

Дипломдық жобаға
РЕЦЕНЗИЯ

Молдахметова Нұрай, Оралбайқызы Мөлдір, Ганибаева Несибели, Торекул Динара

Мамандық 6В06103 – «Математикалық және компьютерлік модельдеу»

Тақырыбы: «Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SIR моделін қолдану арқылы анықтау»

Пікірге:

Кіріспе, 3 бөлім, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттерден (38 әдебиеттен тұрады) тұратын дипломдық жоба ұсынылды.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

«Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SIR моделін қолдану арқылы анықтау» жобасы COVID-19 жұқпалы ауруларды SIR моделі арқылы зерттеуге арналған. Қазіргі кезде бүкіл әлемде көптеген жұқпалы аурулардың таралуына байланысты математикалық модельдерді қолдану тиімді. Дипломдық жобаның өзектілігі математикалық модельдерді қолдану арқылы жұқпалы аурулардың өршуін анықтау және дәл болжам жасау болып табылады.

Бірінші бөлімде жұқпалы аурулардың өршуін зерттеу үшін модификацияланған SIR моделі қолданылған. SIR моделі 1-ші ретті сызықсыз жәй дифференциал теңдеулер жүйесі арқылы сипатталады. Сонымен қатар дипломдық жобада SIR моделі үшін алғашқы есептің Рунге – Кутта, Эйлер әдістері арқылы жуық шешуін тапқан. Екі тәсіл арасындағы айырмашылық көрсетілген. Белгілі бір уақыт аралығында аурудың өршуінің немесе кемуінің графиктері Python-да көрсетілген.

Екінші бөлімде математикалық модельдің тағы бір түрі, SEIR моделінің дифференциал теңдеулер жүйесі келтірілген және шешулер графиктері алынған. Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SEIR моделінің шешулер графиктері Python-да жасалынған.

Үшінші бөлім SIR моделінің дифференциал теңдеулер жүйесінің бірінші интегралын алып, фазалық портретін құрудан басталды. Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SIR моделін қолданып, фазалық портретінің графиктері Python-да алынып, нәтижесі көрсетілді.

Дипломдық жобаның тақырыбына қатысты көптеген өзекті мәселелер мен сұрақтарға талдау жасалынғанын атап өткім келеді.

Дипломдық жобаны орындауға арналған тапсырмалар келесідей бөлінді:

- Ганибаева Несибели – SIR моделін Рунге - Кутта тәсілі арқылы шешу,
- Торекул Динара – SIR моделін Эйлер тәсілі арқылы шешіп, Рунге – Кутта тәсілімен айырмашылығын көрсету,

- Молдахметова Нұрай – SEIR моделін Рунге – Кутта тәсілі арқылы шешу,
- Оралбайқызы Мөлдір – SIR моделінің фазалық портретін құру.

Жұмысқа баға:

Жалпы дипломдық жоба «Математикалық және компьютерлік модельдеу» мамандығы бойынша қойылған талаптарға сай жазылған.

Студент Ганибаева Несибели дипломдық жобаны қорғауға жіберіледі, 95% бағаға лайық және дипломдық жоба деңгейі 6B06103- «Математикалық және компьютерлік модельдеу» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесін беруге сәйкес келеді.

Студент Торекул Динара дипломдық жобаны қорғауға жіберіледі, 95% бағаға лайық және дипломдық жоба деңгейі 6B06103- «Математикалық және компьютерлік модельдеу» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесін беруге сәйкес келеді.

Студент Молдахметова Нұрай дипломдық жобаны қорғауға жіберіледі, 95% бағаға лайық және дипломдық жоба деңгейі 6B06103- «Математикалық және компьютерлік модельдеу» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесін беруге сәйкес келеді.

Студент Оралбайқызы Мөлдір дипломдық жобаны қорғауға жіберіледі, 95% бағаға лайық және дипломдық жоба деңгейі 6B06103- «Математикалық және компьютерлік модельдеу» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесін беруге сәйкес келеді.

Рецензент

ІІТУ (Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті),
Физика-математика ғылымдарының докторы, профессор

Б. Рысбайұлы



Ганибаева Несибели, Торекул Динара, Молдахметова Нұрай,
Оралбайқызы Мөлдірдің дипломдық жобасына

ПІКІР

6B06103 – «Математикалық және компьютерлік модельдеу»

Тақырыбы: «Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SIR моделін қолдану арқылы анықтау»

«Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SIR моделін қолдану арқылы анықтау» дипломдық жобасы жұқпалы аурулардың өршуін математикалық модельдерді қолдану арқылы анықтау болып табылады. Жұқпалы аурулардың өршуін анықтауда математикалық модельдерді қолдану өте маңызды, өйткені олар аурудың таралу динамикасын түсінуге және тиімді жоспарлау мен жедел шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Дипломдық жоба үш бөлімнен тұрады:

Бірінші бөлімде SIR моделі қолданылған. SIR моделінің дифференциал теңдеулер жүйесін Рунге – Кутта және Эйлер әдістері арқылы шешіп, жуық шешуін тапқан. Және аурудың өршуінің немесе кемуінің графиктері көрсетілген.

Екінші бөлімде SEIR моделі қолданылған. SEIR моделі үшін алғашқы есепті Рунге – Кутта әдісі арқылы шешіп, жуық шешуін тапқан. Жұқпалы аурулардың өршуінің және кемуінің графиктері көрсетілген.

Үшінші бөлім SIR моделінің дифференциал теңдеулер жүйесінің фазалық портретын құрудан басталды. Фазалық портретінің графиктері көрсетілген.

Дипломдық жобада көптеген маңызды мәселелер мен сұрақтарға талдау жасалынған. Жалпы дипломдық жоба қойылған талаптарға сай жазылған. Сондықтан Ганибаева Несибели, Торекул Динара, Молдахметова Нұрай, Оралбайқызы Мөлдірдің дипломдық жобасы 95% бағаға лайық және дипломдық жоба деңгейі 6B06103- «Математикалық және компьютерлік модельдеу» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесін беруге сәйкес келеді.

Ғылыми жетекші:

Физика-математика ғылымдарының докторы, профессор

Ә. Сақабеков

HR Қызметі (қолы)

«*шашыр*» 2024ж



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Молдахметова Нұрай Берікқызы, Оралбайқызы Мөлдір, Торекул Динара
Намазбайқызы, Ганибаева Несибели Даулетбайқызы**

**Тақырыбы: Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SIR моделін қолдану
арқылы анықтау**

Жетекшісі: Аужан Сақабеков

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.8

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.2

Дәйексөз (35): 0.7

Әріптерді ауыстыру: 17

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер
департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

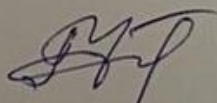
Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні



Кафедра меңгерушісі

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Жоғары математика және модельдеу кафедрасы

Молдахметова Нұрай Берікқызы, Оралбайқызы Мөлдір, Торекул Динара Намазбайқызы,
Ганибаева Несибели Даулетбайқызы

«Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SIR моделін қолдану арқылы
анықтау»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B06103 – Математикалық және компьютерлік моделдеу

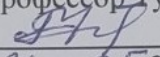
Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Жоғары математика және модельдеу кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Жоғары математика және
модельдеу» кафедрасының
меңгерушісі физика-математика
ғылымдарының
кандидаты, қауымдастырылған
профессор Тулешева.Г.А.
 (қолы)
«31» 05. 2024 ж

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

Тақырыбы : « Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SIR моделін қолдану
арқылы анықтау»

6B06103 – Математикалық және компьютерлік моделдеу

Орындаған

Н. Молдахметова,
М. Оралбайқызы,
Д. Торекул,
Н. Ганибаева.



Рецензент физика-математика
ғылымдарының докторы, профессор

Болатбек Рысбайұлы

«27» мамыр 2024

Ғылыми жетекшісі физика-математика
ғылымдарының докторы, профессор

Ә. Сақабеков

(қолы)

«28» мамыр 2024

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

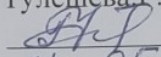
Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Жоғары математика және модельдеу кафедрасы

6B06103 – Математикалық және компьютерлік моделдеу

БЕКІТЕМІН

«Жоғары математика және
модельдеу» кафедрасының
меңгерушісі физика-математика
ғылымдарының кандидаты,
қауымдастырылған профессор
Тулешева Г.А.

 (қолы)
«31» 05. 2024 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушылар Молдахметова.Н, Оралбайқызы.М, Торекул.Д, Ганибаева.Н.

Тақырыбы: «Жұқпалы аурулардың өршуін модификацияланған SIR моделін қолдану
арқылы анықтау».

Университет ректорының 2023 жылғы «4» желтоқсандағы №548-П/Ө бұйрығымен
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: « 04 » 06 2024ж.

Дипломдық жобаның бастапқы деректері:

Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелердің тізбесі немесе дипломдық
жұмыстың қысқаша мазмұны:

а) қазіргі кездегі өте маңызды мәселелердің бірі болып табылатын жұқпалы аурулардың
таралуын математикалық модельдеу

б) эпидемиологиялық модельдерді қолдана отырып, аурудың өршуін анықтау

в) модельдің сапасын бағалау, алгоритмнің тиімділігін бағалау

г) python программалау тілі көмегімен бағдарламаны құру

Графикалық материалдар тізімі (міндетті суреттердің нақты көрсетілуімен):

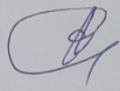
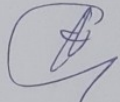
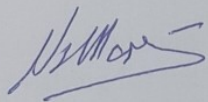
Ұсынылған негізгі әдебиеттер саны: 38

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

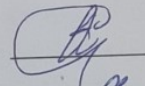
Бөлімдердің атаулары, зерттелген мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге ұсыну мерзімі	Ескерту
Дипломдық жоба жоспарын құру	22.01.2024	Орындалды
Эпидемиологияда өте жиі қолданылатын математикалық модельдер түрін анықтау	26.01.2024	Орындалды
Жұмысты орындау үшін бағдарламалау тілін таңдап, модельдерді құру және талдау	05.02.2024	Орындалды
Дипломдық жобаның түсініктеме жазбасын дайындау	20.03.2024	Орындалды
Дипломдық жобаны қорғауға материалдар мен презентацияны дайындау	02.05.2024	Орындалды

Қолтаңбалар

Аяқталған дипломдық жобаға консультанттар мен норма бақылаушы оларға қатысты жұмыс бөлімдерін көрсете отырып

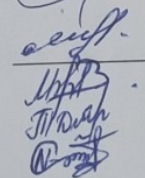
Бөлімдердің атаулары	Ғылыми жетекші, консультанттар, Т.А.Ә. (мұғ. дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Теориялық бөлім	Ә. Сакабеков, Физика-математика ғылымдарының докторы, профессор	28.05.24	
Еңбекті қорғау бөлімі	Ә. Сакабеков, Физика-математика ғылымдарының докторы, профессор	28.05.24	
Норма бақылаушы	Шатманов Ж. Ж., физ-мат. ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор	28.05.2024	

Ғылыми жетекшісі



Ә.Сакабеков

Білім алушы тапсырманы орындауға алды



Н. Б. Молдахметова,
М. Оралбайқызы,
Д. Н. Торекул,
Н. Д. Ганибаева.

Күні

«28» мамыр 2024ж

АНДАТПА

Қазіргі уақытта әртүрлі жұқпалы аурулардың өршуіне жауап ретінде ресурстарды әртүрлі популяциялар арасында дұрыс бөлу қажет. Медицина мамандары жұқпалы аурулардың маусымдық және мутацияланатын штаммдарының пайда болуын болдырмау үшін халық арасында вакцинацияны белсенді түрде ілгерілетуге шақырады. Алайда, вакциналар көбінесе халықтың көп бөлігі үшін қол жетімді емес. Ресурстар шектеулі болған жағдайда ресурстарды пайдалануды барынша арттыру және науқастар санын азайту мақсатында медицина қызметкерлері қолданатын вакцинация стратегияларының тиімділігіне мұқият зерттеу жүргізу маңызды. Мұндай стратегиялардың тиімділігін талдау үшін популяциядағы жұқпалы аурулардың таралуының математикалық моделі болып табылатын SIR модификацияланған моделін қолданып жұқпалы аурулардың өршуін анықтаймыз.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время необходимо правильно распределять ресурсы между различными группами населения в ответ на вспышки различных инфекционных заболеваний. Медицинские специалисты призывают к активному продвижению вакцинации среди населения для предотвращения появления сезонных и мутирующих штаммов инфекционных заболеваний. Однако вакцины зачастую недоступны для большей части населения. В условиях ограниченных ресурсов важно провести тщательное исследование эффективности стратегий вакцинации, применяемых медицинскими работниками, с целью максимизации использования ресурсов и сокращения числа заболевших. Чтобы проанализировать эффективность таких стратегий, мы определяем вспышки инфекционных заболеваний, используя модифицированную модель SIR, которая является математической моделью распространения инфекционных заболеваний в популяции.

ANNOTATION

Currently, it is necessary to properly allocate resources between different population groups in response to outbreaks of various infectious diseases. Medical experts are calling for the active promotion of vaccination among the population to prevent the emergence of seasonal and mutating strains of infectious diseases. However, vaccines are often unavailable to most of the population. In conditions of limited resources, it is important to conduct a thorough study of the effectiveness of vaccination strategies used by medical professionals in order to maximize the use of resources and reduce the number of cases. To analyze the effectiveness of such strategies, we identify outbreaks of infectious diseases using a modified SIR model, which is a mathematical model of the spread of infectious diseases in a population.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Эпидемияның таралуын модельдеу	9
1.1 SIR бөлімшелік моделі	9
1.2 SIR моделі негізінде эпидемияны модельдеуді дамыту	26
1.3 SIR модельдеу тапсырмасындағы модель параметрлерін және бастапқы деректерді анықтау алгоритмі	45
1.4 SIR моделі арқылы вирустық инфекцияның таралуын модельдеу	46
1.5 SIR моделін Эйлер тәсілі арқылы шешіп, инфекцияның таралуын модельдеу	48
2 SEIR бөлімшелік моделі	50
2.1 SEIR модельдеу тапсырмасындағы модель параметрлерін және бастапқы деректерді анықтау алгоритмі	50
2.2 SEIR моделі арқылы вирустық инфекцияның таралуын модельдеу	53
3 Фазалық портрет	57
3.1 Фаза портретіндегі эпидемия эволюциясының негізгі траекторияларын анықтау және оларды түсіндіру	57
3.2 Фаза портретын құру әдістерін талдау және оларды SIR моделі контекстінде қолдану	65
3.3 SIR моделінің дифференциалдық теңдеулерін шешудің сандық әдісін программалау	65
Қорытынды	79
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	82
А қосымша	
В қосымша	
С қосымша	
Д қосымша	
Е қосымша	

КІРІСПЕ

Зерттеудің өзектілігі: Қазіргі әлемде саяхат пен сауданың жаһандануы, жоспарланбаған урбанизация және өзгерістер сияқты экологиялық мәселелер аурудың таралуына айтарлықтай әсер етеді. Пандемия кезінде болатын процестерді математикалық модельдеу аурудың динамикасын болжау, тәуекелдерді бағалау және аурумен күресу шараларын таңдау үшін өте маңызды. Жұқпалы ауруларды модельдеу әдістері ХХ ғасырдың басынан бастап белсенді дамып келеді.

Соңғы жылдары қадағалаудың ақпараттық жүйелерін орналастырудың және талдауға қол жетімді статистиканың үлкен көлемінің пайда болуының арқасында осы тақырыптағы жұмыстардың саны тез өсуде. Эпидемиологиялық болжамдар әртүрлі мерзімдер үшін орындалады және оларға байланысты әртүрлі мақсаттарға қызмет етеді. Эпидемияның ауқымы мен ұзақтығын болжау үшін ғалымдар вирустың қоғамда таралуын модельдеуге жүгінеді. Олардың кейбіреулері тек инфекцияны сипаттайды. Егер біреу инфекцияны жұқтырса, онда иммунитеті жоқ адамдардың белгілі бір бөлігі жұқтырылады, жұқтырғандардың үлесі қалпына келеді. Басқа модельдер вакцинация арқылы алынған иммунитет сияқты қосымша факторларды ескереді.

Әрине, бұл соңғы түзетуді вирусқа қарсы вакцина болған жағдайда ғана модельге енгізуге болады. Сондықтан модельдің егжей-тегжейі оның таралуын көрсетуге арналған инфекцияға тікелей байланысты. Медициналық маңызды және әлеуметтік маңызды процестерді модельдеу жұмыстары ұзақ уақыт бойы жүргізілуде. Сондықтан оны қолға алу қажет болады.

Эпидемиялық жағдайдың дамуын талдау және модельдеу үшін практикалық қолдануда популяцияны үш топқа бөлуге негізделген SIR моделі кеңінен қолданылады: S – сезімтал (Susceptible), I – жұқтырған (Infectious) және R – иммунитеті бар (жойылған): $N = S + I + R$, мұндағы N-халықтың жалпы саны.

Зерттеудің мақсаты: Қазақстандағы тұмау эпидемиясы мысалында вирустық инфекция эпидемиясының таралуын модельдеу үшін жүйенің бастапқы деректері мен параметрлерін таңдау әдістемесін құру болып табылады.

Зерттеудің міндеті:

- 1 Эпидемияның таралуын модельдеу және талдау;
- 2 Қолданыстағы SIR моделінің кеңейтімдерін талдау;
- 3 Вирустық инфекцияның таралуын модельдеу жүйесі үшін модель параметрлерін және бастапқы деректерді таңдау алгоритмін жасау;
- 4 SEIR моделі арқылы вирустық инфекцияның таралуын модельдеу;
- 5 Қазақстан аумағында тұмаудың вирустық инфекциясының таралуын талдау;
- 6 Тұмаудың вирустық инфекциясының таралуының SIR моделі үшін бастапқы деректерді таңдау мәселесін шешу;
- 7 Фаза портретін құру әдістерін талдау және оларды SIR моделі контекстінде қолдану.

Бұл жұмыста тұмау эпидемиясын модельдеу мысалында эпидемияның таралуының SIR моделінің параметрлерін анықтау, сондай-ақ инфекцияға сезімтал реципиенттер санының бастапқы жағдайларын табу ұсынылады. Қазірдің өзінде жұқтырған реципиенттерге инфекцияның таралуы, бұл аурудың таралуының дұрыс емес көрінісін бере алады.

Зерттеудің мазмұны: Бірінші тарауда әдебиетке жалпы шолу және есеп шығару бар. Тапсырманы қою және ұсынылған шешімнің сызбасы, сондай-ақ қолданыстағы жұмыстарды талдау келтірілген. Екінші тарауда эпидемияның таралу моделі қарастырылады. SEIR моделіндегі параметрлерді қолдана отырып, тұмаудың таралу эпидемиясын модельдеу міндеті қойылады және шешіледі. Үшінші тарауда фаза портретын құру әдістерін талдау және оларды SIR моделі контекстінде қолдану қарастырылады. Қорытындыда жұмыс бойынша қорытындылар жасалды және одан әрі зерттеу бағыттары қарастырылды.

Зерттеудің құрылымы: Дипломдық жұмыс барысы кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан және пайдаланған әдебиеттер тізімнен тұрады.

1 ЭПИДЕМИЯНЫҢ ТАРАЛУЫН МОДЕЛЬДЕУ

1.1 SIR бөлімшелік моделі

Жалпы айтқанда, әлеуметтік медиа COVID-19 инфодемиясына айтарлықтай үлес қосты. Ал әлемдік экономикалық жүйе және жаһандану тығыз интеграция мен жаһандық бәсекелестікке ықпал етуді жалғастыруда, технологиялық қайта құру одан пайда көретін адамдар мен олардың қатарына қосылмаған адамдар қауымдастығына білім беруді жалғастырады. Бұл ақпарат пен алмасуға шынымен жаһандық қол жетімділікті қамтамасыз етеді.

Бірнеше ай бойы 2019 жылғы коронавирустық эпидемиялар (COVID-19), көбінесе калейдоскопиялық түрде құрылған жалған ақпаратпен қоректенеді, қоғамдық дискурс пен жаңалықтар хабарламаларында басым болып, қорқыныш, белгісіздік және мемлекеттік институттарға деген сенімсіздік тудырады.

Пандемия адамдардың өмірді қабылдау тәсілін түбегейлі өзгертті. Әлемнің түкпір – түкпіріндегі қауымдастықтар жастарды оқытудан, қоғамдық жиындардан, жұмыстан бос уақытқа немесе тіпті саяхатқа дейін күнделікті өмірдің негіздерін қалай ұйымдастыратынын қайта қарауға мәжбүр болды. Біздің планетамыздағы барлық дерлік біздің қауымдастықтарға зиян келтіретін осындай тіршілік формаларына шектеулерге тап болды. Студенттер негізінен онлайн режимінде оқыды, сондықтан үлкен топқа жату сезімін жоғалтты. Адамдармен кездесу – жеке немесе іскерлік тәртіпте – кенеттен тек интернетте мүмкін болды. Егде жастағы адамдар физикалық тұрғыдан оқшауланған, олардың отбасыларымен байланысы үзілген. Компаниялар, отбасылық бизнес, жас кәсіпкерлер немесе көше сатушылары табыс көзі мен күнкөрісін жоғалтты. Дүние жүзіндегі жұмысшылар жұмыс орындарын ауыстыруға, жалақыны төмендетуге тап болды немесе жұмыстан шығарылды. Ковид ауруларды зерттеу мен бақылаудың шыңы XIX ғасырдың аяғы мен XX ғасырдың бірінші жартысында басталған еді.

Осы кезеңде антибиотиктер мен басқа да жоғары тиімді микробқа қарсы агенттердің ашылуы, осы аурулардың алдын алу үшін вакциналарды қолдану олардың көмегімен инфекциялар біржола жойылады деген үміт тудырды. Мұндай үміт ақталды. Орта ғасырларда Еуропа халқының үштен бірі жойылып кеткен оба эпидемиясы әлдеқашан тоқтаған; адамдар XVII-XVIII ғасырларда жыл сайын 10 миллионға жуық адам ауырған шешек туралы ұмытып кетті; полиомиелитке қарсы вакцина өзінің керемет әсерін алды; көптеген балалар инфекцияларының жиілігі төмендеді [1].

Орта ғасырларда дәрігерлер инфекция әдетте эпидемия кезінде болатынын атап өтті. Сонымен қатар, бір жұқтырған адам мүлдем ауырмайтыны немесе тек иммундық реакцияға жауап беретіні белгілі, екіншісі инфекция қоздырғышының клиникалық сау тасымалдаушысы болып қала береді, үшіншісі ауруды жеңіл немесе жойылған түрінде алып жүреді, төртіншісі типтік түрде, оның ішінде ауыр түрінде, бесіншісі одан өледі.

Қоздырғыш ағзаға енген кезде ағзаны инфекциялардан қорғау механизмі-оны жоюға және ауру барысында туындаған құрылымдық-функционалдық бұзылуларды жоюға бағытталған қорғаныс-бейімделу

реакцияларының күрделі тізбегі енгізіледі. Соңғысы бейімделу механизмдері сәтсіз болған кезде ғана пайда болады. Макроорганизмге қоздырғыштардың енуіне және олардың көбеюіне кедергі келтіретін механизмдерді спецификалық емес (кез-келген немесе көптеген қоздырғыштармен байланыста рөл атқарады) және спецификалық (белгілі бір қоздырғышқа қарсы бағытталған) деп бөлуге болады. Қарсылық пен иммунитеттің механизмдері арасында ерекше синергия бар, бұл қорғанысты күшейтеді[2].

