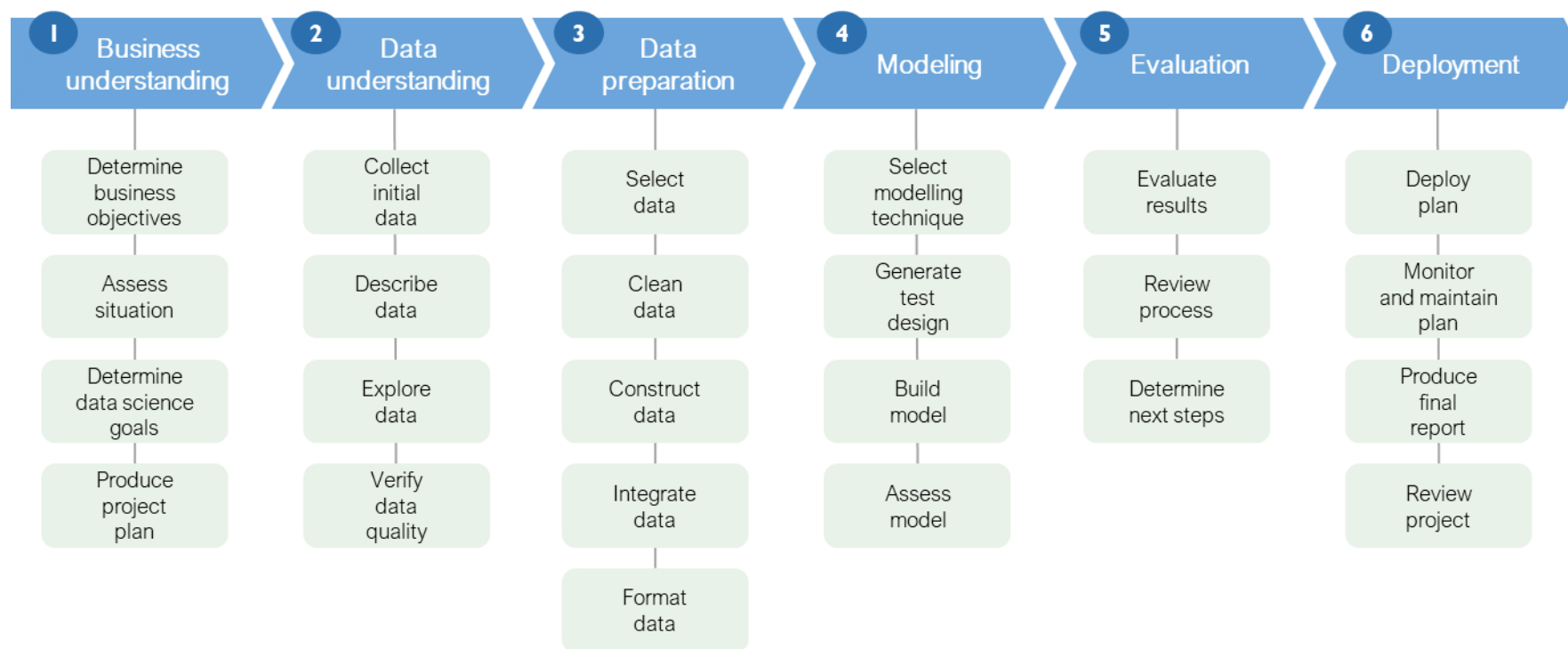


Modelli predittivi di simulazione: il Covid-19 e il potenziale impatto dei nuovi farmaci

