

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Югорский государственный университет
Институт цифровой экономики

Отчет

к проекту D “Агентная модель распространения инфекции (SIR)”

Руководитель, Семенов С.П.
Исполнитель, Свита А.Н. группа 11916

г. Ханты-Мансийск

2022 г.

Оглавление

Концептуальная модель реального процесса	3
Формализация.....	4
Компьютерная модель.....	6
Планирования эксперимента	7
Список использованных источников	14

Концептуальная модель реального процесса

Описание: Рассматривается процесс распространения инфекционного заболевания (эпидемия) среди населения некоторого региона. Предполагается, что изначально население восприимчиво к заболеванию. Эпидемия распространяется, поскольку заражённые люди контактируют и передают заболевание восприимчивым. Через определённое время после заражения человек выздоравливает и вырабатывает иммунитет к заболеванию.

Проблема Имитационная модель процесса эпидемии разрабатывается с целью получить ответы на ряд вопросов: как процесс развивается во времени? Как изменяется численность заболевших и выздоровевших?

Цель моделирования: анализ распространения инфекционного заболевания.

Задачи:

1. Выявить время окончания инфекции
2. Оценить число восприимчивых людей
3. Оценить число зараженных людей
4. Оценить число людей с иммунитетом

Формализация

Население региона условно разделяется на три категории в соответствии с их состоянием:

- **Susceptible** – восприимчивые к заболеванию
- **Infection** - зараженные
- **Recovered** - выздоровевшие

По мере того, как люди заражаются, они перемещаются из категории Susceptible в категорию Infectious, и затем, по мере выздоровления - в категорию Recovered.

Переход из первого состояния (восприимчивый к заболеванию) во второе (зараженный) происходит в результате взаимодействия людей между собой. Переход из второго состояния (зараженный) в третье (выздоровевший) и из третьего (выздоровевший) в первое (выздоровевший) происходит по таймауту. Люди общаются друг с другом с определённой известной интенсивностью. Если заражённый человек контактирует с восприимчивым к заболеванию, то последний заражается с заданной вероятностью. Люди контактируют только с теми, кто находятся в окрестности определённого радиуса.

Единицей модельного времени являются дни. Продолжительность эксперимента 1 год (365 дней)

Модель имеет следующие входные данные:

Формальное обозначение	Сокращенное обозначение	Полное обозначение	Название
x_1	P	Population	Количество населения (тыс. человек)
x_2	I	Intensive	Интенсивность заражения (частота рассылки сообщений в день)
x_3	NatI	Nature_of_Infection	Характер заражения
x_4	CR	Contact_Radius	Радиус контакта (размер окрестности, в которой может происходить взаимодействие)
x_5	TIR	QueueClerk*	Время перехода из состояния «Infection» в состояние «Recovered» (в днях)
x_6	TRS	ParametrClerk*	Время перехода из состояния «Recovered» в

			состояние «Susceptible» (в днях)
--	--	--	-------------------------------------

Табл. 1 — входные данные эксперимента.

Выходные данные включают следующие пункты:

Формальное обозначение	Сокращенное обозначение	Полное обозначение	Название
y_1	A	Appearance	Внешний вид распространения инфекции
y_2	CT	Cessation_time	Время прекращения инфекции
y_3	NS	Number_Susceptible	Число восприимчивых людей по прошествии заданного времени
y_4	NI	Number_Infection	Число зараженных людей по прошествии заданного времени
y_5	NR	Number_ Recovered	Число людей с иммунитетом по прошествии заданного времени

Табл. 2 — выходные данные эксперимента

Компьютерная модель

Компьютерная модель построена в среде AnyLogic. Модель имеет следующий вид:

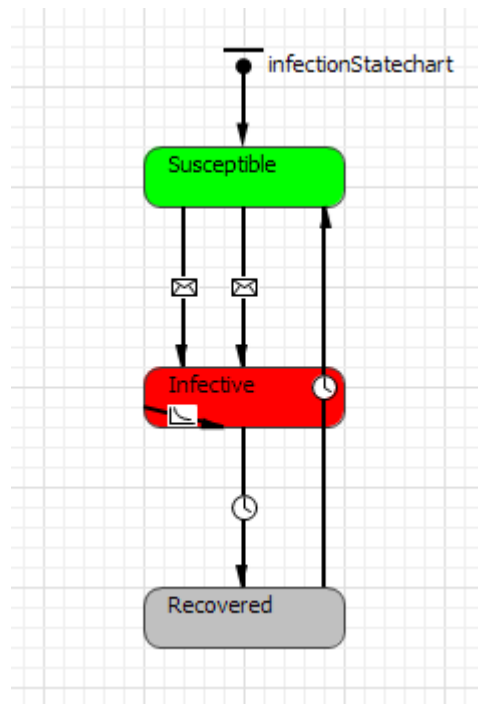


Рис. 1 — Модель

Модель представляет собой диаграмму состояний, состоящую из трёх состояний:

- **Susceptible** — восприимчивые к заболеванию
- **Infective**—зараженные
- **Recovered** — выздоровевшие

Модель имеет два перехода **S**→**I**, которые происходят при получении сообщений "Inf0" (отправляется при запуске модели, заражение первого человека) и "Inf" (отправляется с заданной интенсивностью, отправка происходит внутри состояния **Infective**).

