

---

# 수리생물학 학부연구생 Project

## SEIRD Model - 최종발표

---

201711105 권병근

# Index

01

Purpose

02

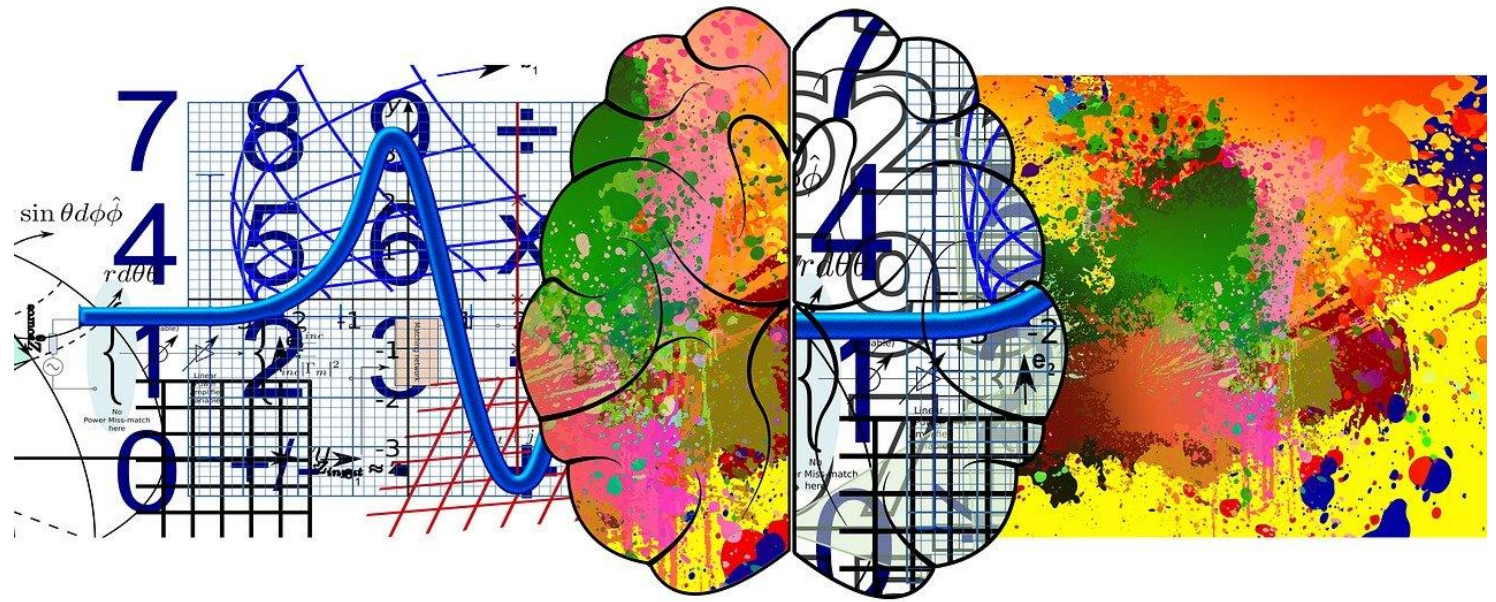
SEIRD Modeling

03

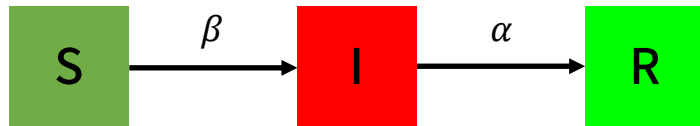
Data Fitting

04

Real Data



# 01 Purpose



$$S' = -\beta S I$$

$$I' = \beta S I - \gamma I$$

$$R' = \gamma I$$

# 01 Purpose

## 1000명 당 3.8명...코로나 잠복감염 심상치 않다

머니투데이 | 최태범 기자

## '잠복감염 이 정도일 줄이야'...5일만에 숨은 확진자 286명 찾았다

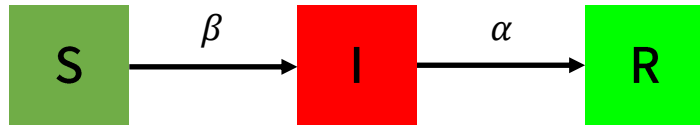
머니투데이 | 김건우 기자

Q 코로나19 바이러스의 잠복기는 어떻게 되나요?

A □ 코로나19의 잠복기는 1~14일 (평균 5~7일)이며, 증상 발생 1~3일 전부터 호흡기 검체에서 바이러스가 검출됩니다.



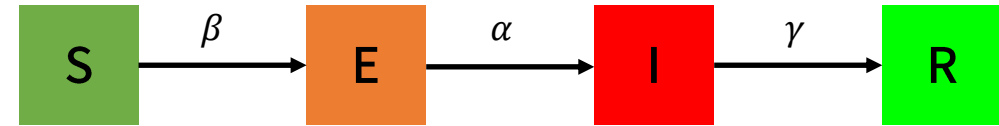
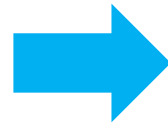
# 01 Purpose



