



# PROGETTO IMAD

Daniele Romeo  
Ruben Canevari  
Nicolo' Bossi

UTILIZZANDO I DUE MODELLI FORNITI, STIMARE L'ANDAMENTO DEGLI INGRESSI IN TERAPIA INTENSIVA GIORNALIERI IN FUNZIONE DEL NUMERO DI CASI POSITIVI GIORNALIERI. I DATI SI RIFERISCONO ALLA PANDEMIA DEL COVID-19 IN ITALIA.

PERIODO: 1 OTTOBRE 2020 AL 28 FEBBRAIO 2021.

---

OBIETTIVI DEL PROGETTO

I DATI CHE SEGUONO SONO STATI FORNITI DALL'[ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ](https://covid19.infn.it/iss/) (ISS).

<https://covid19.infn.it/iss/>

1 data	2 casi	3 casi_media7gg
2020-10-01	2845	2383
2020-10-02	3109	2.7044e+03
2020-10-03	2375	3.0593e+03
2020-10-04	1629	3.4591e+03
2020-10-05	4351	3.8906e+03
2020-10-06	4662	4.3959e+03
2020-10-07	5243	4.8809e+03
2020-10-08	5865	5.1003e+03
2020-10-09	6646	5.7867e+03
2020-10-10	5770	6.5524e+03
2020-10-11	3165	7374
2020-10-12	9156	8204
2020-10-13	10022	9.1497e+03
2020-10-14	10994	9.9504e+03
2020-10-15	11675	1.0361e+04
2020-10-16	13266	1.1508e+04
2020-10-17	11375	1.2809e+04
2020-10-18	6041	1.4405e+04
2020-10-19	17185	1.6110e+04
2020-10-20	19125	1.7877e+04
2020-10-21	22170	1.9054e+04
2020-10-22	23611	1.9711e+04
2020-10-23	25630	2.1254e+04

POSITIVI

1 data	2 casi	3 casi_media7gg
2020-10-01	25	27.7143
2020-10-02	25	28.2857
2020-10-03	32	29.7143
2020-10-04	37	35.7143
2020-10-05	30	38.4286
2020-10-06	37	43.5714
2020-10-07	64	45.5714
2020-10-08	44	49.2857
2020-10-09	61	54.7143
2020-10-10	46	60.8571
2020-10-11	63	63.4286
2020-10-12	68	73.4286
2020-10-13	80	79.7143
2020-10-14	82	88.5714
2020-10-15	114	97.1429
2020-10-16	105	105
2020-10-17	108	113.8571
2020-10-18	123	128.8571
2020-10-19	123	134.8571
2020-10-20	142	148.5714
2020-10-21	187	166
2020-10-22	156	177.1429
2020-10-23	201	194.2857

TERAPIE INTENSIVE

```
positivi = readtable("iss_bydate_italia_positivi.csv", 'Range', "A248:C398");
positivi_dati_precedenti = readtable("iss_bydate_italia_positivi.csv", 'Range', "A218:C398");
positivi = renamevars(positivi,["Var1", "Var2", "Var3"],["data", "casi", "casi_media7gg"]);
positivi_dati_precedenti = renamevars(positivi_dati_precedenti,["Var1", "Var2", "Var3"],["data", "casi", "casi_media7gg"]);
terapia_intensiva = readtable("iss_bydate_italia_terapia_intensiva.csv", 'Range', "A226:C376");
terapia_intensiva = renamevars(terapia_intensiva,["Var1", "Var2", "Var3"],["data", "casi", "casi_media7gg"]);
foglio = readtable("casi.csv", 'Range', "A221:K371");
giorni = positivi.data;
```

