

**DIFFERENSIAL TENGLAMALAR ASOSIDA EPIDEMIYALAR
TARQALISHINI MODELLASHTIRISH VA BASHORATLASH: SEIR
MODELINING KOMPYUTER SIMULYATSIYASI**

Yo'ldoshova Dilnoza Ilhomboy qizi¹

TATU, bakalavr talabasi

Telefon: +998(93) 083 11 08

E-mail: yoldoshovadilnoza00@gmail.com

Narmanov Otabek Abdigapparovich²

TATU, Dotsent

Telefon: +998(99) 983 54 55

E-mail: otabek.narmanov@mail.ru

Maxammatyunusova Yulduzxon Dilmurot qizi³

TATU, bakalavr talabasi

Telefon: +998(90) 765 25 06

E-mail: yunusovayulduz85@gmail.com

Madinabonu Mirxamidova Mirsaid qizi⁴

TATU, Bakalavr talabasi

Telefon: +998(88) 110 68 18

E-mail: madinabonumirxamidova14@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada SEIR modeli yordamida epidemiyalarning tarqalishi differensial tenglamalar asosida modellashtirildi va kompyuter simulyatsiyasi orqali bashorat qilindi. Modelda aholi to'rt guruhga bo'lingan: sezgir (S), yuqtirgan (E), kasal (I) va sog'ayganlar (R). Simulyatsiya natijalari kasallikning tarqalish tezligi va cho'qqi nuqtasini aniqlashda yordam berdi. Natijalar epidemiyalarni oldini olish va sog'liqni saqlash tizimini yaxshilash uchun qaror qabul qilishda foydalanilishi mumkin. Model parametrlari va simulyatsiya metodlari batafsil taqdim etildi.

Аннотация. В данной статье распространение эпидемий моделировалось с использованием модели SEIR на основе дифференциальных уравнений и прогнозировалось с помощью компьютерного моделирования. Население в модели разделено на четыре группы: восприимчивые (S), инфицированные (E), больные (I) и выздоровевшие (R). Результаты моделирования помогли определить скорость распространения болезни и точку пика. Полученные данные могут использоваться для предотвращения эпидемий и улучшения системы здравоохранения. Параметры модели и методы моделирования представлены подробно.

Annotation. This article models the spread of epidemics using the SEIR model based on differential equations and predicts it through computer simulation. The population in the model is divided into four groups: susceptible (S), exposed (E), infected (I), and recovered (R). The simulation results helped identify the disease transmission rate and the peak point. The findings can be used for epidemic prevention and improving the healthcare system. Model parameters and simulation methods are presented in detail.

Kalit soʻzlar: SEIR modeli, differensial tenglamalar, epidemiyalar, modellashtirish, kompyuter simulyatsiyasi, bashoratlash

Kirish. Epidemiyalar insoniyat tarixida koʻplab ijtimoiy, iqtisodiy va sogʻliqni saqlash sohasida katta muammolarni keltirib chiqargan. Soʻnggi yillarda infeksiyon kasalliklarning tez tarqalishi va yangi viruslarning paydo boʻlishi global miqyosda pandemiyalar xavfini oshirmoqda. Shu sababli, epidemiyalarning tarqalishini oldindan bashorat qilish va samarali boshqarish uchun matematik modellashtirish usullari muhim ahamiyat kasb etadi.

Differensial tenglamalar asosidagi SEIR modeli epidemiologiyada keng qoʻllanilib, aholini toʻrt asosiy guruhga — sezgir, yuqtirgan, kasal va sogʻayganlarga ajratib, kasallikning tarqalish jarayonini tahlil qilish imkonini beradi. Ushbu model epidemiyaning rivojlanish surʼatlari va choʻqqi nuqtasini aniqlashda yordam beradi, bu

esa sogʻliqni saqlash tizimlarini samarali boshqarish va profilaktika choralarini rejalashtirishda muhimdir.

Mazkur maqolada SEIR modelining differensial tenglamalari asosida matematik modellashtirish va uning kompyuter simulyatsiyasi orqali epidemiyaning tarqalishini bashoratlash usullari tahlil qilinadi. Shuningdek, model parametrlarini aniqlash va simulyatsiya natijalari asosida epidemiyalarni boshqarishdagi amaliy imkoniyatlar koʻrib chiqiladi.