$$S' = -\beta S I$$

$$I' = \beta S I - \gamma I$$

$$R' = \gamma I$$



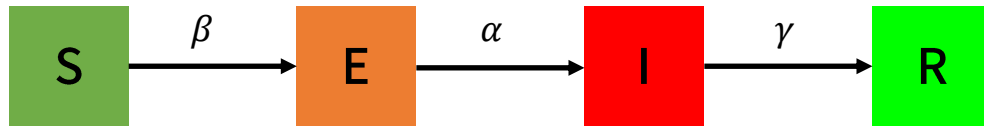
$$S' = -\beta S I$$

$$E' = \beta S I - \alpha E$$

$$I' = \alpha E - \gamma I$$

$$R' = \gamma I$$

# 01 Purpose



$$S' = -\beta S I$$

$$E' = \beta S I - \alpha E$$

$$I' = \alpha E - \gamma I$$

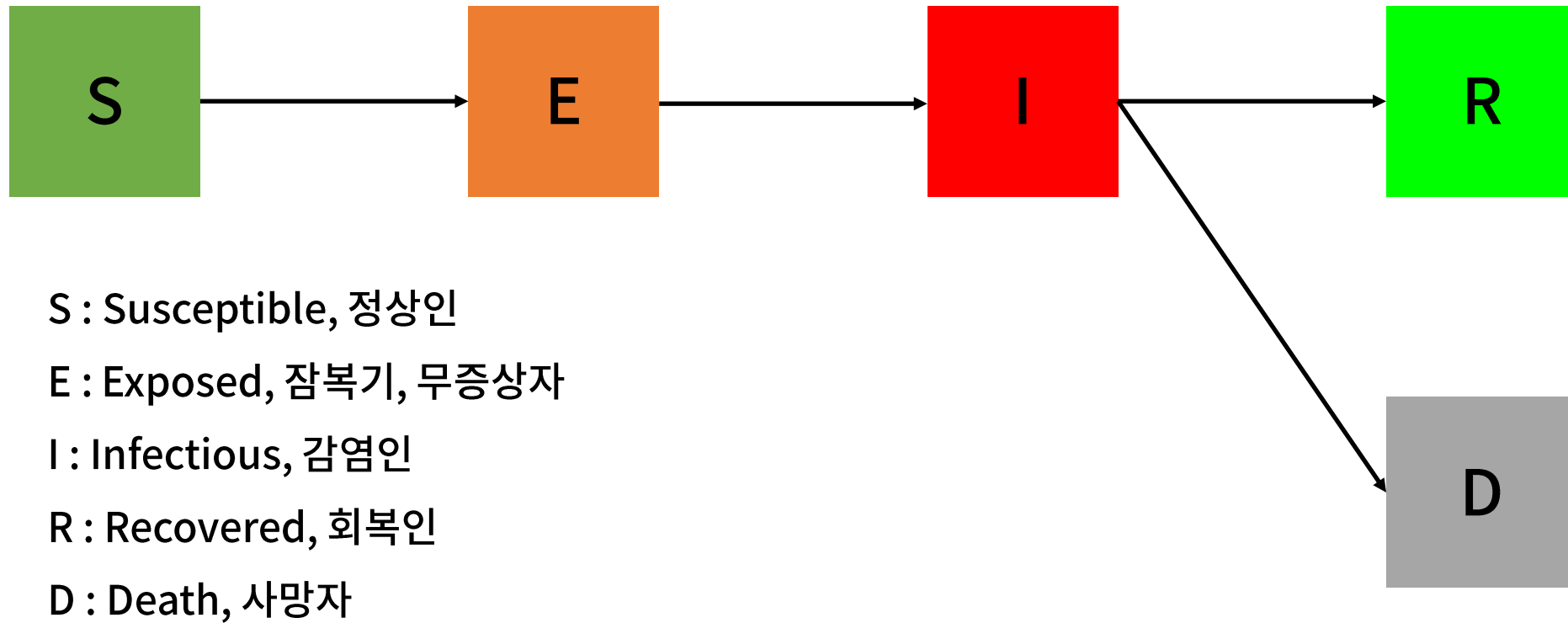
$$R' = \gamma I$$

사망자가 없다는 가정의 모델

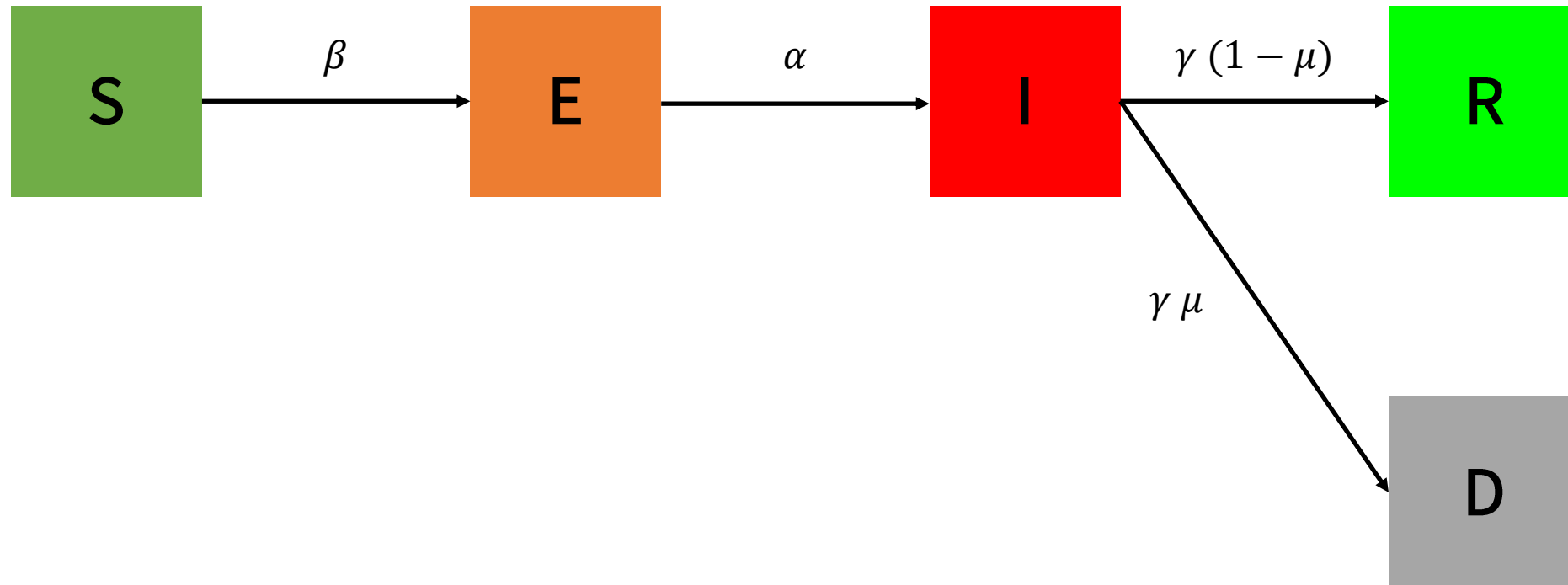
감염(I) 이후 전원 회복(R)이 아닌 사망자가 있다는 가정

최종적으로 실제 데이터에 적용을 해서 각 Parameter 들을 찾아내는 것이 목표

## 02 Modeling



## 02 Modeling





## 02 Modeling

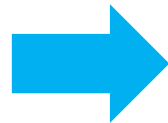
$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t)$$