Из **Infective** → **Recovered** ведёт переход, срабатывающий по таймауту. Таймаут соответствует времени протекания болезни. Аналогичный переход — **Recovered** → **Susceptible**, ссоответствует времени сохранения иммунитета.

Планирования эксперимента

Первый эксперимент:

Провести простой эксперимент в соответствии с назначенным вариантом

1. Подсчитать значения выходных данных $y=(y_1, \dots, y_5)$.
 2. Построить графики, отображающих динамику изменения численности агентов, находящихся в состоянии «восприимчивых», «инфицированных» и «выздоровевших».
 3. Представить скриншот карты распространения инфекции в популяции в день максимального значения численности инфицированных.
- Проанализируйте полученные результаты.

Второй эксперимент:

Исследовать зависимость динамики количества инфицированных от интенсивности заражения (частота рассылки сообщений). Параметры для эксперимента приведены в таблице 5. Время эксперимента - y_2 . Запись $[a; b; h]$ означает интервал от a (начальное значение) до b (конечное значение) с шагом h . Проанализировать результаты.

Третий эксперимент:

Используя входные параметры первого эксперимента найдите такие наименьшие значения входных параметров, чтобы доля инфицированных достигла указанного значения, не позже, чем за 1 год (365 дней).

Вариант 11. Найдите такую *интенсивность заражения* (x_2), доля инфицированных составляла не менее 40%.

Экспиремент 1:

Формальное обозначение	Полное обозначение	Название	Значения
x_1	Population	Количество населения (тыс. человек)	16
x_2	Intensive	Интенсивность заражения (частота рассылки сообщений в день)	2
x_3	Nature_of_Infection	Характер заражения	5

x ₄	Contact_Radius	Радиус контакта (размер окрестности, в которой может происходить взаимодействие)	5
x ₅	QueueClerk*	Время перехода из состояния «Infection» в состояние «Recovered» (в днях)	14
x ₆	ParametrClerk*	Время перехода из состояния «Recovered» в состояние «Susceptible» (в днях)	20

Внешний вид распространения инфекции, 47 день рис 1:

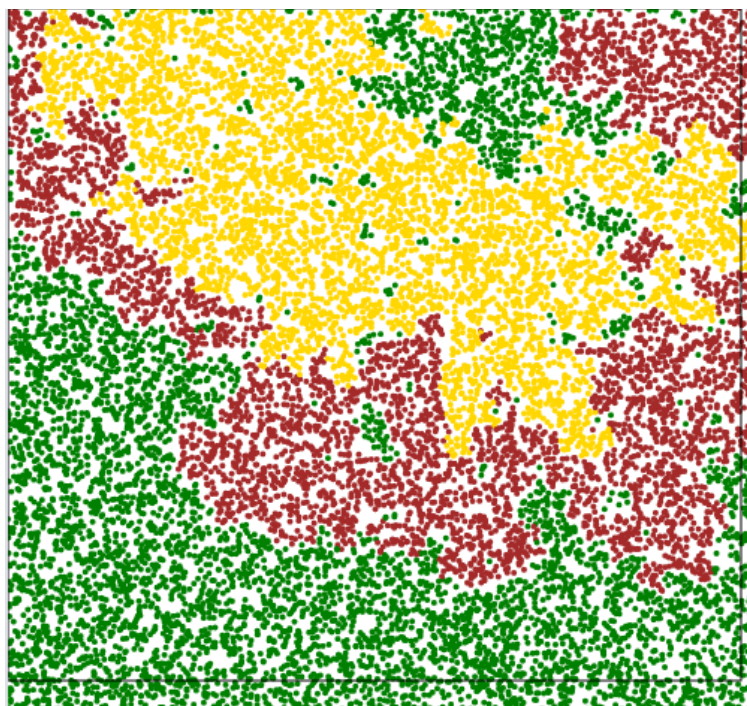
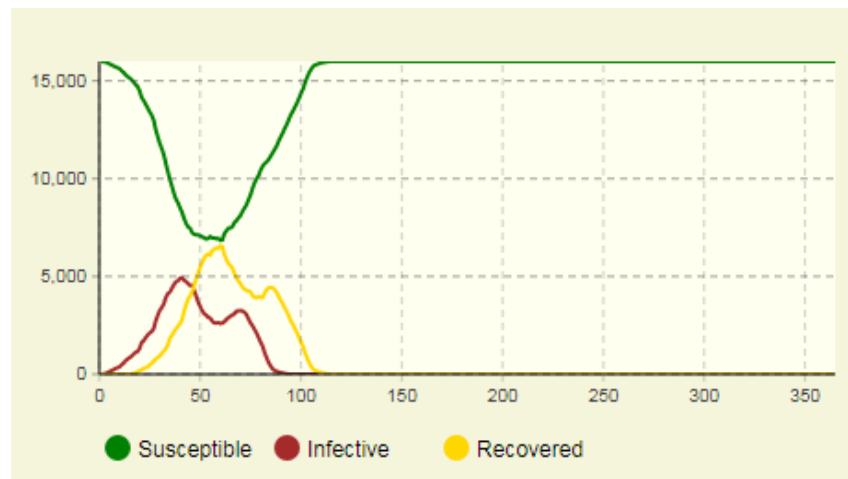


