

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/diplomnaya-rabota/184287>

Тип работы: Дипломная работа

Предмет: Математические методы и моделирование

Оглавление

Введение 3

Глава 1. Теоретические основы моделирования распространения заболеваний 5

1.1 Основные понятия и определения 5

1.2. Математические модели распространения
заболеваний – краткая история 18

1.3. Особенности эпидемии и построение математической
модели эпидемии ковид-19. 23

Глава 2. Численное моделирование 26

2.1. SIR-модель Covid-19 26

2.2. Модель SEIRD с модификацией для Covid-19 33

2.3. Матричный автомат 37

Заключение 40

Список литературы 42

Приложение 1. Код программной реализации модели SIR 46

Приложение 2. Код программной реализации модифицированной модели SEIRD 48

Приложение 3. Код программной реализации матричного автомата 51

Введение

Эпидемия Covid-19 стартовала в начале 2020г в китайском городе Ухань. После чего быстро распространилась по всему миру. Правительствами разных стран предпринимаются ограничительные меры, которые должны способствовать снижению уровня заболеваемости и распространения заболевания, поскольку оно оказывает прямое воздействие на население – широк спектр осложнений, возникающих даже спустя полгода после болезни, а само заболевание может протекать в очень тяжелой и фатальной форме.

Математическое моделирование эпидемий уже имеет историческое основание, поэтому и для новой возникшей эпидемии вполне естественно попробовать существующие модели и сформулировать новые, чтобы получить возможность предсказания течения эпидемии.

Актуальность работы связана с текущей активностью эпидемии, которой в силу её опасности для общества уже присвоен статус пандемии. Математическая модель является безопасным и эффективным инструментом предсказания развития событий, а на этой основе потребности в ресурсах и медицинском оборудовании.

Целью работы является получение математических моделей эпидемии Covid-19, пригодных для прогнозирования и позволяющих за приемлемое время получать результаты, близкие к имеющимся историческим данным.

Для достижения цели необходимо решить ряд задач:

1. Изучить множество математических моделей эпидемий и выбрать пригодные для текущей эпидемии;
2. При необходимости модифицировать модели с учетом имеющихся статистических данных;
3. Реализовать модели программно;
4. Провести численный эксперимент и сделать выводы по его результатам.

Настоящая работа состоит из введения, двух глав и заключения. Первая глава посвящена историческому обзору эпидемий и их математического моделирования, описаны особенности эпидемии Covid-19.

Вторая глава содержит результаты численного моделирования различными методами – классическим методом SIR, модифицированным для эпидемии Covid-19 методом SEIRD и с помощью матричного автомата, учитывающего особенности социальных связей в нашем обществе. При этом с учетом того, что эпидемия продолжается уже длительное время есть возможность обучить модели на реальных данных перед

построением прогнозов.

Благодаря математическому моделированию, можно получить результаты, которые позволят выйти на качественно иной уровень моделирования инфекционных заболеваний – речь идет о создании количественного описания механизмов вирусных инфекций в организме человека, разработке параметров математических моделей, учитывающих особенности моделирующих процессов.

Глава 1. Теоретические основы моделирования распространения заболеваний

1.1 Основные понятия и определения

Среди всех болезней человека инфекции стоят особняком в связи с тем, что для них четко известна причина, их формирующая, что не всегда можно сказать о соматических патологиях. Но при вполне известном возбудителе, будь то вирус или определенные бактерии, не всегда просто поставить диагноз и вылечить патологию. Еще сложнее обстоят дела с теми инфекциями, которые вызываются паразитами и грибами, их проявления нередко существенно запаздывают или бывают нечеткими и смазанными, в то время как изменения, ими провоцируемые — очень серьезны. Что такое инфекция, в чем ее особенности? Если говорить в глобальном масштабе — инфекция это патологический процесс, который формируется в организме при проникновении в него болезнетворного агента [2,10]. Человек на протяжении эволюции научился существовать в мире, окруженном многочисленными инфекционными агентами, имеющими различную природу. На сегодня выделены инфекции различного типа:

Прионные (клинические проявления возникают за счет поражения клеток и тканей паразитическими белками-прионами). Этот вид патологии изучен мало, описано пока очень немного случаев подобных болезней.