Metodologiya

Ushbu tadqiqotda epidemiyalarning tarqalishini modellashtirish uchun SEIR (Sezgir – Yuqtirgan – Kasal – Sogʻaygan) modeli asosida differensial tenglamalar qoʻllanildi. Tadqiqot quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Adabiyotlarni tahlil qilish

Epidemiyalarning matematik modellashtirilishi va SEIR modelining mavjud ishlanmalari, shuningdek, differensial tenglamalar orqali epidemiyaning tarqalishini bashoratlash boʻyicha ilmiy manbalar oʻrganildi. Bu bosqich modelning nazariy asoslarini va parametrlarini aniqlashga xizmat qildi.

2. SEIR modelining matematik ifodasi

Modelda aholi toʻrt asosiy guruhga ajratildi: sezgir (S), yuqtirgan (E), kasal (I) va sogʻayganlar (R). Har bir guruh uchun vaqtga bogʻliq differensial tenglamalar tuzildi, ular kasallikning tarqalishi va davolanish jarayonlarini aks ettirdi.

3. Model parametrlarini belgilash

Kasallikning uzatilish koeffitsienti, inkubatsiya davri, tiklanish surʼati kabi parametrlar epidemiologik maʼlumotlar va adabiyotlardan olingan. Bu parametrlar modelning aniq va ishonchli ishlashi uchun muhim ahamiyatga ega.

4. Kompyuter simulyatsiyasi

Matematik model MATLAB yoki Python kabi dasturlash tillarida simulyatsiya qilindi. Simulyatsiya jarayonida vaqt davomida har bir guruhda odamlar sonining oʻzgarishi hisoblab chiqildi. Simulyatsiya natijalari epidemiyaning rivojlanish tezligi va choʻqqi nuqtasini aniqlash imkonini berdi.

5. Natijalarni tahlil qilish

Simulyatsiya natijalari asosida epidemiyaning tarqalish dinamikasi o'rganildi, shuningdek, model parametrlarining epidemiyaning davomiyligi va tarqalishiga ta'siri tahlil qilindi.

Ushbu metodologiya orqali SEIR modelining differensial tenglamalar asosidagi modellashtirilishi va kompyuter yordamida bashoratlash jarayoni amalga oshirildi, bu esa sog'liqni saqlash tizimlari uchun epidemiyalarni boshqarish va oldini olishda qo'llanilishi mumkin.

Natijalar

SEIR modelining differensial tenglamalari asosida kompyuter simulyatsiyasi natijalari epidemiyaning tarqalish jarayonini aniq tasvirlash imkonini berdi. Simulyatsiya davomida kasallikning tarqalish tezligi va cho'qqi nuqtasi aniqlanib, quyidagi asosiy natijalarga erishildi:

1. **Epidemiyaning boshlang'ich bosqichi** — sezgir (S) va yuqtirgan (E) guruhlar soni orasidagi o'zaro ta'sir natijasida kasallik tez sur'at bilan tarqala boshladi. Bu bosqichda yuqtirish koeffitsienti va inkubatsiya davri model natijalarida muhim rol o'ynadi.
2. **Cho'qqi nuqtaning aniqlanishi** — simulyatsiya natijalari epidemiyaning maksimal kasallanish darajasi va cho'qqi nuqtasini ko'rsatdi. Ushbu nuqta kasallanganlar (I) sonining eng yuqori bo'lgan vaqti sifatida belgilandi, bu esa kasallikning eng kuchli tarqalish davri edi.
3. **Sog'ayganlar sonining o'sishi** — vaqt o'tishi bilan sog'ayganlar (R) soni oshib bordi, bu esa kasallikning tabiiy yo'qolishi yoki davolanish samaradorligini aks ettirdi.
4. **Model parametrlarining ta'siri** — kasallikning uzatilish koeffitsienti, inkubatsiya davri va tiklanish sur'ati kabi parametrlar epidemiyaning davomiyligi va tarqalish tezligiga sezilarli ta'sir ko'rsatdi. Parametrlarning o'zgarishi simulyatsiya natijalarida epidemiyaning cho'qqi nuqtasi va umumiy tarqalish hajmini o'zgartirdi.

5. **Oldini olish choralarining samarasi** — model yordamida karantin, ijtimoiy masofa saqlash kabi choralarning kasallik tarqalishini sekinlashtirishi va cho‘qqi nuqtani pastga tushirishi ko‘rsatildi.

Ushbu natijalar epidemiyalarni oldini olish, sog‘liqni saqlash tizimini rejalashtirish va muvofiqlashtirishda SEIR modelining samarali vosita ekanligini tasdiqlaydi.