Corso di Alta Formazione PREVEDI

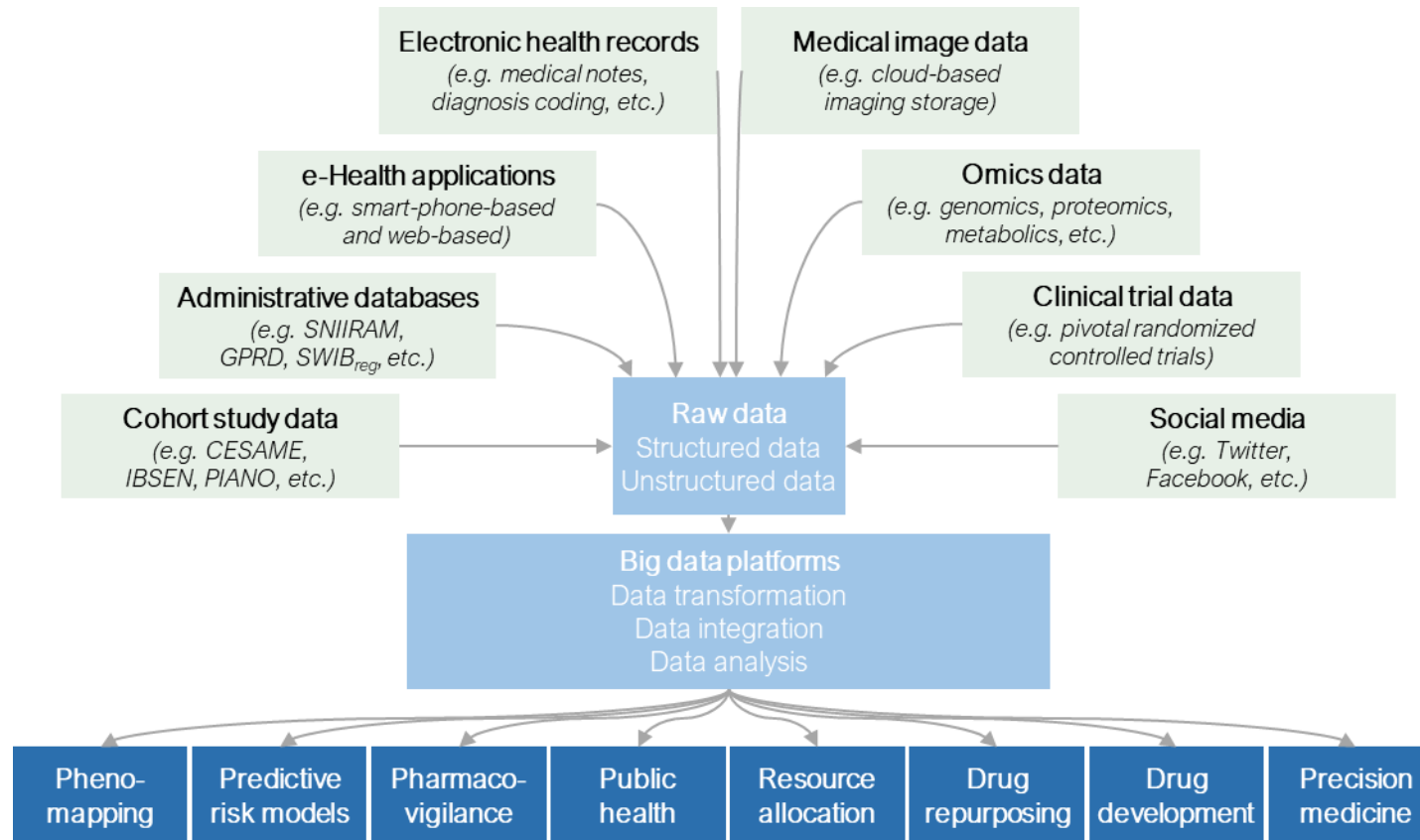
30 Novembre 2021

Il processo di Data Science



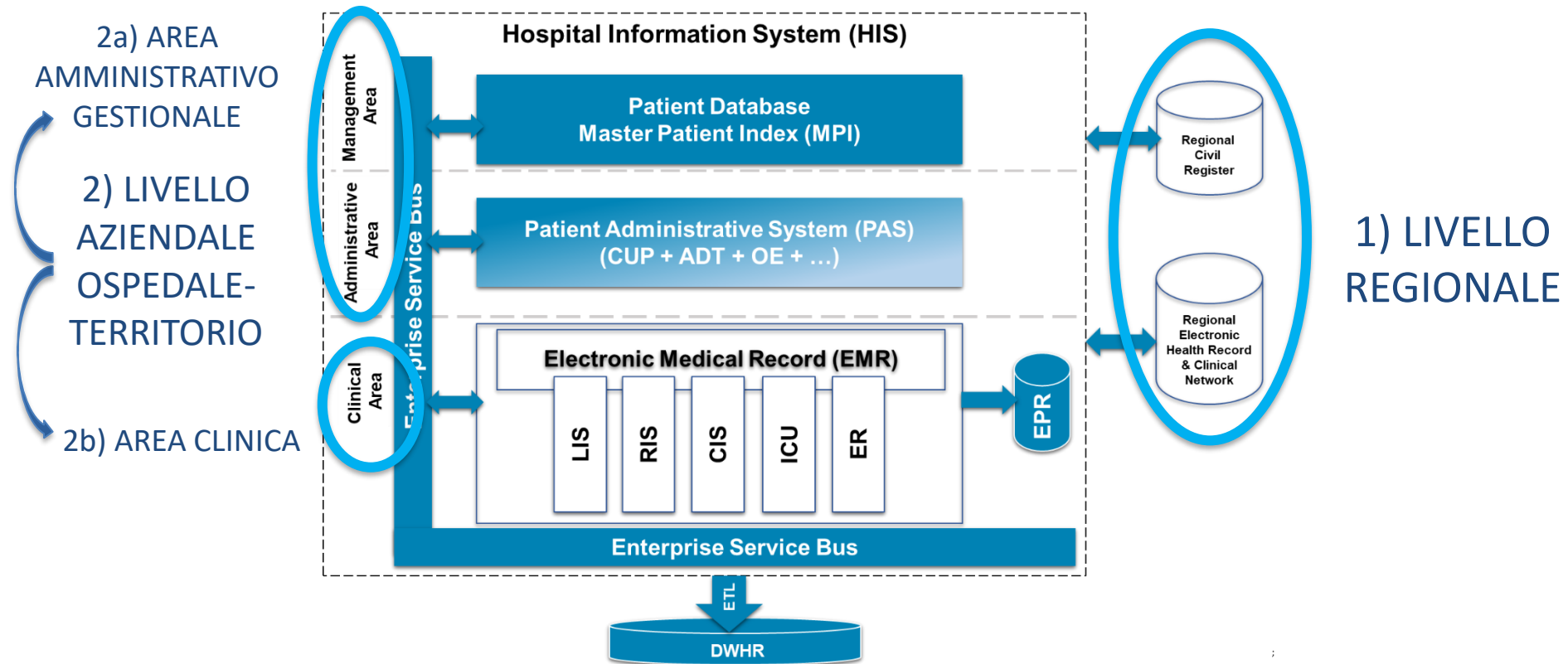
Source: Chapman, Clinton, Kerber, et al. 1999; CrowdFlower, 2016

I flussi di dati in Sanità



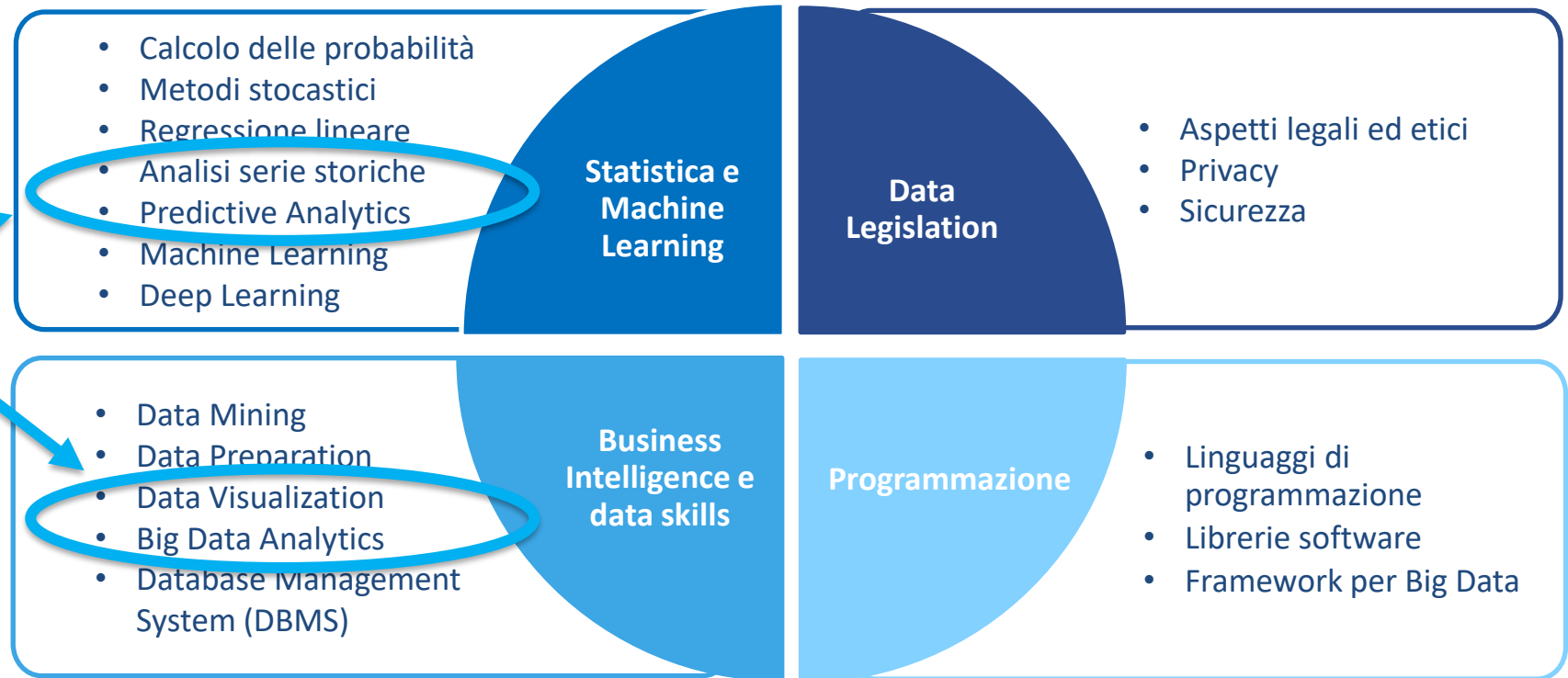
Source: Oberoi et al. Big data in HD: critical insights from the Healthcare landscape. 2018 Jan 14

Livelli e ambiti del Data Science in Sanità



Competenze tecniche del *data scientist*

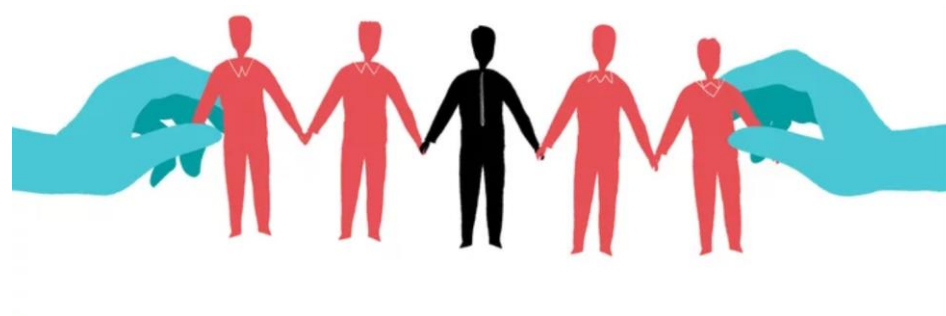
Il modello di cui parliamo si inserisce all'interno di questi ambiti



Un periodo di emergenza

... sfida per il SSN e per l'Ingegnere Gestionale...

- Quale supporto si poteva dare al sistema quindi?
- L'idea è di fornire uno strumento operativo di previsione da leggere con il supporto di un gruppo multidisciplinare proveniente sempre dall'Azienda Ospedaliera...



L'Agenda di oggi

ore 14.30 – 18.00

Francesco Bertolotti, Emanuela Foglia, Fabrizio Schettini e Daniele Bellavia

Test preliminare

Le ipotesi alla base del modello

- ☐ Ipotesi iniziali e suddivisione in aree di degenza
- ☐ Individuazione percorsi medi intraospedalieri
- ☐ Dalla scheda di raccolta dati al modello di simulazione

Presentazione del modello e dello strumento predittivo

- ☐ Modello SIR causale
- ☐ Costruzione del database da *real world data*
- ☐ Stima parametri con massima verosimiglianza
- ☐ Presentazione del gioco in STGraph

Simulazione e gioco in gruppi

- ☐ Suddivisione in gruppi con provenienza geografica affine o con riferimento alla medesima azienda ospedaliera
- ☐ Gioco e scelte mediante supporto di STGraph
- ☐ Risultati comparativi dei gruppi a fronte delle giocate e sintesi dei risultati dell'attività di simulazione

Introduzione - 1

Obiettivo

Introdurre un gruppo multidisciplinare, ai **modelli di sistemi dinamici** al fine dell'utilizzo a livello aziendale, ma soprattutto per **garantire una capacità di lettura critica del dato** nonché una **capacità di applicare uno strumento di previsione** per la gestione delle emergenze e delle situazioni di criticità interne

Metodologia

Per il raggiungimento dell'obiettivo formativo è stato strutturato **uno strumento di simulazione epidemiologica basato sulla metodologia *System Dynamics*** utile ad effettuare analisi di scenario e simulare per esempio la dinamica della pandemia da COVID, anche sulla scorta dell'efficacia delle strategie di trattamento attualmente disponibili e utilizzate in pratica clinica

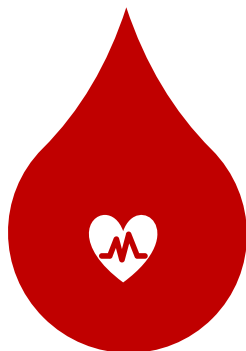
Introduzione - 2

Approccio

L'aspetto di maggiore rilievo è l'approccio mentale... si tratta di un **pomeriggio di gioco... divertitevi quindi prima di ogni altra cosa** e cercate di investire bene questo tempo per comprendere le leve che ottimizzano le vostre scelte, così da poter portare con Voi questo bagaglio esperienziale, quando la situazione sarà di nuovo di riflessione, in prima linea... più riuscirete a divertirvi oggi, più farete tesoro delle Vostre esperienze per il prossimo futuro!!!

