



به نام خدا

مکسازي هاي ديناميكي

سويي رستي

اهداف کارگاه

آشنایی با مبانی و مفاهیم مدلسازی دینامیکی در بیماری های عفونی

آشنایی با مراحل انجام مدلسازی دینامیکی

آشنایی با نرم افزار ونسیم

شیوه طراحی مدل ها در نرم افزار ونسیم

اجرای مدل های مختلف در نرم افزار ونسیم

بررسی تحلیل حساسیت و کالیبریشن در مدل و تفسیر آن

بخش اول: آشنایی با مبانی و مفاهیم مدرسان در برنامه‌ریزی
در بیمارستان‌ها و عفون‌ها

بخش دوم: آشنایی با مراحل انجام مدرّس ساز و دینامیک

مدل های دیترمینستیک یا جبری

- (الف) مدل های استاتیک و یا ایستا: سیستم پایا یا استاتیک، سیستمی است که خروجی آن به زمان بستگی ندارد و خروجی سیستم استاتیک در هر لحظه از زمان، صرفا تابعی از مقدار ورودی در آن لحظه است.
- (ب) مدل های دینامیک یا پویا: به وضعیتی گفته می شود که متغیری در طی زمان تغییر نماید مثلا وزن انسان از بدو تولد مرتبا ازدیاد پیدا می کند، دانش انسان در اثر مطالعه مرتبا فزونی می یابد، جنین در رحم مادر و پس از شکل گیری مرتبا رشد می کند.

کاربرد مدل های دینامیکی

- برآورد بروز، شیوع، مرگ و میر، مداخلات و سیاست گذاری ها
- برآورد نرخ رشد جمعیت، حیوانات، امکانات بهداشتی و بیمارستانی . . .
- در صنعت دارو
- سیستم های بانکی
- حتی برای چرخش زمین

بغترسوم: آشنایر با نرم افزار ونسیم

Vensim

- ونسیم بعنوان یک ابزار توانمند درمدلسازی، برای شبیه سازی، تجزیه وتحلیل مدل های سیستم دینامیکی استفاده می شود.
- این نرم افزار یک شیوه انعطاف پذیر وساده را برای شبیه سازی مدل های دینامیکی ازطریق نمودار علی ومعلولی و نمودار جریان مدل را فراهم می کند و بوسیله ارتباط بین متغیر های سیستم رفتار مدل را در طول زمان مورد بررسی قرار داد.

ورژن های مختلف نرم افزار ونسیم

Vensim PLE

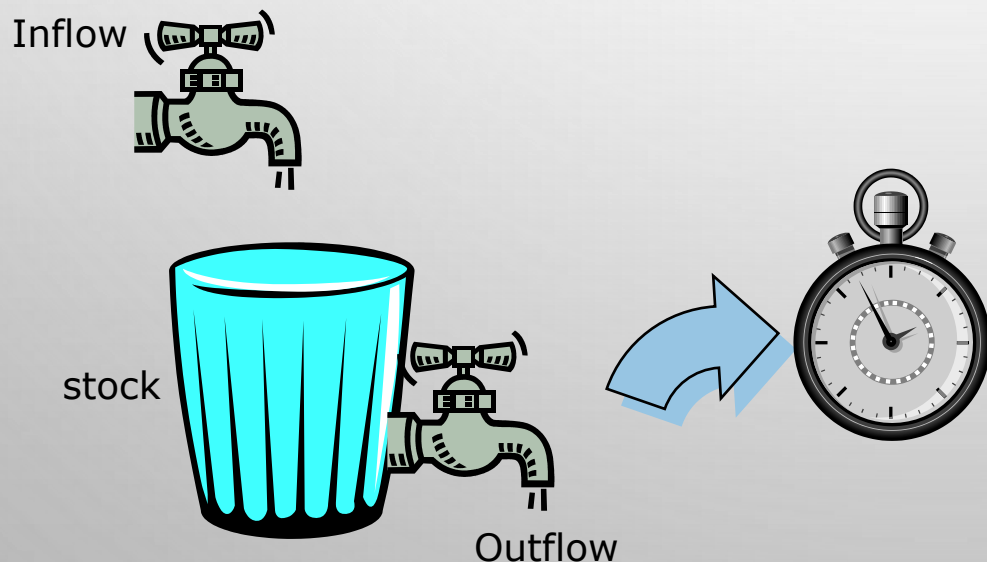
Vensim DSS

• معرفی گزینه های نرم افزار ونیسم

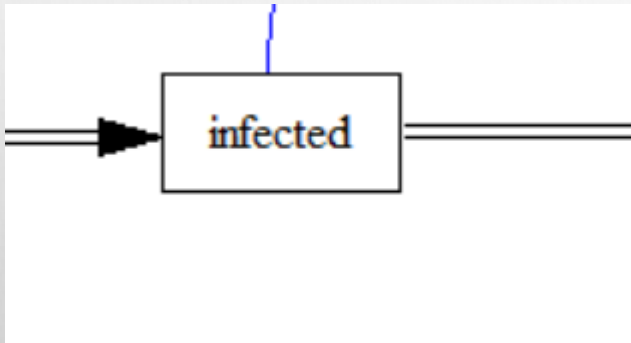
بخش چهارم: شیوه طراحی مدل ها در نرم افزار ونسیم

انواع متغیر ها

- سطح و جریان (stock & flow): متغیرهای سطح، نشان دهنده تجمیع منابع و یا مقادیری است که منعکس کننده وضعیت سیستم می باشد. بعنوان مثال جمعیت کشور در مقطع خاصی از زمان نوعی متغیر سطح است. متغیر جریان بازگوکننده تغییر در متغیر سطح در بازه ای از زمان می باشد و می تواند باعث کاهش یا افزایش آن سطح گردد.



- متغیر سطح یا حالت (stock - level)



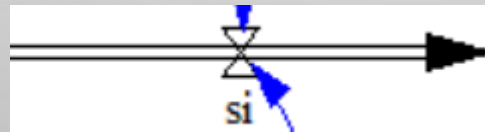
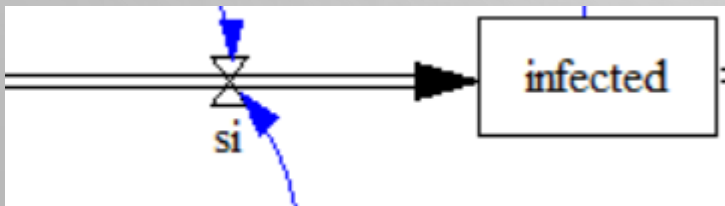
- انباشت یا تجميع يك جريان در طول زمان را نشان ميدهند
- متغيرهاي سطح را ميتوان در هر نقطه از زمان اندازه گيري كرد
- مانند مجودي حساب بانكي يا ميزان آب موجود در يك مخزن
- وقتي زمان متوقف مي شود، مقدار آن تعيين مي شود.
- در dt ، متغير نرخ آن را تغيير مي دهد.



- متغیر حالت را متغیر انباشت میگویند
- در ریاضی انباشت را با انتگرال محاسبه میکنند
- یک سیستم دینامیکی یک دستگاه معادلات دیفرانسیل است که مرتبه آن به تعداد متغیرهای حالت بر میگردد

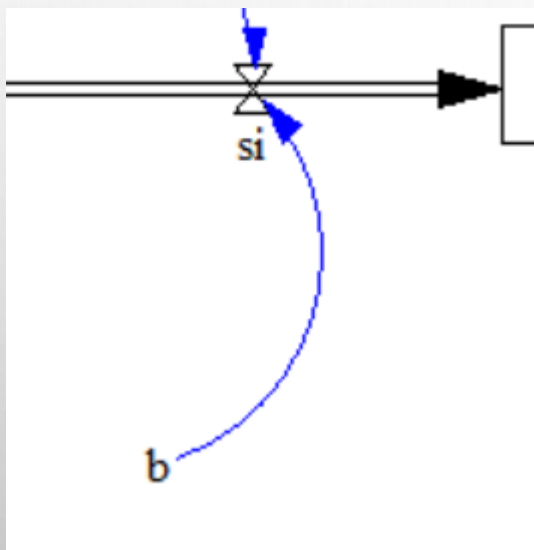
متغیر RATE یا نرخ

- در یک سیستم همان متغیرهای تصمیم هستند که توسط ساختار سیاست ها و استراتژی های سیستم تعیین میشوند.
- متغیرهای نرخ به صورت جریان های ورودی و خروجی یک متغیر حالت هستند پس تصمیمی که در قالب متغیرهای نرخ اتخاذ میشود متغیرهای سطح را تحت تاثیر قرار میدهد، مانند نرخ واریز و برداشت از حساب بانکی
- متغیرهای نرخ باید در یک واحد زمانی باشند مثلا نرخ ورودی به حساب در یک ماه یا نرخ ورود به بیمارستان در یک روز



- در dt مقدار دارند.
- وقتی زمان متوقف می شود، مقدار ندارند.

