ISNN 3030-3907

2025/4
VOLUME 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

“PNEVMONIYA KASALLIGINI MATEMATIK MODELINI TADQIQ ETISH”

Boltibayev Shuhratjon Komiljanovich
Namangan davlat universiteti dotsenti
Email: sh.boltibayev@gmail.com
Abduraxmanov Azizbek Shokirjon o‘g‘li
Namangan davlat universiteti o‘qituvchisi
Email: a2126ek2301@gmail.com
Ubaydullayeva Diloromxon Maxmudjon qizi
Namangan davlat universiteti o‘qituvchisi
Email: ubaydullayevadilorom378@gmail.com
Nastinov Sadriddin Tojiddin o‘g‘li
Namangan davlat universiteti o‘qituvchisi
Email: sadriddin_1995_08_29@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada pnevmoniya jarayonining matematik modellashtirish asosida tahlil qilindi. So‘nggi yillarda pnevmoniya va boshqa infeksion kasalliklarni matematik modellashtirish bo‘yicha ilmiy izlanish olib borgan olimlarning erishgan yutuqlari tahlili keltirilgan. Pnevmoniya jarayonini tavsiflovchi mikroskopik immun o‘zaro ta’siri uchun oddiy differensial tenglamalar tizimi — alveola/segment darajasida deterministik modelni taklif qilingan.

Kalit so‘zlar: pnevmoniya, epidemiya, barqarorlik tahlili, parametrlar noaniqligi, yopiq halqa, neytrofil, makrofag, bakteriya, alveola.

Аннотация. В данной статье анализируется процесс пневмонии на основе математического моделирования. Представлен анализ достижений ученых, проводивших научные исследования по математическому моделированию пневмонии и других инфекционных заболеваний в последние годы. Предложена детерминированная модель на уровне альвеол/сегментов для микроскопического взаимодействия иммунной системы, описывающая процесс пневмонии, система обыкновенных дифференциальных уравнений.

Ключевые слова: пневмония, эпидемия, анализ устойчивости, неопределенность параметров, замкнутый контур, нейтрофил, макрофаг, бактерии, альвеола.

Annotation. This article analyzes the process of pneumonia based on mathematical modeling. An analysis of the achievements of scientists who have conducted scientific research on mathematical modeling of pneumonia and other infectious diseases in recent years is presented. A deterministic model at the alveoli/segment

ISSN 3030-3907

level is proposed for the microscopic immune interaction describing the process of pneumonia, a system of ordinary differential equations.

Keywords: pneumonia, epidemic, stability analysis, parameter uncertainty, closed loop, neutrophil, macrophage, bacteria, alveolus.

KIRISH.

Pnevmoniya – bu o‘pka to‘qimalarining yallig‘lanishi bilan kechadigan, turli mikroorganizmlar tomonidan chaqiriladigan og‘ir infeksion kasallik hisoblanadi. U nafas olish tizimining eng keng tarqalgan kasalliklaridan biri bo‘lib, ko‘plab mamlakatlarda kasallanish va o‘lim ko‘rsatkichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Zamonaviy tibbiyotda pnevmoniyani o‘rganishda nafaqat klinik va biologik yondashuvlar, balki matematik modellashtirish usullari ham keng qo‘llanilmoqda. Matematik modellar yordamida kasallikning tarqalish jarayonini tahlil qilish, profilaktika va nazorat choralarini rejalashtirish, shuningdek, epidemiyaning rivojlanish dinamikasini oldindan bashorat qilish mumkin.

So‘nggi yillarda pnevmoniya va boshqa infeksion kasalliklarni matematik modellashtirish bo‘yicha ko‘plab ilmiy ishlar olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda klassik epidemiologik modellar – SIR, SEIR, SIS va SIRS modellaridan foydalaniladi. SEIR modeli kasallikning yashirin davrini (inkubatsiya bosqichi) hisobga olgani sababli pnevmoniya uchun eng mos yondashuvlardan biridir. Adabiyotlarda pnevmoniya bilan kasallanishning asosiy ko‘rsatkichlari, kasallikdan sog‘ayish va o‘lim ehtimoli, shuningdek, emlash strategiyalarini tahlil qiluvchi matematik modellar keltirilgan.

