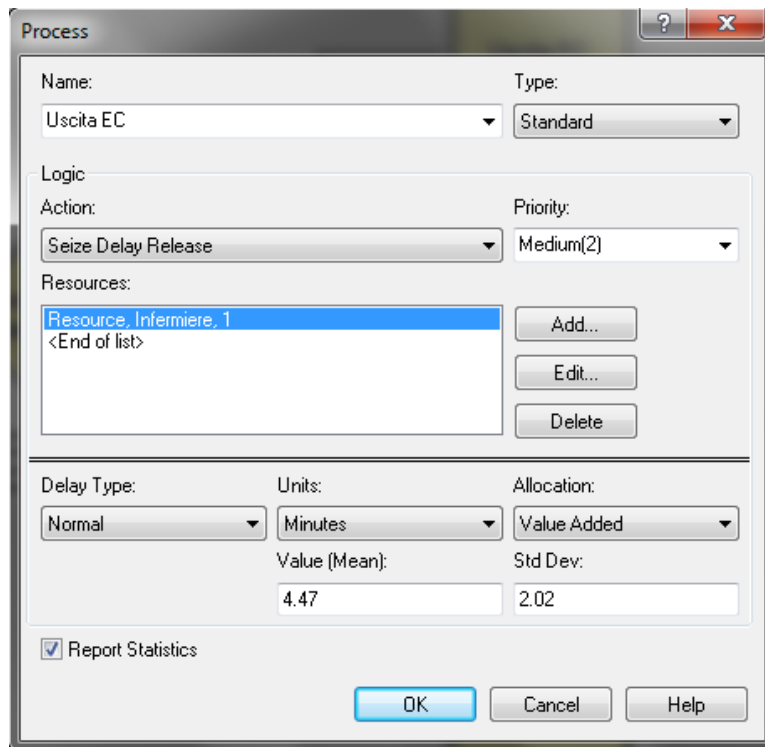


Figura 37: Modulo process.

Tipologia di utenza	Media	Deviazione standard
Esterni da cup	4.47	2.02
Esterni manuali	4.57	1.37
Interni	6.25	4.14
Interni Urgenti	5.22	1.04
Pronto soccorso	4.02	0.55

Figura 38: andamento dei tempi medi e delle deviazioni standard per il processo di uscita.

6. Uscita dal modello delle entità L'ultima fase del modello è il modulo dispose "fine del modello" dove le entità escono dal modello e cessano di esistere (figura 40).

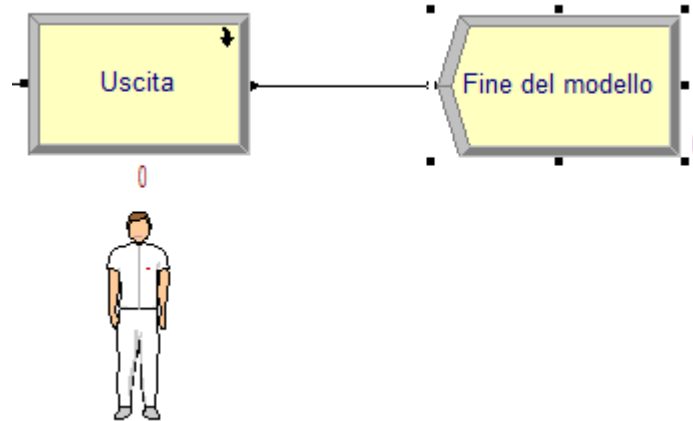


Figura 39: Parte sei.

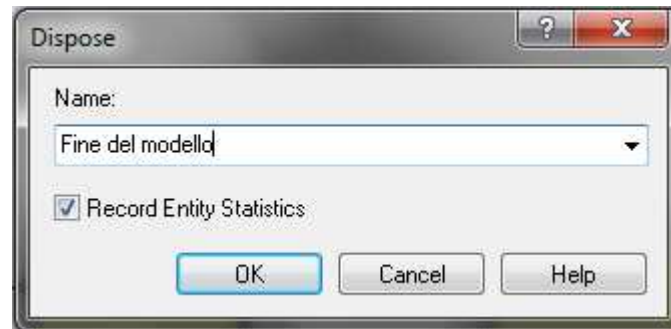


Figura 40: Modulo dispose.