$$\frac{dE(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) - \alpha E(t)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \alpha E(t) - \gamma I(t)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma (1 - \mu) I(t)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = \gamma \mu I(t)$$



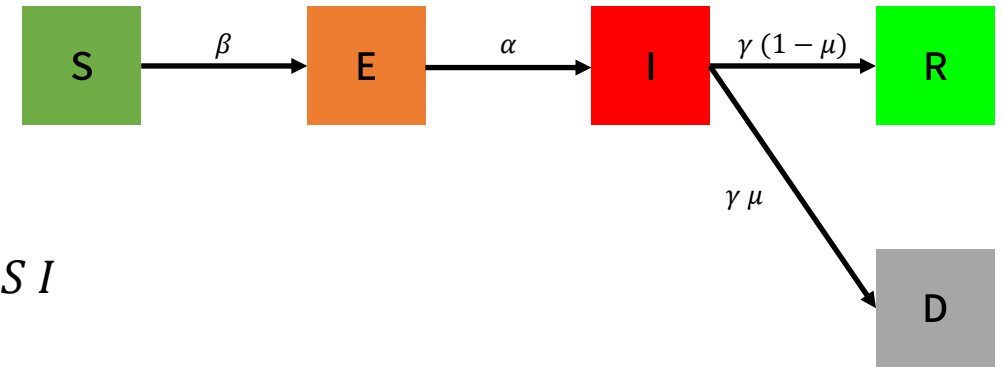
$$S' = -\beta S I$$

$$E' = \beta S I - \alpha E$$

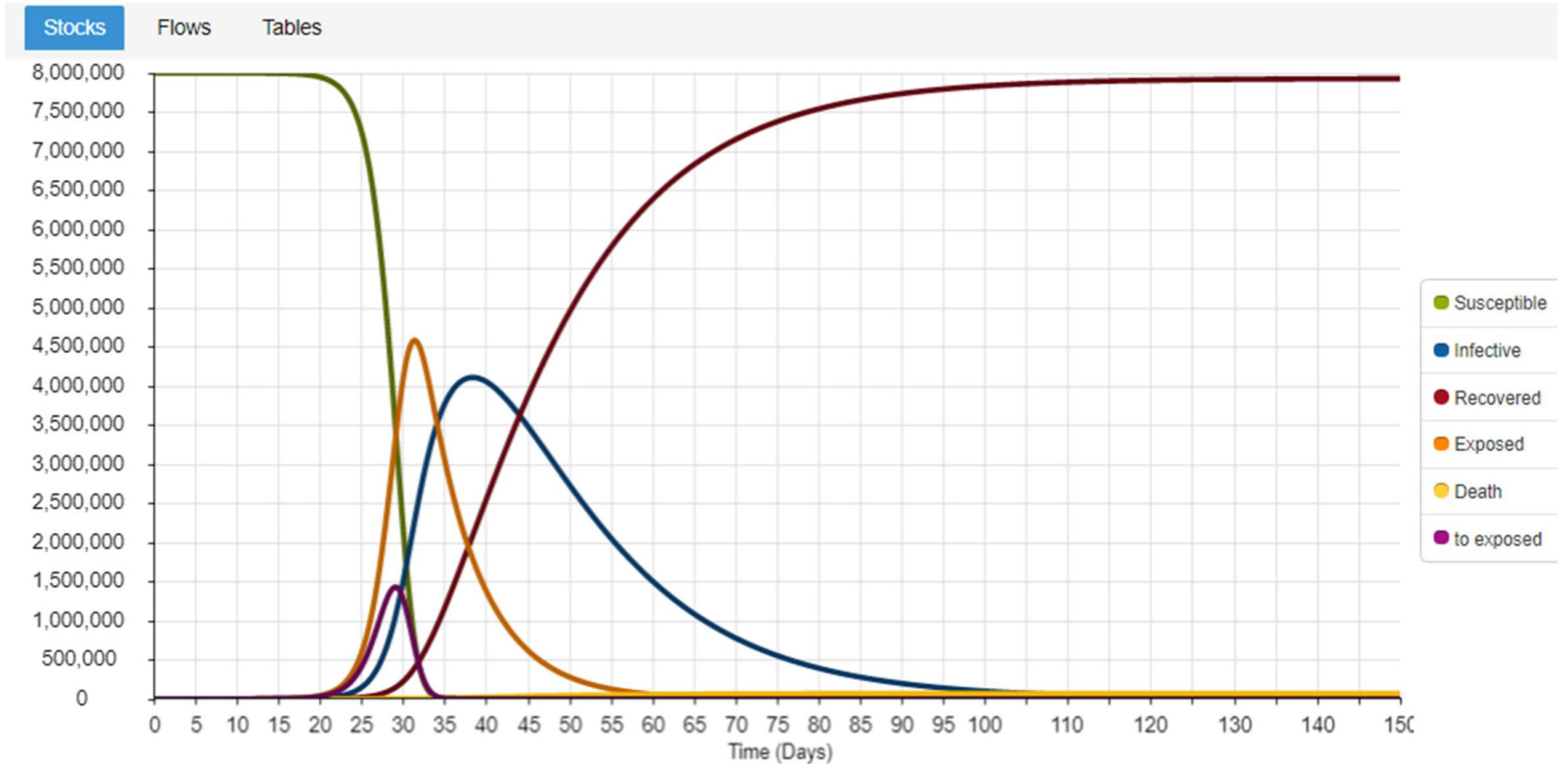
$$I' = \alpha E - \gamma I$$

$$R' = \gamma (1 - \mu) I$$

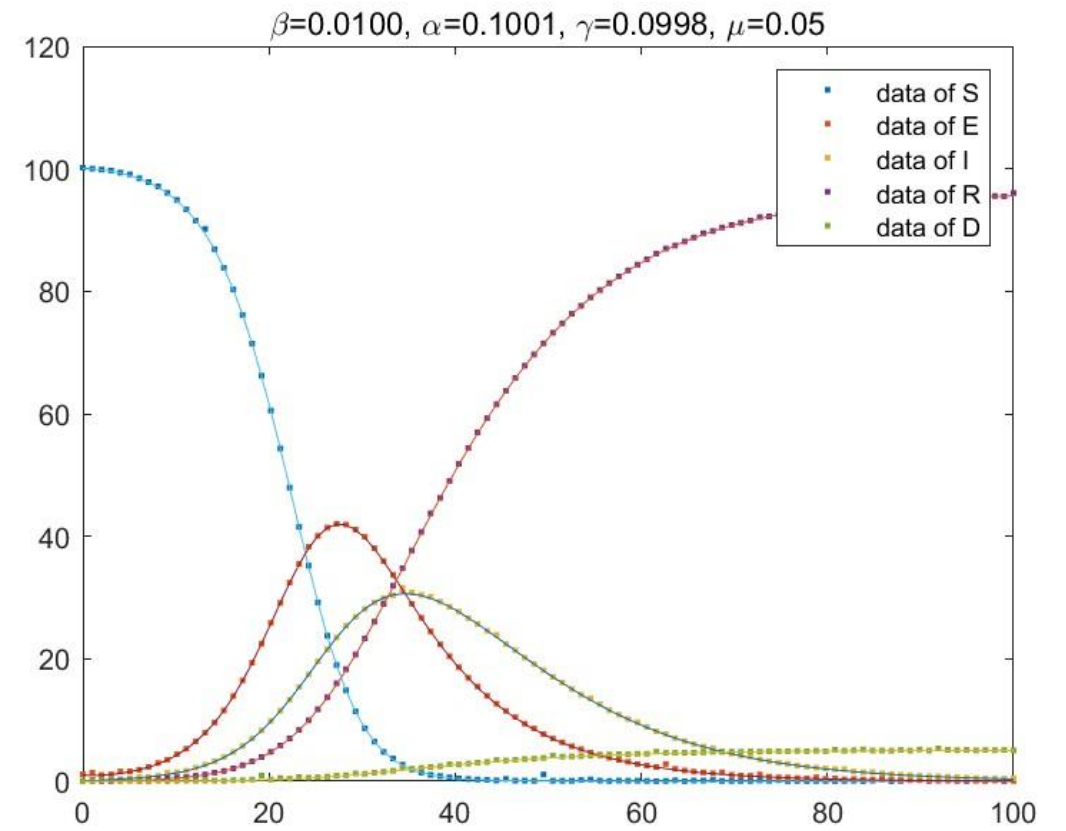
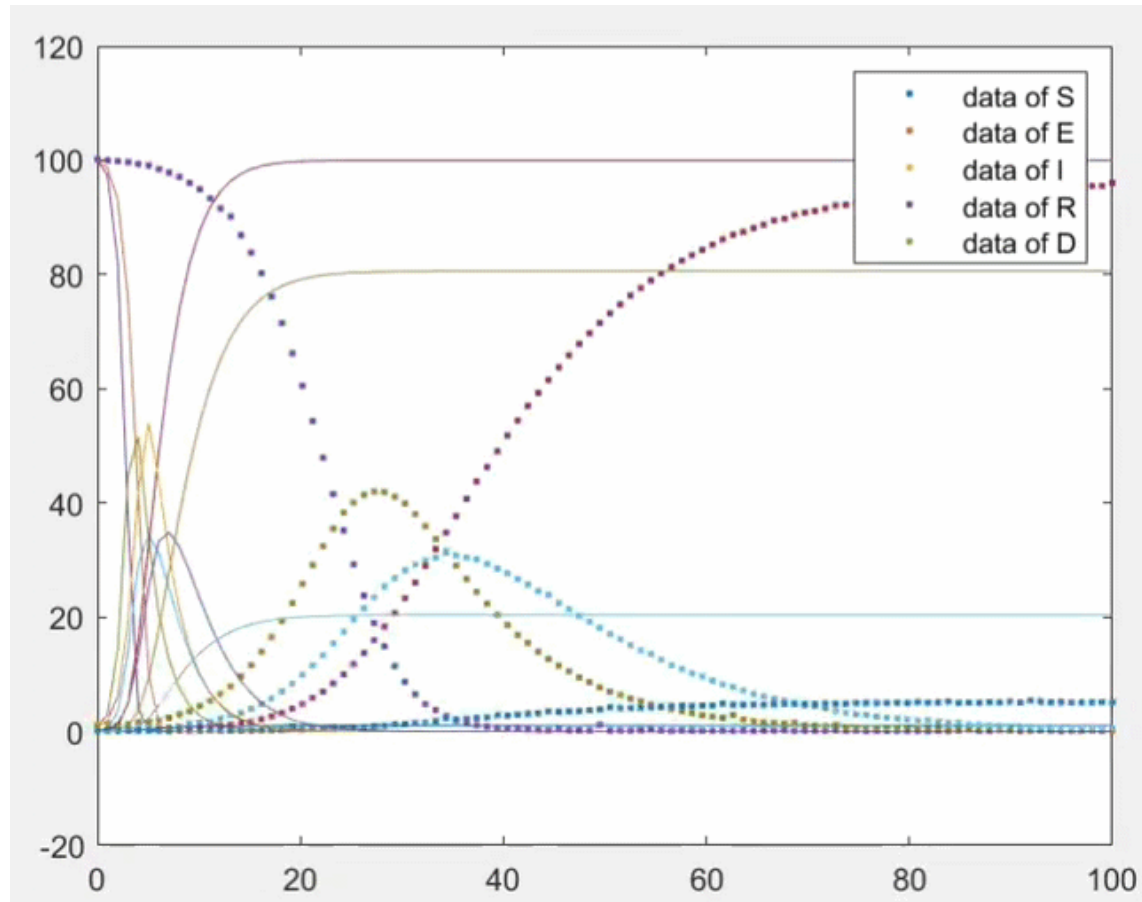
$$D' = \gamma \mu I$$



