



Как видно из результатов имитационных экспериментов, рассмотренная оптимизация ориентации локаций не даёт улучшения результатов моделирования по отношению к реальным данным. Поэтому гибридная модель, являющаяся одной из самых адекватных моделей пешей мобильности на ограниченной площади, может использоваться в предложенном в [1] виде, а для существенного улучшения её требуются другие подходы.

Литература

1. Царёв А.А. Анализ модели мобильности источников информации на основе априорных данных о повторяемости маршрутов [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.17: представлена в дис. совет Д 212.215.07 Самарского университета (https://ssau.ru/resources/dis_protection/tsarev)
2. Lee, K. SLAW: Self-Similar Least-Action Human Walk / K. Lee, S. Hong, S. J. Kim, I. Rhee, S. Chong // IEEE/ACM Transactions On Networking. – 2012. – Vol. 20, No. 2. – P. 515–529.
3. Rhee, I. On the Levy-Walk Nature of Human Mobility / I. Rhee, M. Shin, S. Hong, K. Lee, S. J. Kim, S. Chong // IEEE/ACM Transactions On Networking. – 2011. – Vol. 19, No. 3. – P. 630–643.
4. Kotz, D. CRAWDAD: A community resource for archiving wireless data at Dartmouth / D. Kotz // Dartmouth College, Hanover, NH. [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <http://www.crowdad.org/index.html>

Т.И. Сайфитдинов, Р.Ф. Маликов

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИДЕМИИ COVID-19

(Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акумуллы)

В связи с последними событиями в мире, пандемией коронавируса, направление исследования распространения эпидемии становится одной из актуальных задач. Эта задача математически решалась разными методами. С применением разных компьютерных технологий – имитационного агентного моделирования [1, 2], методами клеточных автоматов, системной динамики и динамических систем [3, 4]. Для имитационного моделирования эпидемий можно использовать среды имитационного моделирования Anylogic и GPSS и их расширения [5-7].

Имитационная модель. В данной работе для анализа распространения эпидемии мы использовали модель в среде AnyLogic (рис.1), из работы [5], которая была модернизирована.

Начальные условия. При построении этой модели распространения эпидемии мы исходили из следующих начальных условий

- Начальная численность населения TotalPopulation, равна 18000000 человек.



- Вначале заражен только один человек, а все остальные лишь восприимчивы к болезни.
- Во время болезни один человек в среднем контактирует с другими с интенсивностью $ContactRateInfectious$ (CR), равной 1-2 человека в день. Если заразившийся человек взаимодействует с восприимчивым контактером к болезни, то вероятность передачи инфекции $Infectivity$ равняется 0.462.
- После того, как человек заражается, инкубационный период $AverageIncubationTime$ длится в среднем 7 дней.
- Средняя длительность болезни после инкубационного периода $AverageIllnessDuration$ (другими словами, длительность периода, когда этот человек может заражать других) составляет 21 дней, до полного выздоровления.
- Выздоровевшие люди получают иммунитет к болезни и не могут снова заболеть.