Вакцинация кезінде аурулардың қоздырғыштарын қабылдаудағы алғашқы кедергі ретінде келесі механизмдер әрекет етеді. Тері мен шырышты қабаттардың тосқауыл функциялары маңызды рөл атқарады. Қоздырғыштардың едәуір бөлігі (мысалы, жанаспалы инфекциялар) адам ағзасына тері мен шырышты қабаттар арқылы тек зақымданған жағдайда ғана ене алады; терінің қорғаныш мүйізді қабаты бар, онымен бірге дескамация кезінде бактериялардың едәуір бөлігі жойылады. Тосқауыл функциясын жыпылықтайтын бронх эпителийі, ішектің шырышты қабығының шекарасы орындайды. Белгілі бір қорғаныс рөлі гистогематикалық кедергілерге, жасуша мембраналарына жатады. Дәл осындай функцияны терінің және шырышты қабаттардың қалыпты микрофлорасы орындайды. Дисбиоз микроорганизмдердің ағзаға енуіне ықпал етеді және аурудың дамуын жеңілдетеді.

Секреторлық процестер терінің және шырышты қабаттардың бактерицидтік қасиеттерін анықтайды, біріншіден, олардың бетінде лизоцим, иммуноглобулиндер (секреторлық IgA, IgG, IgM), гликопротеидтер және т. б. бар секрецияның болуына байланысты. Эпителий жасушаларының мембраналарының бетіндегі рецепторларға. Екіншіден, тері бетінде май қышқылдарының болуы сутегі көрсеткіші деңгейінің төмендігін тудырады (бактериялардың дамуы үшін қолайсыз орта); тер бездері микроорганизмдер колонияларының пайда болуына жол бермейтін сүт қышқылын шығарады. Асқазан сөлінің төмен сутегі көрсеткіші деңгейі бактерицидтік әсерге ие, нәтижесінде асқазан ас қорыту жолының жалғыз бөлігі болып табылады, ол тірі бактериялардан толығымен бос.

Лимфа түйіндері, сондай - ақ басқа мүшелердегі лимфоидты тіндердің жиналуы көптеген микроорганизмдер үшін күшті тосқауыл болып табылады. Спецификалық емес төзімділіктің гуморальдық механизмдері лизоцим, комплемент факторлары, лактоферрин, трансферрин, интерферон жүйесі сияқты факторларды құрайды. Лизоцим грампозитивті бактериялардың жасуша қабырғасының гликопептидін бұзады, олардың осмостық лизисіне әкеледі. Лактоферрин мен трансферрин микроорганизмдердегі темір алмасуын өзгертеді, лизиндер грампозитивті бактериялардың көпшілігін бұзады. Комплемент жүйесінің факторлары фагоцитозға ықпал ететін опсонизациялық әсер етеді. Интерферондар спецификалық емес вирусқа қарсы белсенділікті көрсетеді. Жасушаға төзімділік гранулоциттер мен макрофагтар атқаратын фагоцитоздың арқасында көрінеді.

Біздің елімізде вакцинация мемлекеттің саясаты болып табылады және тиісті заңдармен реттеледі. Вакцинопрофилактиканы жүргізуде халықты

ұйымдастыру және хабардар ету тұрғысынан орта медициналық персонал үлкен рөл атқарады. Халықтың вакциналық профилактикасын ұйымдастырудағы негізгі құрылымдық буын емхананың егу кабинеті болып табылады. Вакцинацияларды вакцинопрофилактика саласында даярлықтан өткен медициналық персонал жүзеге асырады. Ресейдегі эпидемиологиялық жағдайдың нашарлауы көбінесе вакцинаның алдын алу туралы қарама-қайшы ақпаратпен байланысты. Бұқаралық ақпарат құралдарында осы тақырып бойынша пікірталастар теріс рөл атқарды, нәтижесінде көптеген ата-аналардың вакцинацияға деген теріс көзқарасы және ғалымдар мен дәрігерлердің пікірін толығымен жоққа шығару болды [5]. Бұл вакцинациядан жаппай бас тартуға, содан кейін кейбір жағдайларда эпидемиялық деңгейге жететін бірқатар инфекциялармен сырқаттанушылықтың күрт өсуіне әкелді.

Халыққа вакцинациядан бас тарту мүмкіндігін беру, тіпті көптеген медицина қызметкерлерінің де олардың міндетті пікірін білдірді. Ресми медицина бұл мәселеде көптеген қателіктерге жол бергенін мойындауымыз керек. Халықпен түсіндіру жұмыстарының жеткіліксіздігі, жалпы және медициналық мәдениеттің әртүрлі деңгейлері де иммунопрофилактика деңгейін төмендетуге ықпал етеді.

Осыған байланысты халықты санитарлық ағарту саласындағы жұмыс өте өзекті болып отыр. Бұл процесте мейірбике қызметкерлерінің қызметі ерекше орын алады. Отандық денсаулық сақтауды дамытудың қазіргі кезеңіндегі мейірбикені мемлекет пен қоғам жоғары кәсіби деңгейде белгілі бір міндеттер шеңберін дербес орындауға қабілетті бірегей тұлға ретінде қарастырады және оның негізінде мейірбике ісін жетілдіру, осы саладағы ғылыми зерттеулерді дамыту және олардың нәтижелерін практикалық денсаулық сақтауда пайдалану жатыр. Мейірбике қызметкерлерінің қызметін оңтайландыру және оның кәсіби әлеуетін тиімді пайдалану вакцинаның алдын алуды ұйымдастырудың тиімділігіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

Зерттеудің мақсаты вакцинопрофилактиканы ұйымдастырудағы орта медициналық персоналдың рөлін зерттеу, ата-аналардың балаларына вакцинация жүргізу туралы хабардар болуын және жалпы вакцинацияға деген көзқарасын зерттеу болды. Материалдар емдеу мекемесінің жылдық статистикалық есептері, талдамалық есептер, сауалнамалар, егу карталары. Қолданылатын әдістер: әдеби дереккөздер мен нормативтік құжаттаманы теориялық талдау әдісі, сауалнама, эмпирикалық, аналитикалық және математикалық статистика.

Біз балаларына профилактикалық егулер жүргізілген ата-аналарға сауалнама жүргіздік. Міндетті түрде олардың зерттеуге қатысуға келісімі алынды. Сауалнамаға қатысқан ата-аналарды іріктеу кездейсоқ үздіксіз әдіспен жүргізілді. Сауалнамада ата-аналардың вакцина профилактикасы туралы хабардар болуына және олардың жалпы вакцинацияға қатынасына қатысты 10 сұрақ берілген.

Келесі кезеңде тікелей вакцинацияға қатысты сұрақтар қойылды. Сонымен, ата-аналарға вакцинацияның не үшін жасалатынын біле ме, жоқ па деген сұраққа жауаптар алынды:

- Жұқпалы аурулардан - 71,8 пайыз;
- Оларды жасау керек - 21,7 пайыз;
- Мен оларды не үшін жасау керектігін білмеймін - 6,5 пайыз.

Осылайша, респонденттердің көпшілігі (71,8 пайыз) вакцинация жұқпалы аурулардан қорғайды деп жауап берді. Бірақ олардың "не істеу керек" екенін 21,7 пайызы біледі, ал "олар не үшін қажет екенін мүлдем білмейді" - 6,5 пайыз.

Вакцинопрофилактика бүкіл халықтың жұқпалы ауруларымен күресте өте маңызды функция болып табылады және оны бала кезінен бастау қажет. Дәл осындай пікірді Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы сарапшылары айтады, олар тиісті жаста жалпы иммундау көптеген жұқпалы аурулардың алдын алудың ең жақсы әдісі екенін анықтады. Ал балалық шақта бұл әсіресе көкжөтел, қызылша, дифтерия, А гепатиті, полиомиелит және басқалары сияқты ауруларға ұшырайтындығына байланысты өте маңызды. Имунопрофилактика бойынша мақсатты жұмыстың арқасында ғана Ресейде бірқатар басқарылатын инфекциялар бойынша сырқаттанушылықтың болмауына қол жеткізілді. Еліміздің кейбір өңірлерінде балаларды профилактикалық егумен қамту көрсеткіштері 98-99 пайызға дейін жақсарды. Бұдан шығатыны, вакцинопрофилактика мәселелерінде қол жеткізілген нәтижелерді тиісті деңгейде орындау және қолдау үшін профилактика әдістерін білуге және өз жұмысын ұйымдастыруға, сондай-ақ профилактикалық егулерді насихаттау мәселелерінде халықпен белсенді өзара іс-қимыл жасауға міндетті сауатты, ақылды және жақсы дайындалған мейірбике дела мамандары қажет. Балалар мен жасөспірімдерді вакцинациялаудың тиімділігін арттыру үшін мейірбикелер нормативтік талаптарды қатаң сақтауы керек. Азаматтардың көз алдында үкіметтің жұмысы негізінен инфекцияның күнделікті деңгейі, қабылданған шараларды түсіндіру және қолдау қабілеті, вакцинация науқанының табыстылығы, әрине, әлеуметтік медиа платформаларында белсенді талқыланған ақпарат бөлімінде бағаланды. Барлық әлеуметтік аренада талқыланатын нәтижелердің заңдылығына көп көңіл бөлінеді.

Бұл COVID-19–ның осы платформаларда қызу талқыланған-демократиялық шешімдерге, сондай-ақ вирусқа қарсы ұжымдық күреске қалай қауіп төндіретінін және қауіп төндіретінін айқын көрсетті. Дегенмен, әлеуметтік медиа бүкіл әлемдегі адамдарды пандемиямен ұжымдық күресте біріктірді.

Бүгінгі таңда пандемия бүкіл әлем бойынша тұтынушыларды, бизнесті және қауымдастықтарды қатты алаңдатып, экономикалық қиындықтар туғызуда. Жедел респираторлық аурулар немесе жедел респираторлық вирустық инфекция - бұл адамның ең кең таралған және белгілі жұқпалы ауруларының тобы. Ең қауіптілердің бірі болып табылатын тұмау аурудың эпидемиялық өршуін қайталану қабілетіне ие. Онда тұмау мен фондық жедел респираторлық вирустық инфекциямен сырқаттанушылықтың орташа маусымдық деңгейінен едәуір асып кету байқалады. Жыл сайын әлемде тұмау ауруларының 3-5 миллионға жуық ауыр түрі байқалады.

Статистикаға инфаркт пен инсульттің салдарын қосатын ДДҰ 2 деректеріне сәйкес, тұмау салдарынан болатын өлім деңгейі жылына 250-500 мың адамды құрайды. Егер біз тұмау эпидемиясы тұрғысынан қарастыратын болсақ та, ЖРВИ(жедел респираторлық вирустық инфекция) ауруының шамамен 15-20% - ғана тұмауға жатқызуға болады және дәл диагноз қоюға болады. Тұмау мен ұқсас белгілері бар жоғарғы тыныс жолдарының басқа ауруларының арасындағы айырмашылықты тек зертханалық зерттеулер арқылы жасауға болады[1].

Математикалық эпидемиология бүгінде зерттеушілерге тұмауды болдырмау шараларын жоспарлаудың әртүрлі әдістерін ұсынады. Болжау - бұл маңызды жағдайдың (бұл жағдайда эпидемия) алдын алу немесе одан шығу туралы шешім қабылдауға мүмкіндік беретін қажетті процедура. 2022 жылғы эпидемия кезінде тұмаудан болатын сырқаттанушылық пен өлім-жітімнің жоғары деңгейі SIR - модель эпидемиясының таралуын модельдеу тұмау эпидемиясының ерекшеліктерін зерттеуге назар аударды. Бүгінгі күні COVID-19-ға қарсы ешқандай дәрі-дәрмектің тиімділігі туралы ешқандай дәлел жоқ.

Медициналық көмектің бір бөлігі ретінде тез дамитын тыныс алу жеткіліксіздігі және сепсис сияқты клиникалық нашарлау белгілерін анықтау үшін науқастың жағдайын бақылау және науқастың жағдайына сәйкес терапияны тағайындау қажет. SARS-CoV-2 жұқтырған емделушілер демеуші симптоматикалық ем алуы керек. Пациенттерді басқарудағы клиникалық тәжірибе туралы әдебиет деректерін талдау бірге типтік емес пневмония, байланысты бірге коронавирустар SARS-CoV және MERS-CoV бірнеше этиологиялық препараттарды анықтауға мүмкіндік бередібағыттар, олар, әдетте, біріктіріліп қолданылды. Оларға рибавирин, лопинавир + ритонавир және интерферон препараттары жатады. Жарияланған мәліметтерге сәйкес, бұл препараттар бүгінде COVID-19 бар науқастарды емдеуде де қолданылады. Алайда, бұл препараттарды қолдану нәтижелері олардың тиімділігі/тиімсіздігі туралы біржақты қорытынды жасауға мүмкіндік бермейді, коммуникациялар егер пациентке мүмкін болатын пайдасы қауіптен жоғары болса, белгіленген тәртіппен медициналық комиссияның шешімі бойынша оларды қолдануға рұқсат етіледі. Этиотропты препараттарды қолдану күтілетін пайда жағымсыз әсерлердің ықтимал қаупінен басым болатын орташа және ауыр инфекция жағдайында негізделген. Уақытша әдістеме бойынша Ресей Федерациясы Денсаулық сақтау министрлігінің ұсынымдарында SARS-CoV-2 коронавирусынан туындаған инфекцияны этиотропты емдеуге арналған ықтимал тағайындалған дәрі-дәрмектер тізімі бар [3].

Біріктірілген лопинавир + ритонавир препараты АИТВ инфекциясын емдеу үшін қолданылады және вирустық протеазаның тежегіші болып табылады. Зерттеулер оның коронавирустық протеазаның белсенділігін тежей алатынын көрсетті. Бұл препарат MERS-CoV инфекциясын емдеуде қолданылуын тапты және қазіргі уақытта SARS-CoV-2 жаңа коронавирусынан туындаған инфекцияны емдеу үшін қолданылады. Қазіргі уақытта Қытайда COVID-19 бар науқастарда лопинавир + ритонавирдің тиімділігі мен

қауіпсіздігінің рандомизацияланған бақыланатын сынағы басталды. Рибавирин - вирусқа қарсы препарат, оның вирустық этиологияның инфекциялары үшін қолдану аясы кең. Рибавирин Қытайда, Сингапурда және басқа елдерде SARS-CoV инфекциясын емдеу үшін қолданылған, бірақ препараттың әлеуетін ескере отырып, оны сақтықпен қолдану керек.

Интерферон бета-1b (IFN- β 1b) антипролиферативті, вирусқа қарсы және иммуномодуляциялық белсенділікке ие. Ағымдағы клиникалық зерттеулерде IFN- β 1b лопинавирмен біріктірілімде қолданылады. Өткізілген зерттеу басқа интерферон нұсқаларымен (IFN- α 1a, IFN- α 1b және IFN- β 1a) салыстырғанда максималды белсенділік көрсететінін көрсетті. Қабілеттің арқасында қабынуға қарсы цитокиндердің синтезін ынталандыру арқылы IFN- β 1b препараттары оң патогенетикалық әсер ете алады. Керісінше, IFN- α -ны ауыр жедел респираторлық инфекция (SARI) үшін парентеральді қолдану қабынуға қарсы факторлардың экспрессиясының жоғарылауына байланысты жедел респираторлық дитетесс синдромы даму қаупімен байланысты болуы мүмкін.

Интраназальды енгізуге арналған ерітінді түріндегі рекомбинантты альфа интерферон иммуномодуляциялық, қабынуға қарсы әсерге ие. Және вирусқа қарсы әрекет. Механизм әрекеттер тыныс алу жолдары арқылы ағзаға түсетін вирустардың репликациясын болдырмауға негізделген.

Жоғарыда аталған препараттарды біріктіру оларды монотерапия ретінде қолданудан тиімдірек болуы мүмкін. Келесі үш компонентті емдеу режимдерін қолдану тәжірибесі сипатталған: рибавирин+лопинавир+ритонавир. Рибавирин және лопинавир + ритонавирді, сондай-ақ олардың біріктірілімін қолдану күтілетін пайда жағымсыз әсерлердің ықтимал қаупінен басым болатын орташа және ауыр инфекциялар жағдайында негізделген. Аурудың жеңіл ағымы жағдайында оларды тағайындау мәселесі қатаң жеке шешіледі.

Патогенетикалық терапия. Сұйықтықтың жеткілікті мөлшері тәулігіне 2,5-3,5 литр немесе егер қарсы көрсетілімдер болмаса одан да көп. Ауыр интоксикация жағдайында және сондай-ақ іштің ыңғайсыздығы, жүрек айну және/немесе құсу, сұйықтықты қабылдауға кедергі келтіретін ісіну синдромы, энтеросорбенттер (коллоидты кремний диоксиді, полиметилсилоксан полигидраты және басқалары) қарсы көрсетілген. Жағдайы ауыр науқастарда және инфузиятер - қан қысымын, өкпенің аускультативті суретін, гематокритті (0,35 л/л-ден төмен емес) және диурезді қоса, науқастың жағдайын міндетті түрде бақылау міндетті. Сұйықтықты басқаруда сақтық таныту керек, өйткені сұйықтықты шамадан тыс құю оттегінің қанығуын нашарлатуы мүмкін, әсіресе механикалық желдету шектеулі жағдайларда. Ми ісінуінің және өкпе ісінуінің алдын алу үшін емделушілерге мәжбүрлі диурез фондында инфузионды терапиядан өткен жөн (Лазикс/фуросемид 1% 2 – 4 мл ІМ немесе ІV болус). Өнімді жөтел кезінде қақырықтың бөлінуін жақсарту үшін мукоактивті препараттар (ацетилцистеин, амброксол, карбоцистеин, аралас препараттар, соның ішінде шырмауық, тимьян, примула сығындысы негізіндегі шөптік препараттар) тағайындалады.

Бронходилаторлық ингаляция (небулайзер көмегімен) терапиясын салбутамол, фенотерол, біріктірілген препараттарды (ипратропий бромиді + фенотерол) бронхо-обструктивті синдром болған кезде қолданған жөн.

Симптоматикалық ем мыналарды қамтиды:

- қызбаны жеңілдету (антипиретикалық препараттар - парацетамол, ибупрофен);
- риниттің және/немесе назофарингиттің кешенді терапиясы (ылғалдандыратын/жоюға арналған дәрілер, мұрынды деконгестанттар);

Антипиретиктер тағайындау температура жоғарырақ 38,0-38,5°C болғанда жүргізіледі. Фебрильді синдромға төзімділік нашар болған жағдайда, бас ауруы, қан қысымының жоғарылауы және ауыр тахикардия (әсіресе ишемиялық өзгерістер немесе ырғақ бұзылыстары болған кезде) аз мөлшерде антипиретиктер қолданылады. Ең қауіпсіз препараттар - ибупрофен және парацетамол.

Ринит, фарингит кезінде жергілікті емдеу үшін жергілікті қолдануға арналған тұзды ерітінділерден бастаңыз. Егер олар тиімсіз болса, мұрынға арналған деконгестанттар көрсетіледі. Тиімсіздігі немесе ауыр симптомдары болған жағдайда антисептикалық әсері бар әртүрлі ерітінділерді қолдануға болады. Инфекцияның асқынған түрлерінде бактерияға қарсы терапия. Төменгі тыныс алу жолдарының зақымдануымен (пневмония) пайда болатын коронавирустық инфекцияның клиникалық түрі бар науқастарға микробқа қарсы препараттар тағайындалуы мүмкін (амоксциллин/клавулан қышқылы, респираторлық фторхинолондар – левофлоксацин, моксифлоксацин, 3-ші және 4-ші буын цефалоспорины, туа біткен карбазолоспорины және т.б.). суперинфекция қаупі жоғары. Антибиотиктерді таңдау және оларды енгізу әдісі науқастың жағдайының ауырлығына, төзімді микроорганизмдермен кездесудің қауіп факторларын талдауға (ілеспелі аурулардың болуы, антибиотиктерді бұрын қолдану және т.б.), нәтижелерге негізделген.

Жағдайы ауыр науқастарға бастапқыда келесі антибиотиктердің бірін тағайындаған жөн: қорғалған аминопеницилиндер, цефтаролин фосамил, «тыныс алу» фторхинолондары. Бета-лактамы антибиотиктерді көктамыр ішіне енгізу үшін макролидтермен біріктіріп тағайындау керек. Аурудың барысында оң динамика болмаған жағдайда, бар дәлелденген стафилококк инфекциялар, стафилококкқа қарсы және пневмококкқа қарсы белсенділігі жоғары препараттарды – линезолидті, ванкомицинді қолданған жөн.

Емдеу коронавирустық инфекцияға тән аурудың алғашқы белгілері пайда болғаннан кейін олардың ауырлығын және эпидемиологиялық анамнездің болуын ескере отырып, дереу басталуы керек.

Көрсеткіштер:

- цианоздың жоғарылауы және тыныштықта енгізу;
- импульстік оксиметрия көрсеткіштері 92%-94% төмен;
- енгізу: 1 жасқа дейінгі балалар – 60 мин көбірек, 5 жасқа дейінгі балалар – минутына 40-тан астам, 5 жастан асқандар - минутына 30-дан астам;

- қоспасы бар жөтелдің пайда болуы, ауырсыну немесе кеудедегі ауырлық;
- сыртқы түрі белгілері геморрагиялық синдромы;
- психикалық жағдайдың өзгеруі, шатасу немесе қозу, конвульсиялар;
- қайталанатын құсу;
- қан қысымының төмендеуі және зәр шығарудың төмендеуі;
- жоғары қызу (толығырақ 4-5 күн);

Инфекциялар және өкпе пішіндер ауруларында рекомбинантты альфа интерферон препараттарын қолдануға болады. Басқа вирусқа қарсы препараттарды тағайындауды әр жағдайда инфекционист пен медициналық ұйымның педиатр дәрігері бірлесіп негіздеуі керек.

