

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ ВО ВРЕМЯ ПАНДЕМИИ COVID-19

Гаркуша Л. В., Барвенков С. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: g.l.v.9816@gmail.com, bars@bsu.by*

В работе рассматривается проблема выбора поведенческой стратегии для человека или группы людей во время пандемии COVID-19 относительно эффективности и выгоды от принятия решения о самоизоляции.

Существует множество видов эпидемиологических моделей для прогнозирования течения и хода эпидемий. Классическая модель – модель типа SIR (Susceptible – Infected – Recovered/ Восприимчивый - Зараженный - Вылеченный). Основная идея данной модели заключается в разбиении особой социальной группы на три подмножества – тех, кто могут заразиться, тех, кто является переносчиком или заразившимся и тех, кто уже переболел или, другими словами, имеет иммунитет. Далее, зная параметры данной модели – количество людей в каждой из групп, скорость заражения, длительность болезни и т.д., можно предсказать течение эпидемии, ее пик и окончание. Данную модель впервые представили А. Мак-Кендрик и У. Кермак, в конце 1920-х – начале 1930-х гг. С тех пор модель многократно усложнялась, на данный момент она способна учитывать такие параметры как возможность вакцинации, изоляция отдельных групп населения, возможность появления эффективного лекарства и т.д. На данный момент ученые Имперского колледжа Лондона смоделировали и моделируют с учетом динамических параметров, таких как введение ограничений и вакцинацию, течение COVID-19 для 202 стран мира а именно предсказывают количество инфицированных и умерших во времени. Стратегия бездействия привела бы к росту количества зараженных до 7 млрд и умерших до 40 млн за год, стратегия мягких ограничений сократит смертность в половину, стратегия же жестких ограничений прогнозирует снижение числа смертей до 1.3 - 9.3 млн человек. Однако, с учетом всех параметров, сокращение числа зараженных приводит к риску возникновения второй волны, как следствие - продления жестких ограничительных мер и значительного ущерба экономике, т. е. каждому отдельному человеку. Кроме того, отсутствие точных входных данных порождает значительное различие прогнозов в некоторых работах. Таким образом, использование количественных статистических данных для прогнозов оказывается недостаточно эффективным методом для выбора какой-либо стратегии. Поэтому в данной работе мы прибегли к классическим теориям и моделям, позволяющим предсказать поведение каждого конкретного представителя населения согласно его личным предпочтениям и выгодам. Полученные таким образом выводы о поведении и решениях людей могут обозначить стратегию для эффективной государственной политике по контролю эпидемии.

Подходом к поиску наиболее выгодной для человека стратегии поведения было представление пандемии COVID-19 в виде классической игры, а именно повторяющейся дилеммы заключенного [1]. Для данной задачи была установлена особая система выигрышей, выражающая благосостояние каждого участника игры.

Система вознаграждений представлена в виде таблицы 1 (Y - максимальный доступный каждому человеку уровень благополучия, Q - убыток от мер самоизоляции, P - убыток от болезни, H - полный объем оказываемых медицинских услуг, коэффициент $0 \leq \alpha \leq 1$)

Табл. 1. Модель для двух здоровых людей при любом нарушении изоляции

		В	
		«изоляция»	«прогулка»
А	«изоляция»	$(Y - Q, Y - Q)$	$(Y - Q, Y - P + H)$
	«прогулка»	$(Y - P + H, Y - Q)$	$(Y - P + \alpha H, Y - P + (1 - \alpha)H)$

Для данной модели было рассмотрено два случая - ущерб от изоляции больше ущерба от болезни с учетом полного лечения и ущерб от изоляции меньше ущерба от болезни с учетом полного лечения.