CAPITOLO 4

Analisi dei dati

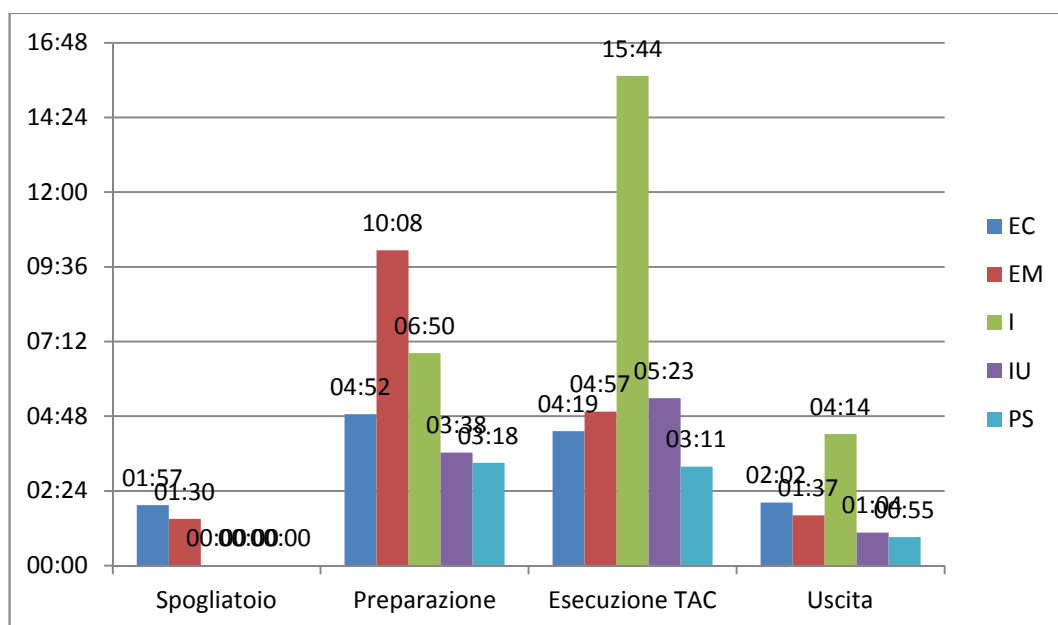


Figura 41: grafico della deviazione standard.