متغیر کمکی



- مقدارش مستقل از سایر متغیرها می باشد.
- فراوان ترین نوع متغیر به کاررفته در مدل ها است.
- بین متغیر نرخ و سطح ارتباط ایجاد می کند.
- این متغیرها از لحاظ تئوری اختیاری هستند
- این متغیرها کمک میکنند که مدلها قابل فهم تر باشند

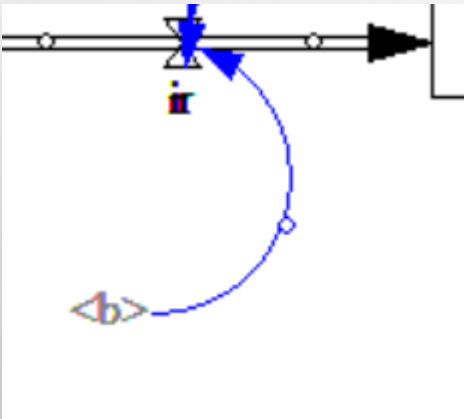
متغیرهای سایه

❑ متغیرهای سایه متغیرهایی هستند که در جای دیگری تعریف شدند.

❑ هیچ پیکانی وارد متغیرهای سایه نمی شود ولی می تواند از آن ها خارج شود

❑ برای کم کردن شلوغی و افزایش وضوح مدل مفید هستند.

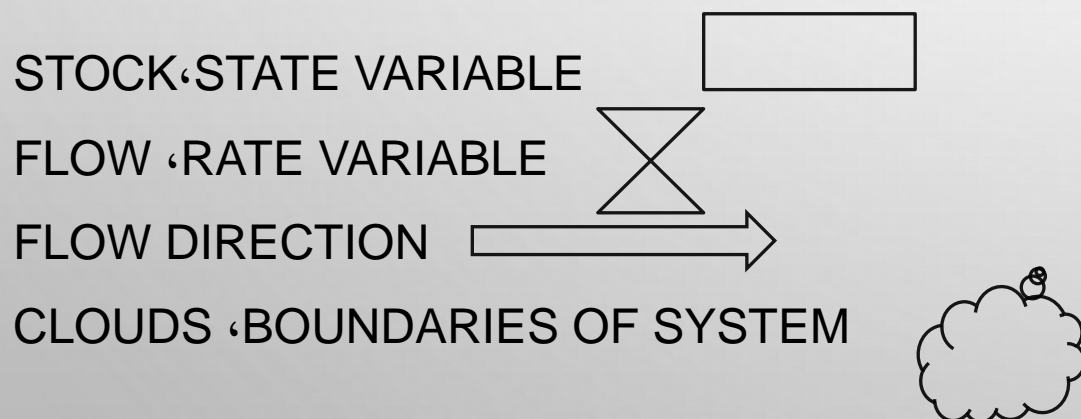
❑ متغیرهای سایه در طرح بین علامت $\langle \rangle$ قرار می گیرد.



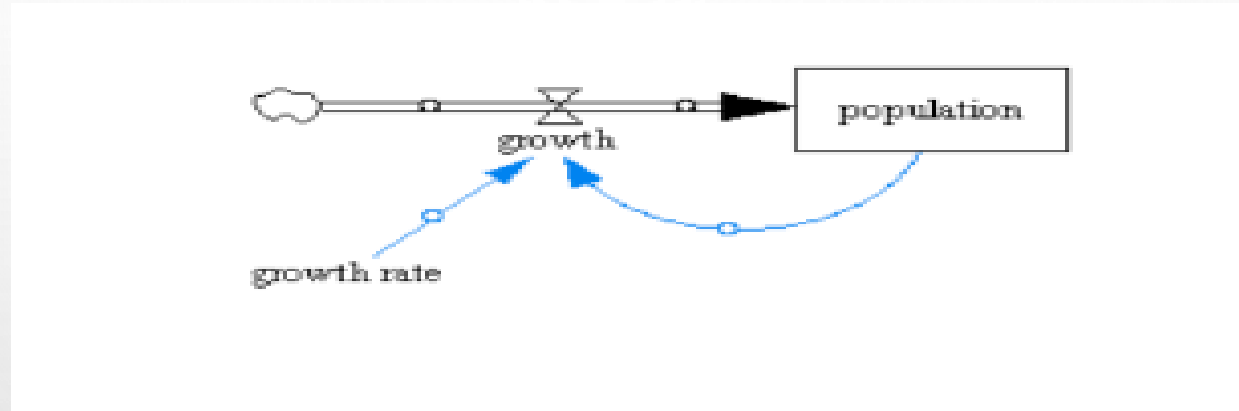
نمودار جریان (FLOW DIAGRAMS)

نمودار جریان امکان درک یک فرآیند یا برنامه را به همراه ارتباط بین عناصر آن در ساده ترین شکل، ممکن می سازد.

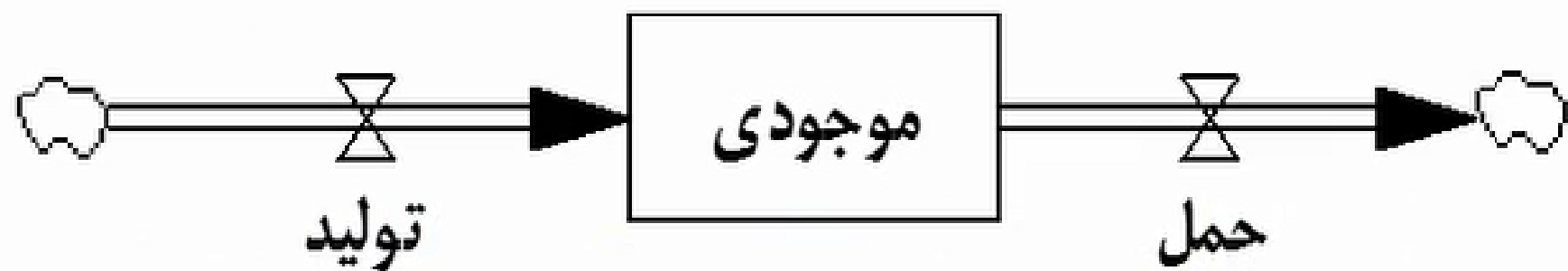
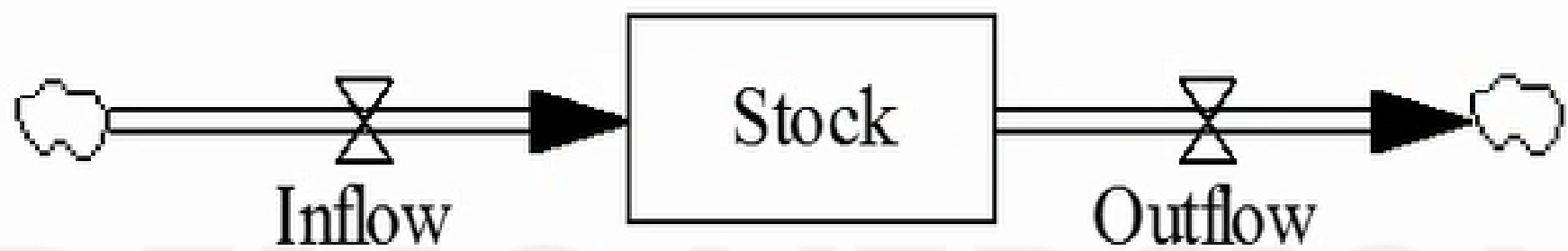
اجزای نمودار جریان :