Патогенетикалық емдеу бастапқыда ауру кезеңінде ұсынылады. Детоксикация мақсатында 5-10% декстроза ерітіндісін, изотоникалық тұзды ерітінділерді, ал аурудың ауыр жағдайында қосымша коллоидты ерітінділерді қолдану ұсынылады. Парентеральді енгізілетін сұйықтықтың жалпы мөлшері физиологиялық қажеттілікке негізделуі керек. Антиоксиданттық мақсатта аскорбин қышқылының 5% ерітіндісін (көк тамырға) және басқа да инфузиялық ерітінділерді енгізу ұсынылады. Электролиттік теңгерімсіздіктерді түзету үшін калий препараттары, кальций глюконаты 10%, магний ұсынылады. Трахеит, бронхит, пневмония дамуы үшін жөтелге қарсы, муколитикалық және қақырық түсіретін препараттарды қолдану ұсынылады. Бұл препараттардың әрекеті жөтелді басуға немесе трахеобронхиальды ағаштан қақырықты шығаруды жақсартуға, мукоцилиарлы тазартуды жақсартуға бағытталған. Риниттің дамуы кезінде антиконгестанттарды қолдану ұсынылады. Антипиретикалық препараттарды қолдану ұсынылады, соның ішінде қабынуға қарсы препараттар (парацетамол, ибупрофен, метамизол натрийі), фебрильді безгегі бар науқастар үшін спазмолитиктер (папаверин). Анамнезінде конвульсиялық синдромы бар немесе ағымдағы аурудың фонында құрысулардың дамуы бар науқастарда төмен дәрежелі қызбаның төмендеуі де көрсетілген. Балаларға парацетамолдың күнделікті қолдану дозалары 60 мг/кг, ибупрофен 30 мг/кг тәуліктік дозада. Метамизол натрийі бір реттік дозада 5-10 мг/кг бұлшықет ішіне немесе көктамыр ішіне, ал 3-12 айға дейінгі балаларға (5-9 кг) тек бұлшықет ішіне салынады, егер температураның 38,5°C-тан жоғары тұрақты жоғарылауымен немесе парацетамолға, ибупрофенге әсері болмаған жағдайда. Тұрақты фебрильді температура сақталса және парацетамол мен ибупрофен препараттарына әсер етпеген кезде спазмолитиктер анальгетиктермен бірге қолданылады. Рибавирин және рекомбинантты интерферон бета-1b жүктілік кезінде қолдануға қарсы. Дегенмен, жүкті әйелдердің бір топ болуына байланысты өмірге қауіп төндіретін асқынулардың дамуы өсті, олардың тиімділігін ескере отырып, этиотропты терапия ретінде вирусқа қарсы препараттарды тағайындауға болады. Жүктілік және емізу кезінде тыйым салынған. Лопинавир мен ритонавирді тағайындау ана үшін күтілетін пайда ұрық үшін ықтимал қауіптен басым болған жағдайда мүмкін болады: 400 мг лопинавир мен 100 мг ритонавир 12 сағат сайын 14 күн бойы таблетка түрінде

тағайындалады. Мүмкін болмаған жағдайда ауызша қабылдау (400 мг лопинавир мен 100 мг ритонавир) суспензия (5 мл) түрінде 12 сағат сайын 14 күн бойына назогастральды түтік арқылы енгізіледі. Емдеуді мүмкіндігінше ертерек бастау керек. Бұл қалпына келтіруді едәуір дәрежеде қамтамасыз етеді. Ауыр немесе созылмалы ауруы бар жүкті әйелдерге арналған вирусқа қарсы препараттар аурудың басталуынан кейінірек тағайындалуы керек. Бала емізетін әйелдерге вирусқа қарсы препараттарды тағайындау кезінде ананың жағдайының белгілері ескеріледі.

Патогенетикалық емдеу. Бірінші таңдау антипиретикалық препарат - парацетамол, ол күніне 4 ретке дейін 500-1000 мг тағайындалады (тәулігіне 4 г артық емес). Жүктіліктің бірінші және екінші триместрінде ибупрофен (200-400 мг күніне 3-4 рет 3-5 күн; ең жоғары тәуліктік доза - 1200 мг) немесе целекоксиб (3-5 күн бойы күніне 2 рет 100-200 мг) тағайындалады. Ибупрофен және целекоксиб жүктіліктің үшінші триместрінде қарсы.

Симптоматикалық ем. Жүктілік кезінде (бірінші, екінші және үшінші триместрде) муколитиктерді (амброксол 2–3 мл физиологиялық ерітіндімен 1:1 қатынасында күніне 2–3 рет) және бронходилататорларды (ипратропий бромиді мен фенотерол, 20 тамшы 2) қолдануға болады. 4 мл тұзды ерітінді күніне 2 рет. Босанғаннан кейінгі кезеңде сальбутамолды (2,5-5 мг 5 мл тұзды ерітіндіде күніне 2 рет) бронходилататор ретінде де қолдануға болады. Тыныс алуды қолдау қажетті құрамдас жан-жақты терапия болып табылады. Коронавирустық инфекцияны ЖТҚ-ға жіберу көрсеткіштері жылдам дамып келе жатқан инфекцияның асқынған түрлеріне антибактериалды терапия. Бұл терапияны госпитализациядан кейінгі алғашқы төрт сағат ішінде тағайындау керек. Ауыр ауруы бар науқастар үшін бактерияға қарсы препараттар көктамыр ішіне енгізіледі.

Екіншілік вирустық-бактериялық пневмония үшін (ең ықтимал қоздырғыштар *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* және *Haemophilus influenza*) келесі антибиотиктер схемаларын қолданған жөн:

- цефалоспорин III ұрпақтар ± макролид;
- қорғалған аминопенициллин ± макролид;

Үшіншілік бактериялық пневмония үшін (ең ықтимал қоздырғыштары *Staphylococcus aureus*, *Haemophilus influenza* метициллинге төзімді штаммдары болып табылады) мыналар негізделген: препараттар (әртүрлі комбинацияларда):

- цефалоспорин IV ұрпақтар ± макролид;
- карбапенемдер;
- ванкомицин;
- линезолид.

Жүктілік кезінде қарсы көрсетілген бактерияға қарсы препараттарға тетрациклиндер, фторхинолондар және сульфаниламидтер жатады.

Ауыр және орташа ауру үшін 12 аптаға дейін перинаталдық асқынулардың жоғары қаупіне байланысты жүктілік кезінде инфекциялық процесті емдегеннен кейін жүктілікті тоқтату ұсынылады. Егер пациент жүктілікті тоқтатудан бас тартса, ұрықтың хромосомалық ауытқуларын

анықтау үшін хориональды вилл биопсиясы қажет. Алайда, егер фонға қарсы гипоксияны жою мүмкін болмаса механикалық желдету немесе тыныс алу жеткіліксіздігінің өршуімен, өкпенің альвеолярлық ісінуінің дамуымен, сондай-ақ денсаулығына байланысты рефрактерлік септикалық шокпен, ананың мүддесі үшін барлық қажеттілікпен кесарь тілігі арқылы ерте босану көрсетіледі. Ауру және пневмония кезінде өздігінен босану дамыған жағдайда, ана мен ұрықтың жағдайын бақылай отырып, табиғи туу каналы арқылы босанған жөн. Жеңілдету, детоксикация, бактерияға қарсы және вирусқа қарсы терапия, тыныс алуды қолдау. Екінші кезеңде тыныс алу және жүрек-тамыр жеткіліксіздігінің дамуын болдырмау үшін күш-жігерді шектеңіз. Босануды тез аяқтау қажет болса, вакуумды экстракция немесе акушерлік қысқышты қолдану керек. Кесарь тілігі абсолютті акушерлік болған жағдайда көрсеткіштер жүргізіледі, сондай-ақ өліп жатқан әйел (ұрықтың өмірін сақтау үшін). Аурудың ауыр жағдайында кесарь тілігіне анестетикалық қолдау көрсету: көп мүшелердің ауыр жеткіліксіздігінің белгілері болмаған кезде (SOFA шкаласы бойынша 2 баллға дейін) тыныс алуды қолдау фондында ауырсынуды басудың аймақтық әдістерін қолдануға болады. Көп мүшелердің ауыр жеткіліксіздігі кезінде жалпы механикалық вентиляциямен көктамыршілік анестезия жасалады. Жүктіліктің кезеңіне қарамастан барлық пациенттерге аурудың алдын алу ұсынылады. Барлық жағдайларда жеткізу уақыты мен әдісі туралы мәселе жеке шешіледі. Жүкті және босанған әйелдердің клиникалық критерийлері:

- қалыпты дене температурасы 3 күн (кейін ауруханадан шыққаннан кейін науқас температура қалыпқа келгеннен кейін 7 күннен ерте емес жұмысқа кіріседі);
- бұзылған зертханалық көрсеткіштерді қалпына келтіру;
- акушерлік асқынулардың болмауы (жүктілік, босанғаннан кейінгі кезең)

Болжаулы аналар және ұрық тәуелді триместржүктілік, аурудың пайда болуы, преморбидті фонның болуы, инфекциялық процестің ауырлығы, асқынулардың болуы және вирусқа қарсы емдеуді уақытылы бастау терапия. Жедел медициналық көмек көрсетудің негізгі принциптері. Қарқынды терапия өткір тыныс алу жеткіліксіздігі жылдам дамып келе жатқан ЖРЖ бастапқы көріністері мен клиникалық көрінісі:

- 1 Тыныс алудың күшеюі және қатты қысқаруы;
- 2 Цианоз;
- 3 RR > 30 минутына;
- 4 SpO₂<90%;
- 5 Артериялық қысым ADsist<90 мм сын.бағ;
- 6 Тамырдақ симптомның кешігуі;
- 7 Орталық жүйке жүйесінің дисфункциясы (кома шкаласы 15 баллдан аз);
- 8 Жедел бүйрек жеткіліксіздігі (1 сағат ішінде несеп шығару <0,5 мл/кг/сағ немесе креатинин деңгейі қалыпты мәннен екі есе);

9 Бауыр дисфункциясы (билирубин мөлшерінің 2 күн ішінде 20 мкмоль/л-ден жоғары артуы немесе трансаминаза деңгейінің қалыптыдан екі есе немесе одан да көп жоғарылауы);

10 Коагулопатия (тромбоциттер < 100 мың/мкл немесе олардың 3 күн ішінде ең жоғары мәннен 50%-ға төмендету).

Қарсы көрсетілімдердің болмауы және диурездің төмендеуі (5-6 мл/кг/сағ), оның жалпы көлемін асқазан-ішек жолынан жоғалтулардың жоғарылауымен арттыруға болады. Жағдайы ауыр науқастарға, егер көрсетілсе, инфузиятерапия өткізіледі. Диурезді міндетті түрде бақылау және сұйықтықтың таралуын бағалау керек. Инфузия терапия:

- 1 кристаллоидты ерітінділері (Рингер ерітіндісі, тұзды ерітінді),
- 2 кристаллоидты препараттар – сукцинаттар (янтарь қышқылына негізделген),
- 3 көмірсулардың ерітінділері (10% декстроза),
- 4 альбумин деңгейі төмендегенде - 10% альбумин ерітіндісі 10 мл/кг/тәу.

Инфузиялық терапия жағдайды міндетті бақылаумен жүзеге асырылады. Науқастарды, олардың қан қысымын, гематокрит пен диурезді (гематокрит 0,35 төмен емес және диурез 0,5 мл/кг/сағ төмен емес) бақылай отырып, өкпедегі аускультативті көріністі бағалау жүргізіледі. Гипотоникалық кристаллоидты ерітінділер мен крахмал негізіндегі ерітінділерді қолдану ұсынылмайды. Науқастарды нөлдік немесе сәл теріс теңгеріммен басқару қажет.

Ісінудің алдын алу үшін фуросемид 0,5-1 мг/кг тағайындау ұсынылады. Жедел тыныс жеткіліксіздігінің қарқынды терапиясы. Жедел тыныс жетіспеушілігінің дамуы ауыр вирустық пневмонияның ең жиі кездесетін асқынуларының бірі болып табылады.

Жедел респираторлық жетіспеушілік симптомдары күшейген кезде респираторлық терапия әдістері қолданылады, оларды күрделірек (жоғары ағынды оттегімен) жіктеуге болады. Респираторлық терапия көзге көрінетін нәтиже бермеген және газ алмасуға мүмкіндік бермеген жағдайда (SaO₂ төмендеуі 90% -дан төмен болып қалады, еңтігу сақталады немесе цианозбен жоғарылайды, гипероксидті қоспаларды қолдануға қарамастан PaO₂ төмендеуі байқалады), олар механикалық желдетуге көшеді. Бастапқыда трахеялық интубация жүргізіледі және желдету мен газ алмасудың тұрақты алынған көрсеткіштеріне негізделген өзгертін бастапқы желдету режимдері қамтамасыз етіледі. Инвазивті емес вентиляцияға көрсеткіштер:

- 1 тахипноэ (ересектер үшін минутына 25-тен астам қозғалыс), дене температурасының төмендеуінен кейін жоғалмайды;
- 2 PaO₂ < 60 мм рт.ст немесе PaO₂/FiO₂ < 300;
- 3 PaCO₂ > 45 мм.сын.бағ;
- 4 pH < 7,35;
- 5 Vt < 4-6 мл/кг (науқастың тыныс алу көлемі (мл) / дене салмағы (кг));
- 6 SpO₂ < 90%.

Инвазивті емес вентиляцияға абсолютті қарсы көрсеткіштер: ауыр энцефалопатия. Инвазивті емес желдету тиімсіз болса – гипоксемия, көмекші бұлшықеттердің қатысуы, «қысым-уақыт» қисығы бойынша ингаляция триггері кезінде «шөгулер», трахея интубациясы көрсетілген. Көрсеткіштер болған жағдайда «инвазивті» механикалық желдетуді дереу бастау керек. Тыныс алу жеткіліксіздігінің дамуы өте жылдам болуы мүмкін екенін есте ұстаған жөн. Тыныс алуды қолдаудың стратегиялық мақсаты адекватты газ алмасуды қамтамасыз ету және өкпенің ықтимал ятрогендік зақымдануын азайту болып табылады. Механикалық желдетуге көрсеткіштер:

- Тиімсіздік инвазивті емес желдетуді жүргізу;
- Өкпенің инвазивті емес желдетуінің мүмкін еместігі (тыныс алудың тоқтауы, сананың бұзылуы, науқастың психикалық жағдайы);
- Ентігудің күшеюі, тахипноэ (минутына 35-тен астам қозғалыс) - дене температурасының төмендеуінен кейін жоғалмайды;
- $PaO_2 < 60$ мм рт.ст немесе $PaO_2/FiO_2 < 200$;
- $PaCO_2 > 60$ мм.сын.бағ;
- $pH < 7,25$;
- $V_t < 4-6$ мл/кг (науқастың тыныс алу көлемі (мл) / дене салмағы (кг));
- $SpO_2 < 90\%$.

Механикалық желдетудің ұсынылатын ерекшеліктері:

- Р шыңы < 35 смH₂O;
- Р платосы < 30 см су бағанасы;
- РЕЕР деңгейі SpO_2 мәнімен (ең аз жеткілікті - 92%) және гемодинамикалық параметрлермен реттеледі.

Тыныс алуды қамтамасыз ету процесінде келесі негізгі принциптерді қолдану керек:

- тыныс алу көлемі (T_O, V_t) – 4-6 артық емес мл/кг идеал дене салмағы («қорғаныш» механикалық желдету);
- тыныс алу жиілігі мен вентиляцияның минуттық көлемі $PaCO_2$ деңгейін 45 мм сын. бағ.. («Төзімді гиперкапния» әдістемесін қоспағанда);
- РЕЕР таңдау – минималды альвеолярлық максималды жинақтауды және альвеолярлық шамадан тыс инфляцияны және гемодинамикалық депрессияны («қорғаныш» механикалық желдету) қамтамасыз ету үшін жеткілікті;
- науқастың респиратормен синхронизациясы - седативті терапияны қолдану (седативтік хаттамаға сәйкес) және ауыр ЖРВИ;
- науқасты жасанды желдеткіштен шығару хаттамасын сақтау – желдеткішті тоқтату критерийлерін күнделікті бағалау керек.

Желдету режимін таңдау клиникалық шешім негізінен төрт маңызды факторды ескере отырып қабылданады: көлем немесе қысым бойынша өкпенің мүмкін шамадан тыс созылуы, гемоглобиннің оттегімен артериялық қанығу дәрежесі, артериялық РН, оттегінің фракциялық концентрациясы (оттегінің токсикалық әсері). «Қауіпсіз» механикалық желдетуді басқарылатын қысым режимдерінде жүргізуге болады. Бұл ретте,

бақыланатын көлемі бар режимдерде дем алу ағынының төмендейтін түрін қолданған жөн, өйткені ол өкпенің әртүрлі бөліктерінде газдың жақсы таралуын және қысымның төмендеуін қамтамасыз етеді. Тыныс алу жолындағы тіндер. Қазіргі уақытта жоқ тыныс алуды қолдаудың кез келген көмекші режимдерінің артықшылықтарының сенімді дәлелі. Тыныс алуды қолдаудың басқарылатын режимдерін пайдаланған кезде көмекші желдету режимдеріне мүмкіндігінше жылдам ауысу керек. Механикалық желдетуді тоқтату туралы мәселе туындауы мүмкін тек науқастың тыныс алу жеткіліксіздігінің регрессия жағдайлары. Дайындықтың негізгі көрсеткіштері:

- 1 Ми ісінуінің неврологиялық белгілері жоқ және патологиялық тыныс ырғағы;
- 2 Миорелаксанттардың және тыныс алуды бәсеңдететін басқа препараттардың әсерін толығымен тоқтату;
- 3 Гемодинамикалық тұрақтылық және өмірге қауіп төндіретін бұзылулардың болмауы;
- 4 Жүрек жеткіліксіздігінің белгілерінің болмауы;
- 5 Гиповолемия жоқ және метаболизм бұзушылықтарын білдіруі;
- 6 Қышқылдық-негіздік бұзылулар;
- 7 $PvO_2 > 35$ мм сын.бағ;
- 8 DIC синдромының айқын көріністерінің болмауы (клиникалық маңызды қан кету немесе гиперкоагуляция);
- 9 Науқасты респиратордан шығару процесіне дейін және кезінде толық тамақтануды қамтамасыз ету.

Механикалық желдетуді қолдануды кейінге қалдыру мүмкін емес, өйткені ауыр пневмонияның дамуына айналады. Сондықтан науқасты емдеу кезінде тыныс алу және газ алмасу жағдайын бағалау үздіксіз жүргізіледі.

Қолайлы оттегімен қамтамасыз ету әрекеттері жасалған жағдайда, шамадан тыс "қатты" режимдегі желдету (IDA 30 см су бағанынан жоғары) қолданылады. Газ алмасу механикалық желдету кезінде желдету режимдерін одан әрі қатайту өкпенің механикалық зақымдалуын тудыруы мүмкін (пневмоторакс, булларлардың пайда болуы). Бұл жағдайда науқастың желдету режимдерін азайту және өкпеге «демалу» әсерін қамтамасыз ету керек. Жүрек жеткіліксіздігінің симптомдары болмаған жағдайда вено-веноздық экстракорпоральды мембрананы оттегімен қанықтыруды қолдануға болады, ал егер ол дамып кетсе, вено-артериялық экстракорпоральды мембрананы оттегімен қанықтыруды қолдануға болады.

Науқасты механикалық желдетуден шығару кезінде өздігінен тыныс алуды сақтай отырып, жоғары жиілікті механикалық желдетуді қолдануға болады.

Қарсы көрсеткіштер:

- 1 Геморрагиялық асқынулардың болуы және тромбоциттер деңгейінің критикалық мәндерден төмен төмендеуі (50 000-нан аз), бассүйекшілік қан кетудің клиникалық белгілерінің болуы;
- 2 Оттегімен қанықтыру 90%-дан төмен емес. Септикалық шоктың дамуы кезінде көлемдік жағдайды тұрақтандыруға бағытталған

емдеу стандартты және дәстүрлі болып табылады (кристаллоидтар 10-20 мл/кг/сағ, вазопрессорлар мен инотроптарды енгізу).

Қан қысымы төмендеген кезде вазопрессорларды тағайындау ұсынылады. Адреналин 0,2-0,5 мкг/кг/мин дозада енгізіледі. Алайда адреналиннің дозасын 1 және тіпті 1,5 мкг/кг/мин дейін арттыруға болады. Миокардтың жиырылу қабілеті төмендеген және жүрек жеткіліксіздігі дамыған кезде норадреналинді, дофаминді және добутаминді тағайындаған жөн.

Септикалық шок кезінде ультрагемодиофльтрация процедурасын уақтылы бастау керек. Глюкокортикоидтар (гидрокортизон 5 мг/кг/с және преднизолон 0,5-1 мг/кг/с) қысқа мерзімді импульстік терапия ретінде қолданылуы мүмкін. Экстракорпоральды мембрананы оксигенациялауды жүргізу керек.

Ауыр гипоксемия ($PO_2/FiO_2 < 50$) бар науқастар үшін жедел респираторлық дистресс синдромы экстракорпоральды мембрана оксигенациясы (ЕСМО) көрсетілген. Қазіргі уақытта бұл әдістің ықтимал перспективаларын көрсететін деректердің жеткілікті мөлшері бар. Ауыр қауымдастықтан алынған пневмониямен ауыратын науқастарда жедел ДН-ның жылдам дамуы экстракорпоральды мембрананы оттегімен қанықтыру мүмкіндіктері бар орталықпен ерте байланыс орнату қажеттілігін талап етеді. Осы технологияны қолдану тәжірибесі бар бөлімдерде экстракорпоральды мембрананы оттегімен қанықтыру орындалады: мамандары бар ауруханалар, соның ішінде орталық тамырларды каннуляциялау және экстракорпоральды мембрананы оттегімен қанықтыруды орнату техникасын жетік меңгерген хирургтер, перфузиологтар.

Егер COVID-19 диагнозы науқастың тірі кезінде қойылса және өліммен аяқталатын болса, марқұмның денесі оқиға болған бөлімшеден тікелей келеді. Жаңа коронавирустық инфекциядан қайтыс болғандардың барлық денелері қоздырғыштары патогендік I-II топтарға жататын қауіпті жұқпалы ауруларға патоанатомиялық аутопсия күрделілік бойынша бесінші санатқа жатады.

SIR моделі - бұл жұқпалы аурулардың динамикасын сипаттайтын бөлім моделі. Неліктен SIR моделі "бөлім моделі" деп аталады деген сұрақ туындайды. Бұл модельде халық топтарға бөлінеді. Әр топтың сипаттамалары бірдей болады деп күтілуде және SIR моделі модель бойынша сегменттелген үш тармақты білдіреді:

- 1 Susceptible - қауіпті және инфекцияны жұқтыруы мүмкін сау адамдар;
- 2 Infectious - инфекцияны жұқтырған және инфекцияның тасымалдаушысы болып табылатын адамдар;
- 3 Recovered - осы ауруға иммунитет алған, сондай-ақ қайтыс болған адамдар.

"Сезімтал" дегеніміз - ең осал адамдар тобы ауру жұқтырған адамдармен байланыста болғаннан кейін орын алады. Инфекция кезінде олар қазірдің өзінде ауырып немесе созылмалы ауруға шалдығуы мүмкін. "Жұқтырғандар" тобы инфекцияны жұқтырған адамдарды білдіреді. Олар ауруды сезімтал адамдар тобына жұқтыруы мүмкін және уақыт өте келе қалпына келуі мүмкін.