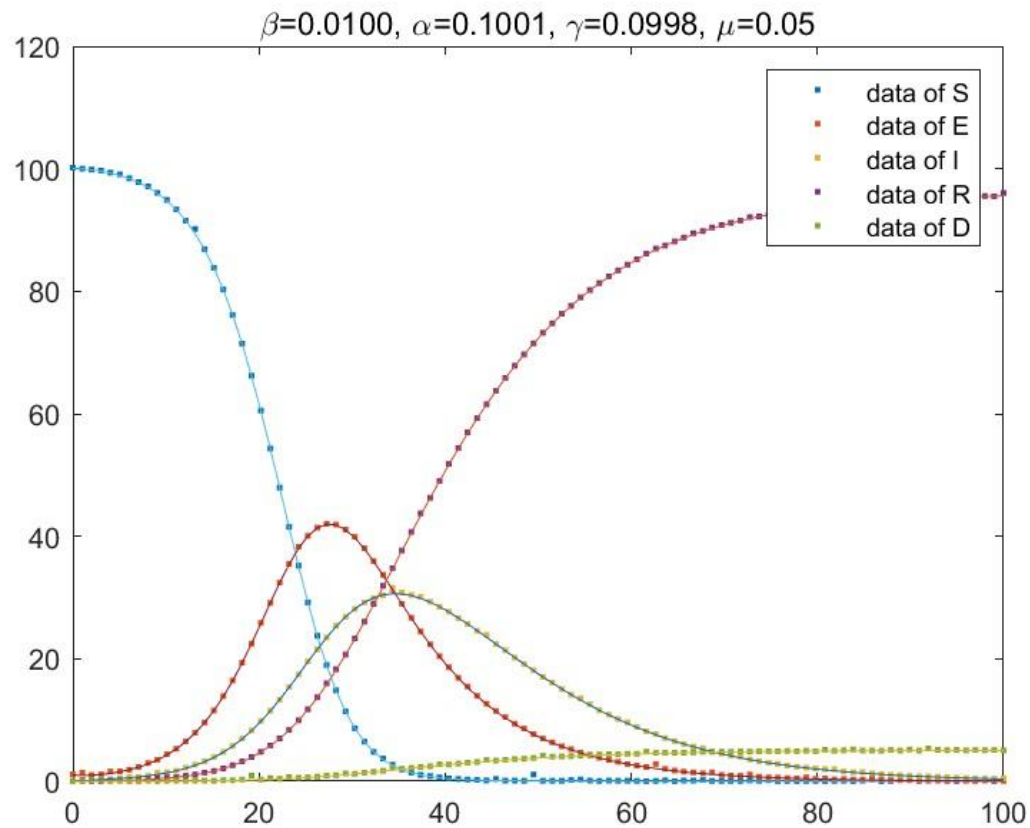
## 03 Data Fitting



# 03 Data Fitting



## 03 Data Fitting



$$S' = -0.0100 \times S I$$

$$E' = 0.0100 \times S I - 0.1001 \times E$$

$$I' = 0.1001 E - 0.0998 I$$

$$R' = 0.0998 \times (1 - 0.05) \times I$$

$$D' = 0.0998 \times 0.05 \times I$$

## 03 Data Fitting

사망률  $\mu = 0.05 = 5\%$

687,307,634  
(+1,261)  
확진자

6,894,536  
(+14)  
사망자

전 세계  
619,741,232  
(+2,863)  
격리해제

1.00%  
치명률

230  
(-)  
발생국

실제 사망률 1%  
한국 사망률 0.11%

32,653,512  
(-)  
확진자

35,164  
(-)  
사망자

대한민국  
129  
(-)  
위중증

969,524  
(-)  
격리해제

0.11%  
치명률

차이가 나는 이유

▶ 실제로는 자연발생과 자연사하는 경우, 백신 접종, 재감염의 경우 등 다양한 다른 변수들이 작용하기 때문에 사망률이 높게 나오는 것으로 생각합니다