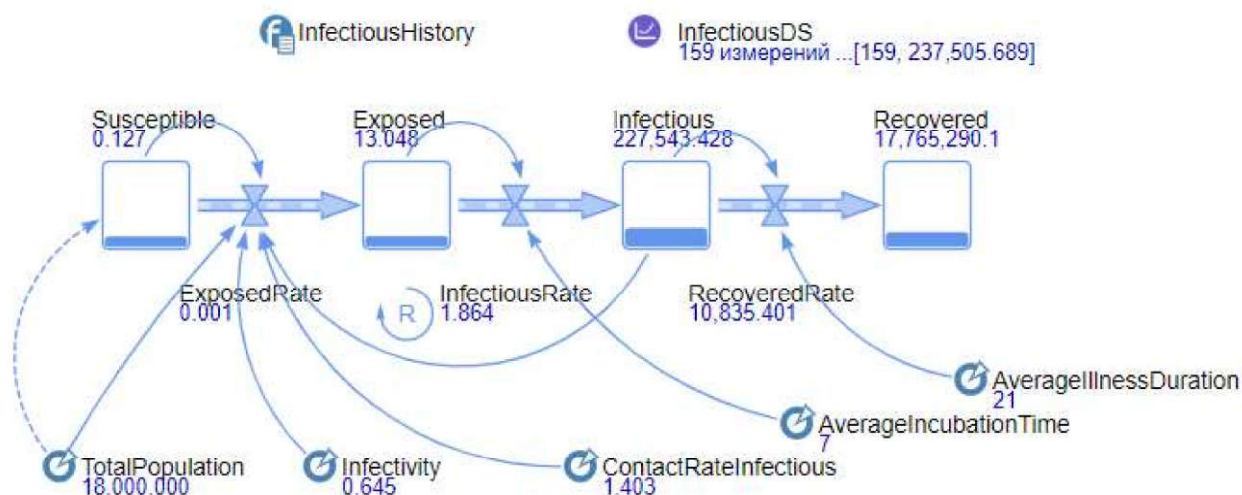


Рис. 1. Имитационная модель распространения инфекции в среде AnyLogic

Результаты моделирования в зависимости от скорости распространения инфекции приведены на рис.2. Сравнительный анализ с результатами работы [8] показывают, как будет распространяться вирус при увеличении передачи вируса при контакте с людьми. По полученным данным можно сказать, что при вероятности передачи инфекции 64% и передачи вируса зараженным 1.4 человеку за день, то пик зараженных к середине мая.

Калибровка. Несомненно, полученные первоначальные данные, такие как передача болезни, при контакте $ContactRateInfectious$ (CR), и вероятность передачи $Infectivity$, больше относятся к усредненным данным по всему миру. В Москве распространение вируса имеет менее болезненную скорость, благодаря различным факторам, например, низкая температура воздуха, препятствующая размножению вируса. Поэтому в ситуации с Москвой, необходимо вычислить собственные значения $ContactRateInfectious$ и $Infectivity$. Для этого мы введем известные данные о количестве человек зараженных в Москве (рис.3). На



основе полученных данных (рис.3), была проведена калибровка, результаты которой, представлены на рис.4.