Aree di degenza

Conversione delle UU.OO. non strettamente di ambito infettivologico, così da garantire la presa in carico e cura dei pazienti COVID-19



Ricoveri in U.O. di Terapia Intensiva ad alta complessità, per il trattamento di pazienti COVID-19 che richiedono una ventilazione invasiva – **Area ad Alta Intensità**

Rapporto 1:1 Posto letto: Ventilatori per pz. Covid



Ricoveri in U.O. a Media Complessità, con possibilità di utilizzo di ventilazione non invasiva e di caschi CPAP – **Area sub intensiva**

Rapporto 1:1 Posto letto: Caschi per pz. Covid

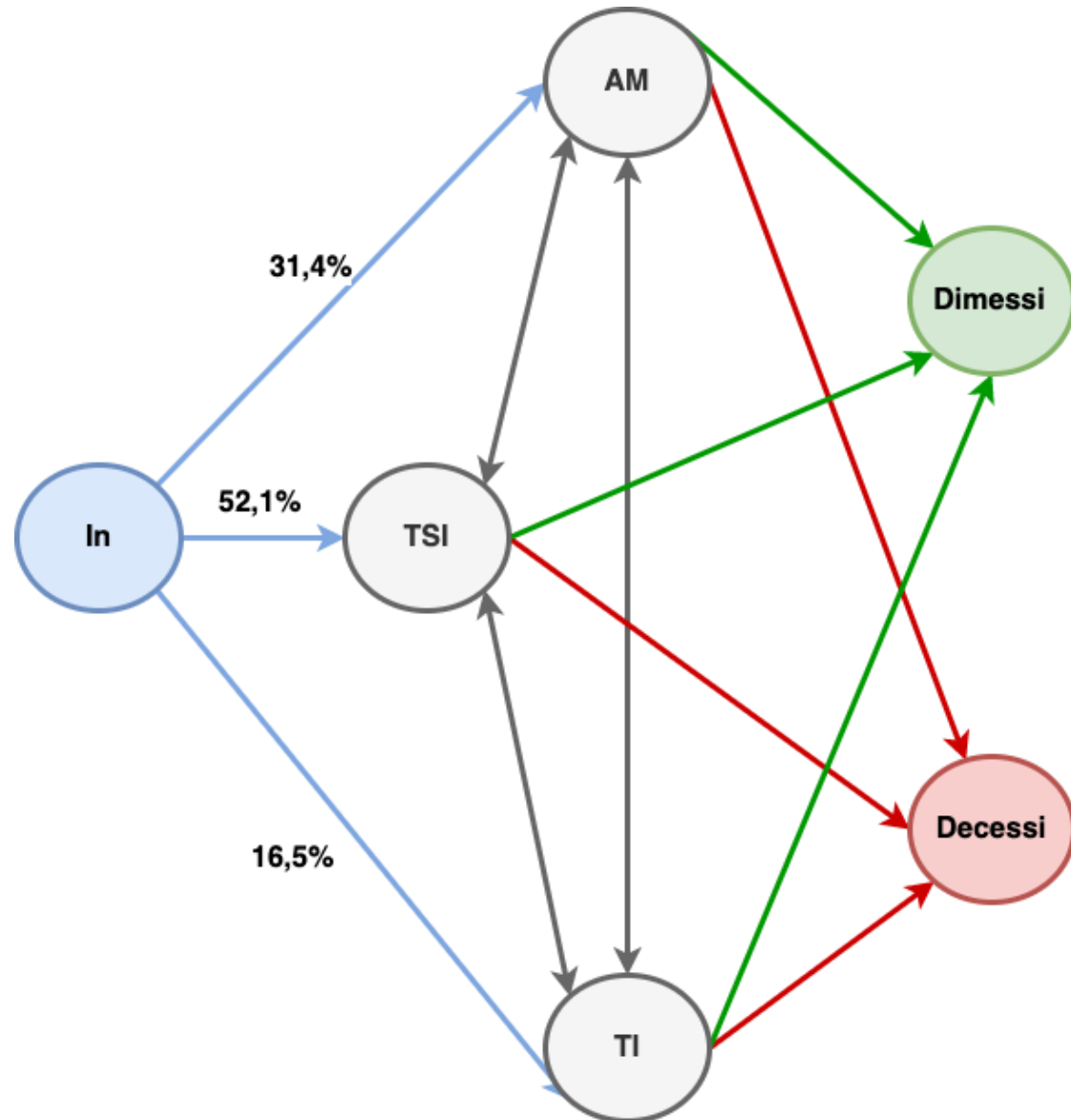


Ricoveri in U.O. a Bassa Complessità - **Area medica**

Ipotesi iniziali 2020

Area	Medica	Sub-intensiva	Intensiva
% Pz.	31,4%	52,1%	16,5%
Degenza media [gg]	12,16 giorni	11,39 giorni	11,31 giorni
Costo a giornata [€]	475,86 €	700,20 €	1.401,65 €
Medici/posto letto	0,1:1	0,16:1	0,60:1
Infermieri/posto letto	0,83:1	1,33:1	2,53:1

Catena di Markov



"Processo aleatorio in cui la probabilità di transizione che determina il passaggio a uno stato di sistema dipende solo dallo stato del sistema immediatamente precedente (proprietà di Markov) e non da come ci si è arrivati"

Dalla raccolta dati al modello

REGIONE	POSITIVI SARS-CoV2					Casi totali	Infermerie con posti disponibili	
	Ricoverati con sintomi	Terapia intensiva	Isolamento domiciliare	Totale attualmente positivi	Decessi (COVID-19)			
Lombardia	4.740	47%	33.351	38.091	100.115	17.752	218.433	6.804
Piemonte	1.370	13%	33.351	34.721	34.632	4.440	77.853	3.104
Campania	1.497	22%	48.995	50.492	13.989	224	65.432	2.971
Veneto	1.612	14%	35.569	37.181	25.472	2.498	60.995	2.204
Emilia-Romagna	1.464	13%	26.731	28.195	28.121	4.687	65.158	1.912
Lazio	1.102	19%	37.349	38.451	11.837	4.475	52.441	2.204
Toscana	1.261	19%	32.444	33.705	15.661	5.403	50.987	2.204
Liguria	1.147	44%	8.418	9.565	10.154	3.835	30.995	1.051
Umbria	1.022	10%	15.544	16.566	7.545	100	24.933	1.004
Puglia	749	9%	12.481	13.230	6.811	755	21.091	1.181
Marche	874	6%	9.999	10.873	7.165	693	18.468	612
Abruzzo	470	3%	7.189	7.659	3.993	345	11.126	603
Friuli Venezia Giulia	205	3%	5.114	5.319	5.459	411	11.468	364
Lombardia	205	4%	7.214	7.419	3.841	148	11.569	405
Verduno	137	4%	6.134	6.271	3.993	230	10.464	352
P.A. Bologna	287	3%	6.237	6.524	2.874	320	9.848	495
Capriata	209	1%	1.050	1.259	1.008	447	9.447	112
Capriata	184	3%	3.430	3.614	2.050	121	5.830	244
Valle d'Aosta	470	1%	1.847	2.317	1.847	480	3.591	104
Basilicata	87	1%	1.681	1.768	729	54	2.542	102
Molise	51	0%	1.214	1.265	491	43	1.700	104
TOTALE	21.114	2.23%	394.881	415.995	700.175	30.182	719.434	28.244

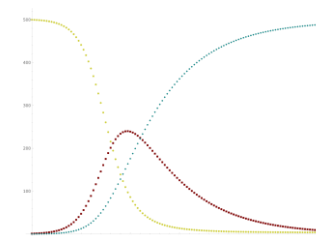
Dati protezione civile (regionali)