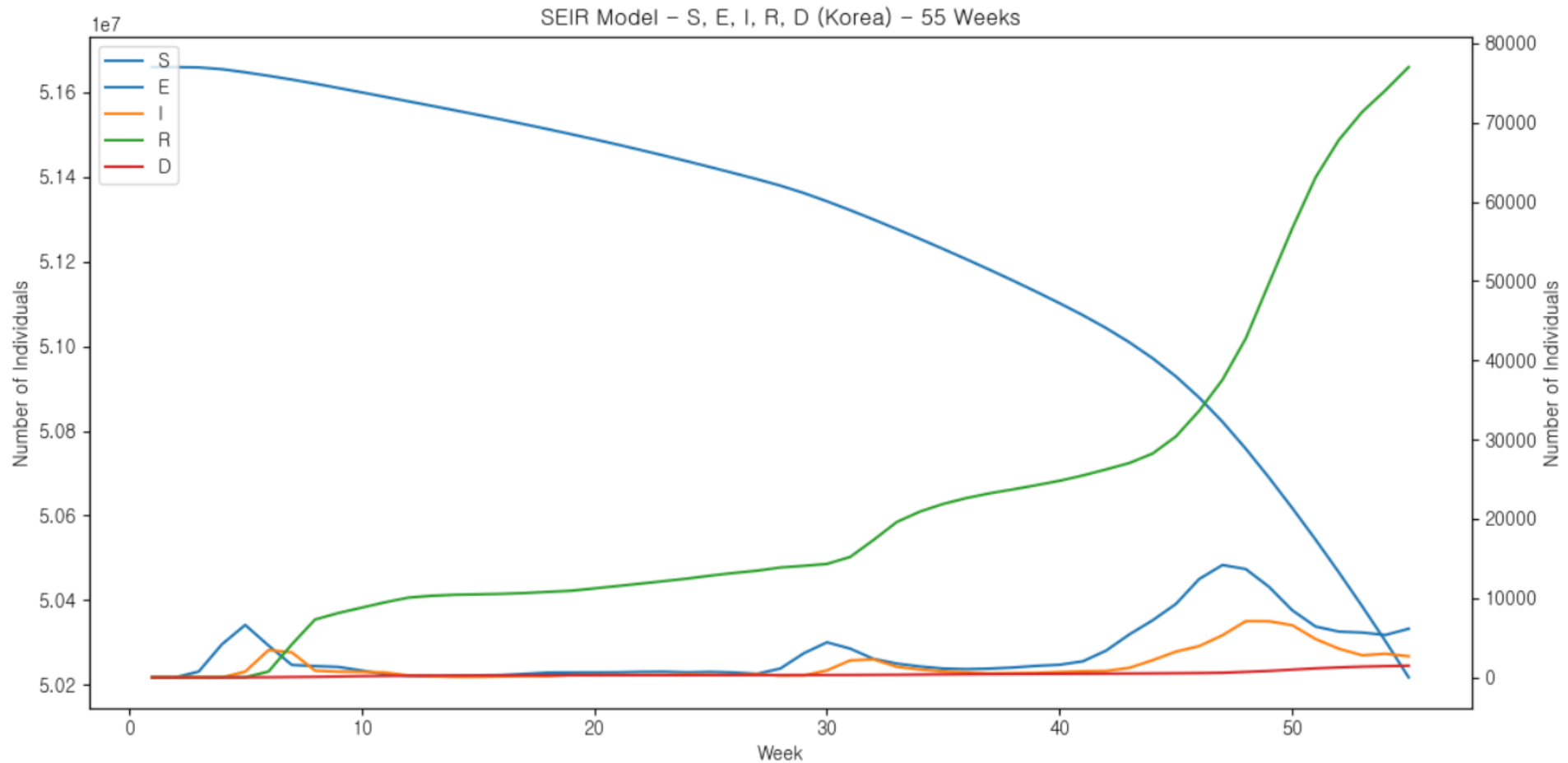
## 04 Real Data

현재 상황 : 모델링을 진행하고 Data Fitting 을 하면서 사용했던 데이터들은 논문에서 가져 온 것

실제 데이터에 활용을 해보기 위해 데이터 수집

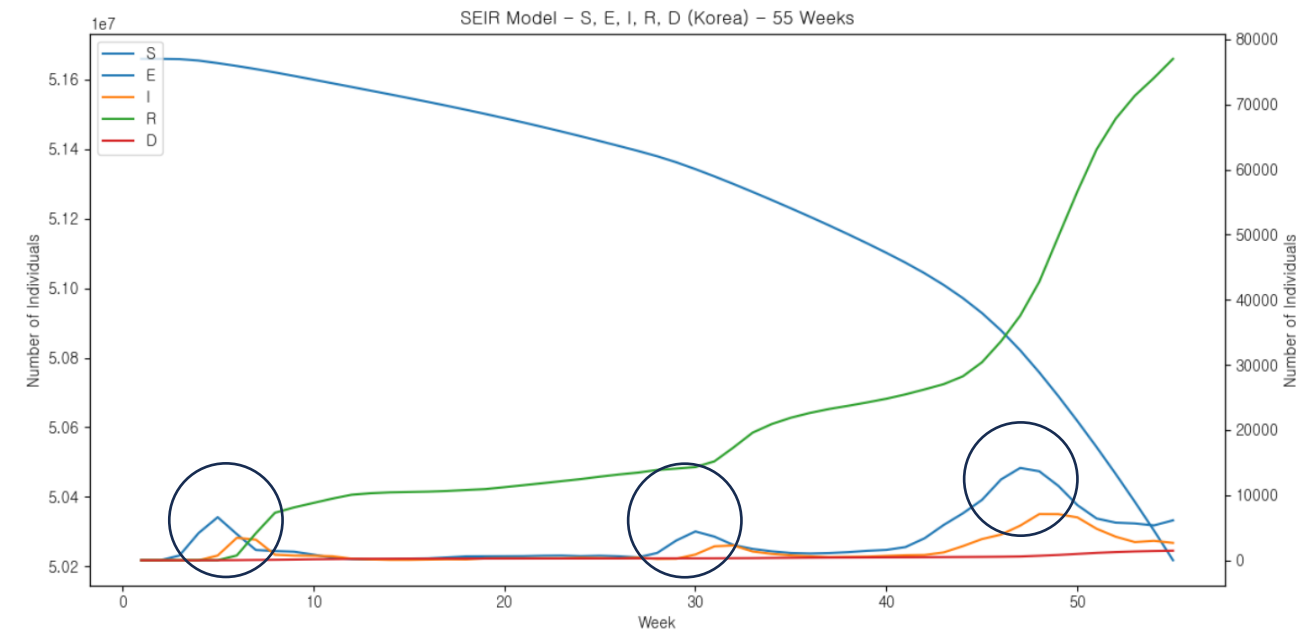
질병 관리청에서 제공하는 우리나라의 COVID-19 실제 확진자와 사망자의 데이터와  
행정안전부에서 제공하는 주민등록 인구 현황 데이터를 가지고  
실제 S, E, I, R, D의 데이터를 만들고 그 데이터를 이용하여 파라미터 추정 해보기