COVID-19 : ContactRateVariation

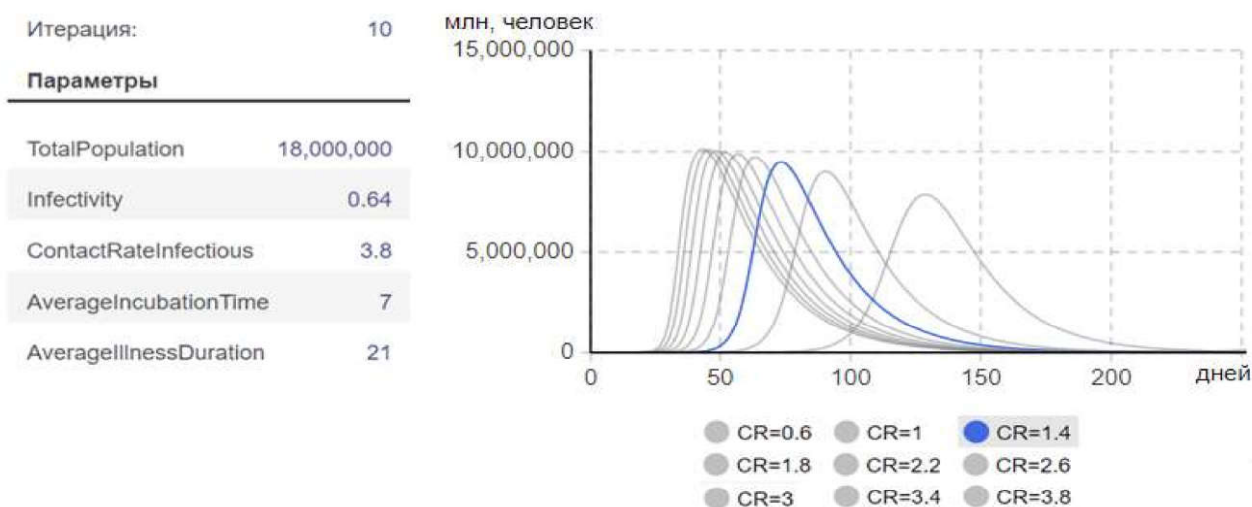


Рис 2. Скорость распространение вируса при изменении ContactRateInfectious

Infectious		InfectiousDS	
1	0	1	1.021
2	5	2	1.162
3	5	3	1.414
4	5	4	1.784
5	8	5	2.292
6	11	6	2.969
7	17	7	3.861
8	21	8	5.031
9	26	9	6.56
10	35	10	8.558
11	35	11	11.165
12	53	12	14.568
13	55	13	19.009
14	86	14	24.805
15	98	15	32.367
16	131	16	42.236
17	137	17	55.113
18	191	18	71.916
19	262	19	93.843
20	290	20	122.455
21	410	21	159.79
22	546	22	208.509
23	703	23	272.08
24	817	24	355.034
25	1014	25	463.278
26	1226	26	604.521
27	1613	27	788.825
28	1880	28	1,029.313
29	2475	29	1,343.111
30	2923	30	1,752.56
31	3357	31	2,286.808
32	3893	32	2,983.875
33	4484	33	3,893.357
34	5181	34	5,079.936
35	5841	35	6,627.956
36	6698	36	8,647.381

а)

б)

в)

COVID-19 : Calibration

	Текущее	Лучшее
Итерация:	500	475
Функционал ↓	970.035	535.586
Параметры		Copy best
TotalPopulation	18,000,000	18,000,000
Infectivity	0.912	0.645
ContactRateInfectious	0.911	1.403
AverageIncubationTime	7	7
AverageIllnessDuration	21	21

Рис 3. Данные о количестве человек зараженных до 9 апреля 2020 года:

а – в реалии, б – расчет, в - результаты калибровки



По полученным результатам можно сказать, что вероятность заражения коронавирусной инфекции в Москве в среднем составляет 64.5%, и также зараженный в среднем может передать инфекцию 1,4 человек за день.

На основе данных калибровки можно построить модель распространения коронавируса в Москве (рис.4).