 Istat
Dati decessi 2020 per provincia



Scheda raccolta dati delle strutture

Data processing

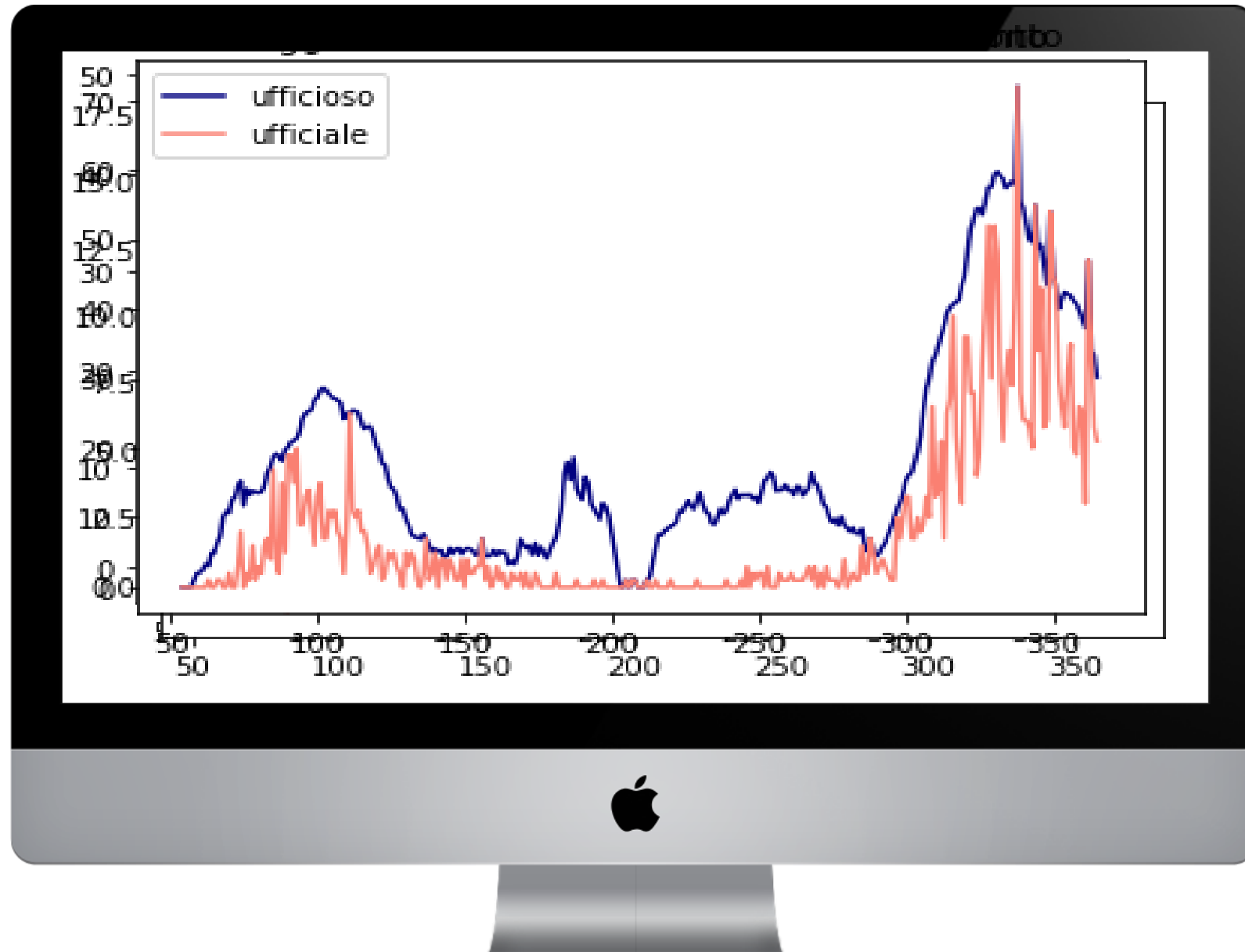


Serie storiche infetti (per provincia)

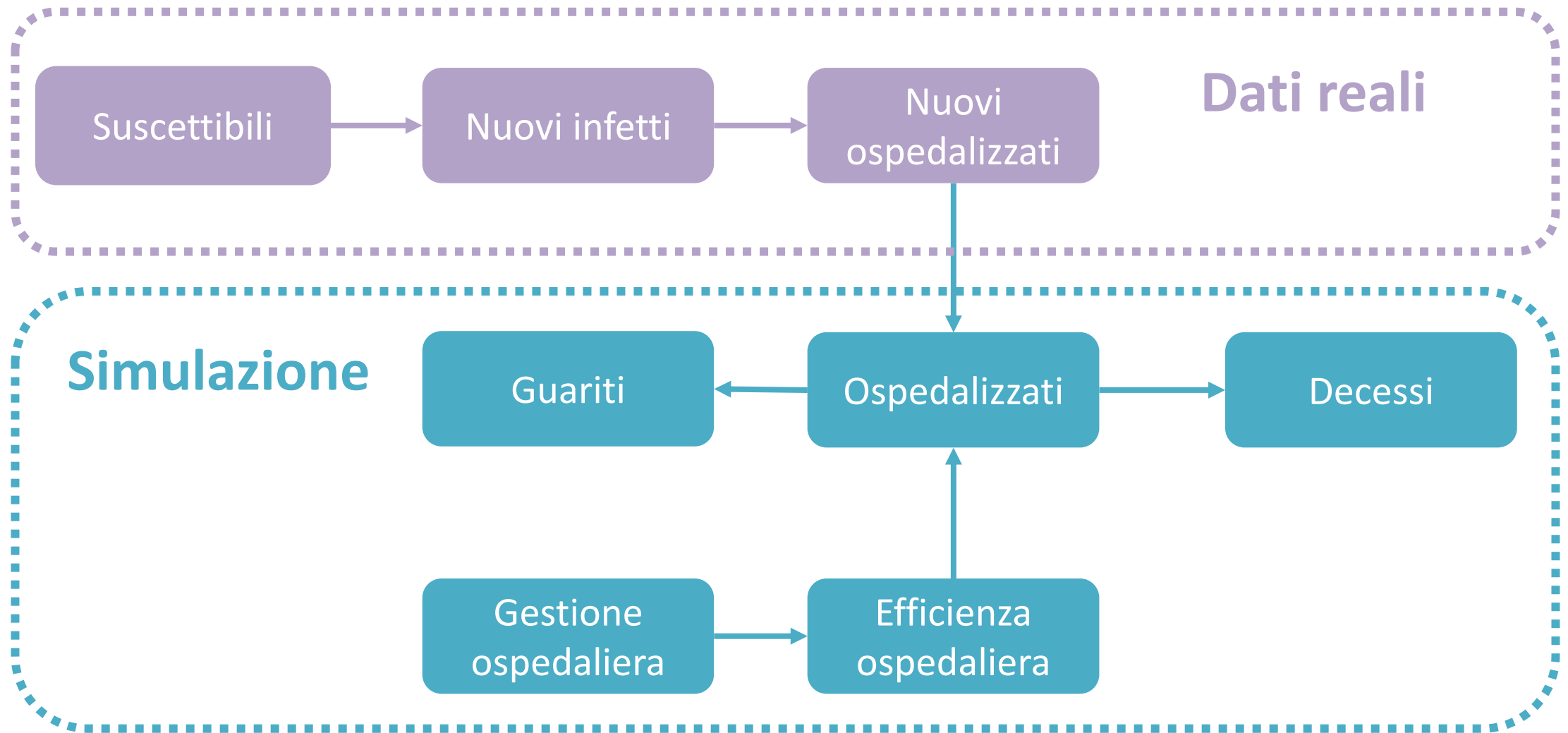


Nuove ospedalizzazioni per giorno (per provincia)