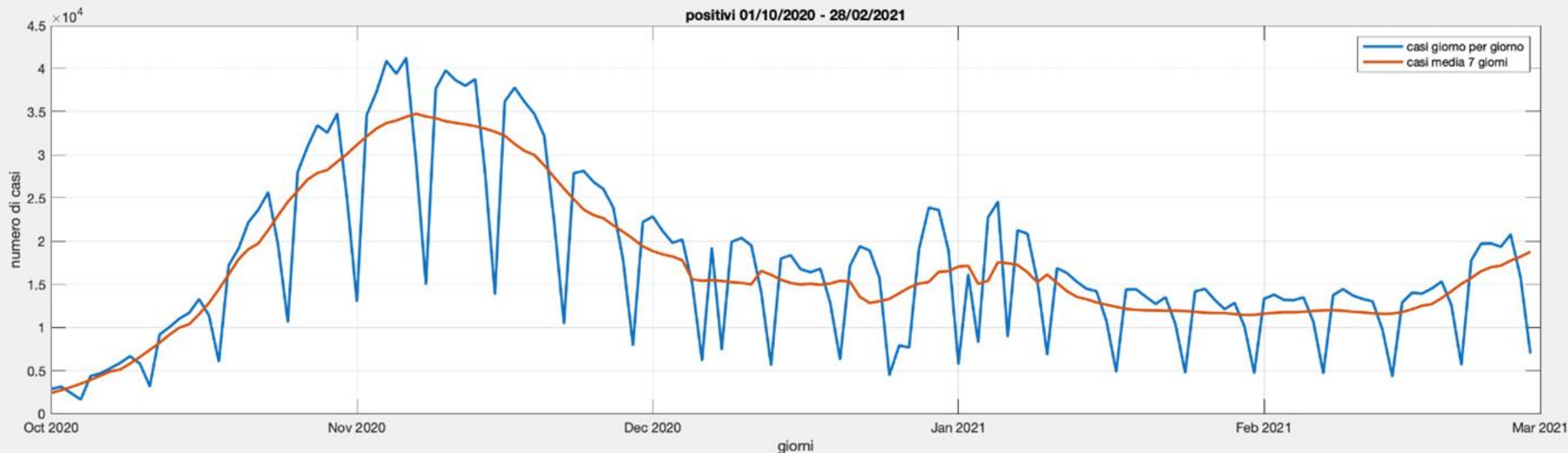
U = positivi.casi;

Y = terapia\_intensiva.casi;

U\_m7gg = positivi.casi\_media7gg;

Y\_m7gg = terapia\_intensiva.casi\_media7gg;