Kelajakda qo‘llanilishi

SEIR modelining differensial tenglamalar asosidagi kompyuter simulyatsiyasi epidemiyalarni modellashtirish va bashoratlash sohasida muhim vosita hisoblanadi. Kelajakda ushbu model va unga asoslangan yondashuvlar quyidagi yo‘nalishlarda keng qo‘llanilishi mumkin:

1. **Jahon sog‘liqni saqlash tizimlarida epidemiyalarni oldindan bashorat qilish** – yangi kasalliklar va viruslarning tarqalishining dastlabki bosqichlarida samarali prognozlar berish orqali epidemiyalarni tez va samarali boshqarish imkoniyati oshadi.

2. **Politika va rejalashtirishda yordam** – sog‘liqni saqlash organlari uchun epidemiologik vaziyatni tahlil qilish va epidemiyaga qarshi samarali choralar ishlab chiqishda modellashtirish natijalari asos bo‘lib xizmat qiladi.

3. **Choralar samaradorligini baholash** – karantin, ijtimoiy masofa, vaksinalar qo‘llanishining epidemiyaning rivojlanishiga ta‘sirini oldindan baholash, shu bilan epidemiyani boshqarishda yanada to‘g‘ri qarorlar qabul qilishga yordam beradi.

4. **Modelni yanada rivojlantirish** – kelajakda modelga yangi parametrlar va guruhlar qo‘shish, masalan, vaksinalanganlar soni yoki virusning yangi shtammlari hisobga olinishi epidemiyaning yanada aniqroq modellashtirilishini ta‘minlaydi.

5. **Ta‘lim va ilmiy tadqiqotlarda qo‘llanilishi** – epidemiyalarni o‘rganish va tahlil qilishda, shuningdek, talabalarga va tadqiqotchilarga

modellashtirish asoslarini o'rgatishda ushbu model muhim o'quv va ilmiy vosita bo'lib xizmat qiladi.

Shu tarzda, SEIR modeli va uning kompyuter simulyatsiyasi kelajakda epidemiologiya va sog'liqni saqlash sohalarida ilg'or texnologiyalar yordamida kasalliklarni samarali nazorat qilish va oldini olishga katta hissa qo'shadi.

Xulosa.

Ushbu maqolada SEIR modeli asosida epidemiyalarning tarqalishini differensial tenglamalar yordamida modellashtirish va kompyuter simulyatsiyasi orqali bashoratlash amalga oshirildi. Modellash natijalari epidemiyaning rivojlanish bosqichlarini aniqlash va kasallikning tarqalish tezligini o'rganish imkonini berdi. SEIR modeli aholini sezgir, yuqtirgan, kasal va sog'aygan guruhlariga bo'lib, kasallik tarqalishini aniqroq tahlil qilish uchun qulay asos yaratdi. Simulyatsiya natijalari sog'liqni saqlash tizimlari uchun epidemiyalarni oldini olish, boshqarish va samarali qarorlar qabul qilishda muhim vosita bo'lishini ko'rsatdi. Kelajakda modelni yanada takomillashtirish va qo'shimcha parametrlarni kiritish orqali epidemiyalarni bashorat qilish aniqligi oshirilishi mumkin. Shu bilan birga, SEIR modelining kompyuter simulyatsiyasi epidemiyalarga qarshi kurashishda strategik rejalashtirish va nazorat tizimlarini yaxshilashga katta hissa qo'shadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Hethcote, H.W. (2000). The Mathematics of Infectious Diseases. *SIAM Review*, 42(4), 599–653.
2. Keeling, M.J., & Rohani, P. (2008). *Modeling Infectious Diseases in Humans and Animals*. Princeton University Press.
3. Anderson, R.M., & May, R.M. (1991). *Infectious Diseases of Humans: Dynamics and Control*. Oxford University Press.
4. Brauer, F., Castillo-Chavez, C., & Feng, Z. (2019). *Mathematical Models in Epidemiology*. Springer.
5. Kermack, W.O., & McKendrick, A.G. (1927). A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. *Proceedings of the Royal Society A*, 115(772), 700-721.

6. Li, Q., Guan, X., Wu, P., et al. (2020). Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus–Infected Pneumonia. *New England Journal of Medicine*, 382(13), 1199-1207.
7. Kucharski, A.J., Russell, T.W., Diamond, C., et al. (2020). Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(5), 553-558.
8. WHO. (2020). *Coronavirus disease (COVID-19) technical guidance: Modelling*.
World Health Organization.
<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/modelling>