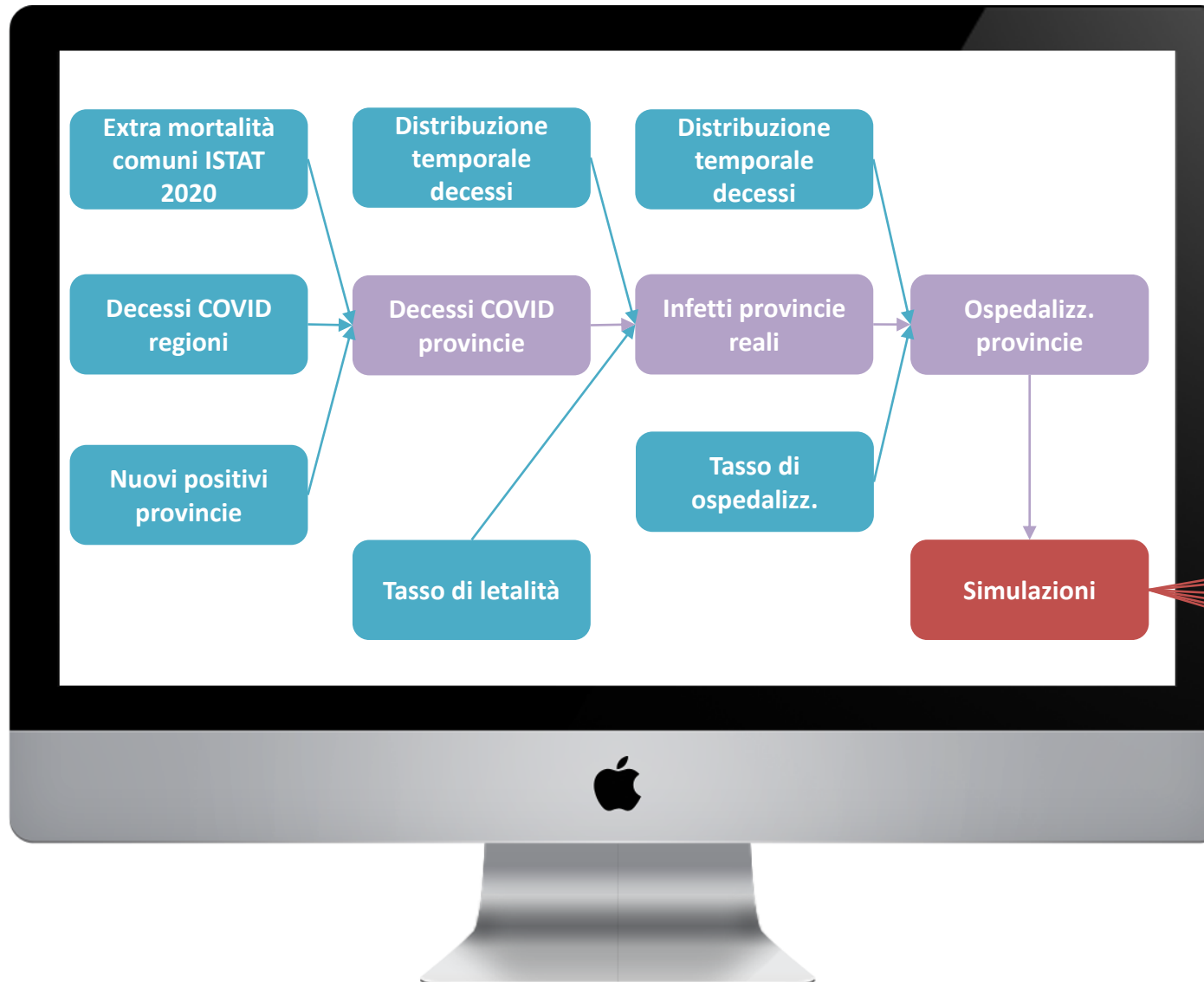
Osservazione *database*



Variabili epidemiologiche



Verosimiglianza dati



**Simulazioni su scenari
realistici**

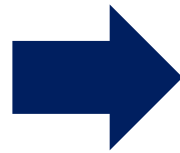


Scenari di gioco

Nome	Ampiezza bacino di utenza	Intensità Contagio	Numero di Posti Letto 2019
<i>ATS Bassa Padana</i>	Basso	Alto	Basso
<i>ATS Sempione</i>	Medio	Medio	Alto
<i>ATS Vennonetia</i>	Basso	Alto	Medio
<i>AUSL Centro</i>	Alto	Medio	Alto
<i>ASL Sud</i>	Medio	Basso	Alto

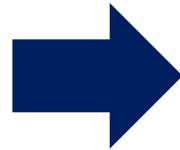
Obiettivi del gioco

Obiettivo formativo



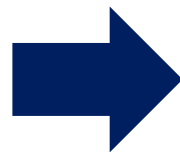
- Pensiero sistemico
- Lettura dei dati
- Gestione emergenze

Metodologia



- *System Dynamics*
- Dinamica epidemia

Scopo del modello



- Ideazione strategie
- Applicazione strategie
- Valutazione strategie

**Applicazione
clinico-
epidemiologica
ed economica-
organizzativa**

Modello *black box*

Agire sul sistema
modificandone gli

input



Input

Black box

Output

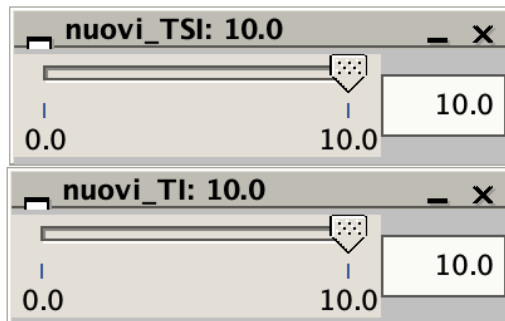
Osservare le
conseguenze delle
proprie scelte



Prendere decisioni in
base alle osservazioni

Modello *black box*

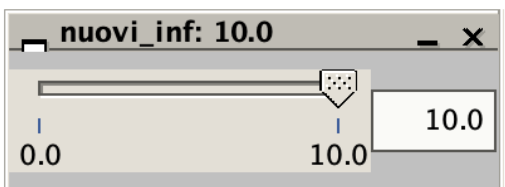
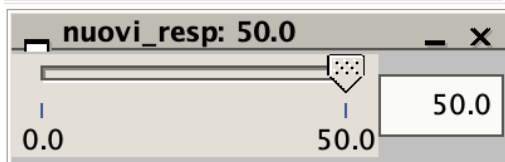
INPUT



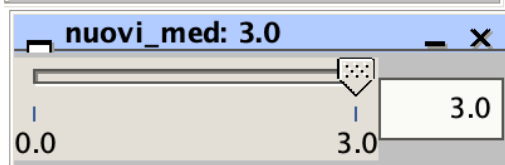
Nuovi
posti
letto



Nuovi
dispositivi



Assunzione
personale



Black box



Il giocatore decide
(usa input) in base a
lettura output

VARIABILI GESTIONALI

Posti letto in struttura

PL_TI_C	PL_TI_NC	PL_TSI_C	PL_TSI_NC
16	0	400	0

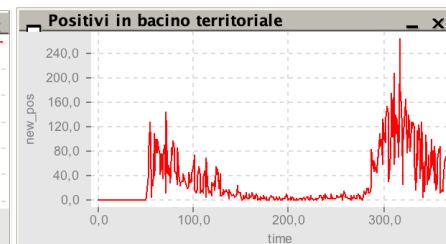
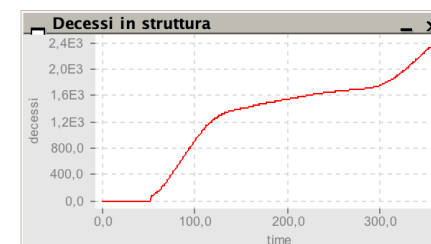
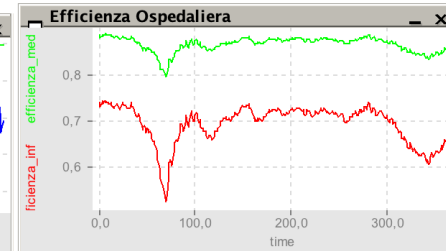
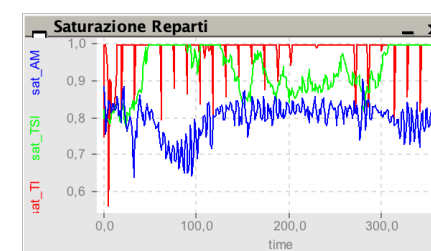
Occupati