Қалпына келтірілген науқастар иммунитетке ие болады, өйткені олар енді бұл ауруға бейім емес. SIR моделі - бұл әр топтағы адамдардың саны уақыт өте келе қалай өзгеретінін сипаттайтын құрылым. SIR моделі әр топтағы адамдардың санын қарапайым дифференциалдық теңдеу арқылы сипаттауға мүмкіндік береді. Параметрлер байланыста болған кезде аурудың таралу жылдамдығын бақылайды. Бұл параметр байланыс ықтималдығына және аурудың таралу ықтималдығына байланысты. Параметрлер белгілі бір кезеңдегі аурудың емделу деңгейін білдіреді. Адамдар қалпына келгеннен кейін олар иммунитетке ие болады. Олар сезімтал санатқа қайта кіре алмайды. Модельді сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер жүйесі келесідей:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\frac{\beta IS}{N}, \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta IS}{N} - \gamma I, \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I.\end{aligned}\tag{1}$$

Бастапқы шарттарға қатысты, айта кету керек, көбінесе популяцияда ауруға қарсы иммунитеті бар адамдар жоқ, яғни. $R(0) = 0$. Теңдеулер жүйесін Кермак Маккендрик жүйесі деп атайды. Бұл модель табиғи өлім-жітімнің немесе туудың әсерінің әсерін ескермейді. Себебі модель ауруға тән кезең адамның өмір сүру ұзақтығынан әлдеқайда қысқа деп болжайды. Бұл екі B және Y параметрді білудің маңыздылығын түсінуге мүмкіндік береді [2, 8 б]. Енді жүйеде не болып жатқанын түсінуге мүмкіндік беретін мән деректерін бағалауға болады. Егер γ қалпына келтіру жылдамдығын көрсететін параметр болса, оны аурудың алғашқы белгілері басталғаннан бастап толық қалпына келтіруге дейінгі уақыт ретінде сипаттауға болады:

$$D_{\gamma}^1 = 6\tag{2}$$

Сонымен қатар, аурудың сипатын инфекцияның таралу күшімен бағалауға болады, $U_0 \beta$, ол репродукция индексі деп аталады. U_0 - бір адам жұқтырған адамдардың орташа саны. Бұл параметрдің жоғарылауы пандемия деңгейіне де тікелей әсер етеді. Бұл сан жалпы иммундық шекті бағалау үшін де қолданылады. Егер бастапқы таралу сезімтал адамдардың пайызына көбейтілсе, 1 болса, бұл жүйенің теңдестірілген күйін көрсетеді. Тиісінше, U_0 -ден көп болса, эпидемияның таралуына үлкен теңгерімсіздік енгізіледі.

Халық саны тұрақты болып алынады. Егер біз қазірдің өзінде ауырған адамдардың үлесі ρ -ға тең деген болжам жасасақ, онда тұрақты жағдайды келесі түрде тұжырымдауға болады:

$$U_0(1-\rho)=1 \rightarrow 1-\rho=\frac{1}{U_0} \rightarrow \rho^c=1-\frac{1}{U_0}.\tag{3}$$

Сондықтан ρ^c - жұқпалы аурулардың таралуын тоқтату үшін қажет жалпы иммундық шек. Иммундық шекті жоғарылату және эпидемияның өршуін тоқтату жалпы иммундық шекті арттыру үшін халықты вакцинациялау арқылы мүмкін болады. SIR моделі барлық жетілдірулер мен модификацияларға толы, өйткені ол эпидемияның ең қарапайым модельдерінің бірі болып саналады.

Сонымен, SIR-d түрінің SIR модельдері бар, оларда d параметрі бөлек пайда болады. SIR-d-дегі SIR моделінің күрделенуі "қалпына келтірілген" және "өлім" айнымалылары бөлек қарастырылатындығын білдіреді, яғни эпидемия нәтижесінде қалпына келтірілген реципиенттер мен қайтыс

болғандар болып есептелінеді. SIR моделінің дамуы, атап айтқанда, келесі модельдер болды:

- SIRS - "сезімтал - жұқтырған - қалпына келтірілген-сезімтал": уақытша иммунитеті бар аурулардың динамикасын сипаттау моделі (қалпына келтірілген. Адамдар уақыт өте келе қайтадан сезімтал болады);
- SEIR - "сезімтал-байланыс (Exposed) - жұқтырған-қалпына келтірілген": инкубациялық кезеңдегі аурулардың таралуын сипаттайтын модель;
- SIS - "сезімтал-жұқтырған-сезімтал": иммунитет дамымаған аурудың таралу моделі;
- MSEIR - "туғаннан иммунитет берілген (Maternally derived immunity) - сезімтал - байланыс-жұқтырған қалпына келгендер": құрсақта алынған балалардың иммунитетін ескеретін модель.

SEIR моделіне сәйкес шынымен қауіпті эпидеттер дамиды, өйткені ұзақ инкубациялық кезең ауруды уақтылы анықтауға кедергі келтіруі мүмкін. Бұл жағдайда аурудың популяциядағы көптеген адамдарға әсер ету қаупі бар.

SEIR моделіндегі ауру "сезімтал" - "байланыс" - "жұқтырған" - "қалпына келтірілген" схемасы бойынша дамиды және келесі теңдеулер жүйесімен сипатталады:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \mu N - \mu S - \beta \frac{I}{N} S, \\ \frac{dE}{dt} &= \beta \cdot \frac{I}{N} \cdot S - (\mu + \alpha) \cdot E, \\ \frac{dI}{dt} &= \alpha E - (\gamma + \mu) I, \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I - \mu R. \end{aligned} \tag{4}$$

Мұнда:

- γ - өлім деңгейі;
- α - аурудың орташа инкубациялық кезеңіне кері шама;
- E - t уақытындағы аурудың тасымалдаушыларының саны.

SEIR моделі эпидемиялық ауысу деп аталатын тұжырымдаманы қамтиды. Яғни, модель U_0 параметріне байланысты түбегейлі басқаша әрекет етеді. Әрбір жұқтырған адам сау адамдарға жұқтыруы мүмкін. U_0 бір жұқтырған адам ауру кезінде, яғни толық қалпына келгенге дейін жұқтыруы мүмкін адамдардың орташа санын көрсетеді. Егер U_0 бірліктен аз болса, онда

эпидемияның біртіндеп әлсіреуі байқалады. Бірақ егер U_0 бірліктен үлкен болса, онда ауру геометриялық прогрессияда таралады. U_0 нақты қалай жұмыс істейтініне байланысты қарастырылып отырған вирустың, оған қарсы иммунитетке ие болатын халықтың пайызы (вакцина арқылы немесе вирусты анықтау арқылы) және эпидемияны басу үшін халық қабылдаған шаралардан (мысалы, карантин және әлеуметтік алыстау).

SIS моделі ("сезімтал - жұқтырған - сезімтал") аурудың таралуын талдау үшін қолданылады. Иммунитет дамиды, мысалы, тұмау мен ЖРВИ-ды осында келтіруге болады. SIS моделі келесі теңдеулер жүйесімен сипатталады:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta SI}{N} + \gamma I, \tag{5}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \gamma I$$

Бірінші және екінші теңдеулер бірге дені сау және науқас реципиенттердің саны өзгермейтінін және инфекциялар саны жұқтырған және сезімтал адамдар арасындағы байланыстар санына пропорционалды екенін білдіреді[3].

MSEIR моделі инкубациялық кезеңді қамтитын ауруларға арналған, сонымен қатар жатырда алынған балалардың иммунитетін ескеретін модель болып табылады. Бұл модель көптеген тәуелсіз параметрлердің болуына байланысты талдауға ең қиын модельдердің бірі болып табылады. Бұл теңдеулер жүйесі бұрын қарастырылған модельдерден ерекшеленеді, өйткені ол балалардың туылуын ескереді, олардың жұқтыру ықтималдығы уақыт ұлғаяды, өйткені олар құрсақта алынған иммунитетті жоғалтады. Бұл тәуелділіктер алғашқы екі теңдеуде жүйелер сипатталған.

Алынған жатыршылық иммунитет барлық туылған нәрестелерде болмауы мүмкін, бірақ нәрестелердің жүз пайызы вакцинациямен қамтылуы мүмкін. Бұл параметрді математикалық модельге енгізу эпидемияның даму үлгісінің сапалы өзгеруіне әкеледі.

1.2 SIR моделі негізінде эпидемияны модельдеуді дамыту

Инфекциялық ауруды модельдеуге арналған жұмыстардың саны талдау жүргізуге мүмкіндік беретін статистика пайда болған сайын тез өсуде. Әдебиеттер шолуында қарастырылған барлық әдістер тұмаумен сырқаттанушылықты модельдеу мысалында көрсетілген[4].

Тұмау эпидемиясын модельдеуге арналған ең ерте және кеңінен қолданылатын жұмыстардың бірі - 1927 жылы жазылған В.Кермак (В. О. Кермак) және А.Маккендрик (А.Г.Маккендрик) "эпидемияның

математикалық теориясына бақылау" атты еңбектерінде қарастырылған. Осы жұмыста көрсетілген эпидемияны модельдеудің негізгі принциптері қазіргі уақытта да сәтті қолданылуда. Бұл жұмыстағы эпидемиялық процестің динамикасы дифференциалдық теңдеулер жүйесінің көмегімен сипатталады, олардың шешімдері халықтың әртүрлі кіші топтарындағы санның өзгеру динамикасын сипаттайды.

Бір жағынан, тұмау мен жедел респираторлық вирустық инфекция адамзаттың жұқпалы аурулары арасында жетекші орын алады және эпидемияға қарсы барлық шараларға қарамастан, олардың аурушандығы Ресейде де, шетелде де төмендеу үрдісіне ие емес. Сондықтан тұмаудың таралуын талдау үшін көптеген модельдер ұсынылды. Екінші жағынан, тұмауды болжау әдістері тікелей сәйкес келеді немесе ауа тамшыларымен және тұрмыстық байланыста болатын басқа инфекцияларға оңай бейімделуі мүмкін[5].

Алайда әдістердің едәуір бөлігі тіпті жұқпалы емес ауруды болжау үшін қолданылады. Ауруды болжаудың қолданыстағы әдістерін шартты түрде бірнеше санатқа бөлуге болады:

- 1 Статистикалық әдістер;
- 2 Машиналық оқыту мен прецеденттерге негізделген әдістер;
- 3 Сүзуге негізделген әдістер;
- 4 Инфекцияның таралуын математикалық модельдеу.

Бұл өте шартты бөлу, өйткені бірқатар әдістер енгізілген санаттардың түйіскен жерінде орналасқан, ал кейбір әдістер тіпті басқа әдістердің ерекше жағдайы ретінде ұсынылуы мүмкін. Дегенмен, олардың барлығы тәуелсіз мағынаға ие және практикалық қолдану ерекшеліктері бар.

Көптеген инфекциялар үшін, сондай-ақ жедел респираторлық вирустық инфекция үшін аурудың тән маусымдық өсуін атап өтуге болады және көбінесе ұқсас көрсеткіштер жылдан жылға қайталаынады. Айқын маусымдық айдан бастап кез-келген болжамда ескеріледі. Қарапайым жағдайда белгілі бір күнтізбелік кезеңдегі (апта, ай, жыл) деректер бөлек қарастырылады. Классикалық регрессиялық талдау ауруды болжаудың ең танымал әдісі болуы мүмкін. Регрессияның проблемасы - белгісіз параметрлердің бағаларын табу және қалыптастыру.

Регрессиялық модельдерді екі топқа бөлуге болады: параметрлерді бағалау үшін барлық қол жетімді деректер қолданылатын бейімделмейтін модельдер және параметрлердің мәндері жылжымалы бақылау терезесі негізінде есептелетін адаптивті модельдер. Бейімделмеген модель үшін регрессияға тәуелділіктің түрі, әрине, талданатын уақыт қатарының қасиеттері негізінде таңдалады. Кейбір жағдайларда көпмүшелік немесе қуат функцияларын қолдануға болады, бірақ көбінесе модель аурудың маусымдық сипатын ескеруі керек.

Адамзат микроорганизмдер әлемімен мәңгілік қарама - қайшылықта. Бізге қарсы байыпты күресуге бел буған микробтар оңай жеңеді, бірақ бұл болмайды. Біздің планетамызды қоныстандыру арқылы олар өздері үшін және өздерінің эволюциясы үшін адамзат баласын "жаратқан" болуы мүмкін. Жаңа

мыңжылдықта адамзат ешкім білмейтін жұқпалы аурулармен бетпе-бет келді. Оба мен сүзектің орнына қауіпті вирустар келді. Қоршаған ортаның өзгеруі, климаттың жылынуы, халықтың тығыздығының жоғарылауы және басқа факторлар олардың пайда болуына түрткі болады, ал халықтың жоғары көші-қон белсенділігі бүкіл әлемде таралуына ықпал етеді. Шынында да шексіз инфекциялар шекараны білмейді. Біріккен ұлттар ұйымы 2050 жылға қарай планетаның халқы 10 миллиард адамға жетеді деп болжайды. Бұл дегеніміз, көші-қон және урбанизация процестері әлі де жеделдетілуде. Бүгінгі таңда медицина ғылымы жаңа вирустардың пайда болу механизмдерін біледі, клиникалық-эпидемиологиялық ерекшеліктері зерттелген. H5N1 тұмауы (2007), "шошқа" тұмауы H1N1pdm (2009), ауыр жедел респираторлық синдром (SARS-nCoV, 2002), Таяу Шығыс коронавирустық синдромы (MERS-CoV, 2015), Батыс Африкадағы ең үлкен Эбола (2014-2015), Зика безгегі (2016). Эбола вирусының эпидемиясының, коронавирустық инфекциялардың өршуінің моделін құру, инфекциялардың таралуына ықпал ететін факторларды анықтау қауіпті инфекциялардың таралуын болдырмау үшін ең маңызды шараларды анықтауға мүмкіндік берді.

Эпидемияға қарсы, оның ішінде оқшаулау-шектеу және дезинфекциялау іс – шараларын жүргізу, халықты инфекциядан қорғау тәсілдері туралы хабардар ету және т.б. - бұл шаралар әлемде эпидемиямен күресте кеңінен қолданылады. COVID-19 індеті ("coronavirus disease 2019") халықаралық маңызы бар төтенше жағдай ретінде тарихқа енді. Біз бұл эпидеттің ерекшеліктерін әлі зерттеп, сабақ алып, талдауымыз керек. Адамзат бұл қауіптерге қарсы тұруды үйренуі керек.

Бұл деректер дәрігерлерге жаңа коронавирустық инфекциямен ауыратын науқастарға медициналық көмек көрсетуде, сондай-ақ студенттер мен резиденттерді даярлауда оқытушыларға пайдалы болады деп үміттенеміз.

Коронавирустық инфекция – *coronaviridae* тұқымдасының *Betacoronavirus* тұқымдасының рибоеуклеин қышқылы - геномдық вирусы тудыратын жоғарғы тыныс жолдарының басым зақымдануы бар жедел вирустық ауру. Вирустардың таксономиясы жөніндегі Халықаралық комитет 2020 жылдың 11 ақпанында SARS – CoV-2 инфекциясының қоздырғышына ресми атау берді. Коронавирустар (лат.*Coronaviridae*)-2020 жылдың қаңтарында құрамында суперкапсиді бар күрделі ұйымдастырылған вирустары бар рибоеуклеин қышқылының 40 түрі бар отбасы. Адамдар мен жануарларға әсер ететін екі субфамилияға біріктірілген. Бұл атау вирустың құрылымымен байланысты: суперкапсидтен тәжге ұқсайтын сойыл түрінде үлкен масақ тәрізді процестер шығарылады. Вирион мөлшері 80-220 нм. Нуклеокапсид-геномдық рибоеуклеин қышқылы тізбегінен және көптеген нуклеопротеин N молекулаларынан тұратын гибриді спираль. Оның рибоеуклеин қышқылы - геномдық вирустар арасындағы ең үлкен геномы бар. Оның құрамында гликопротеидтер копротеин триммер омыртқалары (гликопротеин S), мембраналық ақуыз, шағын мембраналық ақуыз, гемагглютининэстераза (емес)бар суперкапсид бар. Айналым қазіргі уақытта төрт халық арасында бар екені белгілі коронавирустар(HCoV-229E, -OC43, -

NL63, -HKU1), олар ЖРВИ құрылымында жыл бойы болады және әдетте, жеңіл және орташа ауырлықтағы жоғарғы тыныс жолдарын зақымдайды. Серологиялық және филогенетикалық талдау коронавирустар үш ұрпаққа бөлінеді көрсетеді: Альфакоронавирус, Бетакоронавирус және Гаммакоронавирус. 2002 жылға дейін коронавирустар қоздырғыштар ретінде қарастырылды ауыр емес аурулар жоғарғы тыныс алу жолдары (өте сирек өліммен). 2002 жылдың соңында ЖРВИ қоздырғышы болып табылатын коронавирус (SARS-CoV) пайда болып, адамдарда ЖРВИ-ны тудырды. Бұл вирус Betacoronavirus тұқымдасына жатады. SARS-CoV-ның табиғи резервуары - жарғанаттар, аралық иелері түйелер мен гималай циветтері. Жалпы індет кезінде әлемнің 37 елінде 8 мыңнан астам жағдай тіркелді. Оның 774-і өліммен аяқталды. 2004 жылдан бері SARS-CoV тудырған атипті пневмонияның жаңа жағдайлары тіркелген жоқ. 2012 жылы әлемде Таяу Шығыс респираторлық синдромының қоздырғышы болып табылатын жаңа коронавирус (MERS-CoV) кездесті. MERS-CoV коронавирустарының негізгі табиғи резервуары - жарқанаттар мен түйелер. 2012 жылдан бері MERS-CoV вирусынан туындаған коронавирустық инфекцияның 2519 жағдайы тіркелді, оның 866-сы өліммен аяқталды. Аурудың барлық жағдайлары географиялық жағынан Араб түбегімен байланысты (82% жағдай Сауд Арабиясында тіркелген). MERS-CoV айналымын жалғастыруда және жаңа жағдайларды тудырады. Жаңа SARS-CoV-2 коронавирусы Coronaviridae тұқымдасына жататын және Beta-CoV B тұқымдастығына жататын бір тізбекті рибоеуклеин қышқылы вирусы. Вирус осы отбасының кейбір басқа өкілдері (SARS-CoV вирусы, MERS-CoV вирусы) сияқты патогенділік бойынша II топқа жіктеледі. SARS-CoV-2 коронавирусы рекомбинантты вирус болып саналады корона вирусы өзгермелі тышқандар және шығу тегі белгісіз коронавирус. SARS-CoV-2 генетикалық тізбегі SARS-CoV-ге кем дегенде 79% ұқсас. Негізгі вирус корона вирус болып табылады. Торальвеолярлы эпителий жасушалары, олардың цитоплазмасында вирус репликациясы жүреді. Вириондар жиналғаннан кейін цитоплазмалық вакуольдерге ауысады, олар жасуша мембранасына көшіп, экзоцитоз арқылы жасушадан тыс кеңістікке шығады. Вирус антигендерінің жасуша бетінде экспрессиясы вириондар жасушадан шыққанға дейін болмайды, сондықтан антидене түзілуі және интерферон синтезі салыстырмалы түрде кеш ынталандырылады. Вирустың әсерінен синцитийдің пайда болуы соңғысының тінге тез таралуына мүмкіндік береді. Вирустың әрекеті жасуша мембраналарының өткізгіштігінің жоғарылауын және альбуминге бай сұйықтықтың өкпенің интерстициальды тініне және альвеолалардың люменіне тасымалдануын арттырады. Бұл жағдайда беттік белсенді зат жойылады, бұл альвеолалардың құлауына әкеледі және газ алмасуының күрт бұзылуы нәтижесінде жедел респираторлық дистресс синдромы дамиды. Науқастың иммуносупрессивті жағдайы оппортунистік бактериялық және микотикалық респираторлық инфекциялардың дамуына ықпал етеді. Патогенез жаңа коронавирустық инфекция жеткілікті түрде зерттелмеген. Қазіргі уақытта SARS-CoV-2-ге қарсы иммунитеттің ұзақтығы мен қарқындылығы туралы деректер жоқ. Коронавирус отбасының басқа

мүшелері тудыратын инфекцияларға иммунитет тұрақты емес және қайта жұқтыру мүмкін.

SARS-CoV-2 вирустың табиғи резервуары жарғанаттар болып табылады. Жарғанаттармен қоректенетін сүтқоректілер қосымша резервуар ретінде қызмет етуі мүмкін. Және әрі қарай адамдар арасында таратуы мүмкін. Филогенетикалық зерттеу бөлінген штаммдар жарғанаттарда кездесетін вирустардың геномдық тізбегі 99 пайыз болатынын көрсетті.

Қазіргі уақытта инфекцияның негізгі көзі жұқтырған адам, оның ішінде инкубациялық кезеңнің соңында, продромальды кезең және клиникалық көріністер кезінде. Берілу механизмі – аспирация. Жұғу жолдары: ауа тамшылары, жақын қашықтықтағы байланыс.

Байланыс және күнделікті жол арқылы жүзеге асырылатын факторлар: су, тамақ және қоздырғышпен ластанған заттар (есік қаламдар, экрандар, смартфондар). Вирустың қолдан көздің шырышты қабығына, мұрын және ауыз қуысына және ауруға өту қаупі дәлелденді. SARS-CoV-2 жұқтырудың жасанды механизмін енгізу фактісі анықталды. Қытайда COVID-19 пациенттеріне күтім жасайтын медицина қызметкерлері арасында 1700-ден астам ауру расталған.

Сезімталдық және иммунитет: популяцияның барлық топтарында қоздырғышқа сезімталдық жоғары. Өлім 2% - дан 4% -ға дейін өзгереді.

SARS-CoV-2 вирусы сипатталадықоршаған ортада төмен тұрақтылық. Ультракүлгін сәулелердің, дезинфекциялық заттардың әсерінен 40°C-қа дейін 1 сағат, 56°C-қа дейін 30 минут қыздырғанда өледі. Қосулы беттер 18-25°C сақтайды, өміршеңдігі 2-ден 48 сағатқа дейін.

COVID 19 инкубация кезеңі: 2 күннен 14 күнге дейін, орта есеппен 5 күн. Салыстыру үшін маусымдық тұмаудың инкубациялық кезеңі шамамен 2 күнді құрайды.

Математикалық модельдеу – мүмкін болатын болашақты болжау үшін уақытты, күш пен құралдарды қысқарту мақсатында зерттелетін құбылыстың, пәннің немесе объектінің, сондай-ақ оларды қамтитын жүйелердің математикалық моделін құрумен және пайдаланумен байланысты ғылыми тәсіл. Ғылыми болжамдардың негізділігі мен нақтылығын арттыру және оларды қызметте есепке алу, кинетикалық параметрлерді есептеу қажет.

Химиялық кинетика – химиялық процестің механизмін және оның уақыт бойынша пайда болу заңдылықтарын зерттейтін ғылым.

Кинетикалық заңдылықтарды орнату технологиялық процестерді дамытудың қажетті шарты болып табылады. Бұл әсіресе химиялық реакторларды жобалау кезінде маңызды.

Орналасуы бойынша реакциялардың жіктелуі:

- 1 Бір фазада жүретін химиялық реакция біртекті химиялық реакция деп аталады.
- 2 Интерфейстегі химиялық реакция гетерогенді химиялық реакция деп аталады.

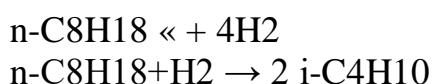
3 Кезеңдерінің бір бөлігі біртекті, ал кейбір сатылары гетерогенді болатын күрделі реакциялар біртекті-гетерогенді реакциялар деп аталады.

Реакцияның кинетикалық моделі немесе кинетикалық теңдеу деп реакция жылдамдығының немесе заттардың түрлену жылдамдығының оның пайда болу шарттарына (реагенттер концентрациясы, температура, қысым және т.б.) функционалдық тәуелділігін айтады.