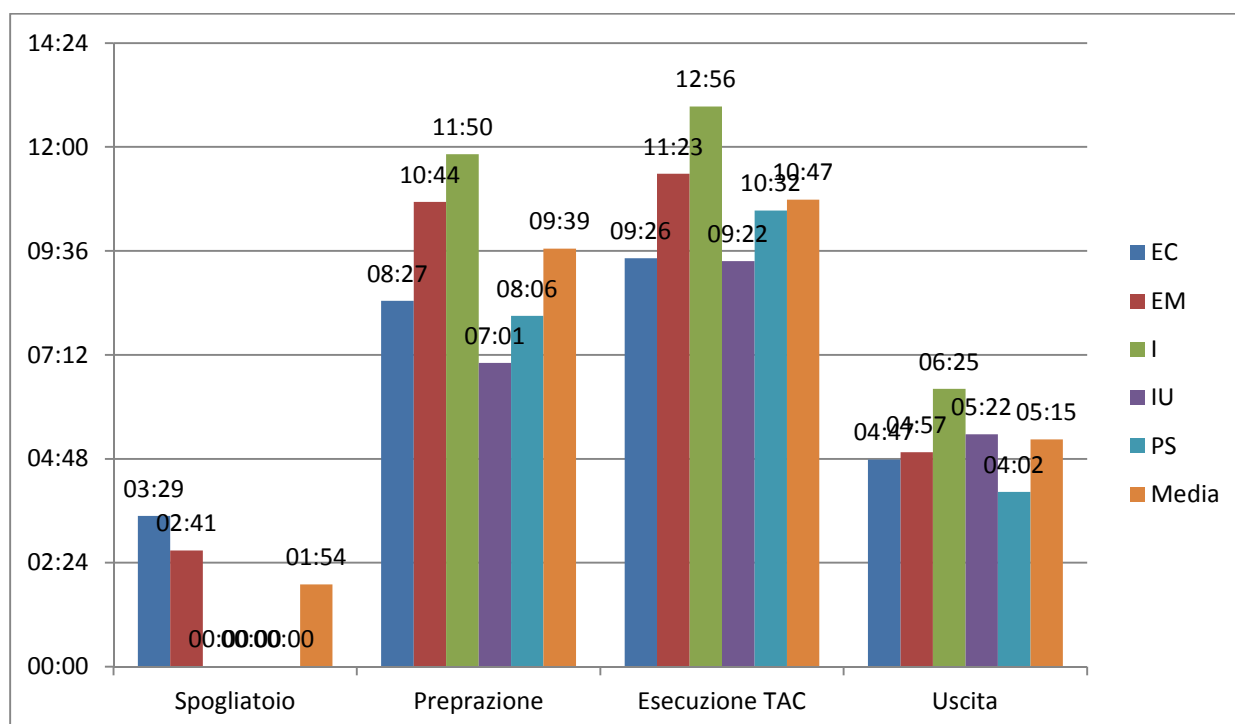


Figura 42: Grafico delle medie.

Nella figura 42 sono mostrati i dati delle medie utilizzati nei processi del modello. Il tempo di spogliatoio è nullo per gli utenti interni, interni urgenti e pronto soccorso, causata dal fatto che questi pazienti arrivano già predisposti per

l'esame. Il tempo medio per gli esterni manuali è meno elevato rispetto agli esterni da cup poiché sono utenti che hanno già subito la prestazione e, di conseguenza, più esperti.

I tempi medi più elevati riguardano gli interni a dimostrazione del fatto che questi pazienti sono molto anziani e più difficili da gestire.

I tempi medi meno elevati sono quelli delle utenze più urgenti ai quali, il personale cerca di eseguire la prestazione nel modo più efficiente possibile.

Nella figura 41 sono riportate le deviazioni standard inserite nel modello, da notare è l'elevata deviazione standard per gli interni proprio a causa della grande varietà di casi che si possono presentare in pazienti molto anziani e malati.

Andiamo ora ad analizzare i dati ottenuti dalla simulazione.

I dati riguardanti la prima simulazione, ottenuti ponendo tutte le risorse pari a uno, sono visibili in figura 43 mostrano tempi di esecuzione più alti rispetto alle medie, dovuti alla scarsità di risorse del processo e quindi a code piuttosto lunghe, è tuttavia interessante osservare quale sia la risorsa "critica" del processo, ci riferiamo alla figura 44, la risorsa più utilizzata nel processo è l'infermiere poiché interviene più volte nel processo, tecnico radiologo e macchinario, risultano essere poco utilizzate mentre la risorsa medico appare sottoutilizzata.