Рисунок 1

График распространения:



Результат:

Формальное обозначение	Полное обозначение	Название	Результат
y_1	Appearance	Внешний вид распространения инфекции	Рисунок 1(при максимальном заражение)
y_2	Cessation_time	Время прекращения инфекции	94 день
y_3	Number_Susceptible	Число восприимчивых людей по прошествии заданного времени	16000
y_4	Number_Infection	Число зараженных людей по прошествии заданного времени	0
y_5	Number_Recovered	Число людей с иммунитетом по прошествии заданного времени	0

Вывод: одновременно болела небольшая часть населения в результате чего на рисунке 1 видно, что число заражённых и иммунных было стабильным (пусть и не очень высоким) в течении большей части года, в результате чего переболела ~55% населения.

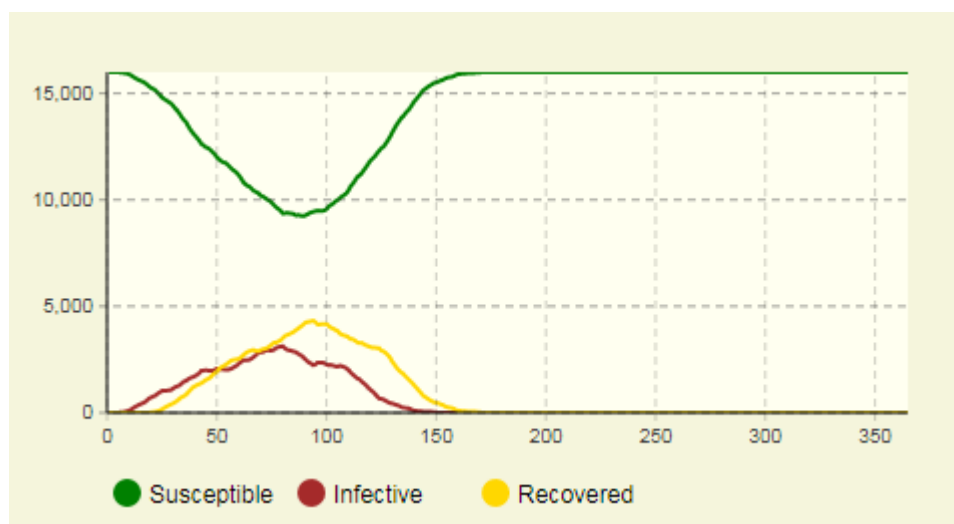
Экспиремент 2:

Формальное обозначение	Полное обозначение	Название	Значения
x_1	Population	Количество населения (тыс. человек)	16

x ₂	Intensive	Интенсивность заражения (частота рассылки сообщений в день)	[0,5:0,9:0,2]
x ₃	Nature_of_Infection	Характер заражения	6
x ₄	Contact_Radius	Радиус контакта (размер окрестности, в которой может происходить взаимодействие)	5
x ₅	QueueClerk*	Время перехода из состояния «Infection» в состояние «Recovered» (в днях)	14
x ₆	ParametrClerk*	Время перехода из состояния «Recovered» в состояние «Susceptible» (в днях)	20