Вирусные, при которых инфекция провоцируется проникновением в тело человека особой формы жизни — вируса, проявляющего функции как неживого в окружающей среде, так и живого объекта в теле зараженного человека.

Микробные (бактериальные) инфекции, которые развиваются в результате заражения человека опасными, болезнетворными бактериями. За счет размножения их в организме происходит поражение органов и тканей, формируется нагноение и разрушение тканей.

Инфекция, вызванная патогенными грибами, при которой происходит размножение и жизнедеятельность патогенных грибов в отдельных частях тела или органах с развитием воспаления и иных поражений.

Заболевания, вызванные простейшими и паразитами. Паразит — это особый организм, в результате эволюции получивший свойство жить за счет своего хозяина, которому он существенно вредит.

Инфекции склонны к распространению, с формированием иногда даже эпидемий, что опасно для населения.

Эпидемия – быстрое распространение инфекционной болезни среди населения, значительно превышающее обычный уровень заболеваемости для данной местности. Прогрессирует во времени и может стать источником чрезвычайной ситуации не только в определенном населенном пункте, но и на территории нескольких стран.

Борьба с эпидемиями как с природной стихией была и остается сложной задачей. Несмотря на все существующие меры профилактики распространения болезней, количество жертв инфекции может исчисляться миллионами людей. Примером является ВИЧ инфекция, охватившая все страны мира. Каждая новая вспышка заболевания может значительно отличаться от предыдущих. На течение эпидемии влияют климат и погодные условия, географическое расположение региона, а также бытовые и гигиенические условия проживания жителей.

Эпидемиология – наука, которая изучает и описывает закономерности появления и распространения болезней, а также способы борьбы с ними и меры профилактики.

Эпидемическим процессом называют непрерывное распространение инфекционного заболевания, которое происходит при соблюдении трех условий:

наличие источника инфекции;

механизм передачи;

восприимчивые к инфекции люди.

Отсутствие хотя бы одного из этих условий приводит к нарушению цепи эпидемического процесса и останавливает передачу заболевания.

При этом на возникновение эпидемии и характер ее течения влияют также природные условия (наличие

природных очагов инфекции), социальные факторы и состояние системы здравоохранения. Начало эпидемии невозможно без источника заболевания, где возбудитель размножается и накапливается. Таким источником является инфицированный человек или животное. Причем передача заболевания возможна не только во время острого состояния, но и в период выздоровления и носительства. Даже когда основные симптомы болезни утихли, и самочувствие значительно улучшилось, микробы продолжают выделяться из организма. Предметы окружающей обстановки (например, предметы личного пользования – посуда, полотенца и другие) также могут служить источником заболевания, ведь возбудитель присутствует на них, пусть и ограниченный период времени.

Распространение эпидемий происходит посредством определенных механизмов передачи возбудителя от источника инфекции к чувствительному организму.

Выделение микробов непродолжительно и сопровождается выбросом того или иного вещества. Например, капельки слюны при покашливании или чихании. Попадая в окружающую среду, возбудитель переносится дальше с помощью воздуха, воды, пищи, предметов обихода, земли, живых переносчиков – насекомые и животные. После чего проникает в здоровый, но чувствительный организм.

Для любого инфекционного заболевания характерен свой механизм передачи, который сформировался в результате эволюции. В зависимости от места нахождения и размножения возбудителя в зараженном организме, а также факторов передачи выделяют четыре основных механизма:

Аэрозольный;

Фекально-оральный;

Трансмиссивный;

Контактный.

При аэрозольном механизме передачи распространение эпидемий происходит через воздух. Возбудитель выделяется во внешнюю среду при разговоре, кашле или чихании в виде аэрозоля и может легко перемещаться внутри комнаты и даже проникать через коридоры и вентиляционные ходы за ее пределы. Таким образом поддерживается эпидемия гриппа и детских инфекций: корь, ветряная оспа, коклюш.

Тяжелые эпидемии кишечных инфекций (например, холеры) обусловлены фекально-оральным механизмом передачи возбудителя. Испражнения больного человека, попадая в воду, заражают ее, что способствует дальнейшему распространению заболевания.