Химиялық реакция жылдамдығы деп біртекті реакциялар үшін көлем бірлігінде уақыт бірлігінде немесе гетерогенділер үшін бетінің бірлігінде химиялық әрекеттесу нәтижесінде әрекеттесуші заттардың моль санының өзгеруін айтады. Кинетикалық теңдеу – химиялық реакция кезінде зат концентрациясының уақыт бойынша өзгеруін көрсететін теңдеу. Ал осы теңдеудің шешіміне сәйкес қысық кинетикалық қысық болады.

Бұқаралық әрекет заңы (Гулдберг-Вэйдж). Берілген температурадағы элементар реакцияның жылдамдығы олардың стехиометриялық коэффициенттеріне тең дәрежедегі әрекеттесуші заттардың концентрацияларының көбейтіндісіне пропорционал.

Парафинді көмірсутектердің каталитикалық крекинг процесі келесідей жүреді:



Крекинг катализаторларында болатын реакциялар бензин фракцияларының көмірсутектік құрамын түбегейлі өзгертеді. Сонымен қатар, бұл процесте ең жоғары басымдық изооктанға изомерлеу үшін изобутан өндіру болып табылады.

Бірінші реакция, парафинді көмірсутектердің дегидроциклденуі алкилциклопентандар мен алкилциклогександар түзілудің аралық сатысынан өтеді, одан кейін алкилциклогександардың дегидрленуі жүреді. Бұл өнімнің октандық санын арттыратын және көптеген өндірістік процестер үшін сутегін беретін процестің негізгі реакцияларының бірі.

Екінші реакция – гидрокрекинг. Парафиндердің гидрокрекингі карбоний иондарының түзілуі және ыдырауы арқылы бірнеше кезеңдерден өтеді. Реакция өнімдерінде изобутан басым болады, катализатордың қышқылдық орындарында гидрокрекинг жүреді, бірақ процестің бастапқы және соңғы сатылары – олефиндердің түзілуі және ыдырау өнімдерінің гидрленуі – катализатордың металдық учаскелерінде жүреді. дегидрлеу және гидрлеу функциялары.

Кинетикалық модельді құрастыру. Ол үшін күрделі химиялық реакцияға массаның әсер ету заңын қолданайық, оны элементар сатылар түрінде ұсынып, бұл заңды әр кезеңге жеке қолданып, кәдімгі дифференциалдық теңдеулер жүйесін аламыз.

Модельді шешу алгоритмін таңдау. Бірінші ретті кәдімгі дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешудің сандық әдістерімен шешуге болады:

- 1 Эйлер әдісі;
- 2 Рунге-Кутта әдісі;
- 3 Розенброк әдісі;
- 4 Гир әдісі.

Эйлер әдісі - қарапайым дифференциалдық теңдеуді шешудің ең қарапайым әдісі, бірақ шешімнің өзі қадам өлшеміне өте тәуелді, сондықтан дәлірек шешім әдісі қажет.

Қарапайым дифференциалдық теңдеу жүйелерін шешу үшін Розенброк және Гир әдістері қолданылады (жүйенің қаттылығы жүйеде өте жылдам және өте баяу процестердің бір мезгілде пайда болуымен байланысты).

Жұмысымда 4-ші және 5-ші ретті Рунге-Кутта әдісін қолдандым. Бұл әдіс бір нүктенің орнына төрт нүктедегі түзулердің еңісін ескереді (Эйлер әдісіндегідей). Нәтижесінде қажетті $c(t)$ функциясы әр қадамда көпмүшемен ауыстырылады. Химиялық реакция кезінде компоненттер концентрациясының өзгеруін есептеу. Дифференциалдық теңдеулер жүйесі MATLAB көмегімен шешілді. Бұл үшін мен функцияны жасадым:

```
dc=cursach1(уақыт,x) функциясы
k1=0,5;
k2=0,2;
k3=0,1;
dc=[-k1*x(1)+k2*x(2)*x(3)^4-k3*x(1)*x(3);k1*x(1)-k2*x(2)
*x(3)^4;4*k1*x(1)-4*k2*x(2)*x(3)^4-k3*x(3)*x(1);2*k3*x(1)*x(3)];-
```

қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесі.

Соңы

Мұндағы $x(1)$, $x(2)$, $x(3)$, $x(4)$ сәйкесінше *n*-октан, *o*-ксилол, сутегі, *i*-бутан концентрациялары. Мен пәрмен жолына бастапқы деректерді қосып, шешімді сыздым.

Біз бұл дифференциалдық теңдеуді қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйелерінің сандық интеграциясына арналған «ode45» функциясы арқылы шешеміз. Ол қарапайым дифференциалдық теңдеулерді шешу үшін де, күрделі динамикалық жүйелерді модельдеу үшін де қолданылады. Plot – функцияның графигін салу командасы.

```
>> t=[0,100]; - реакция уақыты.
>> x0=[1000 0 0 0]; - реакцияның басындағы заттардың концентрациясы, моль/м3.
>> [уақыт,x]=ode45('cursach1',t,x0);
>> график(уақыт,x(:,1),уақыт,x(:,2),уақыт,x(:,3),уақыт,x(:,4))
>> белгі('C_8H_1_8','C_8H_1_0','H_2','C_4H_1_0')
>> xlabel('Time,s','Interpreter','none');
>> ylabel('Концентрация, моль/м3','Интерпретатор','жок');
```

Мақсатты құрамдас D (*i*-бутан) болып табылады, содан кейін ол изооктан алу үшін изомерлеу блогына өтеді. В компоненті үшін максималды функция оның осы процестегі ең жоғары концентрациясы болып табылады және ол 40,05 с уақытта қол жеткізіледі және сандық түрде 1621 моль/м3-ке тең. Бұл жағдайда А компонентінің концентрациясы =0,92 моль/м3 болады.

Осы реакция үшін реактор үлгісін таңдаңыз.

Реактор үлгісі көрсетілген реакция схемасы негізделген процеске қатысты таңдалады. Соңғы жылдары каталитикалық крекингтік реакторлар газ катализаторы қоспасының көтерілетін ағыны бар тікелей ағынды реакторлар ретінде пайдаланылды (лифт реакторы). Газ-динамикалық сипаттамалары бойынша бұл реактор катализатордың сұйық қабаты бар реакторлармен салыстырғанда каталитикалық крекингке тиімдірек болатын тығынды реакторларға жақын (яғни, интегралды түрі). Бұл ретте жоғары белсенділікке байланысты элеватор реакторында шикізаттың ХҚҚО-мен жанасу уақыты шамамен екі ретке (2...6 с дейін) азаяды. Қазіргі катализаторлардың жоғары термиялық тұрақтылығы (цеолиттердің сирек жер алмасу формалары немесе цеолитсіз ультратұрақты және т.б.) крекинг реакцияларын жоғары температурада және өте қысқа жанасу уақытында жүргізуге мүмкіндік береді, яғни жоғары қарқынды («жоғары -жылдамдық») қатты крекинг (пиролиз процестеріне ұқсас). Құрамында цеолит бар катализаторлар үшін «лифт реакторы + еріксіз сұйылтылған қабат» жүйесін пайдаланған кезде крекинг өнімдерінің шығымы мен сапасы айтарлықтай жақсарады. Адиабатты ағынды реактордағы процестің оңтайлы көлемін анықтау.

Модельдеу мақсаты - реакция жағдайларын және реактордың өлшемдерін (диаметр D және L ұзындығы) анықтау, бұл кезде мақсатты реакция компонентінің шығымы максимумға ұмтылады. Жасалған модельдің толықтығы мәселенің шешімін талдау барысында анықталады.

Жүйенің нақты моделінен тұратын толық моделін құрайық, атап айтқанда химиялық, гидродинамикалық және жылулық (процесс адиабаталық болғандықтан). Біз файлдық функцияны жасаймыз, қажетті бастапқы деректерді және заттардың ұзындығы мен концентрациясын өзгертуге арналған дифференциалдық теңдеулер жүйесін орнатамыз:

функциясы $y=cursach32(L,x)$

$R=8,31$; %эмбебап газ тұрақтысы

$T_0=580$; % бастапқы температура

$v_0=[9,6078*10^{13} \ 0,6783*10^{13} \ 0,0923*10^{13}]$; % экспоненциалды факторлар

$E_a=[158520 \ 150160 \ 143890]$; % белсендіру энергиясы

$k=v_0.*\exp(-E_a./R/x(5))$; % химиялық реакция жылдамдығының тұрақтысы

$D=0,15$; % Реактор диаметрі

$P=10^6$; % Қысым

$S=3,14*D^2/4$; % көлденең қима ауданы

$v_p=0,001667$; % көлемдік ағын

$P_{m0} = R*T_0/P$; % молярлық көлем бастапқы

$P_m = P_{m0}*x(5)/T_0$; % молярлық көлем

$M=[0,114 \ 0,106 \ 0,002 \ 0,058]$; % молекулалық масса

$f = ((x(1:4)/\sum(x(1:4))))'$; заттардың % үлесі

$M_{mix}=\sum(M.*f)$; Қоспаның % молекулалық массасы

```

a=[6,91 -14,81 27,28 0,469];
b=[0,7419 0,5911 0,00326 0,38538];
c=[-0,0003973 -0,0003396 50200 -0,00019888];
H_298=[-208400 19000 0 -124700];
Cp=a + b*x(5)+c*(x(5))^2; %жылу сыйымдылығы
Cp(3)=(a(3)+b(3)*x(5)-c(3)*x(5)^(-2));
Cpmix=sum(Cp.*f);
H=H_298+a*x(5)+(b*x(5)^2)/2+(c*x(5)^3)/3- a*298-b*44402-
c*8821197,33;
H(3)=a(3)*x(5)+(b(3)*x(5)^2)/2+c(3)/x(5)- a(3)*298-b(3)*44402-c(3)/298;
H1=H(2)+4*H(3)-H(1); реакцияның % жылу эффектісі
H2=-H1;
H3=2*H(4)-H(1)-H(3);
p=Mmix/Pm; % тығыздық
w0=vp/S;
w=w0*x(5)/T0; % жылдамдық
y=нөлдер(5,1);
y(1)=-k(1)*x(1)/w+k(2)*x(2)*x(3)^4/апта(3)*x(1)*x(3)/ w;
y(2)=k(1)*x(1)/апт(2)*x(2)*x(3)^4/w;
y(3)=k(1)*x(1)^4/ап(2)*x(2)*x(3)^4/ап(3)*x(3)*x(1) /w;
y(4)=k(3)*x(1)*x(3)^2/w;
y(5)=(-k(1)*H1*x(1)-k(2)*H2*x(2)*x(3)^4-k(3)*H3*x(1)*
x(3))*S/p/vp/Cpmix;
Соңы

```

Бастапқы шарттарды вектор ретінде жазайық [бастапқы температура; бастапқы концентрациясы]. ode45 функциясының көмегімен ODE жүйесінің шешімін табамыз. Концентрация мен реактор ұзындығының уақытқа тәуелділігін график функциясы арқылы графикке салайық.

```

>> x0=[1000 0 0 0 580];
>> L=[0:0,3:30];
>> [L,x]=ode45('cursach3',L,x0);
сюжет(L,x(:,1),L,x(:,2),L,x(:,3),L,x(:,4) ,L,x(:,5))
>> белгі('C_8H_1_8','C_8H_1_0','H_2','C_4H_1_0','T')
>> xlabel('Реактор ұзындығы L, m', 'Аудармашы', 'жоқ' );
>> ylabel('Концентрация, моль/м3. Температура, K', 'Interpreter', 'жоқ' );

```

Бірінші реакция жоғары эндотермиялық болғандықтан, температураны төмендету барлық реакциялардың өлуіне әкеледі. Бұл жағдайда адиабаттық реакторды пайдалану мақсатты өнім шығымының төмендеуіне әкеледі және адиабаттық реакторды пайдалану қажет емес және реакциялық жүйеге жылу беруді қосымша пайдалану арқылы қамтамасыз ететін политропты реакторға ауысу керек; жылу тасымалдағышпен, араластырумен немесе жылу алмасу беті арқылы салқындатқыш. Сонда реактордың толық моделі келесідей болады:

Біз файл функциясын жаңа үлгіге сәйкес өзгертеміз:
 $y=cursach3(L,x)$ функциясы

$R=8,31$; %эмбебап газ тұрақтысы
 $T_0=580$; % бастапқы температура
 $v_0=[9,6078*10^{13} \ 0,6783*10^{13} \ 0,0923*10^{13}]$; % экспоненциалды факторлар
 $E_a=[158520 \ 150160 \ 143890]$; % белсендіру энергиясы
 $k=v_0.*\exp(-E_a./R/x(5))$; % химиялық реакция жылдамдығының тұрақтысы
 $D=0,15$; % Реактор диаметрі
 $P=10^6$; % Қысым
 $S=3,14*D^2/4$; % көлденең қима ауданы
 $v_p=0,001667$; % көлемдік ағын
 $P_{m0} = R*T_0/P$; % молярлық көлем бастапқы
 $P_m = P_{m0}*x(5)/T_0$; % молярлық көлем
 $M=[0,114 \ 0,106 \ 0,002 \ 0,058]$; % молекулалық масса
 $f = ((x(1:4)/\text{sum}(x(1:4))))'$; заттардың % үлесі
 $M_{\text{mix}}=\text{sum}(M.*f)$; Қоспаның % молекулалық массасы
 $a=[6,91 \ -14,81 \ 27,28 \ 0,469]$;
 $b=[0,7419 \ 0,5911 \ 0,00326 \ 0,38538]$;
 $c=[-0,0003973 \ -0,0003396 \ 50200 \ -0,00019888]$;
 $H_{298}=[-208400 \ 19000 \ 0 \ -124700]$;
 $C_p=a + b*x(5)+c*(x(5))^2$; % жылу сыйымдылығы
 $C_p(3)=(a(3)+b(3)*x(5)-c(3)*x(5)^{-2})$;
 $C_{p_{\text{mix}}}=\text{sum}(C_p.*f)$;
 $H=H_{298}+a*x(5)+(b*x(5)^2)/2+(c*x(5)^3)/3-$ $a*298-b*44402-$
 $c*8821197,33$;
 $H(3)=a(3)*x(5)+(b(3)*x(5)^2)/2+c(3)/x(5)- a(3)*298-b(3)*44402-c(3)/298$;
 $H_1=H(2)+4*H(3)-H(1)$; реакцияның % жылу эффектісі
 $H_2=-H_1$;
 $H_3=2*H(4)-H(1)-H(3)$;
 $p=M_{\text{mix}}/P_m$; % тығыздық
 $w_0=v_p/S$;
 $w=w_0*x(5)/T_0$; % жылдамдық
 $T_h=700$; % қыздыру агентінің температурасы
 $K=200$; Жылу алмасу беті арқылы % жылу беру коэффициенті
 $y=\text{нөлдер}(5,1)$;
 $y(1)=-k(1)*x(1)/w+k(2)*x(2)*x(3)^4/\text{апт}(3)*x(1)*x(3)/w$;
 $y(2)=k(1)*x(1)/\text{апт}(2)*x(2)*x(3)^4/w$;
 $y(3)=k(1)*x(1)^4/\text{ап}(2)*x(2)*x(3)^4/\text{ап}(3)*x(3)*x(1)/w$;
 $y(4)=k(3)*x(1)*x(3)^2/w$;
 $y(5)=(-k(1)*H_1*x(1)-k(2)*H_2*x(2)*x(3)^4-k(3)*H_3*x(1)*x(3)+K*(T_h-x(5)*S/p/v_p/C_{p_{\text{mix}}})$;
 Соңы

Адиабаталық модель сияқты, біз теңдеулер жүйесін есептеп, графикті саламыз.

>> $x_0=[1000 \ 0 \ 0 \ 0 \ 580]$;

```

>> L=[0:0,3:30];
>> [L,x]=ode45('cursach3',L,x0);
сюжет(L,x(:,1),L,x(:,2),L,x(:,3),L,x(:,4),L,x(:,5))
>> белгі('C_8H_1_8','C_8H_1_0','H_2','C_4H_1_0','T')
>> xlabel('Реактор ұзындығы L, м');
>> ylabel('Концентрация, моль/м3. Температура, K');

```

Бірінші реакция жоғары эндотермиялық болғандықтан, реактордың ұзындығы бойынша химиялық реакция кезінде қалыпты температуралар пайда болады. Бірақ ыстық салқындатқышты қосуға байланысты температура көтеріле бастағандықтан, мақсатты реакция жоғары кірістілікпен жүреді.

Реактордың оңтайлы ұзындығы мақсатты өнім (D) негізінде таңдалады, оның концентрациясы асимптотикалық түрде шекті мәнге ұмтылады; бұл жағдайда процестің соңғы сатысында реакция жылдамдығы өте төмен және нөлге ұмтылады, бұл реактор көлемін тиімсіз пайдалануға әкеледі және одан әрі өзгертін процесс ұзақтығына жеткенде реакцияны тоқтатуға болады. DCD концентрациясы жүзеге асырылатын процесс үшін елеусіз (елеусіз) болады.

График 25-тен 30 м-ге дейінгі аралықтағы концентрацияның өзгеруі шамалы екенін көрсетеді, сондықтан оңтайлы ұзындық ретінде 25 м қабылдаймыз.

Бізде тығынды реактор болғандықтан, ол қысымның үлкен төмендеуін болдырмау үшін келесі шарттарға сай болуы керек:

```

>> Lopt=25;
>> D=0,15;
>> Lopt/D
ans = 166,667

```

Енгізілген параметрлер арқылы Рейнольдсты есептейміз, реактордағыдай жылдамдықты табамыз.

```

>> p=28;
>> M=0,114;
>> u=1,102*10^(-5);
>> v=0,001667;
>> D=0,15;
>> S=3,14*D^2/4;
>> w=v/S;
>> Қайта=w*D*p/u
Қайта = 3.5971e+04

```

Сандар қолайлы мәндерге сәйкес келеді, сондықтан есептеу дұрыс орындалды. Нәтижесінде диаметрі 0,15 м және ұзындығы 25 м реактор пайда болды. Бұл жобада химиялық технологиялық процестің кинетикалық сипаттамаларының сандық есебі жүргізілді. Берілген схема бойынша каталитикалық крекингтік реакторларда жүруі мүмкін парафинді көмірсутектердің дегидроциклдену және гидрокрекинг реакцияларын таңдадық. Каталитикалық крекинг – мұнай фракцияларының көмірсутек молекулалары кішігірім бөлшектерге бөлінетін, жоғары температурада және катализатордың қатысуымен жүзеге асырылатын екінші реттік мұнай

өңдеудің негізгі процестерінің бірі. Каталитикалық крекингтің мақсаты – бензиннің октандық санын арттыра отырып, оның құнды компоненттері ретінде қолданылатын қажетті қосылыстарды алу. Атап айтқанда, бұл жағдайда изобутан өндіру, ол изомеризация қондырғысына изооктан өндіру үшін барады.

Берілген каталитикалық крекинг реакциясының схемасына сәйкес кинетикалық модельді құрастырып, біз 4-ші және 5-ші ретті Рунге-Кутте әдісімен дифференциалдық теңдеулерді есептедік ізделінетін функцияның жергілікті ерекшеліктері. График тұрғызып, оның көмегімен заттардың концентрацияларының уақыт бойынша өзгеруінің тәуелділігін таптық. Модельді талдағаннан кейін біз мақсатты өнім изобутанының максималды шығымдылығын 1621 моль/м³ деп анықтадық. Біз процесс үшін ең заманауи реактор үлгісін таңдадық, ол адиабаталық температура режимі бар тығынды реакторға сәйкес келеді.

Реактордың оңтайлы өлшемдері есептелді, атап айтқанда диаметрі 0,15 м және реактордың ұзындығы 25 м. Ерекше модельдер 4-ші және 5-ші ретті Рунге-Кутте әдісімен шешілетін дифференциалдық теңдеулер жүйесі. Химиялық өндіріс химиялық технологияның бір-бірімен байланысты бірқатар бірлік процестерінен тұрады және ақпараттың үлкен көлемімен сипатталатын күрделі жүйе болып табылады. Химиялық технологиялық жүйелерді (ХТЖ) зерттеу және әзірлеу қазіргі уақытта математикалық модельдеу әдістері негізінде жүзеге асырылуда және жоғары өнімді, сапалы, экологиялық таза және үнемді өндіріс орындарын құруға бағытталған.

Модельдеу – күрделі жүйелерді эксперименттік және теориялық зерттеу әдісі, ол объект ретінде шынайы құбылыс емес, оның кейбір моделін қарастыруға мүмкіндік береді. Модель – берілген модельдеу тапсырмасына сәйкес келетін объектінің қасиеттерінің жиынтығын көрсететін және объект туралы жаңа ақпарат алуға мүмкіндік беретін жеңілдетілген жүйе. Атап айтқанда, химиялық технологиялық процестің математикалық моделі деп имитацияланатын процестің жеке құбылыстарын сипаттайтын, қажетті бағытта шектелген, сондай-ақ осы құбылыстардың өзара әрекеттесуін сипаттайтын сапалық және сандық бейнелер мен математикалық қатынастардың жиынтығын түсіну керек. Алаңдататын факторларды есепке алады. Имитациялық процесті теориялық талдау нәтижесінде құрастырылған математикалық қатынастар математикалық сипаттаманы құрайды.

Модельдеу объектісін (химиялық - технологиялық процесс, жеке аппарат, физикалық - химиялық құбылыс және т.б.) зерттеу оның анықтаушы және анықталған процесс айнымалылары арасындағы тәуелділіктерді анық түрде математикалық сипаттамасын талдауға түседі. Бұл тәуелділіктерді математикалық сипаттау теңдеулерін шешу арқылы ғана алуға болады. Күрделі математикалық модельдерді айтпағанда, салыстырмалы түрде қарапайым математикалық сипаттаманы шешу әдетте үлкен көлемдегі есептеу операцияларын қажет етеді.

Бұл оқу - әдістемелік құралда КТЖ математикалық үлгілерін алудың аналитикалық әдістері қарастырылған. Теориялық материал студенттерге

компьютерлік технологияны пайдалана отырып, математикалық модельдерді құруда және алынған модельдердің компьютерлік модельдеулерін жүргізуде практикалық дағдыларды меңгеруге мүмкіндік беретін көптеген практикалық тапсырмалармен қамтамасыз етілген. Теориялық жалпылаусыз процестерді білу мүмкін емес. Таным процесіндегі бірінші нәрсе – бақылау нәтижелері. Бақылаулар негізінде зерттелетін құбылыстың моделі құрылады, оның негізінде сынақ және қателік арқылы теория жасалады. Бұл теорияда зерттелетін табиғи құбылыс туралы болжамды идея бар. Осы теорияны басшылыққа ала отырып, жаңа тәжірибелер жоспарланады және т.б. Зерттелетін құбылыстың болжамды көрінісі ретінде теорияны әзірлеуді модель құру деп атауға болады. Сонда теория зерттелетін процестің математикалық моделіне айналады.

Модельді құру үшін пайдаланылатын ақпарат көзіне байланысты аналитикалық (физикалық-химиялық) және статикалық (эмпирикалық) модельдер болып ажыратылады.

Статикалық модельдер зерттелетін объект бойынша жиналған эксперименттік мәліметтерді статикалық өңдеу нәтижесінде алынады. Статикалық модельдер салыстырмалы түрде қарапайым құрылымға ие және көбінесе көпмүшелік қатынастар ретінде ұсынылады. Дегенмен, олардың қолдану аясы тәжірибе жүргізілген жұмыс нүктелеріне тікелей жақын жерлермен шектеледі.

