3. Пономарев В. М., Литвинов А. П. Основы автоматического регулирования и управления. – М.: Высшая школа, 1974. – 439 с.
4. Журавлев В. М., Мионов П. П., Дегуновский С. В. Построение огибающей и локальной частоты стохастического процесса на основе модели осциллятора с флуктуирующей частотой. // Изв. вузов. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2013. – №3(27). – С. 159–169.
5. Ивинская Е. Ю. Теоретические аспекты исследования неравновесных экономических систем на основе модели гармонического осциллятора. // Теория и практика общественного развития. Экономические науки. – 2015. – № 21. – С. 57–59.
6. Антоновская О. Г. О влиянии насыщения нелинейности на результаты исследования принудительной синхронизации методом приближенных точечных отображений. // Математическое моделирование и оптимальное управление: Вестник ННГУ, Нижний Новгород. – 1999. – № 2(21). – С. 198–208.
7. Антоновская О. Г., Горюнов В. И. Метод точечных отображений в задачах нелинейной динамики. – Гамбург: LAP (Lambert Academic Publishing), 2013. – 140 с.
8. Антоновская О. Г., Зайцева М. Н. Об одном случае исследования принудительной синхронизации методом приближенных точечных отображений. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 8(74). – С. 7–14.
9. Неймарк Ю.И. Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1972. – 336 с.

Огнегин К.Е., Польская П.С., Корчевская О.В.

Математическая модель зомби-апокалипсиса с программной реализацией

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика

М.Ф. Решетнева

(Россия, Красноярск)

doi: 10.18411/lj-08-2020-23

idsp: ljjournal-08-2020-23

Аннотация

В данной статье рассматривается математическая модель зомби-апокалипсиса с лечением, позволяющая получить оценивающую информацию о пандемии смертельного вируса, и программная реализация математической модели.

Ключевые слова: математическая модель, зомби, информационная система.

Abstract

This article discusses the mathematical model of the zombie Apocalypse with treatment, which allows you to get evaluating information about the pandemic of a deadly virus, and the software implementation of the mathematical model.

Keywords: mathematical model, zombie, information system.

Введение

Математическая модель – это абстрактная модель, которая использует математический язык для описания поведения системы [1].

Математические модели используются, в частности, в естественных и технических дисциплинах (таких как физика, биология и электротехника), но также и в социальных науках (таких как экономика, социология и политология); физики, инженеры, компьютерщики и экономисты используют математические модели наиболее широко.

Моделирование является универсальным методом получения и использования знаний об окружающем мире. Моделирование всегда используется человеком в целенаправленной деятельности, особенно в исследовательской. В современных условиях усиливается роль и значение математического моделирования, которое с развитием вычислительной техники стали называть компьютерным.

Целью выполнения исследовательской работы является:

— Описать предметную область;

- Изучить похожие работы и сделать выводы о достоинствах и недостатках;
- Составить математическую модель (систему дифференциальных уравнений) самостоятельно или взять готовую;
- Исследовать устойчивость системы (построение фазового портрета);
- Разработать систему математической модели предметной области.

Постановка задачи

Рассмотрим математическую модель зомби-апокалипсиса с возможностью создать рабочую вакцину, предложенную автором Робертом Смитом [2].

Лечение позволит зомби человеку вернуться к своей человеческой форме снова. Однако новый человек снова может стать зомби, таким образом, лекарство не обеспечивает иммунитет. Те зомби, которые воскресли из мертвых и которым было дано лекарство, также смогли вернуться к жизни и снова жить так же, как и до поступления в класс умерших (R).

Вещи, которые необходимо учитывать сейчас, включают в себя:

- Поскольку есть лечение, больше не нужен карантин.
- Лечение позволит зомби вернуться к своей первоначальной человеческой форме независимо от того, как они стали зомби в первую очередь.
- Любые вылеченные зомби снова становятся восприимчивыми; лечение не дает иммунитета.

Таким образом, модель с лечением задается:

$$S' = \Pi - \beta SZ - \delta S + cZ$$

$$I' = \beta SZ - \rho I - \delta I$$

$$Z' = \rho I + \xi R - \alpha IZ - cZ$$

$$R' = \delta I + \delta S + \alpha IZ - \xi R$$

Рисунок 1 – Математическая модель

И проиллюстрируем ее графически:

Рисунок 2 – Математическая модель зомби с лечением

Составим собственную математическую модель

Изучив модель с лечением можно сделать вывод, что в ней присутствуют существенные недостатки. Модифицируем ее.

Предположим, что все люди изначально уже инфицированные (потому что инфекция передается через воздух и все люди сами того не зная и не ощущая никаких симптомов уже инфицированные) и для того, чтобы превратиться в зомби у них 2 пути:

- 1) Быть убитым;
- 2) Быть укушенным зомби.

Предложенное лечение отличается от исходной модели с лечением тем, что если человек сначала умер, а после превратился в зомби, то с помощью лечения ему уже не вернуться в группу людей, так как пока человек был мертв, приостановилась работа

органов и жизнедеятельность организма, тем самым внутренние органы разрушаются и после принятия лекарства человек умирает.

Но если человек сначала превратился в зомби и после превращения в зомби прошло не больше суток, то лечение его вернет в строй людей, которые приняли лекарство.