Disponibili

TI_C	TI_all	TSI_C	TSI_tot
11	21	133	478

Costi sostenuti nella gestione dell'epidemia

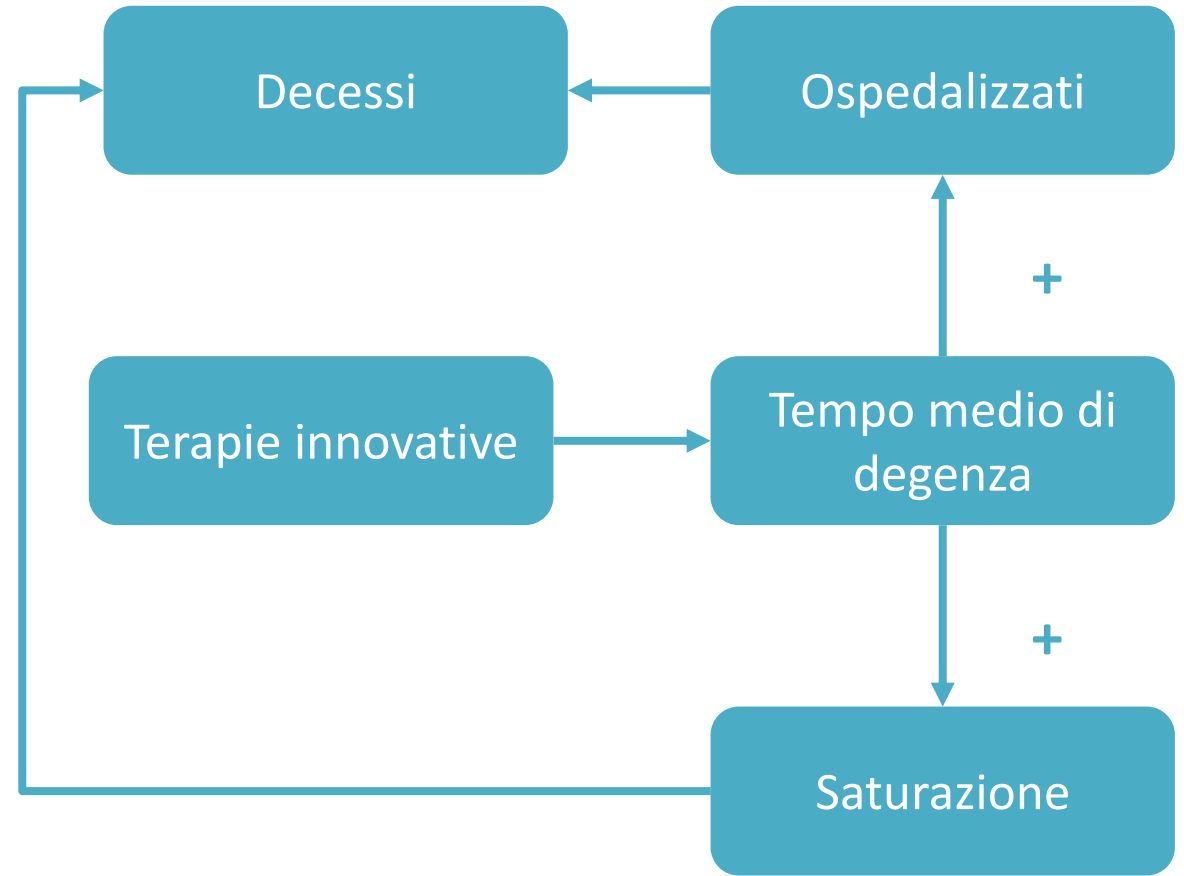
c_casc	c_inf	c_med	c_vent	c_tot
3900	949	1951	15067	21868



Effetti sistemici terapie innovative

Uso farmaci innovativi implica **riduzione costi**. Con rotazione più alta, sono necessari meno posti letto (poiché più efficaci)

Uso farmaci innovativi ha un **migliora variabili epidemiologiche**. Minore degenza media implica **minore saturazione posti letto** e quindi una **diminuzione della mortalità**



**E ora...passiamo al
manuale!**

Apertura file

- Aprire STGraph
- Andare su File → Open File → »PREVEDI.stg"
- A questo punto il modello dovrebbe essere caricato.
- Premere i pulsanti nella barra in alto in modo che appaiano in questa configurazione

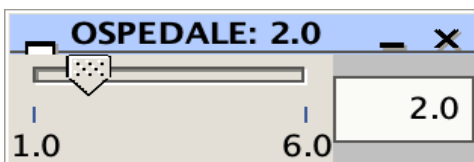


- Ora siete pronti per cominciare
- Se dovesse dare un errore all'inizio, chiudere il file (non il software) e riaprire.

Inizializzare giocata

Questo è un processo da seguire **SOPRATTUTTO** quando si cambia struttura, per essere sicuri che il software legga correttamente i dati.

1 - Definizione scenario



Selezionare scenario su cui si vuole giocare spostando il cursore da 1 a 6

2 – Scelta farmaco



Schiacciare il bottone per giocare con il farmaco innovativo. Se il pulsante è verde, allora è attivo.

5 – Resetare nuova simulazione



Schiacciare una volta su questo pulsante (nella barra in alto) resettare la nuova simulazione.
Ora siete pronti per cominciare.

4 – Inizializzare parametri



Schiacciare una volta su questo pulsante (nella barra in alto) per inizializzare i parametri

3 – Resetare vecchie simulazioni



Schiacciare una volta su questo pulsante (nella barra in alto) per resettare le vecchie simulazioni

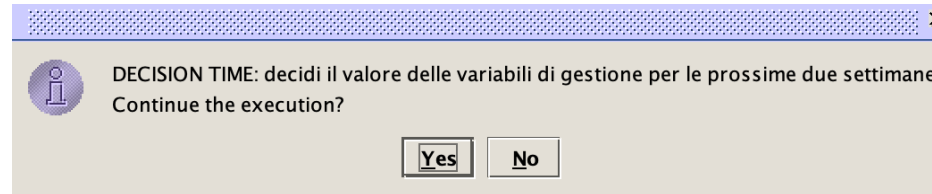
Comandi di gioco

PROSEGUIRE CON IL TEMPO



Quando si è soddisfatti delle decisioni prese e si vuole proseguire di altre due settimane premere questo pulsante e aspettare l'avviso. Per iniziare, premere questo tasto

DECISION TIME



Quando ogni due settimane si possono prendere decisioni, compare questo messaggio

NB: premere SEMPRE «Yes» se si vuole andare avanti
(«No» interrompe la simulazione e costringe a ripartire da capo)

INTERROMPERE GIOCATÀ

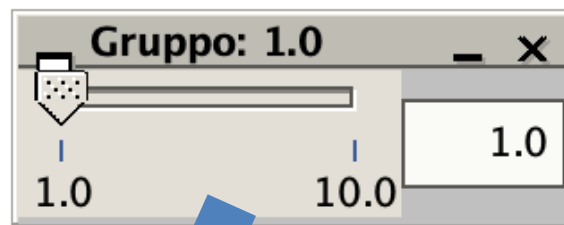


Se si vuole interrompere la simulazione prima del termine naturale premere questo pulsante (sconsigliato)

Selezione gruppo

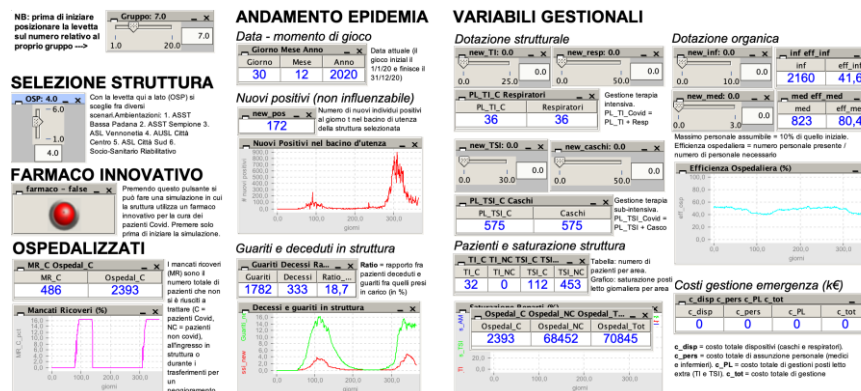
COSA FARE

NB: prima di iniziare posizionare la levetta sul numero relativo al proprio gruppo --->



Durante la presentazione iniziale vi verrà comunicato il vostro gruppo di gioco, insieme con un numero relativo. Prima di iniziare a giocare, mettere il numero del gruppo su questa levetta, posizione in alto a sinistra

DOVE SI TROVA



NB: questo passaggio è molto importante perché ci permette di elaborare i dati alla fine e fare le osservazioni conclusive del gioco

Andamento Epidemia - 1

Data attuale, per orientarsi (visto che si lavora su scenari reali o realistici)

Data - momento di gioco

Giorno	Mese	Anno
30	12	2020

Data attuale (il gioco inizia il 1/1/20 e finisce il 31/12/20)

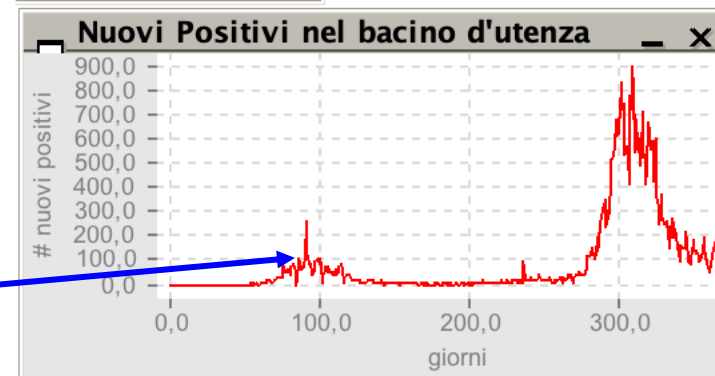
Numero di nuovi positivi al giorno t

Nuovi positivi

new_pos
172

Numero di nuovi individui positivi al giorno t nel bacino di utenza della struttura selezionata