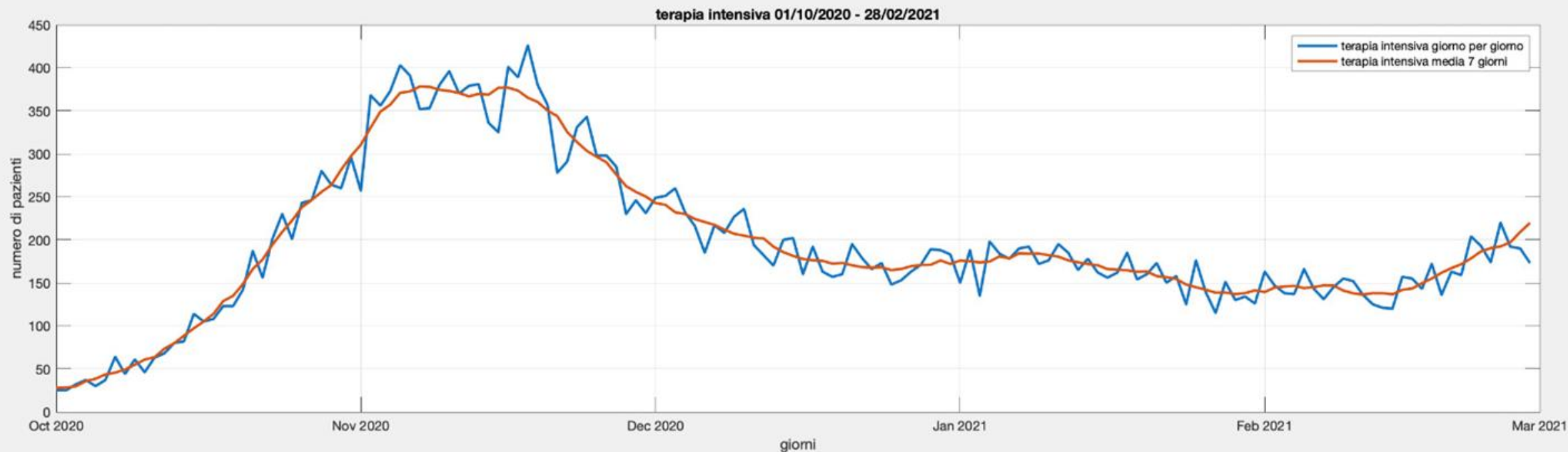
## RIFERIMENTI



## ANDAMENTO DEI CASI POSITIVI

Rappresentazione dell'andamento dei casi positivi giornalieri (in azzurro) e la loro media centrata in sette giorni (in rosso).





## ANDAMENTO DEI RICOVERI TERAPIA INTENSIVA

Rappresentazione dell'andamento dei ricoveri in terapia intensiva giornalieri (in azzurro) e la loro media centrata in sette giorni (in rosso).

# Modello a due parametri

- $u$ : casi positivi
- $\mu$  : guadagno
- $D$ : ritardo puro

## MODELLO:

$$\hat{y}(t) = \mu u(t - D)$$

## VALORI STIMATI:

U e Y IN MEDIA 7  
GIORNI

- $\mu \cong 0.0114$
- $D = 2$  (giorni)

U e Y  
GIORNALIERI

- $\mu \cong 0.0108$
- $D = 6$  (giorni)