Аналитикалық модельдер объектіде болатын микропроцестердің табиғатын зерттеу негізінде құрылады. Бұл жағдайда табиғаттың негізгі заңдары қолданылады. Бұл заңдарды қолдану құбылыстардың маңызды параметрлері арасындағы ең жалпы байланыстарды алуға мүмкіндік береді. Аналитикалық модельдер процестерді өте дәл сипаттауға мүмкіндік береді. Бірақ олар күрделі теңдеулер жүйесі, көбінесе қарапайым немесе ішінара туындылар түрінде берілген. Математикалық модельдеу – математикалық модельдерді қолдану арқылы процестерді сандық және сапалық тұрғыдан сипаттау әдісі. Математикалық модельді құру кезінде нақты құбылыс оңайлатылады, схемаланады және нәтижесінде алынған диаграмма сол немесе басқа математикалық аппараттарды пайдалана отырып, құбылыстың күрделілігіне байланысты сипатталады. Сонымен, модельді құрастыру – бастапқы объектіге тән негізгі белгілерді, байланыстарды, заңдылықтарды анықтауға және қосалқы белгілерді сүзуге қажетті формализация.

Зерттелетін процесті ресімдеу кезінде аналитикалық зерттеу теориясы қолданылады, ол келесі белгілермен сипатталады:

1 Құрылғылардағы ағындар үздіксіз үздіксіз орта (континуум) ретінде қарастырылады, сондықтан оның микроқұрылымы мен процестің микроскопиялық механизмі қарастырылмаған. Бұл жеңілдету процесті зерттеуді әлдеқайда жеңілдетеді;

2 Зерттелетін процестің математикалық сипаттамасын құрастыру үшін табиғаттың негізгі заңдары қолданылады: массаның, энергияның, импульстің сақталу заңдары және т.б. Алайда бұл белгісіздер саны теңдеулер санынан асатын дифференциалдық теңдеулер тудырады. Яғни, алынған теңдеулер

жүйесі тұйық емес. Бұл табиғаттың негізгі заңдары белгілі бір затқа тән процестің микроскопиялық механизмінің барлық ерекше белгілерін көрсетпейтіндіктен болады;

3 Дифференциалдық теңдеулердің тұйық жүйесін құрастыру үшін қажетті шамалар арасындағы қосымша байланыстар туралы гипотезалар қолданылады. Мұндай гипотезалар тікелей бақылаулар мен тәжірибелер нәтижесінде туындайды. Дегенмен, қажетті шамалар арасындағы бұл қосымша байланыстар пропорционалдық коэффициенттерді қамтиды, оларсыз теңдеулер жүйесі ашық болып қалады;

4 Гипотезаларды тарту нәтижесінде алынған қосымша теңдеулердегі пропорционалдық коэффициенттерінің мәндері эксперименталды түрде анықталады. Бұл коэффициенттер физикалық параметрлер деп аталады, егер олардың мәндері тек қысым мен температураға байланысты болса (анизотропты денелер үшін физикалық параметрлер де берілген нүктеден бағытқа, ал біртекті емес денелер үшін осы нүктенің координатасына байланысты). Физикалық параметрлердің мысалдары жылу сыйымдылығын, тығыздығын және т.б. Егер пропорционалдық коэффициенттері қозғалыс жылдамдығына, араластыру жағдайларына және т.б. тәуелді болса, онда олар гидродинамикалық параметрлер деп аталады, мысалы, масса алмасу және жылу алмасу коэффициенттері. Осылайша, параметрлерді эксперименттік анықтау процестің микроскопиялық механизмін қарастырудан бас тартудың орнын толтырады.

Химиялық технологияның объектісін белгілі бір конструкциядағы жабдықта (қарапайым объект: жылу алмастырғыш, реактор және т.б.) немесе бірнеше процестер мен аппараттарды (күрделі объект) қамтитын технологиялық тізбекте өтетін типтік химиялық технологиялық процесс деп атауға келісерміз. Химиялық технология объектілеріне әдетте әртүрлі факторлар әсер етеді. Бұл жағдайда объектінің кірісіне келетін әсер X кіріс айнымалыларының векторы деп аталады, ал объектінің шығысындағы реакция Y шығыс айнымалыларының векторы деп аталады. Кіріс пен шығыс арасында өзара байланыс бар, ол объектіде болып жатқан процесті сипаттайды. Объект әдетте Z бұзылыстарына ұшырайды. Олардың орнын толтыру үшін U басқару әрекеті қолданылады.

Объектіні зерттеу кезінде параметрлер арасындағы байланыстар келесі қатынастар түрінде ізделеді: $f = (X, Y, Z)$, $i = 1, 2, \dots, s$.

$X = (X_1, X_2, \dots, X_m)$ – қайсысына процесті басқаруға мүмкіндік беретін белгілі бір талаптарға сәйкес тікелей әсер ету мүмкіндігі бар бақылау параметрлері. Мысалы, шикізатты тұтыну және т.б.

$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_k)$ – құндылықтар уақыт өте келе кездейсоқ өзгертін және өлшеуге болмайтын алаңдататын параметрлер. Мысалы, катализатордың белсенділігі.

$Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_c)$ – кімнің құндылықтары процесс режимімен анықталады және олар кіріс, бақылау және бұзушы параметрлердің жалпы әсерінен туындайтын процестің күйін сипаттайтын шығыс параметрлері. Қандай да бір себептермен ескеру мүмкін емес (немесе өте қиын) параметрлер

әдетте кездейсоқ деп саналады, мысалы, катализатор белсенділігінің төмендеуі, жылу алмасу жабдығы бетінің күйінің өзгеруі, сыртқы ауаның ауытқуы, температура және т.б. Енгізу параметрлерін негізгі және кездейсоқ деп бөлу шартты болып табылады. Енгізу параметрлерінің негізгі жиынына кірмейтін кез келген параметр, егер ол жақсы зерттелген болса да, кездейсоқ болады. Мәселе туралы мәлімдемеге байланысты техникалық мүмкіндіктер, кейбір өлшенген параметрлер объектінің «шуына» жатады. Бірақ бұл математикалық модельдің дәлдігін төмендетеді. Шығарылатын мәндер ретінде процестің кез келген технологиялық немесе экономикалық көрсеткіштері қарастырылады.

Объектілердегі кездейсоқ бұзылулардың әсер ету дәрежесі бойынша мыналарды ажырату әдеттегідей:

- 1 Анықтаушы шамалар нақты анықталған заңдылықтарға сәйкес үздіксіз өзгертін детерминирленген процестер. Процесті сипаттайтын шығыс шамаларының мәндері кіріс және бақылау әрекеттерін көрсету арқылы бірегей түрде анықталады деп болжанады. Мысалы, араластырғышы бар ағынды реактордағы процесс;
- 2 Анықтаушы шамалардың өзгеруі кездейсоқ болатын стохастикалық процестер. Бұл жағдайда шығыс шамалардың мәндері кірістермен ықтималдық сәйкес келеді және олармен біркелкі анықталмайды. Мысалы, шығуы болатын контактілік-каталитикалық процесс өнім катализатордың белсенділігіне және бастапқы қоспаның араласу дәрежесіне байланысты өзгереді.

Химиялық технология объектілерін статикалық және динамикалық модельдер арқылы сипаттауға болады. Статикалық модельдер стационарларды сипаттайды, яғни, уақыт өте келе өзгермейтін процесстер. Динамикалық модельдер өтпелі процестерді сипаттайды. Математикалық модельдеу үш кезеңнен тұрады:

- 1) зерттелетін процесті формализациялау – математикалық сипаттаманы құрастыру;
- 2) есептеу алгоритмін құру;
- 3) зерттелетін үдеріске үлгінің сәйкестігін белгілеу.

Математикалық модельді құру кезінде математикалық сипаттаудың блоктық принципі қолданылады. Бұл принцип бойынша бірқатар типтік элементар процестер анықталады және бұл процестердің әрқайсысы жеке (блоктармен) зерттеледі. Біріншіден, процестің гидродинамикасы зерттеледі - болашақ модельдің негізі. Гидродинамика «суық» деп аталатын объектінің әрекетін көрсетеді, яғни физикалық және химиялық өзгерістерсіз, бірақ нақты жүктемелері бар объект. Гидродинамика сұйық немесе газ қозғалысымен байланысты ағындардағы массалардың таралуын зерттейді. Келесі кезекте олар химиялық реакциялардың кинетикасын, масса алмасу және жылу алмасу процестерінің жылдамдығын, фазалық ауысу кинетикасын және т.б. Екінші кезең – компьютерде модельдеу алгоритмін жасау және енгізу. Модельдеу алгоритмі бізді қызықтыратын процесс параметрлерінің мәндерін табу үшін

математикалық сипаттаманың теңдеулері бойынша орындалуы керек операциялар тізбегі ретінде анықталады. Сондай-ақ модель зерттелетін процестің қасиеттерін сапалық және сандық тұрғыдан жеткілікті түрде дұрыс сипаттауы қажет. Яғни, ол модельденетін процеске сәйкес болуы керек. Математикалық модельдің нақты процеске сәйкестігін тексеру үшін процесс кезіндегі өлшеу нәтижелерін бірдей шарттардағы (белгілі бір параметр мәндерінде) модельді болжау нәтижелерімен салыстыру қажет. Бұл жағдайда статистикалық әдістер қолданылады.

Зерттелетін объектінің физикалық табиғаты негізінде жасалған математикалық сипаттаманың бөлігі ретінде келесі теңдеулер топтарын бөлуге болады:

- 1 Ағын қозғалысының гидродинамикалық құрылымын ескере отырып жазылған массалық және энергетикалық баланс теңдеулері. Бұл теңдеулер тобы ағындардағы температуралардың, құрамдардың және байланысты қасиеттердің таралуын сипаттайды: тығыздық, жылу сыйымдылық және т.б;
- 2 Процесс кинетикасының теңдеулері. Бұл химиялық реакцияның, жылу алмасудың және масса алмасудың қарапайым процестерін сипаттауды қамтиды. Теңдеулерді жазу үшін негізгі процесс айнымалылары арасындағы қосымша байланыстардың гипотезалары қолданылады;
- 3 Процестің әртүрлі параметрлері арасындағы теориялық, эмпирикалық немесе жартылай эмпирикалық байланыстар – физикалық немесе гидродинамикалық параметрлерге арналған теңдеулер: жылу сыйымдылығы, тұтқырлық, жылу беру коэффициенттері және т.б;
- 4 Процесс параметрлеріне шектеулер, мысалы, катализатор аймағындағы температура белгілі бір белгіленген мәннен жоғары болуы мүмкін емес, әйтпесе катализатор өзінің қасиеттерін жоғалтады және т.б.

Бұл теңдеулер топтары кез келген химиялық-технологиялық жүйенің математикалық моделінің бөлігі болып табылады. Олар физикалық және химиялық процестерді зерттеуге арналған аналитикалық теорияны ұсынады. Сонымен қатар, модель бір уақытта өте қарапайым математикалық сипаттаманы қамтамасыз ете отырып, материя мен энергия ағындарының әрекетін барынша толық көрсететіндей етіп құрастырылған.

Математикалық модельді құру кезінде блоктық принцип кеңінен қолданылады, оның мәні модельдің әдетте қарастырылатын процестің сол немесе басқа аспектілерін көрсететін жеке логикалық аяқталған блоктардан құрастырылуы болып табылады. Бұл масса алмасу кинетикасының блогы, гидродинамика блогы, фазалық тепе-теңдік блогы және т.б. болуы мүмкін. Модельдерді құрудың блоктық принципі мыналарға мүмкіндік береді: а) математикалық модельді құрудың жалпы есебін жеке ішкі тапсырмаларға бөлу және сол арқылы оның шешімін жеңілдету; б) әзірленген блоктарды басқа үлгілерде пайдалану; в) қалған бөлігіне әсер етпей, жеке блоктарды жаңарту

және жаңасына ауыстыру. Процестің математикалық моделін ішкі жүйелер (блоктар) жиынтығы түрінде көрсету жалпы математикалық сипаттаманы жеке блоктардың математикалық сипаттамаларының жиынтығы ретінде көрсетуге мүмкіндік береді. Сонда математикалық модельдің жалпы құрылымы 1-суретте көрсетілген пішінге ие болуы мүмкін.



1 - сурет – Үлгіні құрудың блоктық принципі

Математикалық модельдерді құрудың блоктық принципін қолдану, ол өз кезегінде жүйелік тәсілге негізделген, көптеген жағдайларда масштабтау процестерінің мәселесін түбегейлі шешуге мүмкіндік береді. Математикалық модельдеу тұрғысынан алғанда масштабтың ауысуы процестің аппараттық құрылымын сипаттайтын геометриялық өлшемдер өзгерген кезде математикалық модельдің деформациясынан басқа ештеңе емес. Математикалық модельді құрудың блоктық принципін пайдаланған кезде геометриялық өлшемдердің процестің қасиеттеріне әсері тек бір ішкі жүйеде (блокта) - «гидродинамика» блогында көрінеді. Сондықтан сапалық және сандық жағынан жеткілікті дұрыс болса. Бұл блоктың математикалық сипаттамасы кең ауқымды көшуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Негізінде, математикалық модельдің әрбір блогы оның математикалық сипаттамасында әр түрлі егжей-тегжейлі дәрежеге ие болуы мүмкін. Модельдің барлық блоктарының кіріс және шығыс айнымалыларының өзара сәйкес болуы ғана маңызды, бұл тұтастай процестің математикалық моделі үшін жабық теңдеулер жүйесін алуды қамтамасыз етеді. Ішкі айнымалы блоктардың құрамына келетін болсақ, таңдау еркіндігі өте көп. Ең дұрысы, әрбір блоктың математикалық сипаттамасында параметрлері заттардың физикалық және химиялық қасиеттері ғана болатын теңдеулерді қамту керек.

Дегенмен, көптеген жағдайларда жеке құбылыстардың жеткіліксіз зерттелуіне байланысты жеке блоктардың мұндай іргелі сипаттамасын алу қазіргі уақытта мүмкін емес. Бұл, әдетте, блоктың математикалық сипаттамасының шектен тыс күрделенуімен байланысты, бұл өздігінен тұтастай процестің математикалық моделінің күрт күрделенуіне әкеледі және бұдан басқа, белгілі бір есептеу қиындықтарын тудыруы мүмкін. Сондықтан блоктық принципті тәжірибеде қолдануда әрбір блоктың сол немесе басқа егжей-тегжейлі

деңгейінде математикалық сипаттамасында эмпирикалық қатынастарды қолдану қажет. Химиялық отындардың материалды-жылулық баланстарын құрастыру кезінде ағындардың біркелкі емес қозғалысын ескеру қажет екендігі жоғарыда айтылды. Ағындардың біркелкі емес қозғалысын есепке алу үшін аппараттардағы гидродинамикалық жағдайдың бірқатар стандартты идеалдандырылған құрылымдары әзірленді, олар процестерді математикалық сипаттауға негіз болады. Құрылымдардың әрқайсысы зат қозғалысының сол немесе басқа түрін көрсетеді. Химиялық-технологиялық объектілер үшін ағындардың қозғалысын сипаттау көбінесе қарастырылатын ағындардағы құрамдас бөліктердің массаларының таралуы мен қозғалысына қатысты маңызды. Сондықтан төменде ағындардың гидродинамикалық құрылымдарының модельдері негізінен оның қозғалысына байланысты ағындағы зат концентрациясының өзгеруін сипаттайтын теңдеулер түрінде берілетін болады. Күрделі химиялық процесте бір зат әртүрлі сатыларда бастапқы немесе соңғы компонент ретінде қатыса алады. Сондықтан күрделі реакцияның кинетикалық теңдеулерін құрастырғанда оны бірнеше тәуелсіз жүретін элементар реакциялардан тұратын етіп көрсетеді және олардың әрқайсысын сипаттау үшін химиялық түрленудің элементар актісінің кинетикалық заңдары қолданылады. Күрделі реакцияның ішкі құрамдас бөлігінің концентрациясының жалпы өзгерісі осы компонент реакцияға қатысатын барлық элементар сатылардағы оның түзілу немесе тұтыну жылдамдықтарының алгебралық қосындысы болады. Күрделі реакциялар математикалық түрде дифференциалдық кинетикалық теңдеулер жүйесі арқылы сипатталады, олардың саны әрекеттесуші заттардың санымен анықталады.

COVID-19-ның алғашқы белгілерінің ішінде қызба тіркелді. Жағдайлардың 80%-ы жөтел (құрғақ немесе аз мөлшерде қақырықпен); 20% - ы кеудедегі қысылу сезімі; 55% жағдайда енгігу, миалгия және шаршау, қақырық бөлінуі, сондай-ақ бас ауруы, қан кету, диарея, жүрек айнуы. Бұл белгілер инфекцияның басталуында дене температурасының жоғарылауы болмаған кезде де байқалуы мүмкін [3].

COVID 19 клиникалық нұсқалары және көріністері:

- 1 Өкпенің жедел респираторлы вирустық инфекциясы;
- 2 Тыныс алу жеткіліксіздігі;
- 3 Пневмония;
- 4 Жедел респираторлық дистресс синдромы;
- 5 Сепсис;
- 6 Септикалық (инфекциялық-улы) шок.

Ауыр COVID-19 бар науқастардың көпшілігі аурудың бірінші аптасында пневмонияны дамытады. Өкпесінде екі жақтан ылғалды, крепитациялы, ұсақ көпіршікті сырылдар естіледі. Перкуссияда өкпе дыбысының тұйықтығы анықталады. Жөтелден кейін сырылдар күшейеді, ол жоғалмайды, науқастың денесінің күйіне байланысты өзгереді (отыру, тұру, жату). Рентгенограммада өкпе өрістерінің шеткі бөліктерінде инфильтрация байқалады. Процесс дамыған сайын инфильтрация артады, зардап шеккен

аймақтар ұлғаяды және жедел респираторлық дистресс синдромы дамиды. Инфекцияның өршуіне қарай сепсис және инфекциялық-токсикалық шок байқалады.

Адаптивті регрессиялық модельдер талданатын аумақта аурудың бүкіл тарихын есепке алуға арналған. Оларды құру үшін барлық қол жетімді деректер немесе кем дегенде ұқсас сипаттамалары бар соңғы жылдардағы бақылаулар қолданылады. Сонымен, егер ауру процесінің қасиеттері өзгерсе, ескірген деректер болжамды нақтылауға көмектеспеуі мүмкін. Адаптивті регрессия модельдері уақыт қатарының шектеулі аралығын білдіреді және аурудың қазіргі тенденцияларына жауап беру үшін жеткілікті сезімтал болуы керек[6].

Регрессиялық талдау - кез-келген компьютерлік математика жүйесін қолдана отырып оңай жүзеге асырылатын кез-келген сипаттағы уақыт қатарын болжаудың негізгі тәсілі. Бейімделмеген модельдер кез-келген кезеңдегі аурудың болжамын алуға мүмкіндік береді, бірақ мұндай модельдер эпидемиялық көрсеткіштердің жергілікті ауытқуларын елемейді және қысқа мерзімді болжау үшін нашар. Керісінше, адаптивті модельдер бірнеше апта бұрын болжам жасауға арналған. Жылжымалы терезенің жеткілікті үлкен енімен аурудың орташа мерзімді бағаларын есептеуге болады, бірақ олардың жоғары сапасына қол жеткізу қиын. Жоғарыда сипатталған регрессиялық формаларды қолдану модельдің қалдықтары (модельді бақылаулармен салыстырудағы қателер) нөлдік үлестіру заңы бірдей тәуелсіз кездейсоқ шамалар екенін көрсетеді. Жалпы проблема-қалдықтардың айтарлықтай автокорреляциясының болуы, ол әдетте бұл модельді толықтыруға болатындығын және болжамды, мысалы, авторегрессиялық модельдерді қолдану арқылы нақтылауға болатындығын көрсетеді. Көбінесе Бокс пен Дженкинс әдістемесінде уақыт қатарының өлшемдері берілген авторегрессиялық модельдер қолданылады:

$$y_t = \mu + \phi^1 y^1 + \phi^2 y^2 \quad (6)$$

Мұнда μ - "деңгейі" кездейсоқ процестің (константа жататын айқындау), ϕ_j және θ_j - белгісіз параметрлер а ϵ_j - кездейсоқ серпін моделін (бөлінген қалыпты нөлдік математикалық күтуге тұрақты дисперсиямен бағалайды. Бастапқы деректердің аздығымен басқа әдісті қолданған жөн - белсенді дамып келе жатқан болжау әдістеріне жатқызуға болатын бүтін авторегрессия. Авторегрессия модельдерінің басқа нұсқалары бар, мысалы, жалпыланған авторегрессия модельдері жылжымалы орташа. Деректер корреляциясының құрылымын ескеретін уақыт қатарын модельдеудің тағы бір тәсілі - динамикалық Байес желілері.

Байес желілері қазіргі уақытта әртүрлі білім салаларында тез танымал болып келеді және ауруды болжау мәселесін шешу үшін қолданылады, негізінен жасырын Марков модельдерінің қарапайым түрінде. Болжау әдістерінің комбинациясы әртүрлі және авторлар шешілетін тапсырмаға

байланысты өз қалауы бойынша пайдаланады. Жалпы, аралас болжау әдістерін қолдану, егер басқа тәсілдер қажетті болжам дәлдігіне қол жеткізуге мүмкіндік бермесе, орынды болады.

Бүгінгі күні тек орта және ұзақ мерзімді болжау үшін нүктелік бағалау және бейімделмеген регрессия үлгілері қолданылады. Адаптивті регрессия, авторегрессия, Байес және жасанды нейрондық желілер сияқты басқа модельдер қысқа мерзімді болжау үшін де, орта және ұзақ мерзімді үшін де қолданылады. Ауруды болжаудың әмбебап әдісі жоқ эмпирикалық дәлелдерге негізделген әртүрлі әдістерді қолдану арқылы алынған нәтижелерді салыстыру арқылы ең жақсы тәсілді таңдау керек. Бір болжау әдісіне артықшылық беру жиі қиын болуы мүмкін бірнеше тәсілдер салыстырмалы сапа нәтижелерін береді [7, 12 б].

1.3 SIR модельдеу тапсырмасындағы модель параметрлерін және бастапқы деректерді анықтау алгоритмі

Кермак - Маккендрик эпидемиясының таралуының SIR моделі әдетте γ және β параметрлерін пайдаланады, олар эксперименттік деректерге және бастапқы деректердің белгілі мәндеріне негізделген. Жұмыста вирустық инфекцияның таралуын модельдеу міндеті - бұл параметрлерді анықтау, сонымен қатар инфекцияға сезімтал реципиенттер санының бастапқы жағдайларын табу, өйткені құрылыстың бірінші кезеңінде инфекцияның жұқтырған реципиенттерге таралуының шамамен деректері алынады, бұл сезімталдық критерийін ескермейді. Тақырып бойынша зерттелген жұмыстардың көпшілігінде I_0 параметрінің мәні (эпидемия басталған кезде жұқтырғандар саны) шамамен белгілі деп алынады, ал S_0 параметрінің мәні (сезімталдардың бастапқы саны) көбінесе белгісіз [8].

Бұл жағдайда математикалық модельді одан әрі жетілдірудің қолданылуы қарастырылады. Яғни, атап айтқанда, авторларға модель параметрлерін орнатудың неғұрлым сенімді және объективті әдісі қажет.