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	Esecuzione TAC	14.7975	1,02779	0.00
Esecuzione TAC EC	13.6149	1,23960	0.00	94.7939
Esecuzione TAC EM	15.7140	0,942916903	0.00	82.4086
Esecuzione TAC I	17.4337	1,55148	0.00	88.4610
Esecuzione TAC IU	11.1451	(Insufficient)	0.00	58.7484
Esecuzione TAC PS	11.5277	(Insufficient)	1.2759	82.8176
Preparazione	13.9809	0,878016614	0.00	65.8120
Preparazione lettino EC	12.8138	0,868303970	0.00	65.8120
Preparazione lettino EM	15.5317	1,24266	0.00	60.0824
Preparazione lettino I	16.6191	1,21460	0.00	54.6684
Preparazione lettino IU	8.9598	(Insufficient)	0.00	49.9693
Preparazione lettino PS	9.8646	(Insufficient)	1.0331	53.6551
Spogliatoio EC	3.3261	0,131390186	0.00	7.4767
Spogliatoio EM	2.3664	0,081189561	0.00	7.1650
Spogliatoio PS IU I	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Uscita	13.2796	1,60526	0.00	129.19
Uscita EC	12.3334	1,50528	0.00	107.46
Uscita EM	14.7040	2,09069	1.5813	93.3443
Uscita I	16.0924	2,13667	0.00	129.19
Uscita IU	8.4322	(Insufficient)	2.1995	73.3610
Uscita PS	5.9428	(Insufficient)	2.2646	50.0220

Figura 43: Total time per le entità della prima simulazione.

Scheduled Utilization	Value
Infermiere	0.1873
Macchinario TAC	0.1393
Medico	0.1234
Tecnico radiologo	0.1393

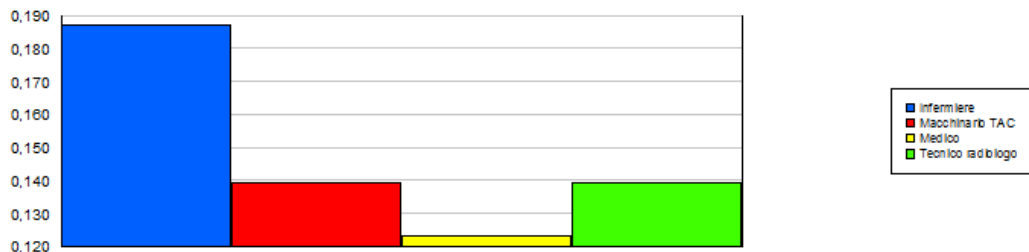


Figura 44: Utilizzo delle risorse della prima simulazione.

Proviamo ora una simulazione aumentando il numero di risorse; aggiungiamo, nello schedule, tre infermieri durante l'orario delle visite e due fuori l'orario, due macchinari e due tecnici durante l'orario delle visite.

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	Esecuzione TAC	11.3914	0,440044890	0.00
Esecuzione TAC EC	9.5511	0,308667143	0.00	45.5511
Esecuzione TAC EM	11.6739	0,367257354	0.00	52.1736
Esecuzione TAC I	14.4905	1,26587	0.00	56.8619
Esecuzione TAC IU	9.5889	(Insufficient)	0.00	23.3731
Esecuzione TAC PS	10.8766	(Insufficient)	4.1555	20.2444
Preparazione	13.2347	0,738495596	0.00	63.7528
Preparazione lettino EC	11.8335	0,615543955	0.00	42.0935
Preparazione lettino EM	15.3796	1,13643	0.00	63.7528
Preparazione lettino I	15.3698	0,816599306	0.00	52.1631
Preparazione lettino IU	8.8468	(Insufficient)	0.00	45.3835
Preparazione lettino PS	9.3503	(Insufficient)	2.0549	26.3748
Spogliatoio EC	3.3168	0,124304163	0.00	7.6414
Spogliatoio EM	2.3801	0,075864545	0.00	6.0387
Spogliatoio PS IU I	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Uscita	5.0636	0,127914912	0.00	18.1280
Uscita EC	4.5300	0,128406279	0.00	11.8632
Uscita EM	4.5360	0,109944145	0.2419	9.9026
Uscita I	6.3609	0,300581296	0.00	18.1280
Uscita IU	5.3743	(Insufficient)	2.3475	10.4035
Uscita PS	4.0056	(Insufficient)	2.6401	5.1604

Figura 45: Total time per le entità della seconda simulazione.