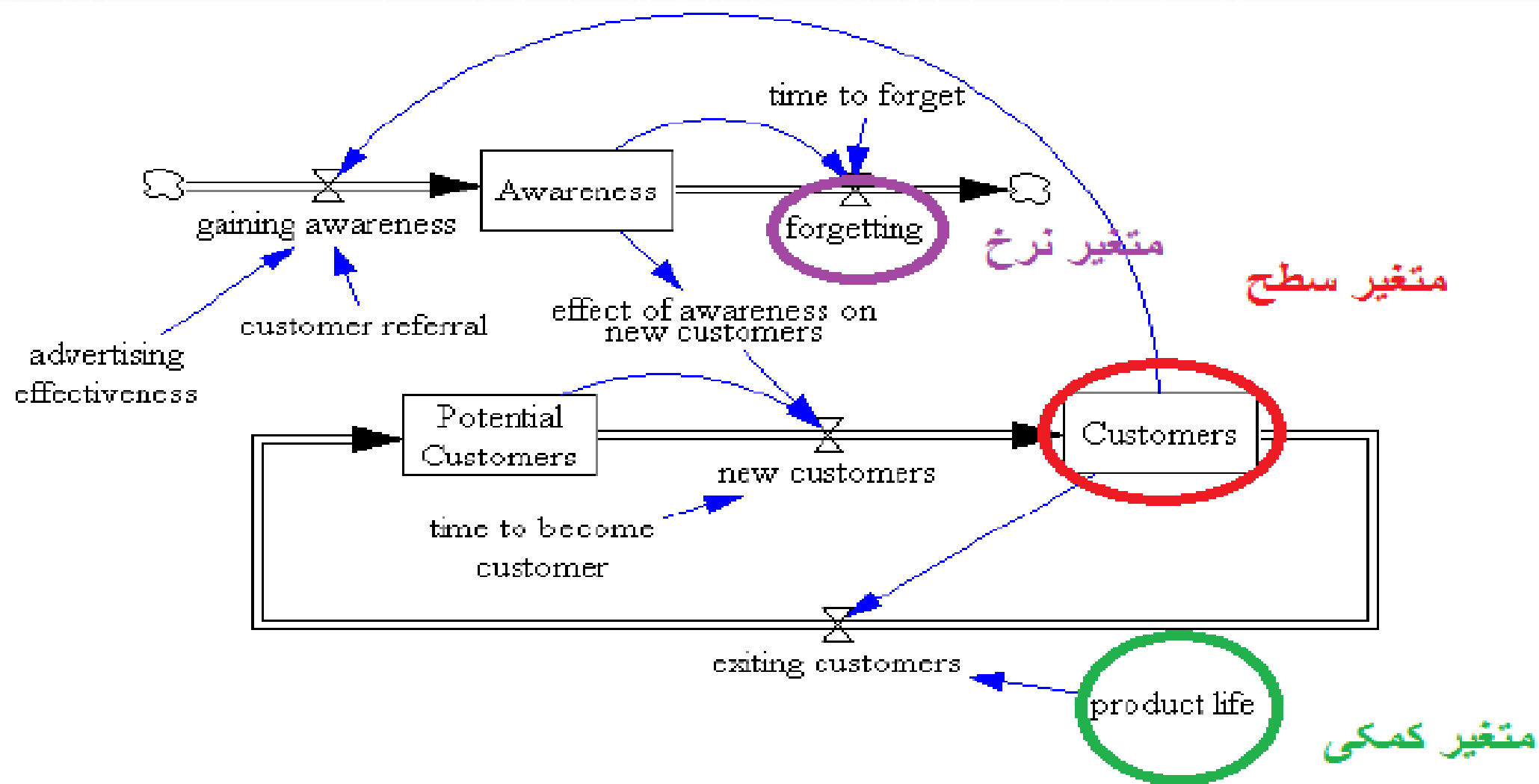


نمودار جریان (ادامه)



- هر نمودار جریان معادل است با یک معادله دیفرانسیل.
- تعداد معادلات دیفرانسیل برابر با تعداد متغیرها است.





STOCK & FLOW مفهوم ریاضی



Integral equation

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflow(s) - Outflow(s)] ds + Stock(t_0)$$