Біз SIR моделін қарастырамыз:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\frac{\beta IS}{N}, \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta IS}{N} - \gamma I, \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I.\end{aligned}\tag{7}$$

Біз жүйенің бірінші интегралын жаза аламыз $S + I + R = N$, мұндағы N - халықтың жалпы саны. Жүйенің бастапқы шарттары келесідей:

$$S(0) = S_0, I(0) = I_0, R(0) = N - S_0 - I_0.\tag{8}$$

Бірінші интегралды R алғашқы екі теңдеуге кірмейтінін ескере отырып, біз алғашқы екі теңдеуді қарастырумен шектеле аламыз, олардың шешімін таба отырып, R - ны анықтауға болады $(t) = N - (t) - (t)$.

Әрі қарай, ыңғайлы болу үшін келесі белгілерді енгізіңіз:

$S = x_1$ - сезімтал,

$I = x_2$ - жұқтырған,

$x = (x_1, x_2)$

мұнда $u = (u_1, u_2)^* = (\beta, \gamma)^*$ – компоненттері жүйенің қажетті параметрлері болып табылатын вектор.

1.4 SIR моделі арқылы вирустық инфекцияның таралуын модельдеу

Күрделі жүйелерді оңтайлы басқару мәселелерін шешуде сандық оңтайландыру әдістері жиі қолданылады. Олардың ішіндегі ең танымалы-функционалдылықты азайтудың градиенттік әдістері. Функционал градиентінің алынған өрнегіне негізделген интегралдық функционалдың мәнін азайту алгоритмін құруды қарастырыңыз. Әрі қарай, жазудың қарапайымдылығы үшін біз үшін векторын $(\vartheta_1, \vartheta_2, x_1)$ белгілейміз.

SIR моделі. Сезімтал, жұқпалы және қалпына келтірілген (SIR) моделі халықты осы үш санатқа бөледі. Беру жылдамдығы (β) және қалпына келтіру жылдамдығы (γ) сияқты айнымалыларға сүйене отырып, бұл бөлімдердің уақыт өте келе қалай өзгеретінін модельдейді:

S - сезімтал адамдарды білдіреді;

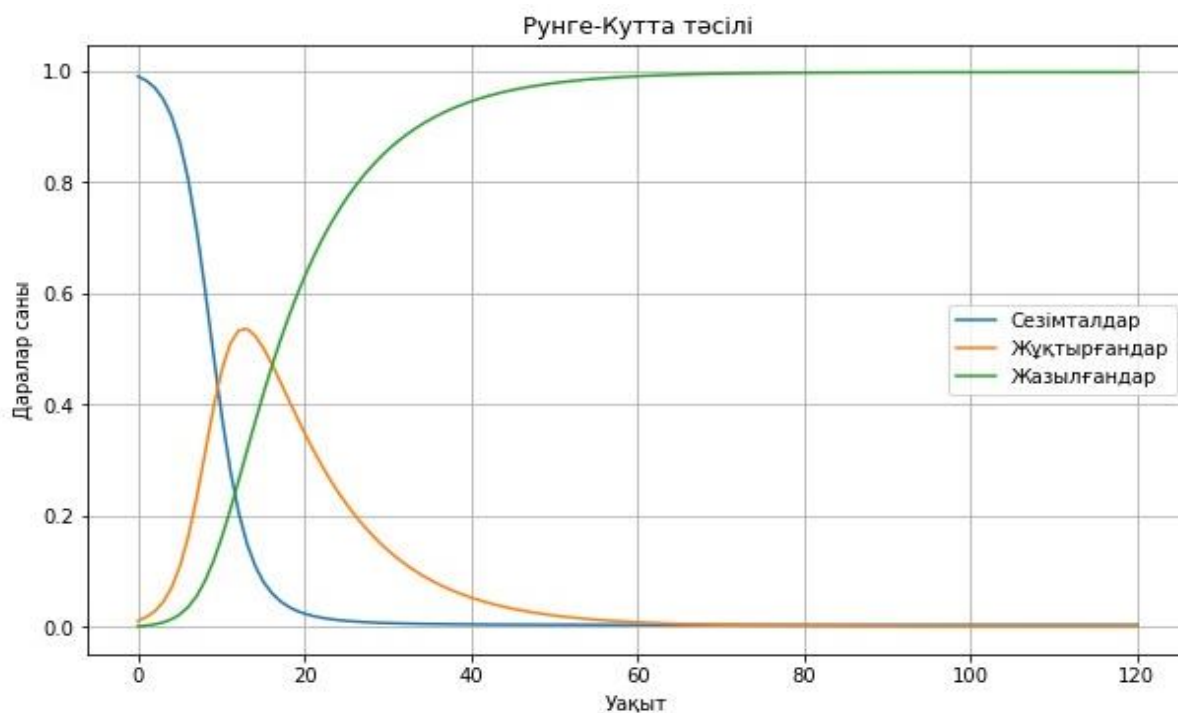
I - жұқтырған адамдарды білдіреді;

R - қалпына келтірілген адамдарды білдіреді;

β және γ параметрлері сәйкесінше берілу және қалпына келтіру жылдамдығын анықтайды. Теріс белгі (яғни - β) уақыт өте келе сезімтал адамдардың (S) саны азайып бара жатқанын көрсетеді. Нүкте арқылы жазу "көбейту" дегенді білдіреді. Қорытындылай келе, бұл теңдеулер SIR моделінің динамикасын сипаттайды, мұнда ауруға шалдыққан кезде сезімтал адамдардың саны азаяды (яғни, dS/dt), жаңа инфекциялар нәтижесінде жұқтырғандардың саны артады және олар қалпына келген сайын азаяды (яғни, dI/dt), және ауруды емдеген сайын сауығып кеткендердің саны артады (яғни, dR/dt) [9].

Әрбір бөлімдегі өзгеріс сәйкес компоненттердің, нүктелердің (\cdot) көбейтуді белгілеу үшін қолданылады. Бастапқы шарттар (Мысалы, S_0, I_0 және R_0) кездейсоқ болмауы керек, бірақ мен оларды белгілі бір мәнмен кодтадым. Бұл таңдау әдетте модельденетін аурудың сипаттамаларына және модельдеу контекстіне байланысты жасалады. Бастапқы шарттар $S_0 = 99\%$ болатындай етіп орнатылған, бұл модельдеу басталған кезде сезімтал адамдардың үлесін көрсетеді. $I_0 = 1\%$ деңгейінде орнатылған, бұл модельдеу

басталған кезде жұқтырған адамдардың үлесі 1% болатынын көрсетеді. R_0 0% мәніне орнатылған, бұл модельдеу басталған кезде қалпына келтірілген адамдар болмайды деп күтілуде.



2 - сурет – Сезімтал, жұқтырған және қалпына келген топтардың арасындағы эпидемияның қарапайым бөлімшелік модель арқылы таралуы

1.5 SIR моделін Эйлер тәсілі арқылы шешіп, инфекцияның таралуын модельдеу

Берілген дифференциалдық теңдеулерді Эйлер тәсілін қолдану арқылы да шештік. Эйлер әдісі – қарапайым дифференциалдық теңдеулерді шешу әдісі. Эйлер тәсілін қолдана отырып, эпидемияның таралуы туралы және Рунге-Кутта тәсілімен айырмашылығын көрсететін боламыз.

Эйлер тәсілі – бірінші ретті дифференциалдық теңдеулерді шешудің таза сандық әдісі. Ұсынылған модельдерде бірінші ретті дифференциалдық теңдеулер жүйесі де бар. Сондықтан Эйлер тәсілі де ұсынылған дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешуге қолайлы болып табылады. Эйлер тәсілінің сипаттамасы төменде келтірілген:

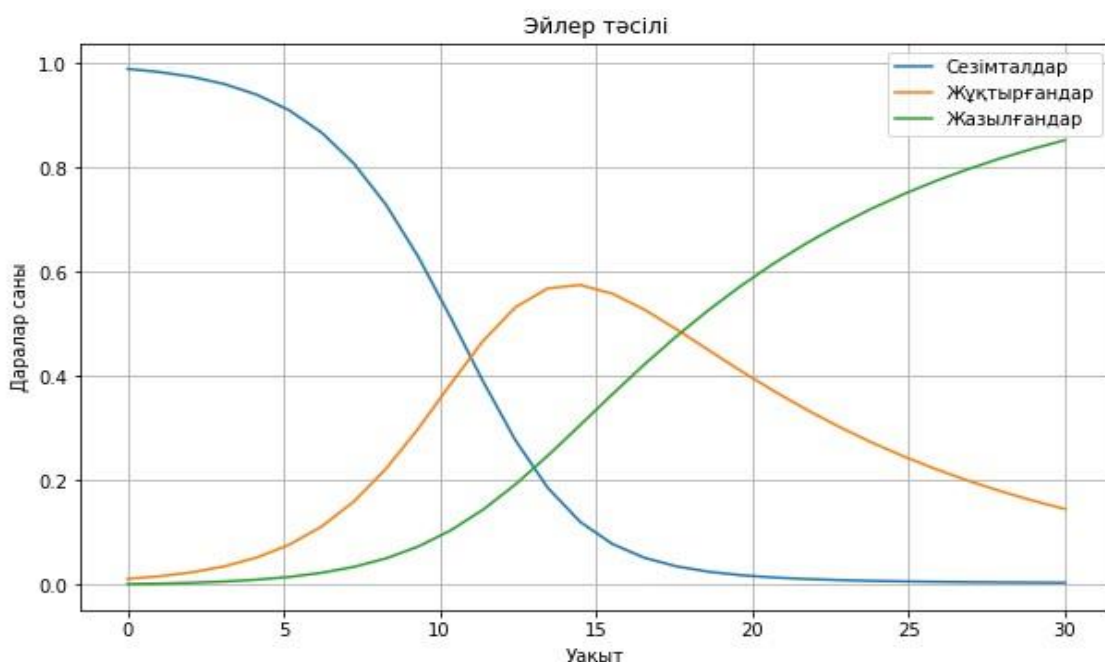
Бірінші ретті дифференциалдық теңдеуді қарастырылсын:

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y) \quad (9)$$

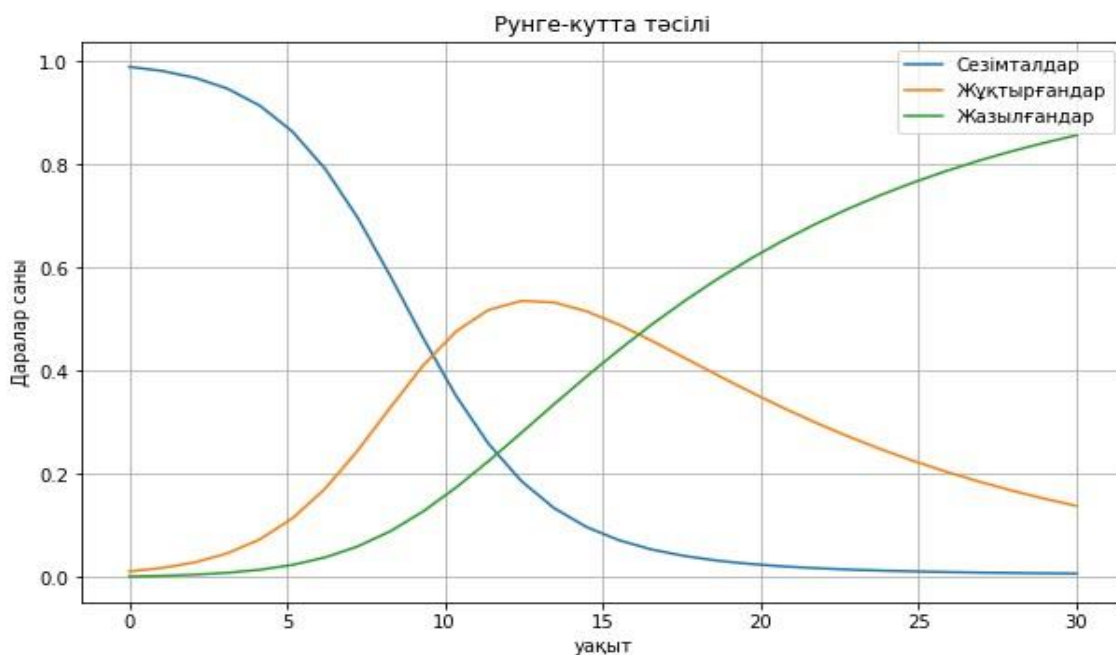
Дифференциалдық теңдеудің шешімі келесі өрнекпен беріледі:

$$y_{n+1} = y_n + \Delta t f(x_n, y_n) \quad (10)$$

Мұндағы Δt – уақыт аймағындағы шағын қадам өлшемі, ал $f(x_n, y_n)$ – қисықтың көлбеуі. Мұнда біз бөлімшелік және байланыс моделі үшін S , I және R деп аталатын тәуелді айнымалыларды есептегіміз келеді. Осылайша, ұсынылған дифференциалдың шешімі Эйлер тәсілінің формаларына айналады.



3-сурет – Сезімтал, жұқтырған және қалпына келген топтардың арасындағы эпидемияның қарапайым бөлімшелік модель арқылы таралуы



4 - сурет – Сезімтал, жұқтырған және қалпына келген топтардың арасындағы эпидемияның қарапайым бөлімшелік модель арқылы таралуы.

Нәтижелерге қарайтын болсақ, екі график арасында айырмашылық бар. Рунге - Кутта тәсілі мен Эйлер тәсілі бір-бірінен негізінен дәлдігі мен күрделілігі бойынша ерекшеленеді. Рунге-Кутта тәсілдері жоғары дәлдікті қажет ететін есептер үшін қолайлы, ал Эйлер тәсілін қарапайым есептер үшін немесе дифференциалдық теңдеулердің сандық шешімін түсінудің негізгі тәсілі ретінде пайдалануға болады.

2 SEIR бөлімшелік моделі

2.1 SEIR модельдеу тапсырмасындағы модель параметрлерін және бастапқы деректерді анықтау алгоритмі

SIR модельдері туралы қазір көп адамдар біледі. Басқа модельдердің бар екендігі адамдар көп біле бермейді. SIR моделінен өзгеше SEIR моделі жайлы айтатын боламын. Түсіндірме беріп өтсем SEIR моделі инкубациялық кезеңді ескереді (E – exposed, адамдар ауырады, бірақ жұқпалы емес және уақыт өте келе толық ауырады). Мұндай модельде сезімталдардың инфекциясы SIR моделіндегідей жүреді, бірақ мұндай адамдар I топқа емес, E тобына енеді, ал E-ден белгілі бір ықтималдықпен I-ге ауысады.

SEIR моделі уақыт бойынша әр бөлімнің адамдардың санының қалай өзгеретінін сипаттайтын қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесімен жүзеге асырылады. Бөлімдердің арасындағы ауысулар, берілу жылдамдығы, қалпына келтіру жылдамдығы, және инкубациялық кезең сияқты параметрлер бойынша болады. Бөлімдердің өзгеру жылдамдығы, адамдардың бір-бірімен өзара әрекеттесуі мен аурудың таралу динамикасы бойынша туралымдарға негізделеді.

Біз SEIR типті эпидемия моделін 2020 жылы Қазақстандағы жаңа коронавирустық деректеріне бейімдеп жатырмыз. Егер контактілер саны эпидемияның басталуына жақын белгілі бір күннен бастап нөлге дейін азаятын болса, эпидемияның соңғы мөлшері эпидемияның репродуктивтілігінің T жағдайларының жиынтық санын көбейту арқылы алынғанға жақын. Жалпы егер контактілер T алатын болсақ, $q > 1$, сондықтан $R_0/q < 1$, онда эпидемияның соңғы мөлшері жақын $R(T)R_0(1-1/q)/(1-R_0/q)$ тең. Біздің бағалауымыз бойынша: $R_0/q < 1$, $R_0 \approx 2,3$.

Эпидемияның салдарын бағалау және болжау үшін математикалық аппаратты қолдану әрекеттері үш ғасырға жуық тарихы бар екені белгілі. Бұл идеялардың эволюциясының сипаттамасы зерттеушілердің бірқатар еңбектерінде бар. Бұл профессор Б.В.Боевтің дәрісінде болды. [1] Эпидемияны есептеудің алғашқы моделін XVIII ғасырдың ортасында Д. Бернулли ұсынған, онда ол шешекке қарсы профилактикалық егудің тиімділігін бағалады [10].

Келесі белгілі басылым халық өлімінің статистикалық көрсеткіштері болды. В.Фаррдың шешек эпидемиясынан, ол жай ғана жалпылап қана қоймай, эпидемияның болжамды моделін құрды. В.Фаррдың статистикалық тәсілін Дж.Браунли, сол кезеңде дамыған математикалық статистика әдістерін қолдана отырып, эпидемиологиялық көрсеткіштердің заңдылықтарын талдады. Б. Боев атап өткендей, статистикалық тәсілдерге балама 1889 жылы С-Петербургте жарияланған "дәрігер" журналында мақала жариялаған П.Л. Анико ұсынды. Оның аналитикалық тәсілі Англияда Росс пен Хадсонның еңбектерінде дамыды [11]. Ол XX ғасырдың басындағы бұл әзірлемелер эпидемияларды математикалық модельдеудің заманауи теориясының негізін, соның ішінде аурудың нақты түрлерін (қызылша, желшешек, безгек және т.б.)

болжауға арналған аналитикалық формулалар түріндегі алғашқы болжамдық модельдерді қалыптастырғанын атап өтті.

Б.В.Боевті шолуда академик О.В. Бароян мен профессор Л.А.Рвачев жасаған модельге ерекше назар аударылды. Олар эпидемиялық процесті картаға түсірудегі ғылыми ұқсастық әдісіне негізделген эпидемияларды математикалық модельдеудің жаңа әдістемесін әзірледі, оның шеңберінде инфекция қоздырғыштарының пациенттерден сау адамдарға "тасымалдануын" материяның "тасымалдануын" сипаттайтын Математикалық физика теңдеулері арқылы сипаттау ұсынылды [12].

Авторлар эпидемиологтардың байланысқан адамдар арасындағы инфекциялардың таралу қарқынын сипаттау үшін қазіргі тәсілдерін қолданды, оны инфекция тасымалдаушыларының көші-қонын сипаттаумен толықтырды.

Бірінші бөлім SEIR популяциясындағы инфекция қоздырғыштарының таралу динамикасын сипаттайды. Кермак-Маккендрик моделі, екіншісі-эксперименттік мәліметтерге негізделген жеке тұлғалардың аумақтық қозғалысының динамикасын ескереді. Олар шығарған сызықтық емес интегралды - дифференциалдық теңдеулер жүйесі сәйкес бастапқы және шекаралық шарттары бар ішінара туындыларда гидродинамикалық теңдеулермен бірдей болды. Бұл компьютерде оларды шешкен кезде жақсы дамыған және сыналған сандық әдістерді қолдануға мүмкіндік берді. Ұзақ уақыт бойы аталған модель елдегі тұмаудың таралу динамикасын болжауда негізгі болды. Дегенмен, модельдің көптеген эмпирикалық коэффициенттері халықтың көші-қон ағындары туралы мәліметтерге сәйкес калибрленгендіктен, КСРО ыдырағаннан кейін ол өзінің жеткіліктілігін жоғалтты. Дегенмен, Кермак - Маккендриктің классикалық популяциялық SEIR моделіне негізделген модельдің "эпидемиологиялық бөлігі" қазіргі заманғы тәсілдердің көпшілігінің негізі болып табылады.

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \mu N - \mu S - \beta \frac{I}{N} S, \\ \frac{dE}{dt} &= \beta \frac{I}{N} S - (\mu + \alpha) E, \\ \frac{dI}{dt} &= \alpha E - (\gamma + \mu) I, \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I - \mu R,\end{aligned}\tag{11}$$

SEIR моделінің атауы онда қолданылатын негізгі параметрлермен байланысты – интегралды - дифференциалдық теңдеулер жүйесі арқылы келесі жеке топтардың популяциясындағы динамика процесі сипатталады :

- 1 S - сезімтал адамдардың үлесі;
- 2 E - инкубациялық кезеңдегі жеке тұлғалардың үлесі;
- 3 I - инфекциялық науқастардың үлесі;
- 4 R - иммундық индивидтердің үлесі.

Эпидемиялық модельдеуді дамытудағы қазіргі кезең компьютерлік технологиялар саласындағы жылдам ілгерілеумен көбірек байланысты. Жұқпалы ауруды болжауға және эпидемиялық процестің дамуына қатысты ең маңызды және қолданылатын тәсілдердің қазіргі жағдайына шолу мақалада келтірілген, онда тәсілдердің сипаттамасы келтірілген және олардың қысқаша сипаттамасы берілген. Атап айтқанда, классикалық регрессиялық талдау әдістері, сүзуге негізделген уақыт қатарларын зерттеу. Байес және жасанды нейрондық желілер, прецедентке негізделген пайымдаулар қарастырылады, сонымен қатар аурудың таралуының математикалық модельдерін дамытудың заманауи бағыттары келтірілген: классикалық аналитикалық модельдер, детерминирленген және стохастикалық әдістер[13].

Имитациялық модельдеудің жаңа тәсілдері, соның ішінде желілік және агенттік, қарастырылған және сипатталған жоғарыда дифференциалдық теңдеулер жүйесін қолдана отырып, эпидемиялық көрсеткіштерді модельдеуді қамтитын биологиялық тәсіл. Ол әр тәсілдің шектеулілігін атап өтеді және әртүрлі әдістерді бөлісуге негізделген аралас болжау әдістерін қолданудың тиімділігін тұжырымдайды.

Эпидемиялық модельдеу тақырыбындағы заманауи басылымдарды талдау көрсеткендей, ең көп қолданылатын модельдер Кермак - Маккендриктің популяциялық моделіне негізделген сызықтық емес жүйелерімен қарастырылатын процестерді әр түрлі вариацияларда сипаттауға негізделген. Бұл тәсіл бастапқы шарттардың кейбір жиынтығын және әдетте өте субъективті түрде анықталатын көптеген параметрлерді орнатумен бірге жүреді. Біздің ойымызша, дәл осы соңғы жағдай әртүрлі зерттеушілер алған нәтижелердің айтарлықтай таралуына әкеледі. Бұл мұндай модельдердің болжамды мәнін айтарлықтай төмендетеді.

Эпидемиялық процестерді талдау жағдайында көп агенттік модельдеудің үлкен артықшылығы-агенттердің жұмыс істеу жағдайларының өзгеруін (мысалы, кейбір шектеу шараларын енгізу) бір мезгілде қарастыра отырып, әлеуметтік – экономикалық жүйенің күйіне және оның элементтеріне сыртқы ортаның өзгеруінің әртүрлі нұсқаларының әсерін бағалау үшін болжамды зерттеулер жүргізу мүмкіндігі. Егер біз тапсырманы егжей-тегжейлі тұжырымдайтын болсақ, онда covid - 19 кіретін ауа тамшыларымен берілетін инфекциялардың таралуын модельдеу үшін, ең алдымен, адамдардың барлық мүмкін байланыстарын имитациялайтын модель құру қажет. Бұл адамдар жұқтырған, бірақ әлі жұқпалы емес инкубациялық кезеңді ескереді. Бұл жағдайда жалғыз айырмашылық әр түрлі сценарийлерді зерттеуге және "экспозицияланған" кезеңмен жұқпалы аурулардың динамикасын түсінуге арналған latent period rate (σ) кіріспесі. Бұл адамдар жұқпалы болғанға дейін инкубациялық кезеңнің қалай есептелетінін көрсетеді.