# Modello a due parametri

Codice relativo alla stima del ritardo puro  $D$  e del guadagno  $\mu$ .

```
U = positivi.casi;
U_prev = positivi_dati_precedenti.casi_media7gg;
Y = terapia_intensiva.casi;
U_m7gg = positivi.casi_media7gg;
Y_m7gg = terapia_intensiva.casi_media7gg;

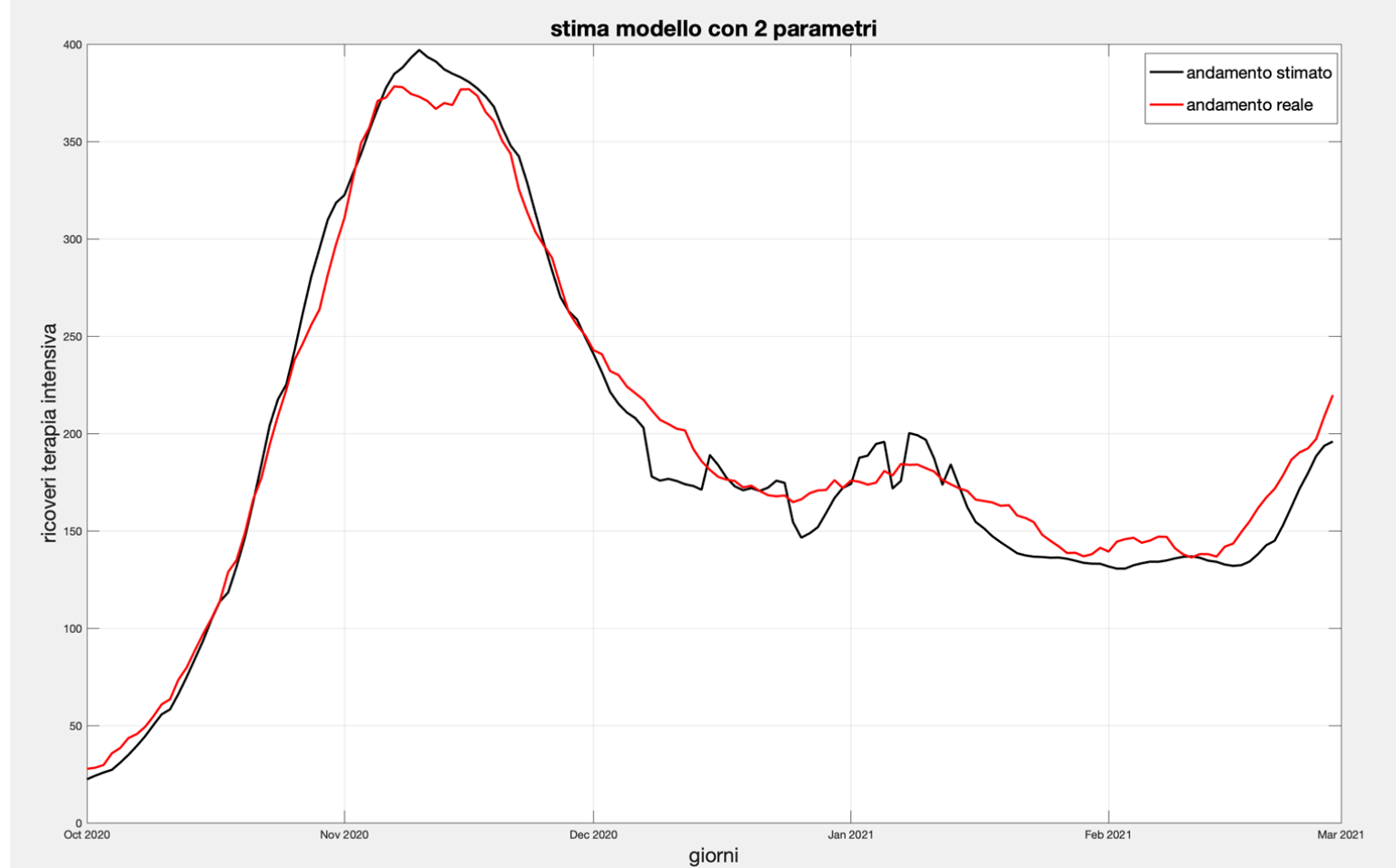
% definisco l'intervallo di valori del ritardo puro, dove ipotizzo ci sia quello ottimo
D = [0:30]';

% cerco il valore di ritardo puro che massimizza la correlazione tra uscita stimata e uscita reale
l = length(U_prev)-length(U_m7gg);
yStimato = circshift(U_m7gg,D(1)+1);
yStimato(1:D(1)+1) = U_prev(l-D(1)+1:l+1);