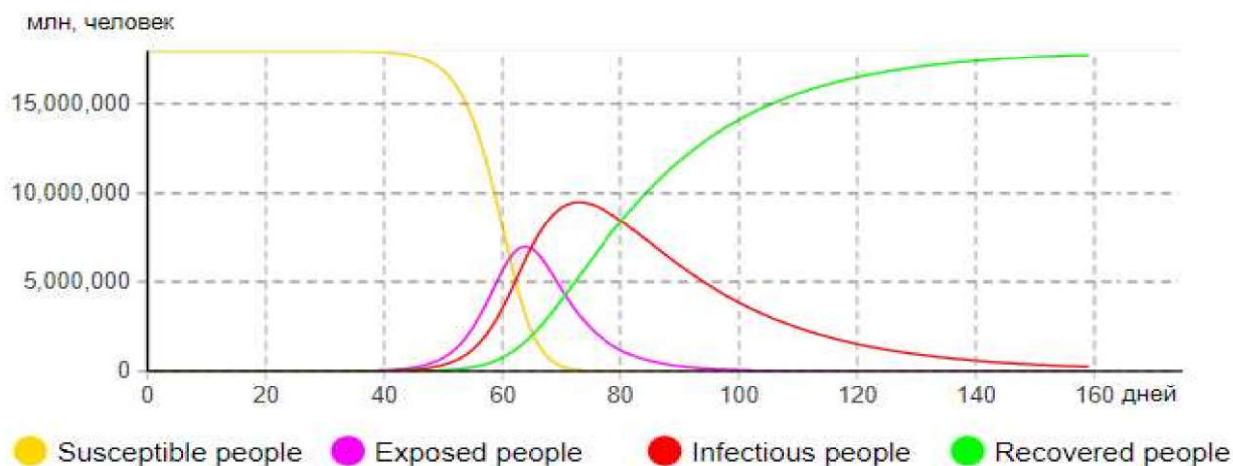


Рис. 4. Результаты распространения инфекции

Красная линия показывает количество людей инфицированных вирусом. К 70 дню (во второй половине мая 2020 года), можно заметить спад.

Вывод. Полученная модель распространения вируса COVID-19 в Москве, в первую очередь основывается на данных, полученных через неделю после указа о самоизоляции. Данные собирались с 5 марта по 9 апреля 2020 года. Однозначно, режим самоизоляции поможет уменьшить распространение вируса. И данная качественная модель может быть реальна лишь в том случае, если не будет предпринято никаких действий.

Литература

1. Кондратьев М.А. Разработка модели распространения инфекционных заболеваний на основе агентного подхода. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург, 2012.
2. Лапшина С.Ю. и др. Мультиагентное моделирование процессов распространения массовых эпидемий с использованием суперкомпьютеров // Программные продукты и системы. – 2018. - № 3. – С.640-644.
3. Башабшех М.М. Комбинированная имитационная модель пространственного распространения эпидемий на основе стохастической компартментной модели и вероятностного клеточного автомата. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Курск, 2014
4. Korobeinikov A., Shchepakina E., Sobolev V. A black swan and canard cascades in an SIR infectious disease model // Mathematical Biosciences and Engineering. – 2019. – Vol.17. – Issue 1. – P. 725–736.



5. Григорьев И. Anylogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию (2017, 273с) [Электронный ресурс]// <https://www.anylogic.ru/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials/> / (дата обращения: 08.04.2020).

6. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.

7. Маликов Р.Ф. Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем в расширенном редакторе GPSS World: практикум. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2017. – 273с.

8. Сулакшин С.С. Результаты моделирования эпидемии коронавируса в России. 7 Апреля 2020. <http://rusrand.ru/forecast/ob-obstoyatelstvah-epidemii-koronavirusa-v-rossii> (дата обращения: 08.04.2020)

А.И. Сафронов, А.Б. Кузьмичев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ БАЛЛИСТИКИ СИСТЕМЫ С РАЗДЕЛЕНИЕМ ЗАРЯДА

(Тольяттинский государственный университет)

Повышения скорости метания из баллистической системы, реализуемой по классической схеме, возможно за счет использования эстафетной схемы метания. Основное условие для сравнения таких систем - это их функционирование с одинаковыми максимальными давлениями в канале.

На баллистических системах можно повысить скорость метания при неизменном заданном максимальном давлении за счет разделения используемого заряда на несколько подзарядов (эстафетная схема) [1]. Реализацию такой системы возможно сделать за счёт зажигания дополнительного заряда в строго определённый момент времени (задержки зажигания) после зажигания основного заряда. Например, за счёт воспламенения дополнительного заряда иницирующими газами, перетекающими из камеры основного заряда. При этом общая масса всего заряда может превышать массу, используемого при классической схеме. При этом максимальное давление в системе не превышает максимального допустимого давления в камере рассматриваемой системы.

В начальный момент времени в движение приходит сборка, состоящая из перегородки с отверстием, дополнительного подзаряда, расположенного в области I, и метаемого элемента (рис.1). Дополнительный подзаряд воспламеняется через заданное время задержки зажигания после начала движения сборки. Когда давление перед перегородкой становится более высоким, чем давление за перегородкой, сборка разделяется, и в канале системы возникает волновой эффект, который приводит к перераспределению энергии на повышение скорости метаемого элемента. Перегородка притормаживается, метаемый элемент продолжает самостоятельное движение