Andamento nel tempo dei nuovi positivi al giorno t



Questo pannello serve a osservare quale sia lo stato dell'epidemia nel bacino d'utenza della struttura selezionata. Si tratta quindi di variabili esogene, fuori dal controllo del giocatore (come nella realtà, l'ospedale può gestire i pazienti ma non ha un impatto su numero di nuovi positivi). I dati riportati sono reali, e descrivono quindi l'andamento dei positivi per il 2020 per il bacino d'utenza selezionato

Andamento Epidemia - 2

Numero di guariti
cumulato nel tempo

Guariti e deceduti in struttura

Guariti	Decessi	Ratio_DG
4424	555	12,5

Numero di pazienti
deceduti e
sopravvissuti, fra
quelli presi in carico,
e il rapporto (in %)

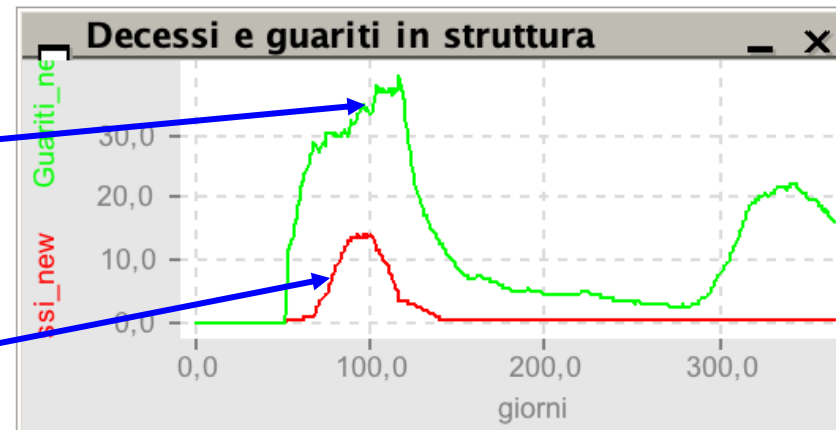
Numero di decessi
cumulato nel tempo

Rapporto (in %) fra guariti e
decessi cumulati

Questo pannello serve a quale sia il numero di pazienti guariti e deceduti, fra quelli trattati dalla struttura. Ratio_DG indica il rapporto fra decessi e guariti. Tanto più è basso, tanto meglio la struttura è stata in grado di gestire i pazienti che vi sono entrati. Le curve dei decessi e dei guariti mostra l'andamento nel tempo di queste due variabili

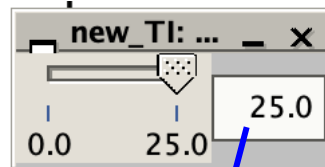
Curva verde: nuovi
guariti per giorno

Curva rossa: nuovi
decessi per giorno

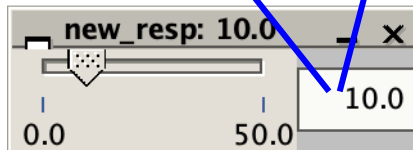


Capacità struttura (*posti letto*)

TERAPIE INTENSIVE

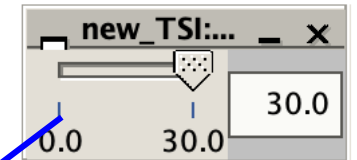


PL_TI_C Respiratori	
PL_TI_C	Respiratori
36	36



I posti in terapia **intensiva** si dividono in due tipologie. Posti semplici e posti Covid (che possono ospitare pazienti Covid). Per essere Covid un posto deve avere a disposizione un **respiratore**. Quindi, per creare un ulteriore posto Covid è necessario acquistare un respiratore e creare un nuovo posto letto

TERAPIE SUB-INTENSIVE



PL_TSI_C Caschi	
PL_TSI_C	Caschi
575	575



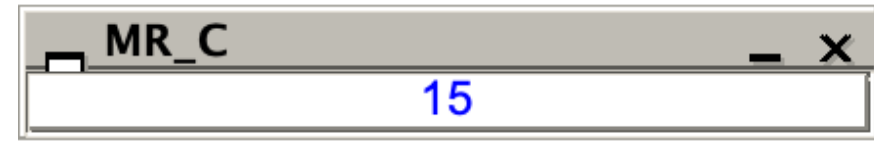
I posti in terapia **sub-intensiva** si dividono in due tipologie. Posti semplici e posti Covid (che possono ospitare pazienti Covid). Per essere Covid un posto deve avere a disposizione un **casco**. Quindi, per creare un ulteriore posto Covid è necessario acquistare un casco e creare un nuovo posto letto

Capacità struttura

(mancati ricoveri e ospedalizzati)

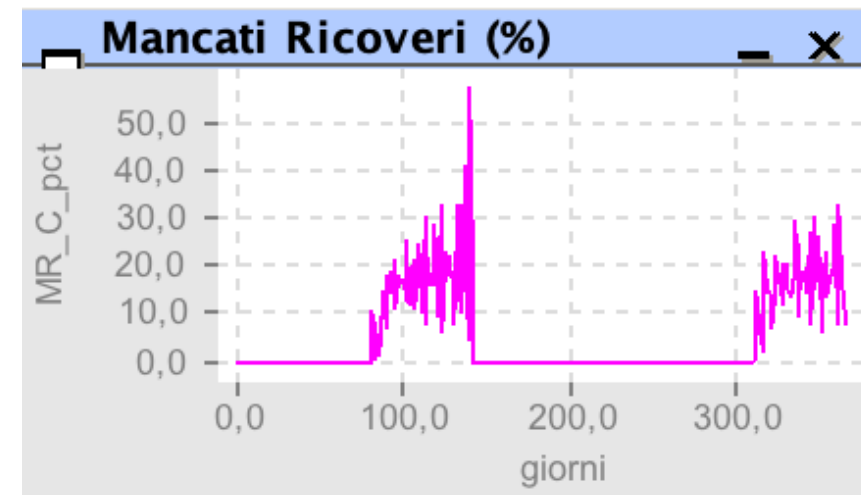
LEGENDA

MR_C = mancati ricoveri di pazienti Covid



MANCATI RICOVERI

Quando la capienza degli ospedali è piena, non si riescono più ad accogliere nuovi pazienti. Allo stesso modo, quando un paziente necessita il trasferimento in un'altra area, se non ci sono letti disponibili viene momentaneamente escluso. Il numero di mancati ricoveri è dato dalla somma dei pazienti esclusi in questi due modi



Pazienti e saturazione struttura

Pazienti e saturazione struttura

TI_C	TI_NC	TSI_C	TSI_NC
32	0	85	329

Tabella: numero di
pazienti per area.
Grafico: saturazione posti
letto giornaliera per area

In questa tabella è raffigurato il numero di pazienti Covid e non-Covid attualmente ricoverati in terapia intensiva e sub-intensiva.

Pazienti per
area



Posti letto
per area

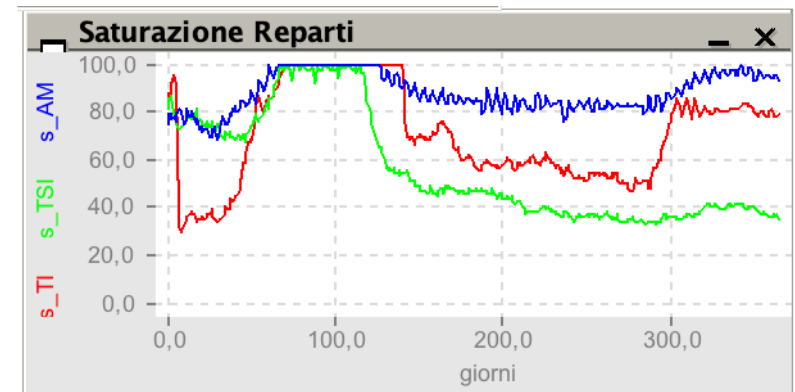


Saturazione
area

In questo grafico è raffigurata la saturazione delle tre aree. È un ottimo modo per capire come la struttura stia gestendo l'epidemia.

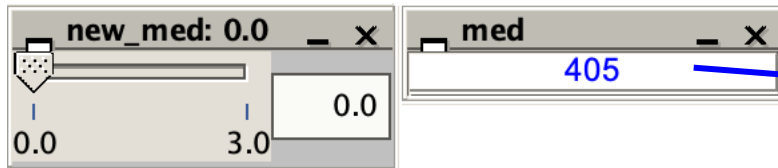
I valori sono in percentuale.