Модифицированная модель с лечением:

$$\begin{aligned} I' &= \Pi - \delta I - \rho I - cI \\ C' &= cI - \delta C + \rho cI \\ Z' &= \rho I + \xi R - \alpha IZ - \rho cI \\ R' &= \delta I + \delta C + \alpha IZ - \xi R \end{aligned}$$

Рисунок 3 – Модифицированная математическая модель

В итоге получаем такую модель:

Рисунок 4 – Модифицированная модель зомби-апокалипсиса с лечением

Где:

ρI – инфицированные, которые превратились в зомби;

δI – инфицированные, которые умерли своей смертью;

cI – инфицированные, которые приняли лекарство;

ρcI – зомби (которые стали зомби из-за укуса), которые получили лекарство;

δC – исцелившиеся, которые умерли своей смертью;

αIZ – зомби, которых убили в голову;

ξR – умершие люди, которые превратили в зомби.

Когда $Z = 0$ мы получаем обычное положение равновесия.

Однако благодаря члену ρcI мы теперь имеем возможность эндемического равновесия, удовлетворяющего

$$\begin{aligned} \rho I - \rho cI - cI &= 0 \\ cI - \delta C + \rho cI &= 0 \\ \rho I + \xi R - \rho cI &= 0 \\ \alpha IZ - \xi R &= 0 \end{aligned}$$

Рисунок 5 – Эндемическое равновесие

Исследовать устойчивость системы

Найдем Якобиан системы:

$$J = \begin{pmatrix} -\delta - \rho - c & 0 & 0 & 0 \\ c + \rho c & \delta & 0 & 0 \\ \rho - \alpha Z - \rho c & 0 & -\alpha I & \xi \\ \delta + \alpha Z & \delta & \alpha I & -\xi \end{pmatrix}$$

Рисунок 6 – Якобиан системы

Таким образом, мы имеем

$$\det(J - \lambda I) = \det \begin{bmatrix} -\delta - \rho - c - \lambda & 0 & 0 & 0 \\ c + \rho c & \delta - \lambda & 0 & 0 \\ \rho - \alpha Z - \rho c & 0 & -\alpha I - \lambda & \xi \\ \delta + \alpha Z & \delta & \alpha I & -\xi - \lambda \end{bmatrix} =$$

$$= \lambda^4 + (\rho + \xi + \alpha I) * \lambda^3 + (-\delta^2 + \rho\xi - \rho\delta + \rho\alpha I) * \lambda^2 + (-\delta^2\xi - \delta^2\alpha I - \rho\xi\delta - \rho\delta\alpha I)\lambda$$

Рисунок 7 – Характеристическое уравнение системы

Поскольку у полинома 4 степени выражение имеет положительные коэффициенты, отсюда следует, что положительные собственные значения.

Следовательно, если все корни характеристического уравнения > 0 , получается, что тип точки и характер устойчивости системы – неустойчивый узел.

Рисунок 8 – Разработанная информационная система по модели зомби-апокалипсиса с лечением

Заключение

В результате исследования и проектирования модернизированной математической модели зомби-апокалипсиса с лечением была разработанная информационная система «Математическая модель зомби-апокалипсиса», которая

показывает соотношение выживших людей (инфицированных), вылечившихся (принявших вакцину), зомби и умерших людей.

Путем варьирования параметров мы можем сделать вывод, что человечество будет сосуществовать с зомби продолжительное время, до тех пор, пока, все человечество не истребит зомби и пока каждый человек на планете не получит вакцину.

1. Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>
2. Robert Smith – Mathematical Modelling of Zombies, University of Ottawa [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mysite.science.uottawa.ca/rsmith43/Zombies.pdf>

Пашаева Х.Т.г.

Численное решение систем дифференциальных уравнений комплексной модели влагообмена замкнутого аппарата и анализ результатов

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
(Азербайджан, Баку)*

doi: 10.18411/lj-08-2020-24

idsp: ljjournal-08-2020-24

Аннотация

В работе исследуются процессы влагообмена, происходящие в системах замкнутых аппаратов. Предполагается, что рассматриваемая сеть заполнена влагоносителем (жидкостью, газом, воздухом и т. д.) и состоит из линии тока, элементов конструкций и объемов. Разработан алгоритм автоматического построения математических моделей влагообмена в подобных сетях, описываемых системами дифференциальных уравнений (обыкновенных и в частных производных), а также численные схемы. Разработаны методика и алгоритм для решения задачи.

Ключевые слова: влагообмен, граничные условия, гиперболическое уравнение, метод сеток, разностные схемы, метод прямых, линии тока, элемент конструкций, объем.

Abstract

In the paper, the processes of moisture exchange occurring in closed-loop systems are studied. It is assumed that the network under consideration is filled with a moisture carrier (liquid, gas, air, etc.) and consists of a streamline, structural elements and volumes. An algorithm for automatic construction of mathematical models of moisture exchange in such networks, described by systems of differential equations (ordinary and in partial derivatives), as well as numerical schemes is developed. The methodology and algorithm for solving the problem are developed.

Keywords: moisture exchange, boundary conditions, hyperbolic equation, grid method, difference schemes, direct method, streamlines, structural elements, volume

Введение.

Изучение процессов влагообмена всегда играло важную роль в развитии техники и естествознания. За последние десятилетия сфера интенсивного исследования и применения явлений влагообмена чрезвычайно расширилась и включает такие ведущие направления техники, как химическая технология, металлургия, строительное дело, нефтепереработка, машиностроение, физика атмосферы, исследования космических аппаратов, а также биология, геология и т.д.