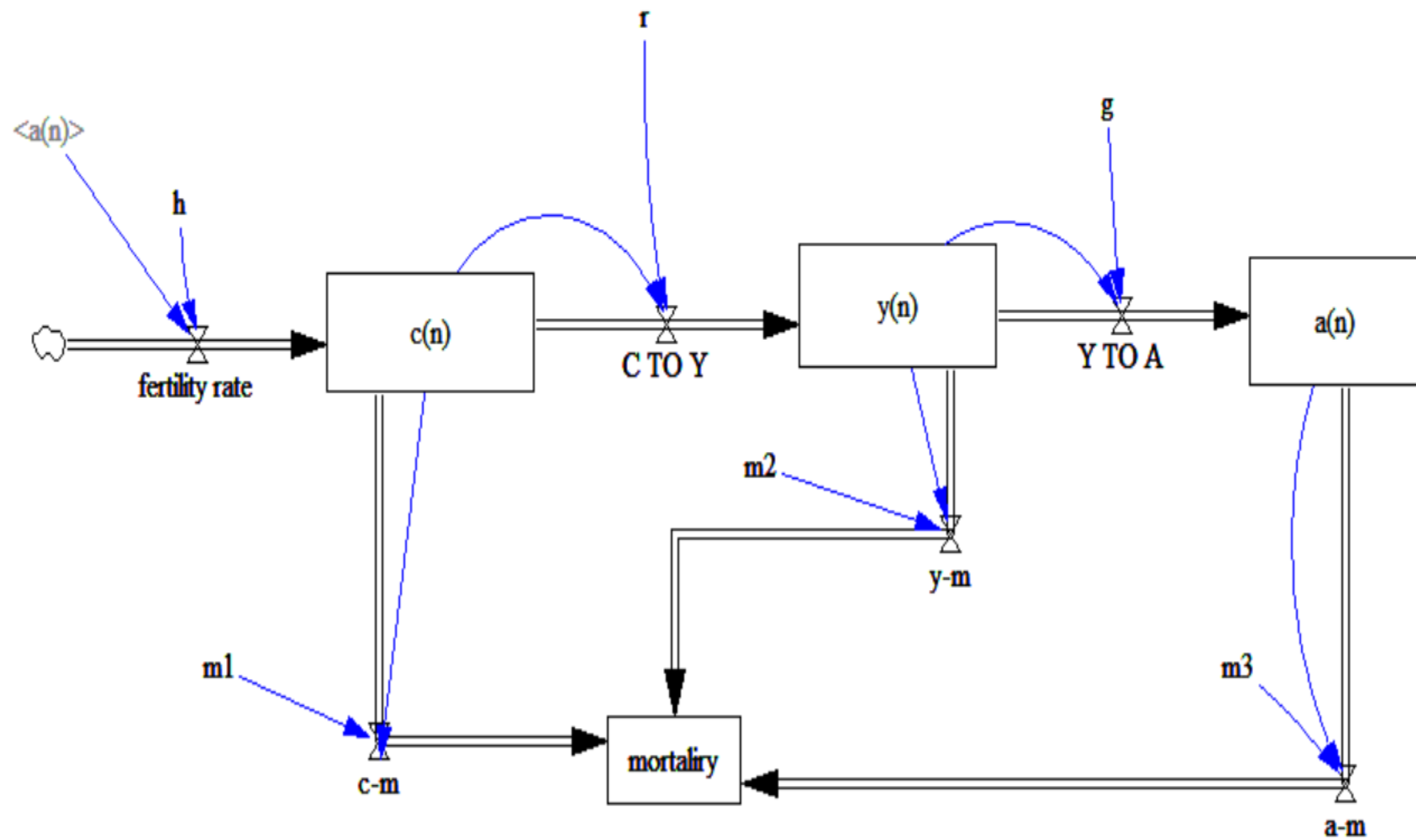
Differential equation

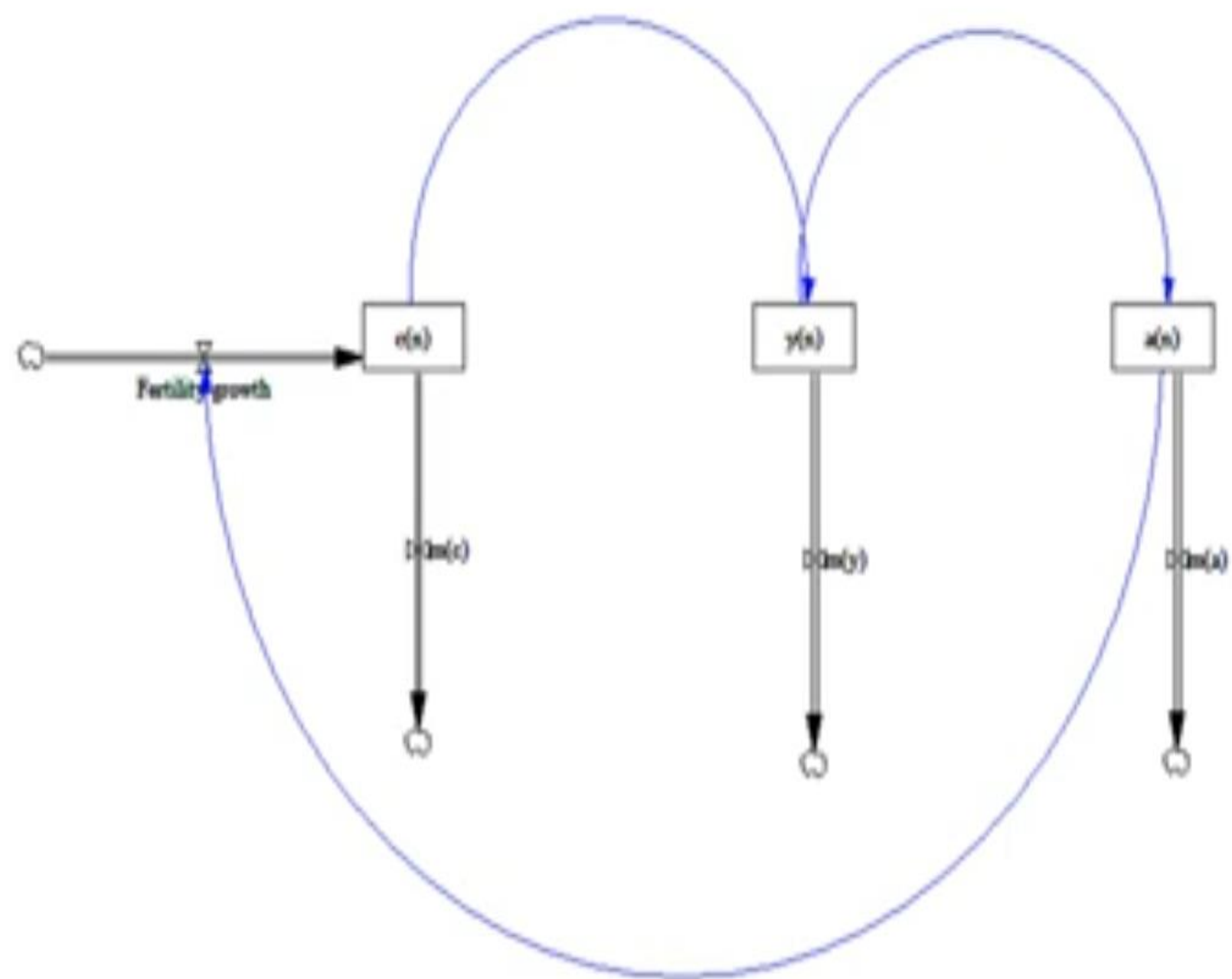


بغیرینجم: اجراءرمدل هارمختلف در نرم افزارونسیم

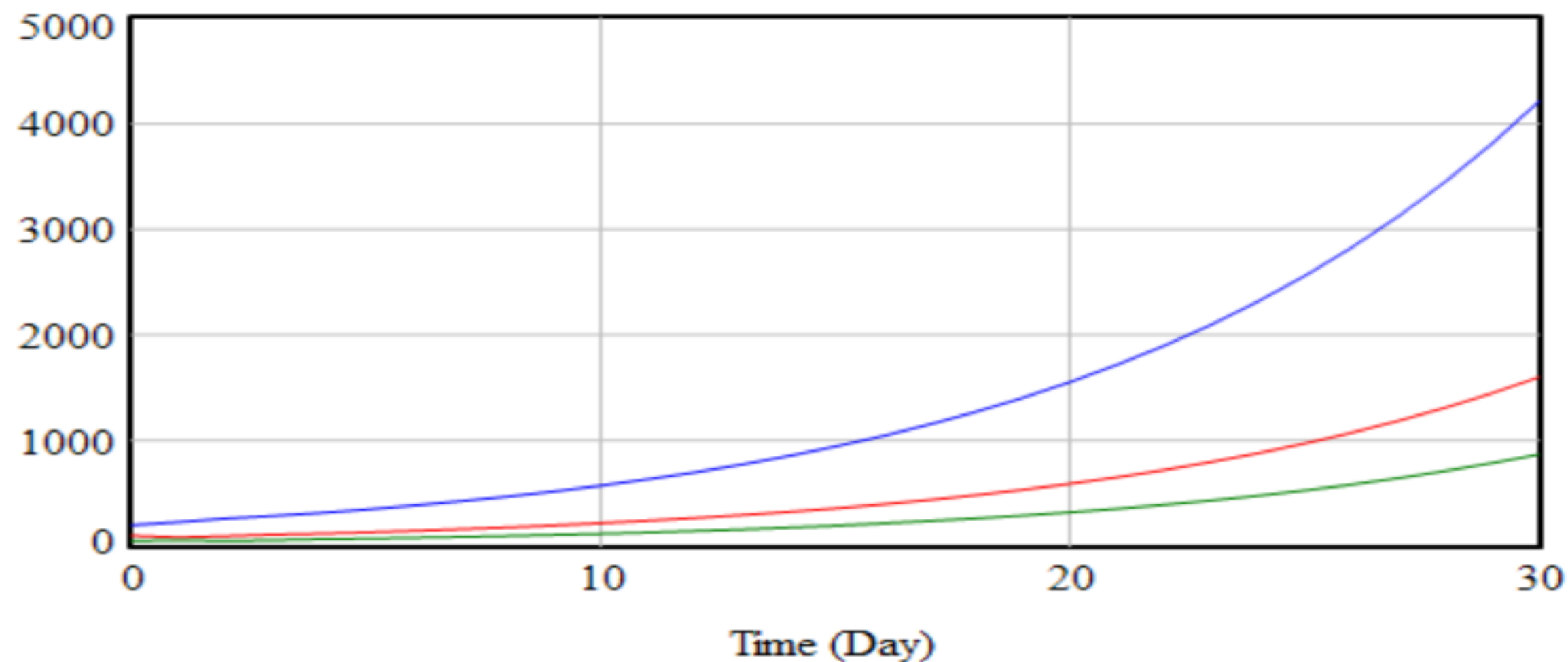
مثال اول

- فرض کنید یک جمعیت گاومیشی را در نظر بگیرید با پیش فرض اینکه جمعیت گاومیش ها سالیانه زیاد می شود اما اینکه نرخ رشد سالیانه چقدر است نمی دانیم حالا با استفاده از مدلسازی دینامیکی به برآورد این نرخ می پردازیم ما از اول کار سه تا جمعیت داریم
- گوساله ها (کمتر از یکسال) $(CN) = 100$
- یکساله ها $(YN) = 50$
- بالغین $(AN) = 200$
- گوساله های کمتر از یکسال هر سال حدود 60 درصد یکساله می شوند
- یکساله ها سالیانه حدود 75 درصد زنده می میمانند و به سن بالغین میرسند
- حدود 42 گوساله در ازای هر 100 بالغین در ابتدای هر سال متولد می شود پس رشد باروری 42 درصد است
- گوساله ها کمتر از یکسال هر سال 40 درصد می میرند
- یکساله ها هر سال 25 درصد میمیرند
- بالغین هر سال 5 درصد میمیرند