Scheduled Utilization	Value
Infermiere	0.07463077
Macchinario TAC	0.0932
Medico	0.1232
Tecnico radiologo	0.0932

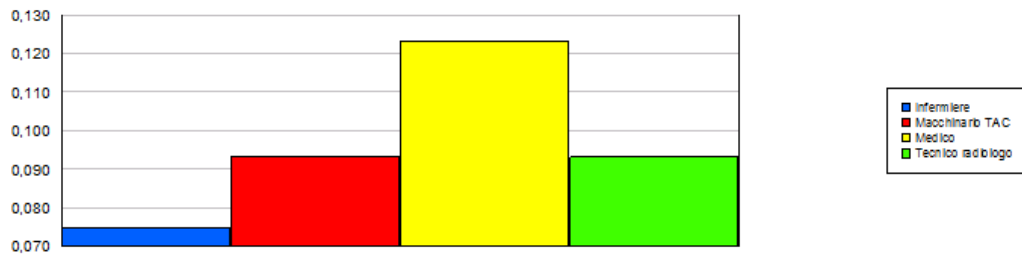


Figura 46: Utilizzazione delle risorse della seconda simulazione.

I tempi medi cominciano a coincidere con i dati reali, segno che i tempi di attesa stanno diminuendo; interagendo con le risorse possiamo aumentare il loro grado di utilizzo, estrapolare dati preziosi e ridurre al minimo i tempi di attesa e i tempi totali di processo.

Attraverso la simulazione è possibile agire in modo molto efficace sull'organizzazione delle risorse, in modo da intervenire sulla risorsa più "critica".

Facendo riferimento alle figure 45 e 46, aumentando di uno la risorsa "medico", più critica rispetto alle altre (figura 47), si ha un effetto migliore nei tempi che non introducendo una risorsa in più tecnico radiologo (figura 48).

Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EC	24.7742	0,596810782	7.4082	50.1112
EM	30.8301	1,03568	9.6052	63.5823
I	33.5975	1,50870	2.2300	92.6644
IU	21.5289	(Insufficient)	7.5595	37.2345
PS	22.0323	(Insufficient)	13.2741	33.3639

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Esecuzione TAC	11.3817	0,429056227	0.00	75.9605
Esecuzione TAC EC	9.4027	0,361334065	0.00	32.3055
Esecuzione TAC EM	11.6735	0,440910615	0.00	34.1439
Esecuzione TAC I	15.0773	1,24927	0.00	75.9605
Esecuzione TAC IU	9.3649	(Insufficient)	0.00	24.2466
Esecuzione TAC PS	9.9954	(Insufficient)	1.9783	22.0803
Preparazione	9.8911	0,376264980	0.00	41.8123
Preparazione lettino EC	8.4293	0,373285429	0.00	23.9228
Preparazione lettino EM	11.4113	0,971368273	0.00	41.8123
Preparazione lettino I	12.0605	0,511950720	0.00	32.1909
Preparazione lettino IU	6.9781	(Insufficient)	0.00	16.0301
Preparazione lettino PS	7.9296	(Insufficient)	0.00	15.3812
Spogliatoio EC	3.2966	0,119854736	0.00	7.6414
Spogliatoio EM	2.4010	0,079911302	0.00	6.5299
Spogliatoio PS IU I	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Uscita	5.0414	(Correlated)	0.00	18.5972
Uscita EC	4.5411	0,157047999	0.00	17.6952
Uscita EM	4.4488	0,111756468	0.00	10.8203
Uscita I	6.4597	0,348706111	0.00	18.5972
Uscita IU	5.1859	(Insufficient)	2.6040	8.5388
Uscita PS	4.1073	(Insufficient)	2.4881	5.1587

Figura 47: Total time per la terza simulazione con la risorsa medico aumentata.

Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EC	28.2947	0,679152558	6.6620	72.3391
EM	34.9062	1,13913	9.8450	85.6039
I	36.2212	1,69383	5.3367	92.6399
IU	23.8100	(Insufficient)	4.9622	68.1042
PS	24.2324	(Insufficient)	13.2741	43.4491
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Esecuzione TAC	11.3914	0,440044890	0.00	56.8619
Esecuzione TAC EC	9.5511	0,308667143	0.00	45.5511
Esecuzione TAC EM	11.6739	0,367257354	0.00	52.1736
Esecuzione TAC I	14.4905	1,26587	0.00	56.8619
Esecuzione TAC IU	9.5889	(Insufficient)	0.00	23.3731
Esecuzione TAC PS	10.8766	(Insufficient)	4.1555	20.2444
Preparazione	13.2347	0,738495596	0.00	63.7528
Preparazione lettino EC	11.8335	0,615543955	0.00	42.0935
Preparazione lettino EM	15.3796	1,13643	0.00	63.7528
Preparazione lettino I	15.3698	0,816599306	0.00	52.1631
Preparazione lettino IU	8.8468	(Insufficient)	0.00	45.3835
Preparazione lettino PS	9.3503	(Insufficient)	2.0549	26.3748
Spogliatoio EC	3.3168	0,124304163	0.00	7.6414
Spogliatoio EM	2.3801	0,075864545	0.00	6.0387
Spogliatoio PS IU I	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Uscita	5.0636	0,127914912	0.00	18.1280
Uscita EC	4.5300	0,128406279	0.00	11.8632
Uscita EM	4.5360	0,109944145	0.2419	9.9026
Uscita I	6.3609	0,300581296	0.00	18.1280
Uscita IU	5.3743	(Insufficient)	2.3475	10.4035
Uscita PS	4.0056	(Insufficient)	2.6401	5.1604

Figura 48: Total time per la quarta simulazione con la risorsa tecnico radiologo aumentata.

Aumentando la risorsa medico, i tempi di esecuzione diminuiscono sensibilmente rispetto alla risorsa tecnico radiologo poiché questa era più critica, in particolare, i tempi, diminuiscono nel processo di preparazione, dove la risorsa è occupata per la maggior parte del tempo.

In figura 49 è possibile vedere una schermata del resoconto di una simulazione, in particolare la schermata riguarda i tempi accumulati per i processi che utilizzano delle risorse; notiamo che i tempi più lunghi sono per il processo di esecuzione e di preparazione, sono i colli di bottiglia dell'intero processo, intervenendo localmente in singoli processi è possibile ridurre con molta efficacia i tempi totali e i tempi di attesa, in particolare nel nostro caso il tempo cumulato di esecuzione è diminuito da 437.6 ore a 419.1 ore.

Total Accum Time	Value
Esecuzione TAC	26257.68
Preparazione	22818.70
Uscita	11630.46



Figura 49: Tempi accumulati.

Total Accum Time	Value
Esecuzione TAC	25144.87
Preparazione	22999.23
Uscita	11778.20



Figura 50: Tempi accumulati con le risorse del processo esecuzione TAC aumentate.

Diamo infine illustrazione della schermata dei tempi di attesa della simulazione e del VA time, questo ultimo indica i tempi nei quale l'entità è effettivamente processata nei moduli process.

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Esecuzione TAC	11.1010	0,362910899	0.00	58.9126
Esecuzione TAC EC	9.1440	0,290605807	0.00	20.4335
Esecuzione TAC EM	11.3417	0,420778476	0.00	23.2980
Esecuzione TAC I	14.6917	1,16537	0.00	58.9126
Esecuzione TAC IU	9.3614	(Insufficient)	0.00	24.2466
Esecuzione TAC PS	9.8217	(Insufficient)	1.9783	19.8002
Preparazione	9.7228	0,353108108	0.00	41.8123
Preparazione lettino EC	8.2574	0,335420799	0.00	22.1270
Preparazione lettino EM	11.1258	0,950615636	0.00	41.8123
Preparazione lettino I	11.9319	0,487827213	0.00	32.1909
Preparazione lettino IU	6.9444	(Insufficient)	0.00	16.0301
Preparazione lettino PS	7.9296	(Insufficient)	0.00	15.3812
Spogliatoio EC	3.2966	0,119854736	0.00	7.6414
Spogliatoio EM	2.4010	0,079911302	0.00	6.5299
Spogliatoio PS IU I	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Uscita	5.0169	0,130397359	0.00	18.5972
Uscita EC	4.5013	0,156166411	0.00	10.2588
Uscita EM	4.4261	0,101175487	0.00	8.7053
Uscita I	6.4436	0,343953286	0.00	18.5972
Uscita IU	5.1859	(Insufficient)	2.6040	8.5388
Uscita PS	4.1073	(Insufficient)	2.4881	5.1587

Figura 51: VA time.