Трансмиссивный механизм передачи инфекции (через насекомых) лежит в основе распространения эпидемий заболевания, ставшего самым страшным в истории человечества – чумы. Насекомые и животные также служат переносчиками многих других инфекционных болезней, встречающихся во всем мире. Например, эпидемический сыпной тиф передается человеку через укусы вшей, малярия – москитов.

Контактный механизм передачи способствует развитию заболеваний кожи и слизистых оболочек, в том числе венерических болезней. Недооценивать такой механизм передачи не стоит, ведь одна из самых опасных инфекций современного общества – ВИЧ передается от человека к человеку именно половым путем.

Естественный конец эпидемии происходит, когда были заражены и переболели, приобретя иммунитет, все восприимчивые люди. Например, по такому сценарию развивается постепенный спад заболеваемости гриппом. Наиболее восприимчивы к этому респираторному вирусу люди с ослабленной иммунной системой: дети, беременные женщины, пожилые люди, а также страдающие от хронических заболеваний, если они не были заранее привиты. После того, как «волна» инфекционного заболевания прокатилась по самым уязвимым группам населения эпидемия постепенно затихает.

Положить конец эпидемии можно с помощью различных методов борьбы, направленных на все звенья эпидемического процесса.

Методы борьбы с эпидемиями

Совокупность различных научно-обоснованных методов борьбы с эпидемиями и мер профилактики называется противоэпидемическими мероприятиями. Благодаря им удастся предупредить развитие инфекционных заболеваний среди наиболее уязвимых групп населения, снизить общую заболеваемость в стране и даже полностью ликвидировать отдельные болезни.

Противоэпидемические мероприятия воздействуют на один или несколько звеньев эпидемического процесса:

Источник болезни – ограничительные мероприятия;

Механизм передачи – дезинфекция;

Восприимчивость организма – иммунопрофилактика.

Активные мероприятия, направленные на борьбу с инфекционным заболеванием, приводят к концу

эпидемии.

Ограничительные мероприятия

Мероприятия по борьбе с эпидемиями, направленные на ограничение источника болезни, вводятся при выявлении случаев высоко заразных инфекционных заболеваний среди населения, которые распространяются в пределах конкретной территории, например, города.

Существует два варианта ограничительных мероприятий:

Карантин;

Обсервация.

Всем известное слово «карантин» часто можно услышать в выпусках новостей, особенно в период увеличения заболеваемости гриппом. Подразумевает под собой мероприятия, которые предотвращают распространение опасного инфекционного заболевания среди населения, иными словами – развитие эпидемии. Карантин по сути – изоляция болеющих людей (очага заболевания).

Обсервация – наоборот, предусматривает изоляцию группы здоровых лиц, но бывших в контакте с болеющими или носителями инфекции. Это необходимо для проведения медицинского наблюдения, контроля и, при необходимости, лечения с целью предупреждения начала эпидемии или ее распространения.

Дезинфекция

Распространение эпидемии невозможно при разрыве механизма передачи инфекции. Этому способствует соблюдение общих санитарно-гигиенических правил, в том числе правил личной гигиены, а также проведение дезинфекции. Безусловно, при каждом инфекционном заболевании эффективны определенные средства дезинфекции, которые подбираются в зависимости свойств возбудителя, его устойчивости.

Существует два вида дезинфекции:

Текущая дезинфекция выполняется в месте проживания больного, если его лечение осуществляется амбулаторно. Проводить ее могут, например, родственники, следуя инструкциям медицинского персонала;

Заклучительная дезинфекция осуществляется после госпитализации в стационар.

Иммунопрофилактика

Для предупреждения инфекционных болезней и их активного распространения среди населения, по сути – эпидемий, проводится иммунопрофилактика (профилактические прививки).

Вакцинация жителей в различных странах выполняется в соответствии с национальным календарем профилактических прививок. В Российской Федерации он утвержден Минздравом. В нем содержатся: перечень инфекционных заболеваний, сроки вакцинации против них, а также категории людей, которые должны быть привиты. В первой части представлена информация об обязательных прививках, а во второй – выполняемых только по эпидемическим показаниям.