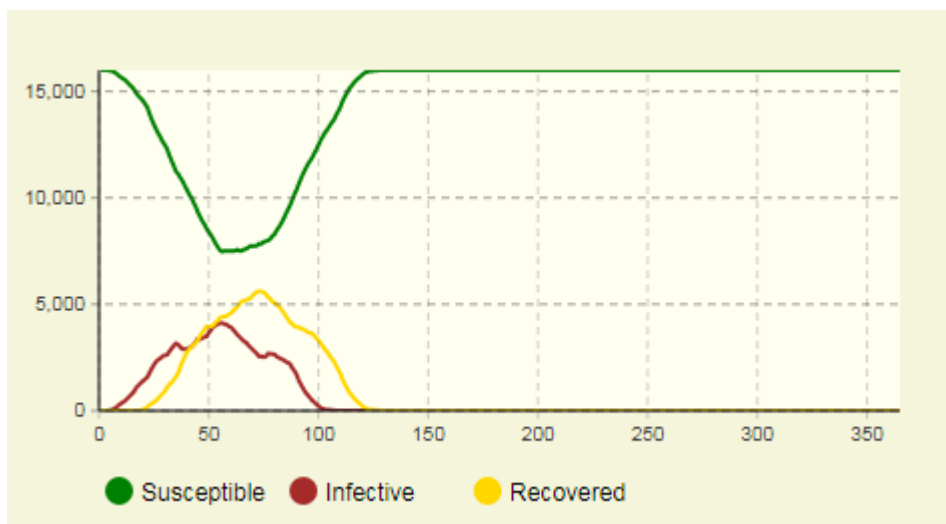
X₂=0,5:

Динамика количества инфицированных:



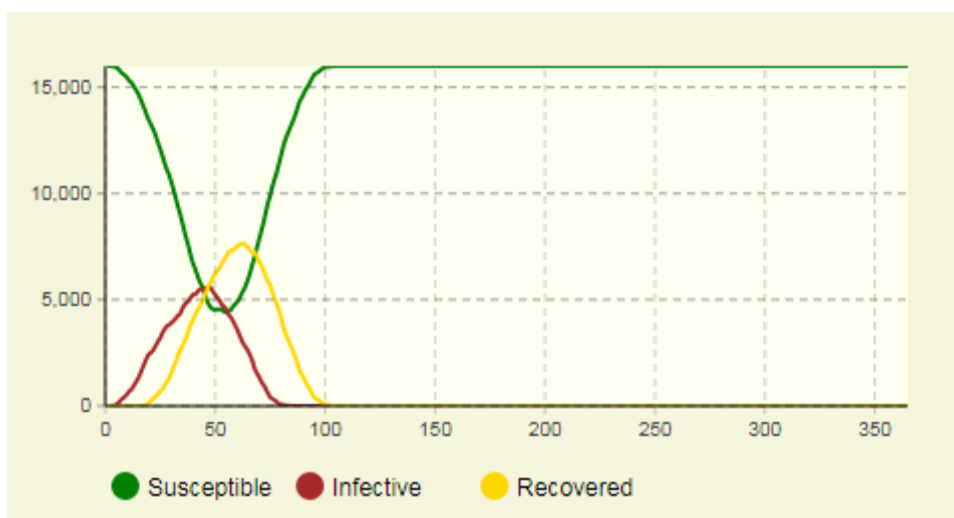
X₂=0,7:

Динамика количества инфицированных:



$X_2=0.9$:

Динамика количества инфицированных:



Вывод: с увеличением интенсивности заражения увеличиваются темпы заражения. Из-за этого пик заражения также увеличивается. Но поскольку большое кол-во людей быстрее заражается, популяция, с увеличением интенсивности заражения, быстрее получает иммунитет и следовательно, эпидемия быстрее оканчивается.

Экспиремент 3:

Формальное обозначение	Полное обозначение	Название	Значения
X_1	Population	Количество населения (тыс. человек)	16
X_2	Intensive	Интенсивность	2

		заражения (частота рассылки сообщений в день)	
x_3	Nature_of_Infection	Характер заражения	5
x_4	Contact_Radius	Радиус контакта (размер окрестности, в которой может происходить взаимодействие)	5
x_5	QueueClerk*	Время перехода из состояния «Infection» в состояние «Recovered» (в днях)	14
x_6	ParametrClerk*	Время перехода из состояния «Recovered» в состояние «Susceptible» (в днях)	20

Задачи:

1 Найдите такую *интенсивность заражения* (x_2), доля инфицированных составляла не менее 40%.

x_2	2	1	0,5	0,7
Доля	55,7%	53,1%	33,75%	46,8%

Вывод: доля инфицированных составляет не менее 40% (а именно 46,8%) при интенсивность заражения равно 0,7.

Заключение.

После проведения анализа распространения инфекционного заболевания. Выявлена одна закономерность между динамикой количество инфицированных и интенсивность заражения. Чем больше интенсивность, тем быстрее растет количество инфицированных, но также с этим и растет появления иммунных к самой болезни и поэтому уменьшает время эпидемия.

Список использованных источников

1. https://eluniver.ugrasu.ru/pluginfile.php/386538/mod_resource/content/1/Проект%20D%20Модель%20распространения%20инфекции.pdf
2. <https://help.anylogic.ru/>
3. <https://futurepubl.ru/ru/nauka/article/37206/view>