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Esecuzione TAC	0.2807	0,107127276	0.00	31.2609
Esecuzione TAC EC	0.2587	0,114513123	0.00	14.1569
Esecuzione TAC EM	0.3318	0,201404024	0.00	20.4560
Esecuzione TAC I	0.3856	0,246416734	0.00	31.2609
Esecuzione TAC IU	0.00348059	(Insufficient)	0.00	0.7448
Esecuzione TAC PS	0.1737	(Insufficient)	0.00	16.1575
Preparazione	0.1683	(Correlated)	0.00	14.9076
Preparazione lettino EC	0.1719	0,080122094	0.00	11.1601
Preparazione lettino EM	0.2855	0,114454132	0.00	14.9076
Preparazione lettino I	0.1286	0,075588383	0.00	10.6935
Preparazione lettino IU	0.03367839	(Insufficient)	0.00	5.9336
Preparazione lettino PS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Uscita	0.02449322	0,016066864	0.00	12.0004
Uscita EC	0.03979183	0,037002652	0.00	12.0004
Uscita EM	0.02264718	0,028166028	0.00	5.5321
Uscita I	0.01607859	0,014023327	0.00	2.2167
Uscita IU	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Uscita PS	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Figura 52: Tempi di attesa.

Conclusioni

Nel modello si è cercato di rispettare il più possibile la realtà, aiutandosi con le informazioni ottenute dalla tesi di Beraldo Veronica e Optale Alice; si sono effettuate comunque molte semplificazioni.

Si è cercato di capire quali sono le risorse critiche che intervengono nel processo, quali l'infermiere e come variano i tempi al variare delle risorse.

Si è inoltre analizzato quali sono i colli di bottiglia dell'intero processo, si è visto come il processo di esecuzione e il processo di preparazione siano le fasi più critiche, intervenendo sulle risorse di questi processi riusciamo a diminuire i tempi più efficacemente.

In sintesi con il linguaggio Arena riusciamo a rappresentare un modello abbastanza vicino alla realtà, in grado di rappresentare il percorso dei pazienti all'interno del processo. È inoltre una rappresentazione flessibile, nel caso varino risorse, entità o il percorso dei pazienti infatti è facile intervenire per modificare il modello. Arena riesce inoltre a fornire molti altri dati non osservati in questa trattazione, utili per la conoscenza e per l'innovazione del processo rappresentato.

Bibliografia e sitografia

<http://www.simulation.it/Settori/Sanita.html>;

http://www.simulation.it/Prodotti/Arena_Simulation.html;

<http://www.simulation.it/File/Arena/Arena%20comparison%20statement%202009.pdf>;

<http://it.wikipedia.org/wiki/Simulazione>;

<http://www.or.deis.unibo.it/didattica.html>;

<http://www.arenasimulation.com/>;

http://www.actsolutions.it/Prodotti/Arena_Simulation.html;

<http://dimgruppi.ing.unibs.it/tecnologia/esame/PCPB/simulazione%20di%20processi.pdf>;

Paronitti Gianluca, 2009, Che cos'è la simulazione, Carocci;

Optale Alice, Romanin Jacur Giorgio, 2011, Analisi della gestione della tac in una unità complessa di radiologia: fascia d'età dal 1941 in poi;

Beraldo Veronica, Romanin Jacur Giorgio, 2011, Analisi della gestione della tac in una unità complessa di radiologia: pazienti d'età superiore a 70 anni.