Борьба с эпидемиями начинается с профилактики – заблаговременной иммунизации населения.

Пандемия — необычайно сильная эпидемия, распространившаяся на территории стран, континентов; высшая степень развития эпидемического процесса[7]. Пандемия является наиболее опасной формой, то есть эпидемия, охватывающая подавляющую часть мира[8]. Обычно под пандемией подразумевают болезнь, принявшую массовый[14], повальный характер, поражающую значительную часть всего населения, первоначально, почти всё население. Согласно критериям ВОЗ, пандемия — распространение нового заболевания в мировых масштабах. К примеру, пандемия гриппа происходит, когда появляется новый вирус гриппа и распространяется по всему миру и большинство людей не обладают иммунитетом.

Эпидемии знакомы человечеству уже не одно тысячелетие. Симптомы многих современных болезней найдены в древних захоронениях. Самые крупные или значимые эпидемии человечества:

Эпидемии чумы

«Юстинианова чума», началась во время правления императора Византии Юстиниана I [17,18]. Она охватила всю известную на тот момент территорию в мире и продолжалась в течение двух веков (541-750), проявляясь в виде отдельных вспышек. Согласно сохранившимся летописям, источник первой эпидемии возник в Египте. По торговым путям инфекционное заболевание было завезено в Константинополь, а далее распространилось по территории Византии и перешло на соседние страны.

Последняя зафиксированная в мире эпидемия чумы была в 1910 году в Манчжурии. По разным оценкам ее жертвами стали от 60 до 100 тысяч человек.

Эпидемии оспы

Натуральная оспа или черная оспа – высоко заразная вирусная инфекция. В России натуральная оспа была впервые зафиксирована в начале 16 века. Инфекция была завезена в Сибирь. После эпидемии население сократилось в три раза. В Европе даже в 18 веке от опасного заболевания ежегодно умирало полмиллиона

человек.

В конце 1970х годов ВОЗ назвала натуральную оспу первой полностью ликвидированной инфекцией, благодаря проведенной во всем мире вакцинации. С тех пор не зафиксировано ни одного случая болезни. Эпидемии холеры

Холера – кишечная инфекция, которая приводит к резкой потере жидкости – обезвоживанию организма. Распространение заболевания происходит через загрязненную воду или пищу.

Река Ганг в Индии – природный очаг холеры. Влажный и теплый климат, несоблюдение санитарно-гигиенических норм, большое количество жителей поддерживают его существование. Первая пандемия холеры началась именно в Индии. С 1817 по 1926 гг. было шесть пандемий холеры. Они охватили страны Юго-Восточной Азии, Африку, Европу и Америку. В России эпидемия холеры 1830 года стала первой масштабно протекающей кишечной инфекцией. В нашу страну возбудитель был занесен из Афганистана, Ирана и Турции.

Несмотря на то, что в настоящее время существует этиотропное лечение холеры (антибактериальные препараты), смертность составляет 5-10%, в первую очередь из-за обезвоживания.

Эпидемии сыпного тифа

Эпидемический сыпной тиф – инфекционная болезнь, которая сопровождается поражением ЦНС (центральной нервной системы), сосудистого русла, а также появлением специфической сыпи.

Источник инфекции – зараженный человек, в крови которого находится возбудитель. Механизм передачи трансмиссивный – через переносчиков – головных и платяных вшей. Насекомые получают инфекцию при сосании