corr = corrcoef(yStimato,Y_m7gg);
max_corr = corr(1,2);
DStimato = D(1);

for i = 1:30
    yStimato = circshift(U_m7gg,D(i)+1);
    yStimato(1:D(i)+1) = U_prev(l-D(i)+1:l+1);
    corr = corrcoef(yStimato,Y_m7gg);
    if(corr(1,2) > max_corr)
        max_corr = corr(1,2);
        DStimato = D(i);
    end
end

% dopo aver trovato il valore del ritardo puro calcolo il guadagno
yStimato = circshift(U_m7gg,DStimato+1);
yStimato(1:DStimato+1) = U_prev(l-DStimato+1:l+1);
muStimato = yStimato\Y_m7gg;

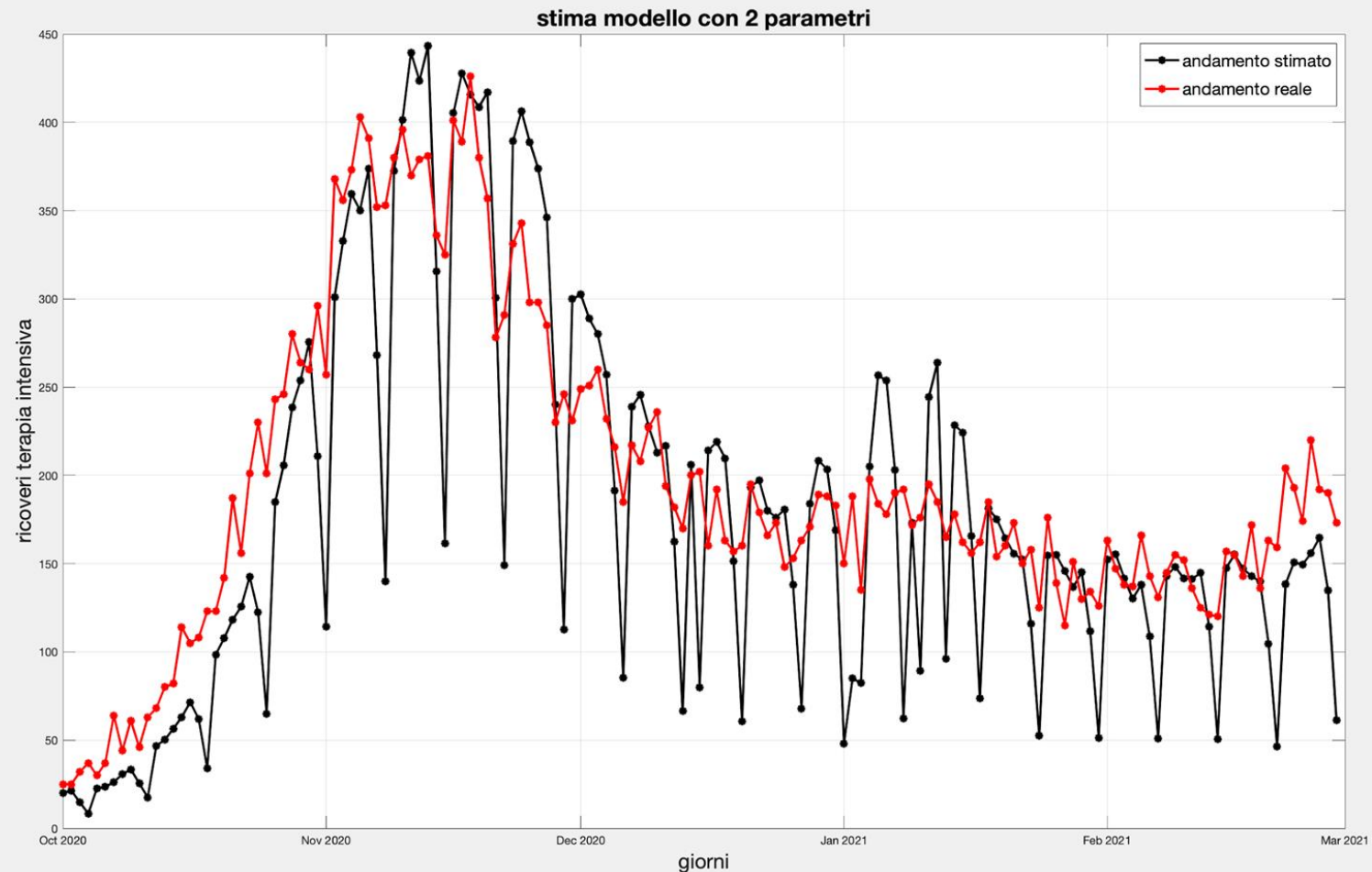
% modello a 2 parametri
yStimato = muStimato * yStimato;
```