Selected Variables



☒ $a(n)$: Current

☒ $c(n)$: Current

☒ $y(n)$: Current

مدلسازی بیماری های عفونی

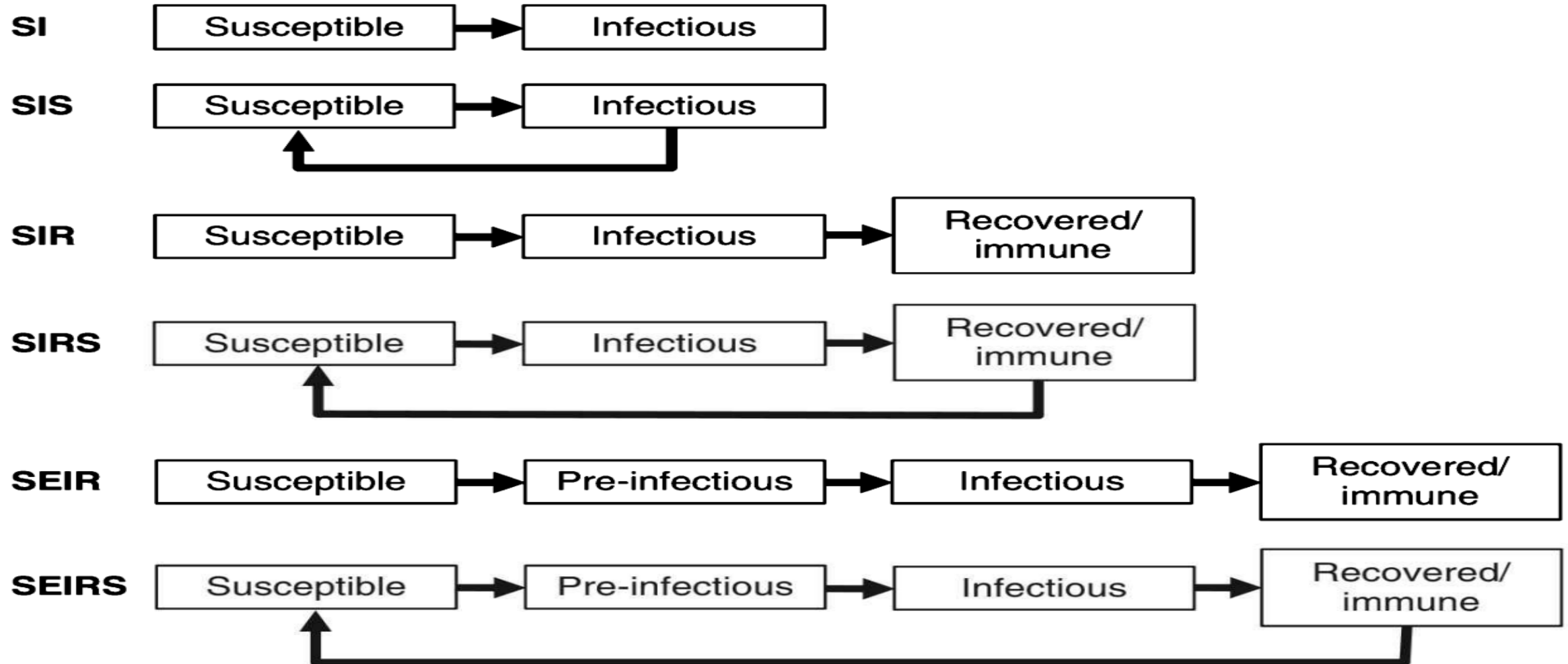
- ❖ بیماری ها پدیده های پیچیده ای هستند که تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارند.
- ❖ مدلسازی ریاضی ابزاری قدرتمند برای مطالعه این عوامل و تأثیر آنها بر روند بیماری است.
- ❖ در واقع مدلسازی به ما کمک کند تا بیماری ها را بهتر بفهمیم و راه های موثرتری برای کنترل آنها پیدا کنیم.
- ❖ مدل های ریاضی بیماری ها معمولاً بر اساس معادلات ریاضی هستند که رفتار جمعیت افراد مبتلا به بیماری را در طول زمان توصیف می کنند.
- ❖ این مدل ها می توانند برای پیش بینی روند بیماری، ارزیابی اثربخشی روش های درمانی و بررسی تأثیر عوامل مختلف بر بیماری استفاده شوند.

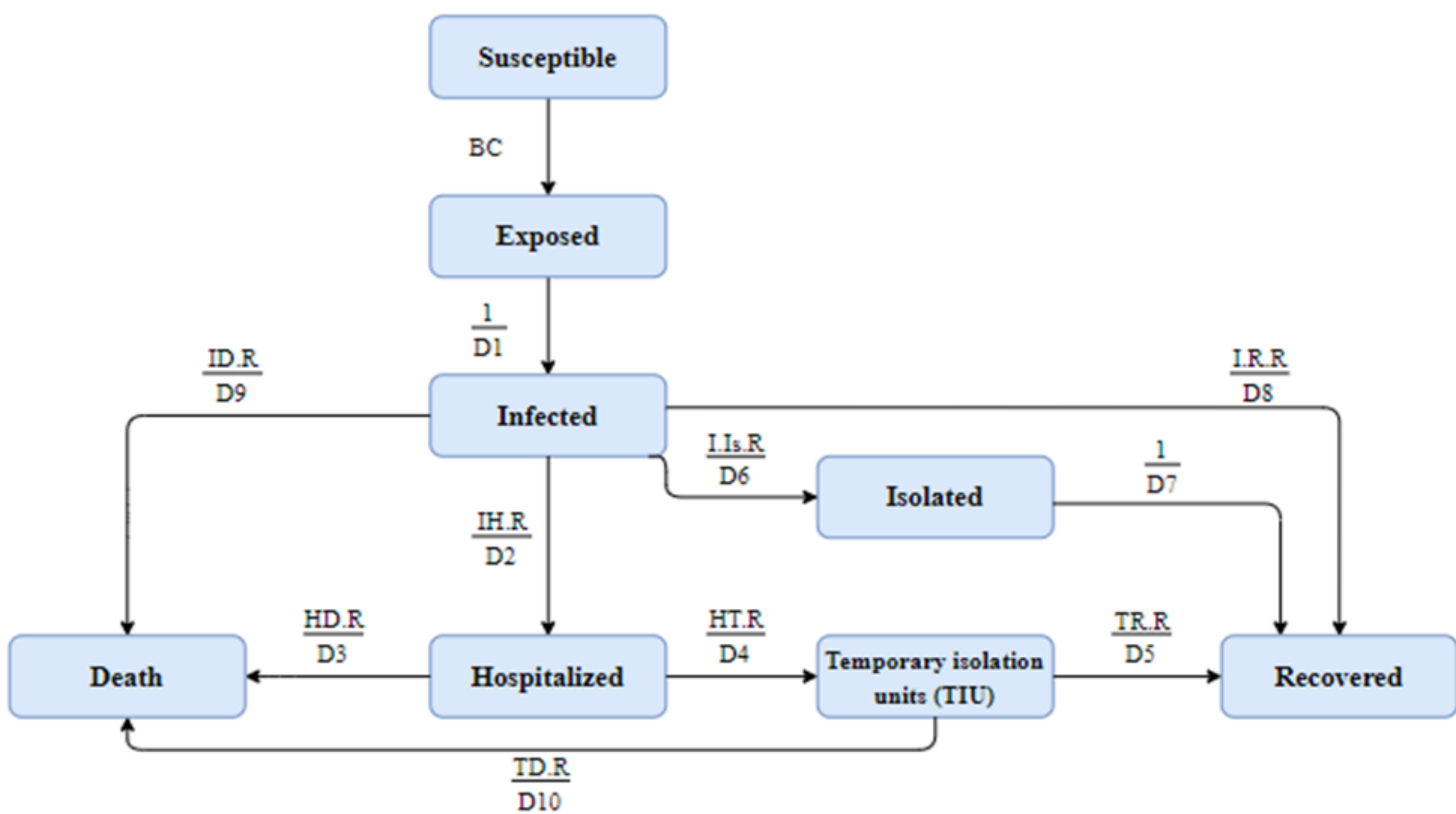
❖ به مدلسازی سیستم دینامیکی در بیماری های عفونی مدلسازی ریاضی یا مدلسازی اپیدمیولوژیکی نیز گفته می شود.

❖ کاربرد آن ها علاوه بر پیش بینی، بررسی مداخلات و سیاست ها نیز میباشد.

❖ یکی از ساده ترین مدل های ریاضی بیماری ها، مدل SIR است. این مدل کاربردهای گسترده ای در مطالعه بیماری های عفونی دارد و برای پیش بینی روند اپیدمی ها، ارزیابی اثربخشی واکسیناسیون و بررسی تأثیر عوامل مختلف مانند رفتار انسان بر روند بیماری استفاده می شود.