Il comportamento oscillatorio compare quando ci sono alti flussi di pazienti in ingresso e pochi posti liberi.



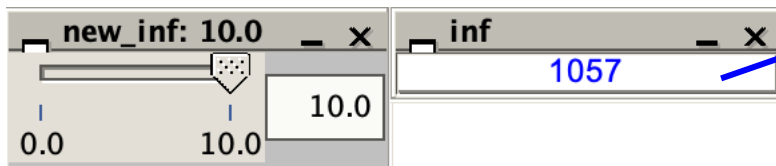
Personale ospedaliero

MEDICI



La leva new_med serve ad assumere nuovi medici. La tabella a destra mostra il numero totale di medici.

INFERMIERI

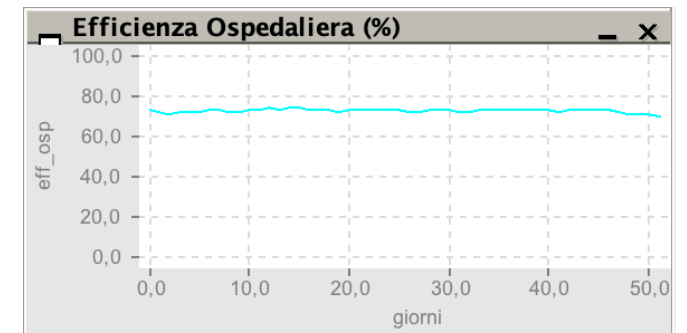


La leva new_inf serve ad assumere nuovi infermieri. La tabella a destra mostra il numero totale di infermieri.

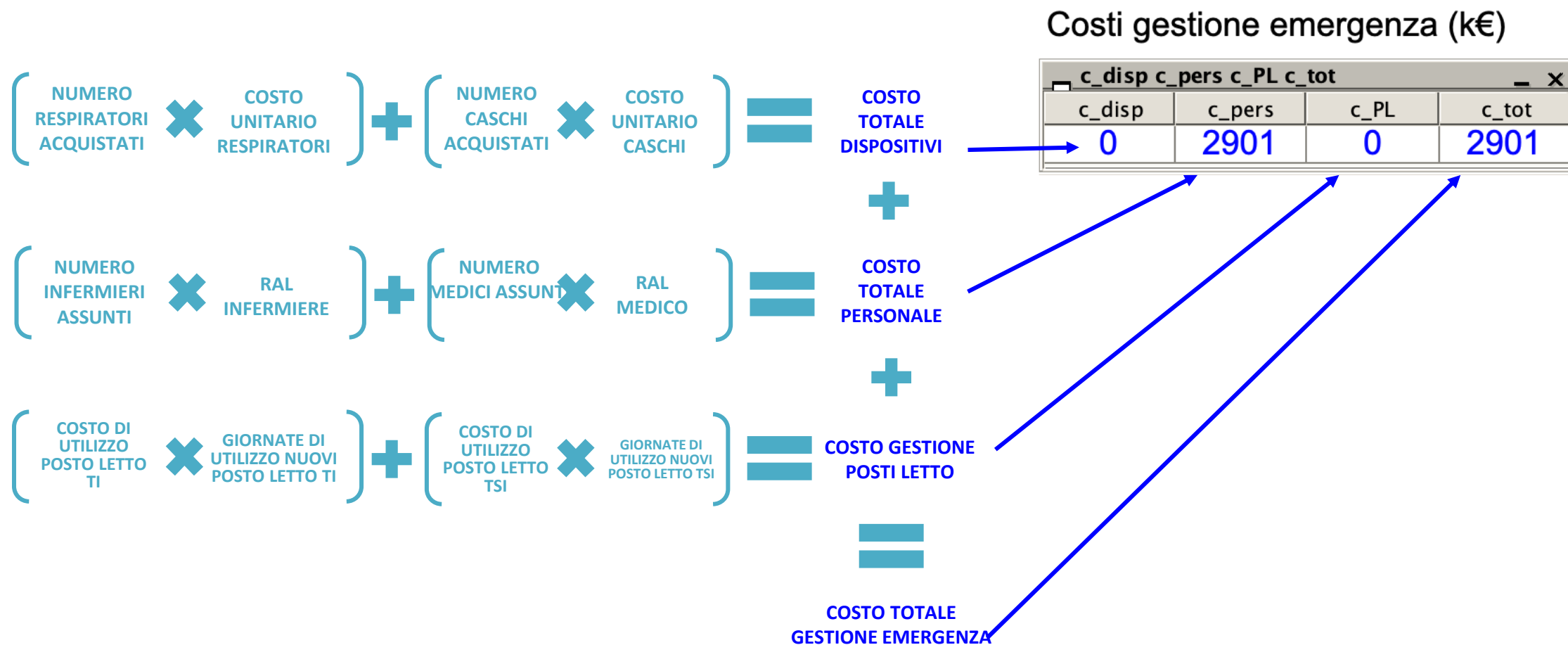
EFFICIENZA

L'efficienza ospedaliera è il rapporto fra il numero di operatori disponibili e il numero di operatori necessario, calcolato su area medica, sub-intensiva e intensiva. L'efficienza è calcolata separatamente per infermieri e medici (rispettivamente, linee viola e azzurra).

Quindi, più l'efficienza ospedaliera è alta, meglio è!



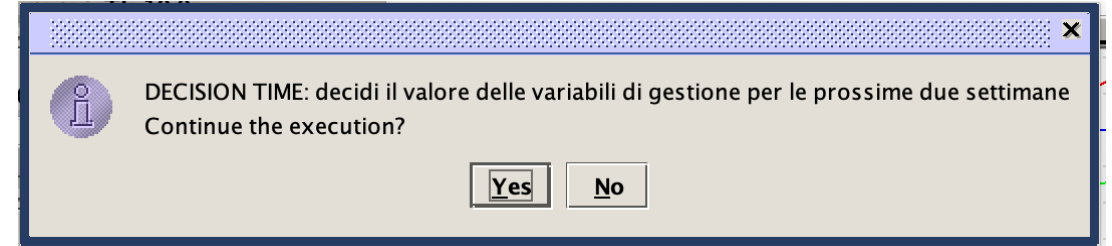
Costo di gestione dell'emergenza



Turni e salvataggi

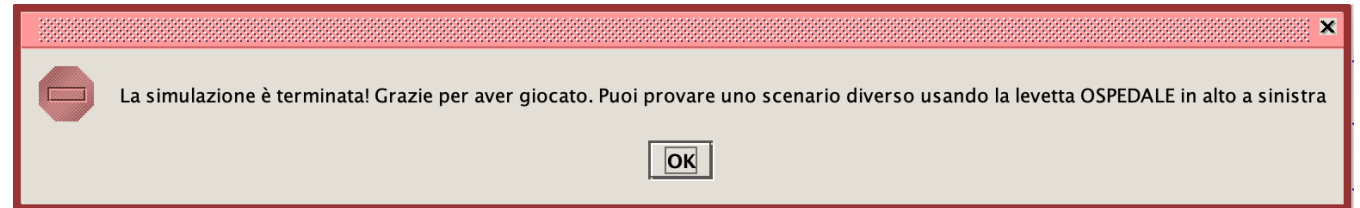
Turni

Ogni volta che compare il seguente messaggio (ogni 2 settimane di gioco) potrete prendere delle decisioni. Premete sempre Yes, se volete continuare con l'esecuzione del gioco



Termine

Una volta terminata la simulazione (quindi arrivati alla fine dell'anno), comparirà il messaggio di *stop* qui in basso



Conclusione gioco

Quando avete finito di giocare, andate nella cartella in cui è salvato il *file* di gioco. Vedrete che sono comparsi dei *file* Excel intitolati PREVEDI.xls. Inviategeli: ci serviranno per le considerazioni finali. Solo le giocate completate saranno analizzate alla fine. Inviateli alla mail fbertolotti@liuc.it, fschettini@liuc.it e dbellavia@liuc.it

Importante!

1 – Resettare vecchie simulazioni



Schiacciare una volta su questo pulsante (nella barra in alto) per resettare le vecchie simulazioni

Ricordatevi di seguire sempre questo procedimento quando cambiate scenario, altrimenti i parametri non si resettano e la simulazione viene "strana"



2 – Inizializzare parametri



Schiacciare una volta su questo pulsante (nella barra in alto) per inizializzare i parametri



3– Resettare nuova simulazione



Schiacciare una volta su questo pulsante (nella barra in alto) resettare la nuova simulazione. Ora siete pronti per cominciare.

**Grazie per
l'attenzione...**

**...e buon
divertimento!**