## ANDAMENTO DEI RICOVERI MODELLO A DUE PARAMETRI

Rappresentazione dell'andamento dei ricoveri in terapia intensiva reale (in rosso) e stimato attraverso il modello a due parametri (in nero) utilizzando la media centrata in 7 giorni dell'ingresso e dell'uscita.





## ANDAMENTO DEI RICOVERI MODELLO A DUE PARAMETRI

Rappresentazione dell'andamento dei ricoveri in terapia intensiva reale giornalieri (in rosso) e stimato attraverso il modello a due parametri (in nero) utilizzando i casi giornalieri.

# Modello a tre parametri

- **u**: casi positivi
- **$\mu$**  : guadagno
- **D**: ritardo puro
- **$\lambda$** : lambda

## MODELLO:

$$\hat{y}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} g(k)u(t - D - k)$$

$$g(k) = \lambda \mu e^{(-\lambda k)}$$

## VALORI STIMATI:

U e Y IN MEDIA 7  
GIORNI

- $\mu \cong 0.0148$
- $D = 0$  (giorni)
- $\lambda \cong 0.4970$

U e Y  
GIORNALIERI

- $\mu \cong 0.022$
- $D = 0$  (giorni)
- $\lambda \cong 0.2152$

# Modello a tre parametri

Codice relativo alla stima del ritardo puro  $D$ , del guadagno  $\mu$  e del parametro  $\lambda$ .