تاریخچه طبیعی عفونت

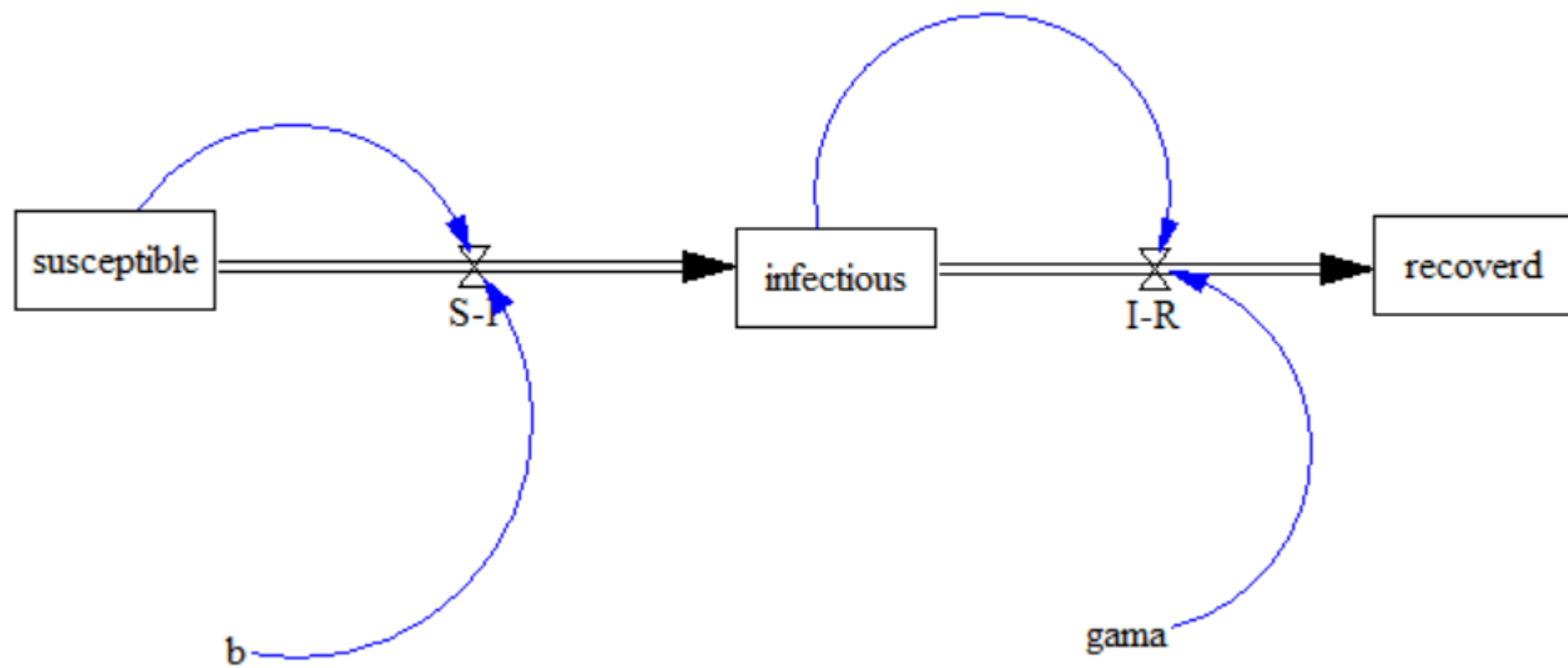




مثال دوم: ساده ترین مثال SIR

مدل SIR را برای یک جمعیت فرضی با تعداد ثابت $N = 100$ در نظر بگیرید، که از این تعداد ۹۹ نفر مستعد، ۱ نفر آلوده و هیچ بهبود یافته یا حذف شده ای نداریم.

اگر مقادیر پارامترها را $B = 0.5$ و $\Gamma = 0.2$ در نظر بگیریم، با استفاده از یکی از روش های عددی که قبلا اشاره کردیم، می توان رفتار جمعیت های محفظه های مختلف را طبق شکل بعد با نمودار به خوبی توصیف کرد.

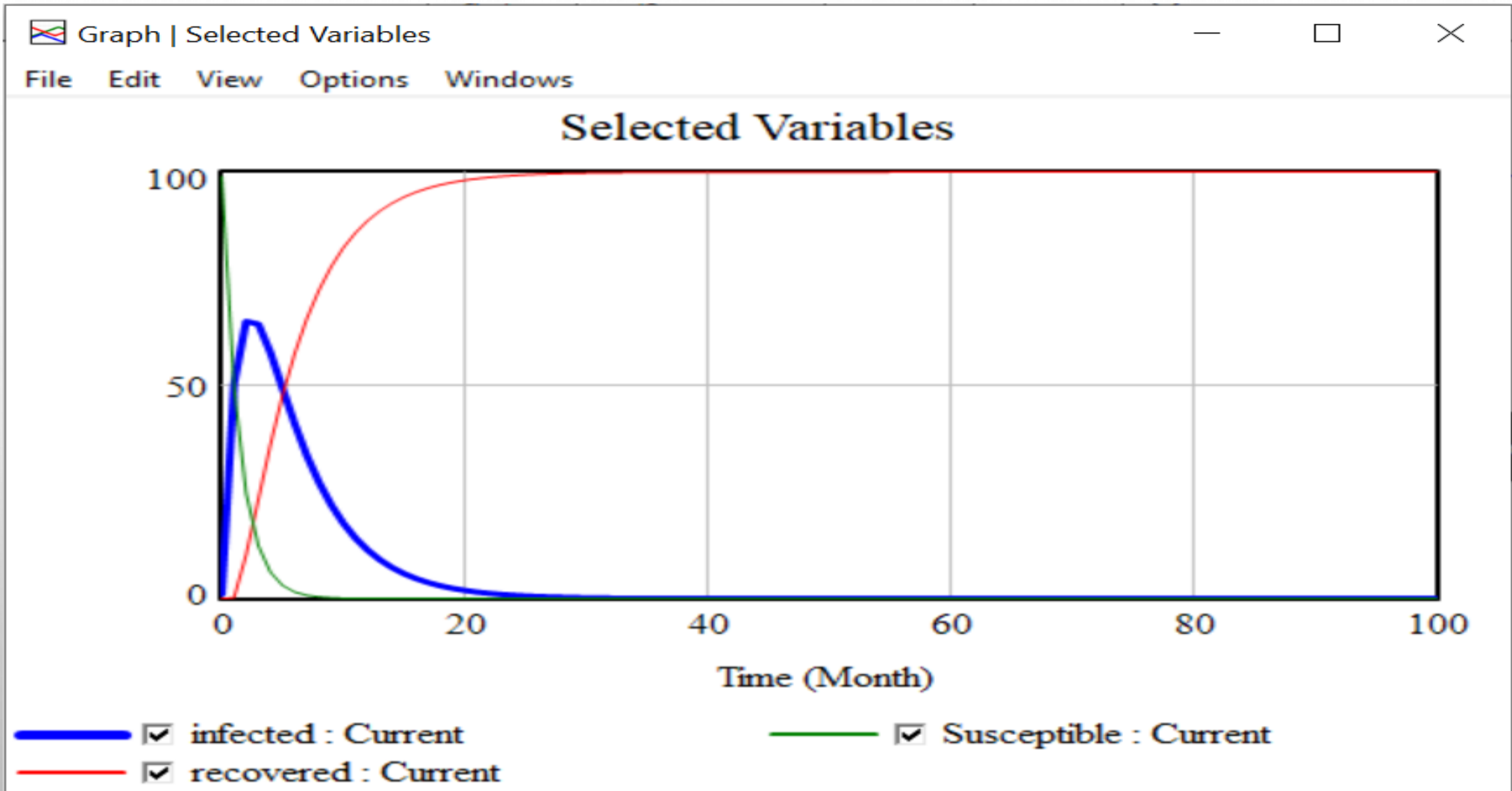


معادلات دیفرانسیل

$$dS/dt = -\beta SI$$

$$dI/dt = \beta SI - \gamma I$$

$$dR/dt = \gamma I$$



جواب معادله دیفرانسیل معمولی مدل سه محفظه ای با استفاده از روش تقریب مرتبه چهارم رانگ کوتا

مثال سوم

مدل SIR را برای یک جمعیت فرضی با تعداد ثابت $N = 1000$ در نظر بگیرید، که از این تعداد ۹۹۹ نفر مستعد، ۱ نفر آلوده و هیچ بهبود یافته یا حذف شده ای نداریم.

اگر مقادیر پارامترها را $INFECTION\ PROBABILITY = 1/500$ و $RECOVERY\ TIME = 1/2$ در نظر بگیریم، با استفاده از یکی از روش های عددی که قبلا اشاره کردیم، می توان رفتار جمعیت های محفظه های مختلف را طبق شکل بعد با نمودار به خوبی توصیف کرد.