В качестве метода для поиска стратегий в игре повторяющаяся дилемма заключенного был выбран генетический алгоритм [2]. Генетический алгоритм для данной задачи показал свою эффективность еще в 80-х гг. прошлого века, Робертом Аксельродом и Стефани Форрест были проведены исследования, связанные с поиском стратегий для данной игры посредством генетического алгоритма. Ученые ставили перед собой цель проверить, сможет ли такой алгоритм открыть стратегию «око за око» [3]. Данную стратегию генетический алгоритм нашел довольно быстро, однако на этом результаты не закончились – была открыта новая стратегия, основанная на блефе. Согласно новой стратегии, игрок заставляет соперника повторять за ним сотрудничество, после чего обманывал, получая больший выигрыш. Как только противник переставал верить игроку, тот снова возвращался к стратегии «око за око». Для частного случая игры был реализован алгоритм, получающий стратегию в виде 64-битовой бинарной цепочки, каждая цифра 0 или 1 в которой обозначает кооперацию или изоляцию соответственно, подсказывая следующий выбор наиболее выгодного исхода игры. Значения в 64-битовой бинарной цепочке зависят от трех предыдущих игр – позиция каждой цифры цепочки в двоичной системе счисления, представленная как шестизначная строка, характеризует историю выборов игроков. Например, три последовательных игры с взаимной кооперацией выглядит как 000000, и следующий наиболее выгодный выбор игрока будет стоять на 0-ом месте в 64-битовой бинарной цепочке соответственно. Алгоритм находит выигрышную стратегию для игрока, основываясь на заранее заданной стратегии оппонента.

Определив вознаграждения для обоих случаев ($Q > P - H$, $Q < P - H$), были получены выигрышные стратегии, основываясь на нескольких наиболее распространенных стратегиях оппонента – постоянная изоляция, игнорирование изоляции, чередование изоляции и прогулок, случайный выбор, повторение предыдущих действий игрока и дважды изоляция – один раз прогулка. Для интерпретации результатов работы генетического алгоритма был сгенерирован турнир, каждым туром игры выбран 1 день, всего было проедено 365 туров. В качестве истории первых трех игр была выбрана строка 111111 – согласно статистике в первые дни эпидемии самоизоляция не соблюдается.

Исходя из результатов исследования, для случая, когда ущерб от изоляции оценивается больше, чем ущерб от заболевания и лечения, наилучший результат всего турнира показала игра, при которой оппонент всегда выбирает кооперацию. Это легко объяснимо – на практике одной из наиболее действенных стратегий по уменьшению

ущерба от эпидемии является изоляция части общества в тот момент, когда другая часть имеет определенную свободу передвижений (например, введение карантина в школах во время всплеска заражения гриппом). Практически такой же результат показала игра, при которой оппонент в 2 из 3 случаев выбирает кооперацию или изоляцию – на практике это «мягкие» карантинные меры. Согласно результатам прогнозирования эпидемий и практике – введение частичных ограничений также действенная стратегия борьбы с эпидемиями, она позволяет сгладить пик заболеваемости и предотвратить наступление второй волны (случай, когда большое количество людей не приобретают иммунитет, переболели, и выходя из изоляции, заболевают). Самыми худшими стратегиями для общества при такой системе ценностей оказались стратегии «Око за око» и постоянное нарушение изоляции. С позиции поведения общества, такой исход можно объяснить тем, что повторение поведения других людей это либо всеобщая изоляция, что, вообще говоря, не хорошая стратегия поведения, либо повторное нарушение изоляции и, как следствие, повышенная вероятность заражения.

Для случая, когда ущерб от изоляции оценивается меньше, чем ущерб от заболевания и лечения, наилучший результат всего турнира показала стратегия, соответствующая «мягкой» изоляции. Самой худшей стратегией оказалась стратегия повторения действий соперника на каждом следующем шаге.

Литература

1. Kendall G., Yao X., Chong S. Y. The iterated prisoners' dilemma: 20 years on. – World Scientific, 2007. – С. 350
2. Holland J. H. et al. Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence. – MIT press, 1992. – С. 9
3. Axelrod R., Hamilton W. D. The evolution of cooperation //science. – 1981. – Т. 211. – №. 4489. – С. 1390-1396.