## 04 Real Data



최초 관측 시점인 1월 20일부터 최초 예방접종시기인 55주까지의 데이터 수집

## 04 Real Data



$$S' = -\beta S I$$

$$E' = \beta S I - \alpha E$$

$$I' = \alpha E - \gamma I$$

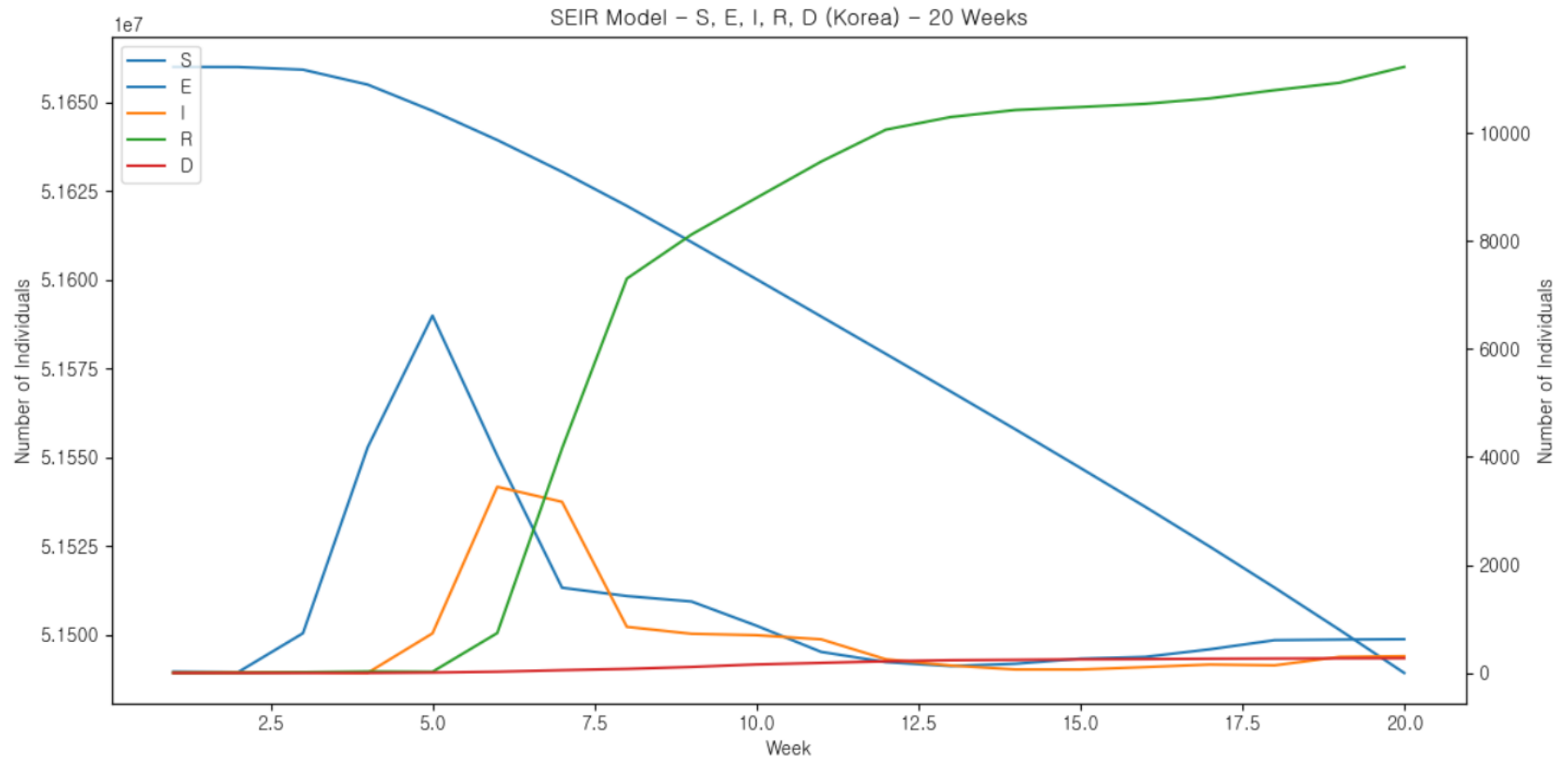
$$R' = \gamma (1 - \mu) I$$

$$D' = \gamma \mu I$$

E와 I가 2번 이상 올라가고 내려오는 패턴을 보여주면 데이터와 모델 간의 불일치를 나타낼 수 있다.