Nuwayyir Almutairi va Moustafa El Shahed “Optimal control strategies for a mathematical model of pneumonia infection” nomli maqolasida Bilinear (ikki chiziqli) kasallanish darajasining kamchiliklarini bartaraf etish uchun o‘z modellarini βSI/(1+mI) ko‘rinishidagi to‘yingan (saturated) kasallanish darajasini qabul qilishdi. Dastlab Kapasso va Serio tomonidan taklif etilgan ushbu formula real dunyodagi yuqish senariylarida kuzatiladigan nochiziqli effektlarni, masalan, infeksiya tarqalishi ortishi bilan xulq-atvorning o‘zgarishi va resurslarning cheklanganligini hisobga oladigan to‘yinganlik hadini o‘z ichiga oladi. Kasallanish darajasining ushbu shakli to‘yinganlik effektini ifodalaydi, ya'ni yuqish tezligi infeksiyalanganlar soni bilan birga cheksiz ravishda o‘sib bormaydi. O‘zgartirilgan model muloqot darajasi infeksiyalanganlar soniga qat'iy proporsional bo‘lmagan populyatsiyalarda pnevmoniya tarqalishini tushunish uchun yanada realistik asos yaratadi [1].

Sara B. Minuchchi, Rebekka L. Xayz va Angela M. Reynoldslar o‘zlarining “Review of mathematical modeling of the inflammatory response in lung infections and injuries” nomli maqolalarida hayot uchun xavfli bo‘lgan holatlarni hal qilishda

ISSN 3030-3907

matematik modellashtirishning foydaliligini ta'kidlash uchun uzoq vaqtdan beri qabul qilingan modellashtirish texnikalari va turli o‘pka jarohatlarini simulyatsiya qilishning yangi strategiyalarini taqdim etishdi. Hisoblash quvvatidagi yutuqlar faqat Bul operatorlaridan foydalanadiganlardan tortib, har biri tegishli biologik savollarga javob berish uchun maxsus ishlab chiqilgan murakkab gibrid ko‘p o‘lchovli modellargacha bo‘lgan turli xil modellar to‘plamini yaratishga imkon berdi. Ushbu matematik yondashuvlardan olingan natijalarni ko‘rsatish uchun mualliflar batafsil misollar keltirishadi, natijalarni umumlashtirishdi va gripp, pnevmoniya, COVID-19, sil, kuydirgi va boshqa yuqumli bo‘lmagan jarohatlarni modellashtirishning kelajakdagi yo‘nalishlarini ko‘rib chiqishdi [2].

Jacob Ong‘ala, Paul Oleche va Joseph Y.T. Mugishalar o‘zlarining “Mathematical model for pneumonia dynamics with carriers” nomli maqolasida besh yoshgacha bo‘lgan bolalar orasida pnevmoniya uchun matematik modelni ishlab chiqashdi. Model oddiy differensial tenglamalar va dinamik tizimlar nazariyasi yordamida tahlil qilinadi [3].

Belela Samuel kotola va Temesgen Tibebu Mekonnenlar o‘zlarining “Mathematical model analysis and numerical simulation for codynamics of meningitis and pneumonia infection with intervention” nomli maqolasida meningit va pnevmoniya qo‘shma infeksiyasi uchun samarali aralashuvlarni tahlil qilish, shuningdek, sog‘liqni saqlash, siyosat yoki qaror qabul qiluvchilar va dasturlarni amalga oshiruvchilarga oqilona tavsiyalar berish uchun deterministik matematik modelni ko‘rib chiqishgan. Mualliflar yuqumli kasalliklar epidemiologiyasi, meningit epidemiologiyasi, pnevmoniya epidemiologiyasi va meningit va pnevmoniya infeksiyasi epidemiologiyasini taqdim etishgan. To‘yingan modelning pozitivligi va chegaralanganligi ko‘rsatishdi. Mualliflarni modellari shuni aniqlaydiki, har bir modelning kasalliksiz muvozanat nuqtalari mos keladigan ko‘payish raqamlari bittadan kam bo‘lsa, mahalliy asimptotik barqaror va mos keladigan ko‘payish raqamlari bittadan katta bo‘lsa, global asimptotik barqaror [4].

Bundan tashqari, mualliflar har bir kichik modelning endemik muvozanat nuqtasining mavjudligi va noyobligini, har bir model uchun endemik muvozanat nuqtalarining mahalliy barqarorligi va global barqarorligini tahlil qilishdi.