Vengono riportate anche la funzione per la realizzazione del modello e la funzione che calcola il valore del SSR

```
U = positivi.casi;
U_prev = positivi_dati_precedenti.casi;
Y = terapia_intensiva.casi;
U_m7gg = positivi.casi_media7gg;
Y_m7gg = terapia_intensiva.casi_media7gg;

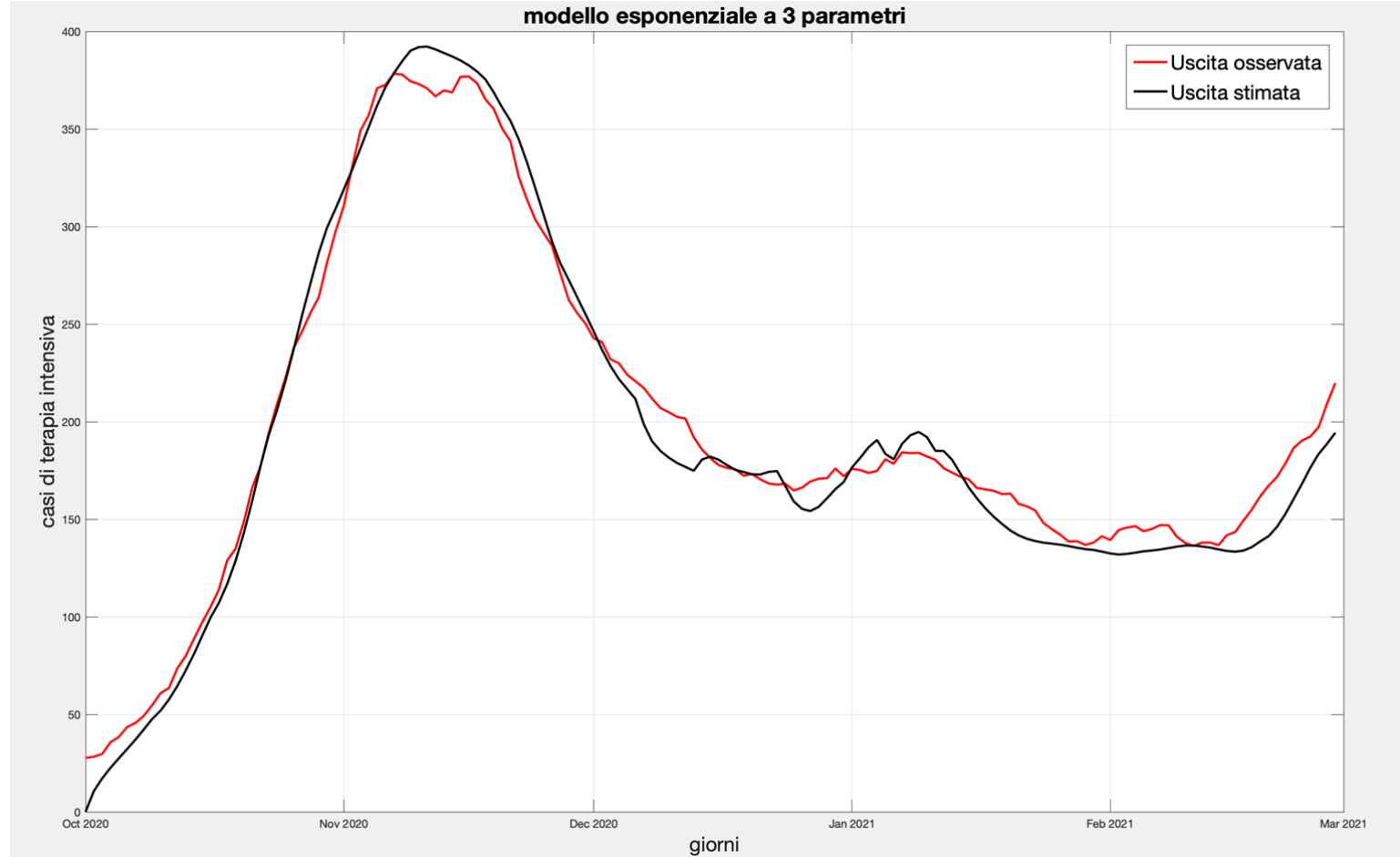
% creo la griglia dei valori da stimare mu, D, lambda
mu = linspace(0.01,0.02,100);
D = [0:3]';
lambda = linspace(0.2,0.5,100);
[gridMu, gridD, gridLambda] = meshgrid(mu, D, lambda);
gridParametri = [gridMu(:), gridD(:), gridLambda(:)];

% calcolo SSR per ogni combinazione di mu, D, lambda su griglia
SSR = zeros(size(gridParametri, 1), 1);
for i = 1:size(gridParametri, 1)
    SSR(i) = ssr(gridParametri(i,:), U, U_prev, Y);
end

% trovo SSR minimo e la combinazione di mu, D, lambda relativa
[minSSR, indexMinSSR] = min(SSR);
parametriStimati = gridParametri(indexMinSSR,:);
muStimato = parametriStimati(1);
DStimato = parametriStimati(2);
lambdaStimato = parametriStimati(3);
```