## 04 Real Data



한번만 변동이 일어나는 시점인 20주(1차 재난 지원금) 시점으로 Fix

## Parameter Estimation in Python

### Python의 Scipy 모듈 사용

### Minimize 함수에서 Nelder- Method 사용

Index	Initial Value
S	51,659,973
E	24
I	3
R	0
D	0

```
# ODEs
def model(y, t, beta, alpha, gamma, mu):
    S, E, I, R, D = y
    dSdt = -beta * S * E
    dEdt = -alpha * E + beta * S * E
    dIdt = alpha * E - gamma * I
    dRdt = gamma * (1 - mu) * I
    dDdt = gamma * mu * I
    return [dSdt, dEdt, dIdt, dRdt, dDdt]

# Error function
def loss(params, data, times):
    beta, alpha, gamma, mu = params
    y0 = data.iloc[0, 1:6].values
    ode_sol = odeint(model, y0, times, args=(beta, alpha, gamma, mu))
    diff = ode_sol[:, 2:5] - data.iloc[:, 3:6].values
    return np.sum(diff**2)

# Time value
times = data['week']

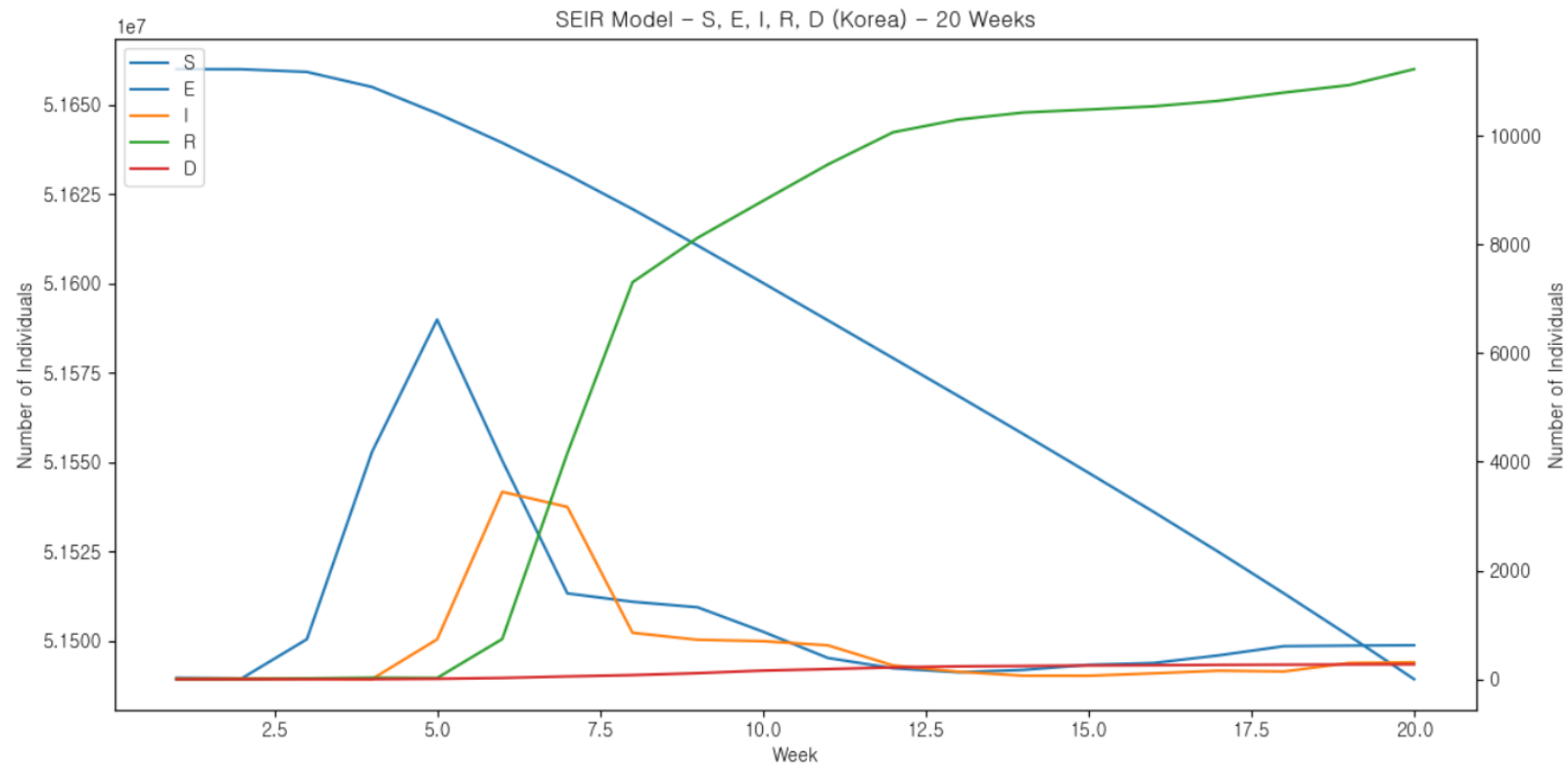
# Initial parameter value
initial_beta = 0.1
initial_alpha = 0.1
initial_gamma = 0.1
initial_mu = 0.1
initial_params = [initial_beta, initial_alpha, initial_gamma, initial_mu]

# Optimization
result = minimize(loss, initial_params, args=(data, times), method='Nelder-Mead')

# Estimating parameter
estimated_params = result.x
print(i, "주차")
print("Estimated Parameters:", estimated_params)

# Parameter, R0
beta, alpha, gamma, mu = estimated_params
R0 = beta / gamma
```

## 04 Real Data



Parameter	Value
$\beta$	2.78577
$\alpha$	0.00001
$\gamma$	1.37404
$\mu$	0.002275

$$R_0 = 2.0274$$

### Result

Parameter	Value
$\beta$	2.78577
$\alpha$	0.00001
$\gamma$	1.37404
$\mu$	0.002275

$$R_0 = 2.0274$$

$R_0$  가 2.0274로 한명의 감염자가 2.02명의 비감염자를 감염인으로 만든다는 것을 의미한다

또한 1이상이므로 전염병이 성황을 이룰 가능성이 높다.

사망률인  $\mu$  는 0.002275 로 0.2275% 이다.

이는 감염자 대비 사망률이 0.2275% 임을 알 수 있다.

# Reference

(SEIRD Model) <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/15/5162>,  
**SEIRD COVID-19 Formal Characterization and Model Comparison Validation,**  
**Pau Fonseca i Casas, Víctor García i Carrasco, Joan Garcia i Subirana**

(COVID-19 현황판) <https://coronaboard.kr/>

(뉴스 기사) <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2020121617211892806&type=1>  
<https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2020121916422925685&type=1>

(질병 관리청, Q&A) <https://ncv.kdca.go.kr/menu.es?mid=a30104000000>

(COVID-19 우리나라 데이터) <https://ncov.kdca.go.kr/>

(주민등록 인구 현황) <https://jumin.mois.go.kr/index.jsp#>