Turli tadqiqotlardan olgan parametrlarning standart qiymatlaridan foydalanib, menengitning samarali ko‘payish soni $R_{eff(m)} = 9$ va pnevmoniyaning samarali ko‘payish soni $R_{eff(p)} = 11$ ekanligini aniqlashadi, bu meningit va pnevmoniya bilan birgalikda infektsiyalangan modelning samarali ko‘payish soniga olib keladi, bu esa $\max\{R_{eff(m)}, R_{eff(p)}\} = 9$ ni tashkil qiladi. Sezgirlik tahlilini qo‘llash orqali meningitning pnevmoniya bilan birgalikda infektsiyalangan dinamik tizimining yechimining xatti-harakatlarini o‘zgartirishi mumkin bo‘lgan

ISSN 3030-3907

eng ta‘sirli parametrlarni α_1, α_2 va π deb aniqlangan. Biologik jihatdan, α_1 ning kamayishi va π ning oshishi jamoalardan yuqumli kasalliklarni kamaytirish uchun mumkin bo‘lgan aralashuv strategiyasidir. Matematik modellashtirish shuni ko‘rsatdiki, ushbu kasalliklarga qarshi emlash, yuqumli odamlar bilan aloqani kamaytirish va davolash jamoalardan bu jimgina o‘ldiruvchi kasalliklarni kamaytirishga katta ta’sir ko‘rsatadi.

Abdulrahman Mumbu o‘zining “Modeling dynamics and stability analysis of pneumonia disease infection with parameters uncertainties control” nomli maqolasida davolash va vaksina qo‘llash choralarini hisobga olgan holda inson populyatsiyasida pnevmoniya kasalligining dinamik tarqalishini tavsiflovchi olti bo‘linmali matematik model tuzilgan. Modelning muvozanat nuqtalari va ularning barqarorligi Lyapunov funksiyasi usuli yordamida tahlil qilingan. Analitik natijalarga ko‘ra, kasallikdan holi muvozanat nuqtasida $R_0 < 1$ bo‘lganda lokal va global asimptotik barqarorlik ta’minlanadi, $R_0 > 1$ bo‘lganda esa tizim nobarqaror holatga o‘tadi [5].

Endemik muvozanat nuqtasida esa $R_0 > 1$ bo‘lganda asimptotik barqarorlik mavjud bo‘lib, aks holda tizim nobarqaror bo‘ladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, bemorlarga davolash va vaksina qo‘llash choralarini tatbiq etish orqali pnevmoniya infeksiyasining tarqalishini sezilarli darajada kamaytirish mumkin.

Demak, mazkur tadqiqot pnevmoniya kasalligini rivojlanish bosqichlari va davolash choralarining muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi.

Quyida pnevmoniya jarayonini tavsiflovchi mikroskopik immun o‘zaro ta’siri uchun oddiy differensial tenglamalar tizimi — alveola/segment darajasida deterministik modelni taklif qilamiz.

Hisobga olingan parametrlar:

- $T(t)$ — sog‘lom alveolyar epiteliy hujayralari (target cells).
- $I(t)$ — infektsiyalangan epiteliy hujayralar.
- $B(t)$ — erkin bakteriya (yoki patogen) konsentratsiyasi.
- $M(t)$ — aktiv makrofaglar / neytrofillar (faol fagotsitlar).
- $C(t)$ — yallig‘lanish mediatorlari (sitokinlar, xemokinlar kabi) darajasi.
- $D(t)$ — hujayra zararlanishiga bog‘liq o‘pka disfunksiyasi indikator (masalan, alveolyar shish yoki gaz almashinuvi pasayishi bilan bog‘liq o‘lchov).

Tenglamalar:

ISSN 3030-3907

$$\frac{dT}{dt} = \lambda_T - \beta_T BT - \mu_T T,$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta_T BT - \delta_I I - \kappa_M MI,$$

$$\frac{dB}{dt} = r_B B\left(1 - \frac{B}{K_B}\right) + \pi_I I - \phi_M MB - \eta_B B - u(t)B,$$

$$\frac{dM}{dt} = s_M + \frac{\rho_C C}{C + h_C} - d_M M + \sigma_B \frac{B}{B + h_B} - \xi_M M,$$

$$\frac{dC}{dt} = \alpha_I I + \alpha_B B - d_C C,$$

$$\frac{dD}{dt} = \gamma_I I + \gamma_C C - \rho_D D.$$

Tenglamalardagi har bir koeffisiyentga izoh beramiz:

- λ_T: alveolyar hujayralarning tiklanish/yangilanish tezligi (recruitment / proliferation).
- β_T: bakteriya B bilan kontaktda hujayra infeksiyalanishining sur'ati (mass-action).
- μ_T: sog'lom hujayralarning tabiiy o'limi.
- δ_I: infektsiyalangan hujayralarning tabiiy o'limi (virus/bakteriya ta'sirida).
- κ_M: makrofaglar tomonidan infektsiyalangan hujayralarning fagotsitlanish/clearing tezligi.
- r_B: bakteriyaning tabiiy o'sish tezligi (logistik o'sishga K_B bilan).
- K_B: bakteriyalar uchun tashqi cheklov (resurs/chegaralar).
- π_I: infektsiyalangan hujayralardan bakteriya ajralib chiqish (release rate).
- ϕ_M: makrofag yoki neytrofil tomonidan bakteriyani yo'q qilish tezligi.
- η_B: tabiiy bakterial clearance (mukosiliar, fizik) tezligi.
- $u(t)$: davolash/antibiotikning vaqtga bog'liq o'chirish effekti (agar davolash bo'lsa); ixtiyoriy boshqaruv funksiyasi.
- s_M: makrofaglarning bazal kirishi/rekrutlanishi (bone-marrow recruitment).
- ρ_C, h_C: sitokinlar orqali M ning faollashuvi (saturatsion funksiyaga misol — Hill turi).
- σ_B, h_B: bakteriya darajasi bilan stimulatsiya (chegaraga ega) — makrofag rekrutlanishini oshiradi.
- ξ_M: makrofaglarning de-aktivatsiya yoki tark etish tezligi (masalan, apoptoz).

ISSN 3030-3907

• α_I, α_B : infektsiyalangan hujayra va bakteriyalar tomonidan mediator C ishlab chiqarish tezligi.

• d_C : mediatorlarning degradatsiyasi.

• γ_I, γ_C : I va C ning o‘pka disfunksiyasiga (D) hissa qo‘shish koeffitsientlari.

• ρ_D : tiklanish/rezolyutsiya tezligi (o‘pka funksiyasining qaytishi).

Logistik o‘sish bakteriya uchun biologik cheklovni hisobga oladi; $\pi_I I$ infektsiyalangan hujayralardan bakteriogen chiqishini ifodalaydi (ba’zi pnevmoniyalar uchun muhim).

Bu yerda asosiy jarayon bakteriya sog‘lom hujayrani zararlaydi, natijada infeksiyalangan hujayra paydo bo‘ladi va infeksiyalangan hujayralarni paydo bo‘lishi bakteriyani ko‘payishiga sabab bo‘ladi. Makrofaglar bakteriyalarni yo‘q qiladi, sitokinlar immun tizimini boshqaradi.

Yuqorida keltirlgan differensial tenglamalar sistemasi yordamida o‘pkada suyuqlik to‘planishigacha bo‘lgan jarayonni tahlil qilishda foydalaniladi va oldindan diagnostika qilishda samarali xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Almutairi, N.; El-Shahed, M. Optimal control strategies for a mathematical model of pneumonia infection. Computation 2025, 13, 204. https://doi.org/10.3390/ computation13090204.

2. Minucci SB, Heise RL and Reynolds AM (2020) Review of mathematical modeling of the inflammatory response in lung infections and injuries. Front. Appl. Math. Stat. 6:36. doi: 10.3389/fams.2020.00036

3. Ong‘ala, Jacob & Mugisha, Joseph & Oleche, Paul. (2013). Mathematical Model for Pneumonia Dynamics with Carriers. International Journal of Mathematical Analysis. 7. 2457-2473. 10.12988/ijma.2013.35109.

4. Kotola BS, Mekonnen TT. Mathematical model analysis and numerical simulation for codynamics of meningitis and pneumonia infection with intervention. Sci Rep. 2022 Feb 16;12(1):2639. doi: 10.1038/s41598-022-06253-0. PMID: 35173209; PMCID: PMC8850616.

5. Mumbu, Abdul-Rahman. (2024). Modelling Dynamics and Stability Analysis of Pneumonia Disease Infection with Parameters Uncertainties Control. Mathematics Open. 03. 10.1142/S2811007224300015.

ISSN 3030-3907