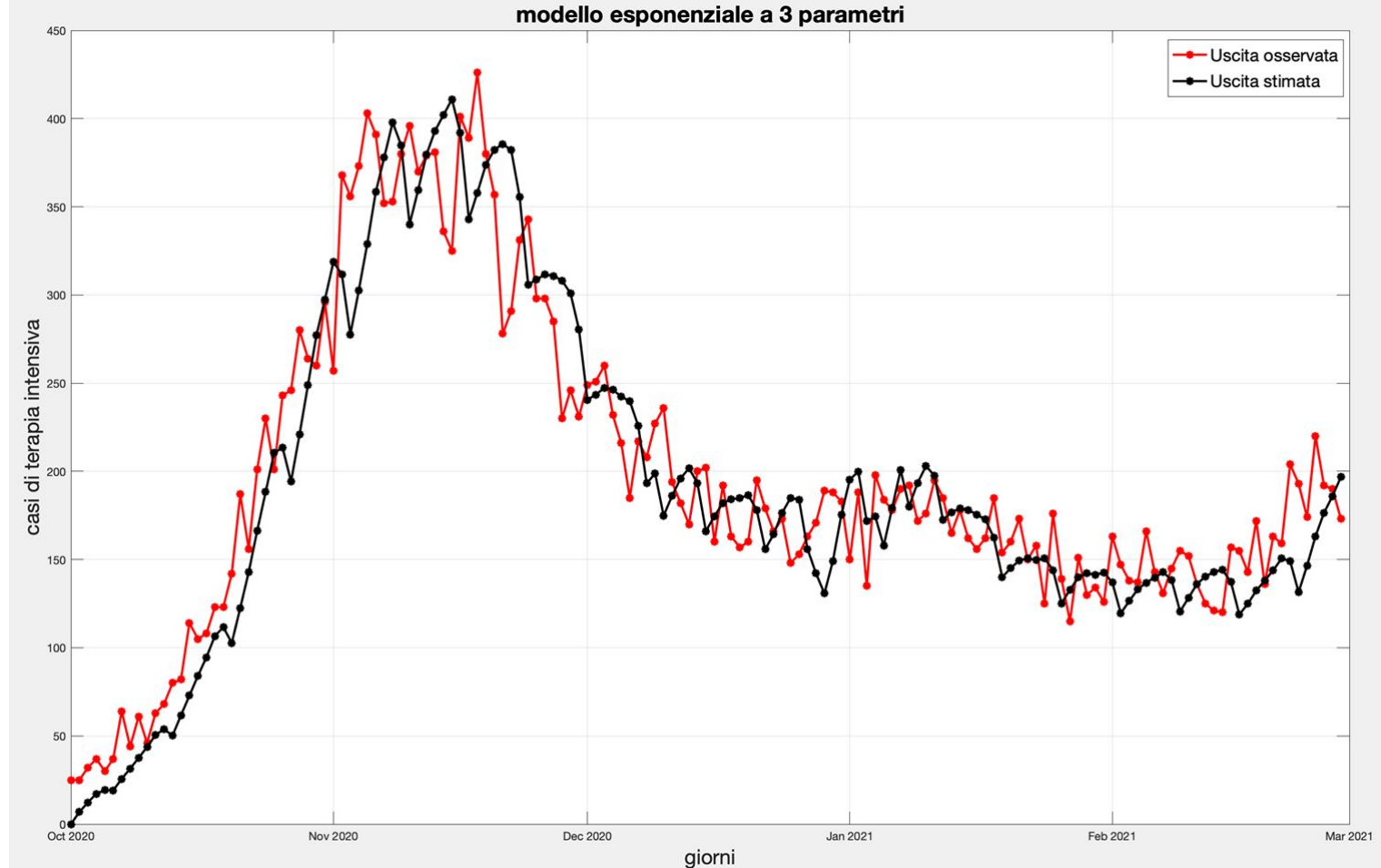
```
%% funzione modello a 3 parametri
function y = modello(parametri, U, U_prev)
    mu = parametri(1); % guadagno
    D = parametri(2); % ritardo puro
    lambda = parametri(3); % lambda
    Y_cap = zeros(length(U),1);
    l = length(U_prev)-length(U);
    U_delayed = circshift(U,D+1);
    U_delayed(1:D+1) = U_prev(l-D+1:l+1);
    for t = 1:length(U)
        for k = 1:t-D
            if((t-k)>0)
                Y_cap(t) = Y_cap(t) + (mu*lambda*exp(-lambda*k)*U_delayed(t-k));
            end
        end
    end
    y = Y_cap;
end
```

```
%% funzione che calcola SSR
function s = ssr(parametri, U, U_prev, Y)
    y = modello(parametri, U, U_prev);
    e = Y - y;
    s = e' * e;
end
```



## ANDAMENTO DEI RICOVERI MODELLO A TRE PARAMETRI

Rappresentazione dell'andamento dei ricoveri in terapia intensiva reale (in rosso) e stimato attraverso il modello a due parametri (in nero) utilizzando la media centrata in 7 giorni dell'ingresso e dell'uscita.



## ANDAMENTO DEI RICOVERI MODELLO A TRE PARAMETRI

Rappresentazione dell'andamento dei ricoveri in terapia intensiva reale giornalieri (in rosso) e stimato attraverso il modello a due parametri (in nero) utilizzando i casi giornalieri.

# PRESTAZIONI DEI MODELLI: FIT

---

```
%% funzione che calcola il FIT
function f=FIT(Y,yStimato)
    e = Y - yStimato;
    SSR = e' * e;
    e_tss = Y - mean(Y);
    TSS = e_tss' * e_tss;

    f = (1-sqrt(SSR/TSS))*100;

end
```

## RISULTATI:

- Modello a due parametri con ingresso media 7giorni: 84.6%
- Modello a due parametri: 24.9%
- Modello 3 parametri con ingresso media 7 giorni: 75.25%
- Modello a tre parametri: 66.45%