Список литературы

1. Бейли Н. Математика в биологии и медицине. – М.: Мир, 1970. – 327 с.
2. Бойков, И.В. Об одном численном методе моделирования задач иммунологии/ И.В. Бойков, Ю.Ф. Захарова, А.А. Дмитриева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико - математические науки. – 2015. – №1(33). – С.91-107.
3. Бойков, И.В. Устойчивость простейшей математической модели иммунологии/ И.В. Бойков, Ю.Ф. Захарова, А.А. Дмитриева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико - математические науки. – 2008. – № 4.
4. Бойков, И. В. Устойчивость моделей противовирусного и противобактериального иммунного ответа / И. В. Бойков, Ю. Ф. Захарова, А. А. Дмитриева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико - математические науки. – 2013. - № 4. – С. 47 – 61.
5. Бойков, И. В. Устойчивость решений дифференциальных уравнений / И. В. Бойков. - Пенза: Изд-во ПензГУ, 2012. – 244 с.
6. Болодурина, И. П. Оптимальное управление динамикой взаимодействия иммунной системы человека с инфекционными заболеваниями / И.П. Болодурина, Ю.П. Луговская // Вестник Самарского государственного университета. Сер. Естественная наука. – 2010. - №8(74). – С.138-153.
7. Бургасов С. П. Пандемия // Большая медицинская энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. Б. В. Петровский. — 3 изд. — М. : Советская энциклопедия, 1982. — Т. 18. Остеопатия - Переломы. — 528 с. — 150 800 экз.
8. Большой юридический словарь. — М.: Инфра-М. А. Я. Сухарев, В. Е. Крутских, А. Я. Сухарева. 2003.
9. Каримов А. Пандемия COVID-19 глазами математика, или почему классическая модель SEIRD не работает / Электронный документ: <https://habr.com/ru/post/500348/>
10. Корякина О.Е., Добродеева Л.К., Мартынова Н.А. Применение математических моделей в клинической практике // Журнал экология человека. – 2012. - № 7.
11. Левченко, О. Ю. Математическое моделирование противобактериального иммунного ответа / О. Ю. Левченко // Научный журнал КубГАУ. – 2011. - №66 (02). – С.1 – 12.
12. Матвеев А. В. Математическое моделирование оценки эффективности мер против распространения эпидемии COVID-19 // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2020. № 1(29). С. 23-39. DOI: <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2020-1-23-39>
13. Официальный информационный ресурс «СтопКоронавирус» /Электронный документ: <https://xn--80aesfpebagmfb1c0a.xn--p1ai/>
14. Пандемия // 1. Малая медицинская энциклопедия. — М.: Медицинская энциклопедия. 1991—96 гг. 2. Первая медицинская помощь. — М.: Большая Российская Энциклопедия. 1994 г. 3. Энциклопедический словарь медицинских терминов. — М.: Советская энциклопедия. — 1982—1984 гг.
15. Практические рекомендации по кислородотерапии и респираторной поддержке пациентов с COVID-19

- на дореанимационном этапе : [рус.] / С. Н. Авдеев, Н. А. Царева, З. М. Мержоева ... [и др.] // Пульмонология. — 2020. — Т. 30, № 2 (июнь). — С. 151—163. — ISSN 2541-9617.
16. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Минздрав России. Министерство здравоохранения Российской Федерации (3 марта 2020).
17. Супотницкий М. В., Супотницкая Н. С. Очерки истории чумы: В 2-х кн. — Кн. I: Чума добактериологического периода. — М.: Вузовская книга, 2006. — 468 с. — ISBN 5-9502-0093-4.
18. Супотницкий М. В., Супотницкая Н. С. Очерки истории чумы: В 2-х кн. — Кн. II: Чума бактериологического периода. — М.: Вузовская книга, 2006. — 468 с. — ISBN 5-9502-0093-4.
19. Рекомендации ВОЗ для населения в связи с распространением нового коронавируса (2019-nCoV): мифы и ложные представления. – Электронный документ. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/myth-busters>
20. Романюха, А. А. Анализ данных и моделирование инфекционных заболеваний / А.А. Романюха, С. Г. Руднев, С.М. Зуев // Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования. Т. 2. Математическое моделирование / под ред. В.П. Дымникова. – М.: Наука, 2012. – С. 352-404.
21. Федеральная служба государственной статистики / Электронный документ: <https://rosstat.gov.ru/>
22. Kermack, W. O.; McKendrick, A. G. A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics // Proceedings of the Royal Society, 1927. Vol. 115, No. A771, P.700-721.
23. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). World Health Organization(24 февраля 2020).
24. Edelstein-Keshet L. Mathematical Models in Biology. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2005.
25. Yandex DataLens, дашборд «Коронавирус» / База данных: https://datalens.yandex/7o7is1q6ikh23?tab=X1&utm_source=cbmain&state=be7cb135145

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/diplomnaya-rabota/184287>