0 :INITIAL TIME

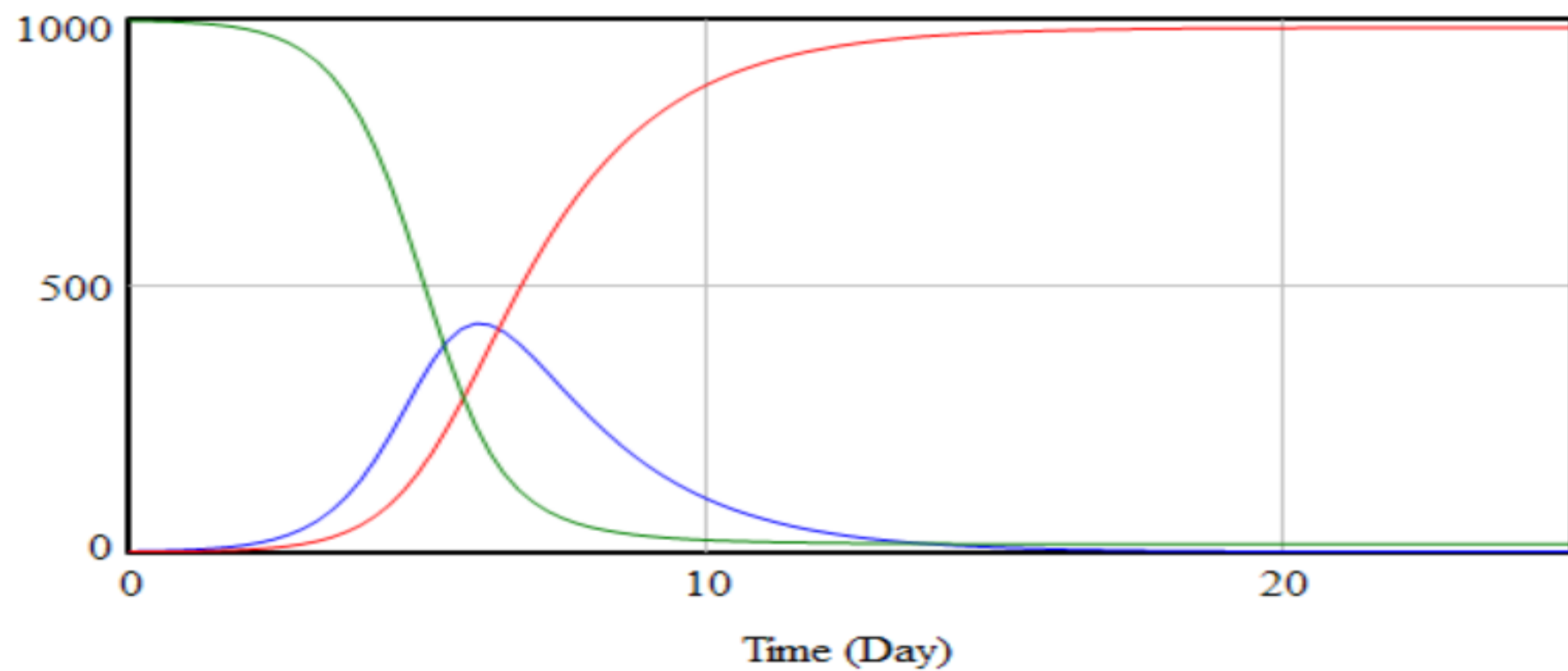
25 :FINAL TIME

0.25 :TIME STEP

DAY :UNIT FOR TIME



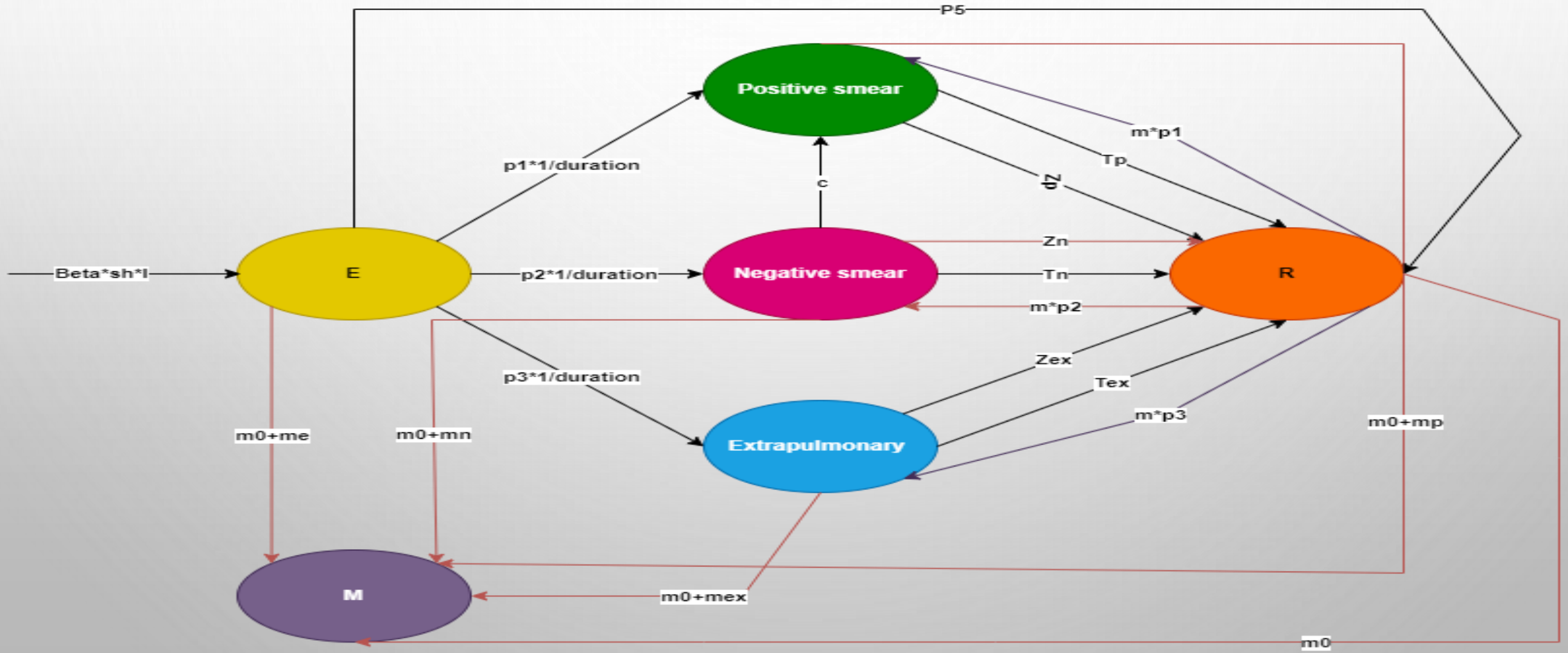
Selected Variables



☒ I : Current
☒ R : Current

☒ S : Current

مثال چہارم



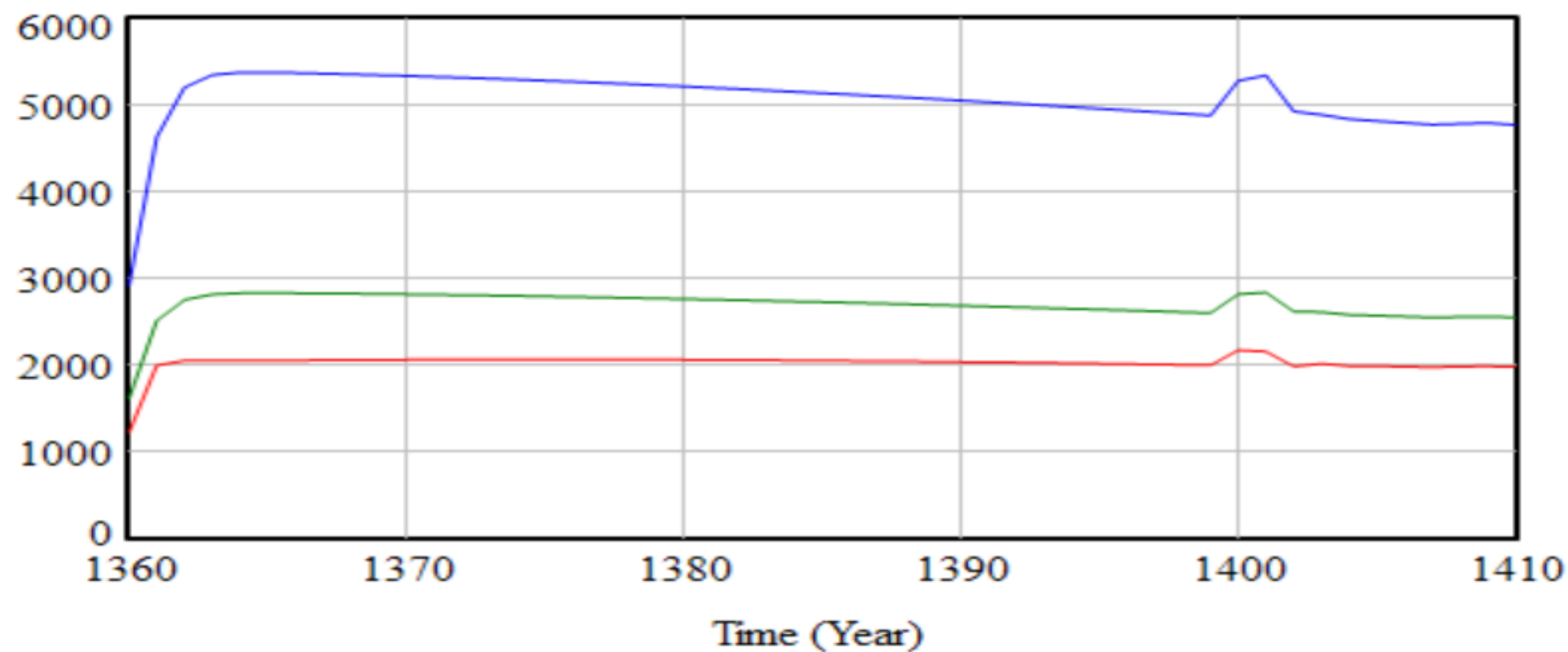
Parameters	Definitions	Iranian nationality (95% CI)	Reference
β: Rate of infection with tuberculosis bacillus per year	The probability that an infected person comes into contact with healthy people is the probability of transmission and the TB bacillus enters healthy people.	0.29 (0.27-0.46)	Literature review, expert opinion, (18, 19)
sh: number of networks / per year	The number individuals with whom each tuberculosis patient may come into contact.	C<2000, 10 C=2000-4000, 9 C=4000-6000, 8 C=6000-8000, 7 C=8000-10000, 6 C>10000, 5	expert opinion
Duration: Average length of stay of people in the latent period of tuberculosis (years)	It is the length of time that each person has latent tuberculosis disease on average, and because the average age of these patients was high, according to experts, this number was finally estimated at 31	31	Literature review, expert opinion, (19)
P1: proportion of positive smear cases to total tuberculosis / per year	It was calculated by dividing the number of smear-positive people by the total number of TB patients.	0.48 (0.42-0.61)	Data and expert opinion

P2: proportion of smear-negative cases to total tuberculosis / per year	It was calculated by dividing the number of people with a negative smear by the total number of TB patients.	0.25 (0.20-0.35)	Data and expert opinion
P3: proportion of extra-pulmonary cases to total tuberculosis / per year	It was calculated by dividing the number of people with extrapulmonary tuberculosis by the total number of tuberculosis patients.	0.27 (0.15-0.25)	Data
P₅: Spontaneous recovery rate in people with latent TB infection/year	It shows the rate of spontaneous recovery in patients with latent tuberculosis disease.	0.015 (0.08-0.021)	(۲۰) Literature review, expert opinion,
C: Potential of smear-negative tuberculosis compared to smear-positive tuberculosis / per year	It indicates the probability that smear-negative people will become smear-positive tuberculosis.	0.2 (0.1-0.3)	(21, 22)

P₄: Mortality rate in latent tuberculosis / per year	It shows the death rate of patients with latent tuberculosis disease	0.01 (0.00025-0.02)	expert opinion
m: rate of relapse in tuberculosis patients / per year	It shows the probability of recurrence of tuberculosis among the patients who were treated successfully	<1394=0.0085 1395=0.0085 1396 = 0.0085 1397 = 0.0085 2018 = 0.0085 2019=0.0091 1400=0.0092	Data and expert opinion
m₀: Rate of mortality / per year	It represents the death rate in the population.	<1394= 1395= 0.004726 1396= 0.004692 1397= 0.004715 1398= 0.004872 1399= 0.005567 1400=0.006437	World bank
m_p: Mortality rate in smear positive people / per year	It shows the death rate of patients who are smear positive.	<1394=0.06 2015=0.06 2016=0.06 2017=0.06 2018=0.06 2019=0.097 1400=0.097	Literature review, expert opinion(✓)

m_{-}: Mortality rate in smear negative people / per year	It shows the death rate of patients who are smear negative	$<1394=0.05$ $2015=0.05$ $2016=0.05$ $2017=0.05$ $2018=0.05$ $2019=0.07$ $1400=0.07$	Literature review, expert opinion, (Y.)
m_{+}: Mortality rate in people with extrapulmonary tuberculosis / per year	It shows the death rate of patients with extrapulmonary tuberculosis	$<1394=0.05$ $2015=0.05$ $2016=0.05$ $2017=0.05$ $2018=0.05$ $2019=0.07$ $1400=0.07$	expert opinion
z_{p}: rate of spontaneous recovery in smear-positive people / per year	It shows the rate of spontaneous recovery in patients who have a positive smear	0.05 (0.007-0.009)	Literature review, expert opinion (Y.)
z_{-}: rate of spontaneous improvement in smear negative people/ per year	It shows the rate of spontaneous recovery in patients who are smear negative	0.03(0.00042-0.006)	Literature review, expert opinion (Y.)
z_{+} rate of spontaneous : recovery in people with extrapulmonary tuberculosis/year	It shows the rate of spontaneous recovery in patients with extrapulmonary tuberculosis	0.03(0.00042-0.006)	Opinion expert
t: treatment success rate in TB patients/year	It represents treatment successful rate in people with tuberculosis	$<1394=$ $2015=0.8625$ $2016=0.87$ $1397=0.8775$ $2018=0.885$ $2019=0.82$ $1400=0.8225$	Literature review, expert opinion

Selected Variables



☒ C : Current
☒ D : Current

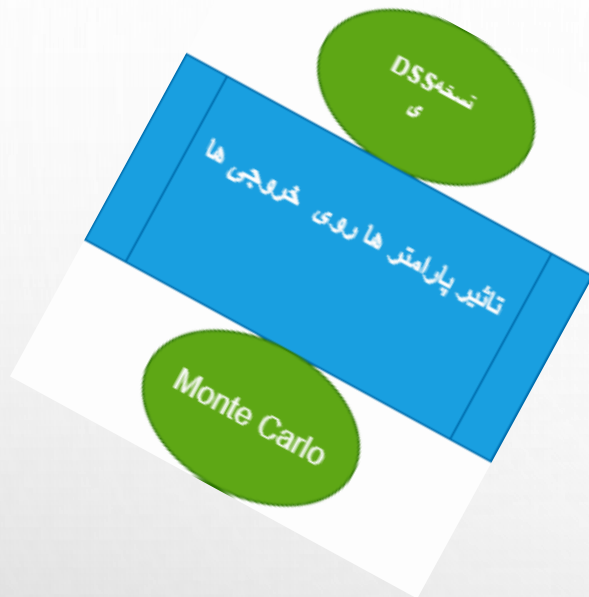
☒ K : Current

معادلات دفرانسیل

- $\frac{dE}{dt} = (B * SH * I \text{ POSITIVE SMEAR } (T)) - (P1 * 1/DURATION) - (P2 * 1/DURATION) - (P3 * 1/DURATION) - (M0 + ME)$
- $\frac{dI'_{positive\ smear}}{dt} = (P1 * 1/DURATION * E(T)) + (M * P1 * R(T)) + (C * I \text{ NEGATIVE SMEAR}(T)) - (TP$
* $I \text{ POSITIVE SMEAR}(T)) - (ZN * I \text{ POSITIVE SMEAR}(T)) - (M0 + MP * I \text{ POSITIVE SMEAR}(T))$
- $\frac{dI'_{negative\ smear}}{dt} = (P2 * 1/DURATION * E(T)) + (M * P2 * R(T)) + - (TN * I \text{ NEGATIVE SMEAR}(T)) - (ZN$
* $I \text{ NEGATIVE SMEAR}(T)) - (M0 + MN * I \text{ NEGATIVE SMEAR}(T))$
- $\frac{dExpulmonary}{dt} = (P3 * 1/DURATION * E(T)) + (M * P3 * R(T)) - (TEX * EX \text{ PULMONARY } (T)) - (TEX$
* $ZEX \text{ PULMONARY } (T)) - (M0 + MEX * EX \text{ PULMONARY } (T))$
- $\frac{dR'}{dt} = (TEX * EX \text{ PULMONARY } (T)) + (TEX * ZEX \text{ PULMONARY } (T)) + (TN * I \text{ NEGATIVE SMEAR}(T)) + (ZN$
* $I \text{ NEGATIVE SMEAR}(T)) + (TP * I \text{ POSITIVE SMEAR}(T)) + (ZN * I \text{ POSITIVE SMEAR}(T)) - (RT * M * P3) - (RT * M * P2)$
- $(RT * M * P1) - (M0 * R(T))$
- $\frac{dM'}{dt} = (E(T) * (M0 + ME)) + (R(T) * (M0 + MP)) + (I \text{ NEGATIVE SMEAR}(T) * (M0 + MN)) + (I \text{ NEGATIVE SMEAR}(T)$
* $(M0 + MEX)) + -(M0 + MEX * EX \text{ PULMONARY } (T))$

بغزینجم: بررر تعلیل حساسیت و کالیبریشن در مدل و تفسیر آن

تحلیل حساسیت



- تحلیل حساسیت در مدلسازی دو کاربرد دارد
- ۱- برای سنجش حساسیت مدل
- ۲- بررسی اعتبار سنجی مدل

- تحلیل حساسیت می تواند یک متغیره یا چند متغیره باشد یعنی میتوان حساسیت را نسبت به یک متغیر یا همزمان نسبت به چند متغیر بسنجیم

کالبراسیون مدل

کالبراسیون مدل
میخواهیم مدل و داده تاریخی روی هم قرار گیرند

چرا مدل های دینامیکی بهتر از سری های زمانی عمل می کنند؟

- تعاملات و وابستگی های پویا بین متغیرها
- شبیه سازی تغییرات زمانی و تعاملات پویا بین متغیرها

از حسن توجه شما متشکرم