2.2 SEIR моделі арқылы вирустық инфекцияның таралуын модельдеу

```
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt
```

Бұл жерде numpy, scipy, matplotlib Python бағдарламалау тіліннің кітапханалары болып табылады.

NumPy - Python бағдарламалау тіліне арналған ашық бастапқы кітапхана. Мүмкіндіктер: көпөлшемді массивтерді қолдау; көпөлшемді массивтермен жұмыс істеуге арналған жоғары деңгейлі математикалық функцияларды қолдау.

SciPy - ғылыми және инженерлік есептеулерді орындауға арналған ашық бастапқы Python бағдарламалау тіліне арналған кітапхана.

Matplotlib - екі өлшемді және үш өлшемді графикамен деректерді визуализациялауға арналған Python бағдарламалау тіліндегі кітапхана. Алынған суреттерді басылымдарда иллюстрация ретінде пайдалануға болады.

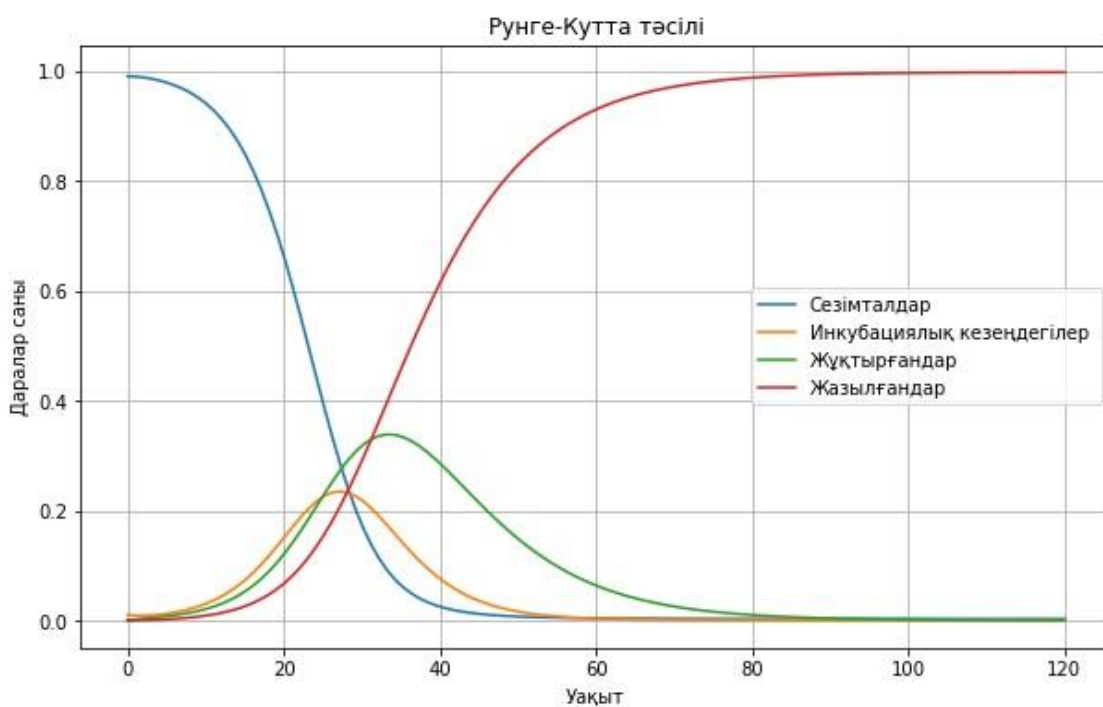
Def - кілт сөзі Python-ға функцияны анықтағаныңызды айтады. Def - тен кейін сіз функцияның атын көрсетесіз; ол айнымалы атаулармен бірдей ережелерге сәйкес келуі керек. Конвенцияға сәйкес функцияның атауында бас әріптерді қолдануға болмайды, ал сөздерді астын сызу арқылы бөлу керек:

```
def SEIR_model(y, t, beta, gamma):
    S,E, I, R = y
    dS = -beta * S * I
    dE = beta * S * I - alpha * E
    dI = alpha * E - gamma * I
    dR = gamma * I
    return np.array([dS, dE, dI, dR])
S0 = 0.99
E0=0.01
I0 = 0.00
R0 = 0.00
y0 = [S0, E0, I0, R0]
# Parameters – Параметрлері
beta = 0.6
gamma = 0.1
alpha = 0.2
# Time vector - Уақыт векторы
t = np.linspace(0, 120, 120) # Simulate for 120 days - 120 күн бойы
модельдеу
# Solve the SEIR model equations using odeint() - Odeint()көмегімен SEIR
моделінің теңдеулерін шешіңіз
solution = odeint(SEIR_model, y0, t, args=(beta, gamma, alpha))
# Extract results - Нәтижелерді шығару
S, E, I, R = solution.T
# Plot the results - Нәтижелерді сызыңыз
```


Plt – Matplotlib - тегі ең маңызды объект - сурет (plt әдісі. figure()). Matplotlib-те сурет салу болашақ график жасалатын кенептің (кенептің) пішінін, өлшемдерін және қасиеттерін орнатуды білдіреді. Жасалған сызбаларды экранға шығару үшін plt әдісін шақыруға болады.

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(t, S, label='Susceptible')
plt.plot(t, E, label='Exposed')
plt.plot(t, I, label='Infected')
plt.plot(t, R, label='Recovered')
plt.xlabel('Time (days)')
plt.ylabel('Proportion of Population')
plt.title('SEIR Model Simulation')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

Осы есептеулер мен нұсқауларды ала отырып, біз келесі нәтижені аламыз:



5 - сурет – Сезімтал, жұқтырған, қалпына келген және инкубациялық кезеңдегі топтардың арасындағы эпидемияның қарапайым бөлімшелік модель арқылы таралуы

Python - ның қарапайымдылығы және SciPy сияқты сенімді кітапханалары оны ауруларды модельдеу үшін тамаша тілге айналдырады. Осы модельдеулерді орындау арқылы біз жұқпалы аурулардың даму динамикасы туралы көбірек біле аламыз. Бұл бізге негізделген шешімдер қабылдауға және нақты әлемдегі эпидемияларды бағалау қабілетін жақсартуға көмектесетін үкімдер мен процестерді дайындауға мүмкіндік береді.

Эпидемияны модельдеудің жаңа парадигмасы туралы сұраққа оралсақ, оны сәтті жүзеге асыру үшін бұрыннан бар жағдайлар мен үнемі өсіп келе жатқан мүмкіндіктерді атап өту мағынасы бар. Осы шарттар мен мүмкіндіктердің ішінде:

- күрделі жүйелерді мультиагентті модельдеудің әртүрлі есептерді шешуде теориялық және сыналған негізделген әдістері;
- жоғары өнімді есептеу технологиялары, бұлтты сақтау технологиялары, қашықтықтан байланыс және қашықтан қол жеткізу технологиялары;
- мемлекеттік басқару органдарының өзара іс-қимылының кеңейтілген желілік инфрақұрылымы және осындай платформалық шешімдерге деген қажеттілік;
- қоғамның барлық салаларына цифрлық технологияларды қарқынды енгізу, күнделікті өмір жағдайында модельдерді калибрлеу үшін пайдалануға болатын көптеген фактологиялық деректерді өндіруге табиғи түрде ықпал етеді.

Ұсынылған тәсілді практикалық іске асырудың мүмкін нұсқаларының бірі ретінде келесі схеманы ұсынуға болады [15, 29 б].

Қоғамның кешенді моделін және оны имитациялық модельдеуге арналған есептеу аппаратын жоғары өнімді есептеу жүйелері негізінде қолданбалы академиялық институттардың мамандар тобы жасай алады. Қолда бар тәжірибені ескере отырып, біздің ойымызша, мұндай ұжымды қалыптастыру үшін базалық ұйымдар ретінде әрекет ете алады. Басқаруды қолдау жүйесінің элементтерінің бірі ретінде енгізілген модель жекелеген муниципалитеттер деңгейіне жеткізілуі керек. Дәл осы деңгейде модельді нақты деректермен толтыру керек, бастапқыда сараптамалық бағалау арқылы, содан кейін оларды жасанды интеллект тетіктері мен қосылатын ақпараттық жүйелер мен мәліметтер базасының гетерогенді деректерінің үлкен көлемін өңдеу арқылы түзету және үнемі қадағалау болады.

3 Фазалық портрет

3.1 Фаза портретіндегі эпидемия эволюциясының негізгі траекторияларын анықтау және оларды түсіндіру

Қазіргі уақытта аурулардың көп таралу объектілерінің ластануының артуына байланысты экожүйелерді бақылау және мүмкін болатын сыни жағдайларды анықтау үшін бастапқы экологиялық ақпаратты өңдеу міндеті тұр. Көптеген дәрігерлердің назары адамдар қауымдастығындағы өзгерістерді осы мақсаттарда пайдалануға мүмкіндік беретін әдістемелік тәсілдерді әзірлеуге аударылады. Қоғамдағы аурулардың экологиялық шындықтың ең маңызды элементі деп санауға болады. Маңызды әсерлер болмаған жағдайда теріс кері байланыстың болуы жүйені тұрақтандыруға әкелетіні белгілі. Қауымдастыққа әсер ету күшейген сайын оның құрылымы мен функциялары өзгеріп, құрылымдық және функционалдық сипаттамалардың жаңа мәндері бар басқа күйге ауысады. Бұл жағдайда жүйе әсерге төтеп бере алмайтын сәт келеді және жаңа стационарлық күйге көшу басталады. Жүйе бір тұрақты күйден екінші тұрақты күйге ауыса бастайтын бұл нүктені критикалық нүкте деп атауға болады.

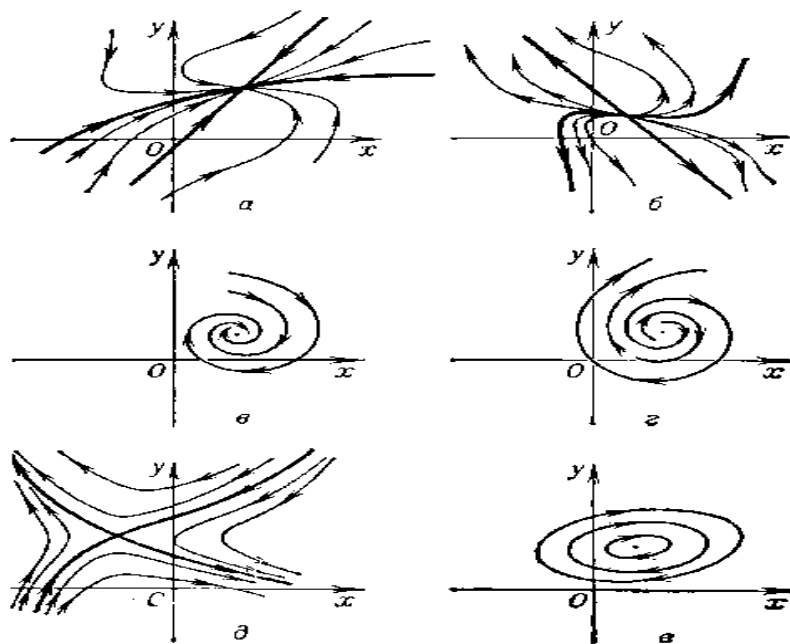
Сыни нүктелерді анықтау әдістерін әзірлеу сұраққа жауап беруге мүмкіндік береді: жүйе қашан (қай жылы) әсерді жеңе алмады? Сонымен қатар, әсер етудің күшеюі туралы ақпаратқа ие бола отырып. Су ағзаларының қауымдастығы тұрақты күйден шығатын жүктеменің шамасын бағалауға болады. Мұндай ақпараттың болуы су объектілерінің тазалығын қорғау үшін де, балық шаруашылығын басқару бойынша жедел шешімдер қабылдау үшін де өте маңызды.

Әртүрлі әсерлердегі қауымдастықта қайта құрылымдау белгілі бір уақыт ішінде дәйекті қайта құрулар арқылы жүзеге асады. Демек, оның сыртқы әсерлерге реакциясы көп жағдайда инерцияға байланысты және қауымдастықтың өзін күрделі динамикалық жүйеге жатқызуға болады. Динамикалық жүйені талдаудың тиімді әдістерінің бірі оның «фазалық портретін» алу болып табылады (Wolkenstein, 1978). Ол жүйенің стационарлық күйлерін және олардан ауытқыған кезде оның динамикасының сипатын анықтауға мүмкіндік береді. Фазалық портреттер әдісі әртүрлі күрделіліктегі физикалық жүйелердің әрекетін талдау және болжау үшін технологияда және популяция динамикасын талдау үшін математикалық экологияда қолданылады (Волкенштейн, 1978; Свирежев, Логофет, 1978). Су қауымдастықтарының стационарлық күйлерін анықтау үшін модификацияланған құрылымдық фазалық портрет әдісі қолданылды (Терещенко, Вербицкий, 1997). Қауымдастық құрылымының фазалық портреті N және dN/dt координаталарындағы жүйенің әрекетін көрсететін қисық болып табылады, мұндағы N жүйенің интегралды құрылымдық сипаттамасы ретіндегі Шеннон әртүрлілігі. Кездейсоқ өзгерістердің әсерін

болдырмау үшін әртүрлілік индексінің динамикасы текше сплайн көмегімен тегістелді [16].

Фазалық портрет әдісін қолдану мен бұрын жасалған нәрсе арасында екі айырмашылық бар. Біріншіден, ол қауымдастық құрылымының динамикасын талдауда пайдаланылмады, бірақ оны пайдаланудың негізгі мүмкіндігінің көрсеткіші ғана бар. Екіншіден, бұрын фазалық портреттер осы жүйелерді сипаттайтын теңдеулер негізінде құрастырылған, яғни. үлгілеріне негізделген. Біз «зерттеу объектісіне деген сүйіспеншілік» принципіне сүйене отырып, олардың әртүрлілігінің динамикасы туралы бастапқы деректер негізінде нақты қауымдастықтар құрылымының фазалық портреттерін құрастырдық [17].

Қоғамдастықтың әрекетін талдау стационарлық немесе тепе-теңдік күйлерін іздеуге негізделген. Шындығында «орталық», «тұрақты фокус» және «тұрақсыз фокус» түріндегі стационарлық күйлер байқалды, олар цикл, бұралу немесе бұралу спираль түріндегі фазалық портреттегі жүйенің траекториясына сәйкес келеді.



6 - сурет – Келесі типтегі ерекше нүктелердің маңындағы фазалық траекториялар: a - тұрақты түйін; b – тұрақсыз түйін; в - тұрақты фокус; g - тұрақсыз фокус; d - ершік; e - орталық

Гидробионттардың нақты биологиялық қауымдастықтарының мінез-құлқы ТМД - дағы бірқатар көлдер мен су қоймаларының балық популяциясының, сондай-ақ тәжірибелік және табиғи зоопланктондық қауымдастықтар мысалында зерттелді. Қауымдастықтың басқа тұрақты күйге ауысуы және фазалық портрет қисығының тегістігінің бұзылуы алаңдататын әсердің көрсеткіші болуы мүмкін екендігі көрсетілген.

Әртүрлі экологиялық жағдайлардағы нақты жүйелердің құрылымдық фазалық портреттерін талдау қауымдастық қызметінде екі түрлі сыни

нүктелердің болуын көрсетті. Фазалық портреттегі критикалық нүктенің бірінші түрі ашылатын спиральдың доғаға өту нүктесі болып табылады. Бұл сыни нүкте қоғамдастық оған күшейіп келе жатқан әсерді жеңе алмайтын жағдайға сәйкес келеді. Фазалық портреттегі критикалық нүктенің екінші түрі жүйенің траекториясындағы «үзіліс нүктесі» болып табылады және шыңдар түріндегі қисық сызық барысында бұзылулар түріне ие. Бұл сыни нүкте қоғамда кенеттен, қысқа мерзімді алаңдаушылық тудыратын жағдайға сәйкес келеді.

Критикалық нүктені анықтау алгоритмі адамдардың аурудан алдына ала фазалық портреттік қисығының тегістігінің өзгерістерін талдауға негізделген. Осы мақсатта жүйе фазалық траектория бойынша қозғалған кезде азимут өсімінің динамикасы зерттелді. Сонымен қатар, маңызды биологиялық түсіндірмеге ие қауымдастықтардың әртүрлілігінің өзгеру қарқынының динамикасы және оның үдеуіне талдау жасалды. Әртүрліліктің өзгеру жылдамдығы құрылымдық өзгерістердің қарқындылығын сипаттайды, ал кинематикалық аналогы бойынша үдеу өзгерістерді тудыратын күштермен байланысты.

Бірінші типтегі сыни нүктенің адамдардың ковидқа байланысты ауру популяциясының фазалық портреті қарастырылады. Екінші типті критикалық нүктелер үшін азимут қадамдарының абсолютті мәндерінің қысқа мерзімді өсуі байқалады. Жылдамдық пен үдеу мәндердің бір мезгілде айтарлықтай төмендеуімен сыни нүктелерге әрекет етеді. Осылайша, ауру адамдардың ағзаларын қауымдастығының фазалық портретінің қисық сызығының тегістігінің өзгеруін талдау негізінде критикалық нүктені анықтау алгоритмі ұсынылды. Алгоритм жүйенің фазалық траектория бойынша қозғалуындағы азимут өсімінің динамикасын зерттеуге негізделген. Критикалық нүктелерде азимут өсімінің айтарлықтай өзгеретіні көрсетілген. Бұл жағдайда сыни нүктенің әрбір түрі бұрыштың өзгеруінің өзіндік түріне сәйкес келеді. Алдағы уақытта осы алгоритм негізінде аурулардың айдындарындағы экологиялық жағдайды бағалаудың ақпараттық-сараптамалық жүйесін құру міндеті тұр [18].

Фазалық портреттерді салу үшін әртүрлі әдістерді қолдануға болады:

- 1 дифференциалдық теңдеулер әдісі;
- 2 изоклиндік әдіс.

Дифференциалдық теңдеулер әдісі. Әдістің мәні мынада: сызықты емес элементтің жеке бөлімдерінің дифференциалдық теңдеулері бойынша сәйкес фазалық портреттер жазықтықта тұрғызылады.

Гробман-Хартман теоремасы.

T – кейбір диффеоморфизмнің өрескел бекітілген нүктесі. Содан кейін аудандар бар. U_1 және U_2 ұпай 0 , онда диффеоморфизм T және оның сызықтық бөлігі топологиялық конъюгацияланған.

Дөрекі емес бекітілген нүкте жағдайында мұндай мәлімдеме дұрыс емес. Бұл матрица болса, көрсету оңай A сызықтық бейнелеу:

$$\dot{x} = x+x \quad (12)$$

1 модульге тең көбейткіштері бар. Мұнда оң жаққа сызықты емес терминді қосуға болады $g(x)$ сондықтан жаңа карта жасау:

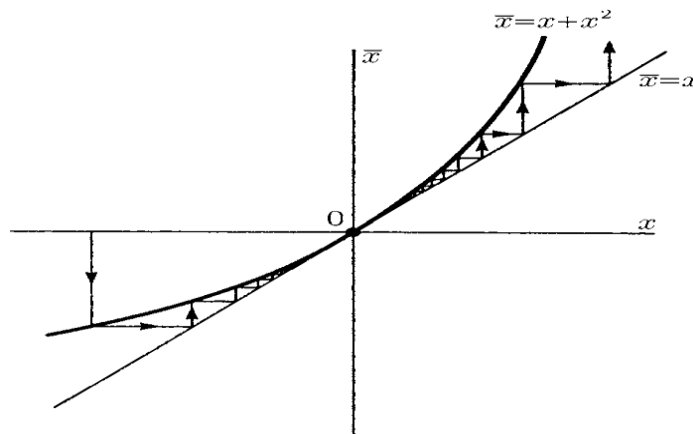
$$\dot{x} = g(x) \quad (13)$$

Оның сызықтық бөлігімен топологиялық конъюгацияланбайды. Мысалы, бір өлшемді кескіндеу:

$$\dot{x} = x+x^2 \quad (14)$$

Бір ғана бекітілген нүктесі бар O , ал барлық нүктелер сәйкес сызықтық үшін бекітілген нүктелер болып табылады.

$$\dot{x} = x \quad (15)$$



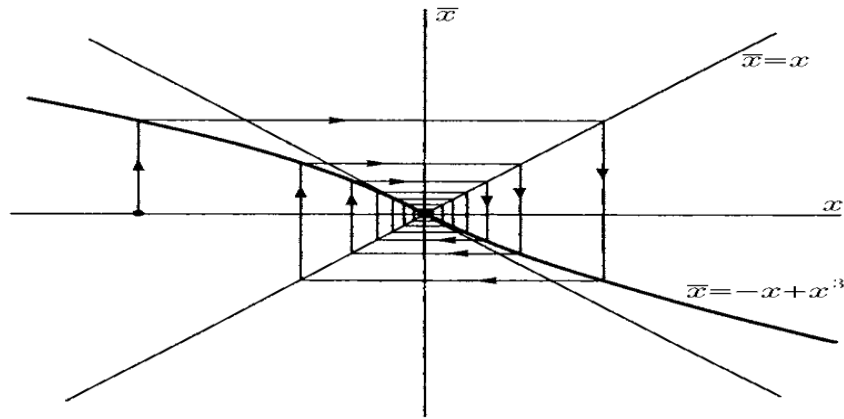
7 - сурет – Ламерей кадамдық функциясы. Функцияның графигі $f(x) = x+x^2$ - түйін типінің бекітілген нүктесіндегі биссектрисалардан тұрады. Басқа мысалды қарастырайық: картаға түсіру:

$$\dot{x} = -x+x^3 \quad (16)$$

тұрақты бекітілген нүктеге ие O (3-суретті қараңыз), сызықтық дисплеймен байланысты емес

$$\dot{x} = x \quad (17)$$

ол үшін барлық ұпайлар (басқа O) 2-кезеңмен мерзімді.



8 - сурет – Спиральды дисплей ламеласы $x = -x + x^3$

Шығу тегінен тыс дисплей туындылары абсолютті мәнде 1-ден аз; тұрақты нүкте тұрақты болады. Келесі мысал ретінде күрделі конъюгаттық көбейткіштер жұбы бар тұрақты нүктесі бар сызықтық кескінді қарастырыңыз. $e^{\pm i\omega}$:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= x \cos \omega - \omega, \\ \dot{y} &= x \omega + \cos \omega. \end{aligned} \tag{18}$$

Барлық траекториялар нүктеге қатысты симметриялы орналасқан инварианттық шеңберлерде жатыр $(0,0)$. Бұл дисплей дисплеймен байланысты емес

$$\begin{aligned} \dot{x} &= x \cos \omega - \omega - x(x^2 + x^2) \cos \omega \\ \dot{y} &= x \omega + \cos \omega - (x^2 + x^2) \cos \omega \end{aligned} \tag{19}$$

олардың траекториялары нүктеге бейім 0 спираль түрінде.

Барлық тіркелген нүкте көбейткіштері болған жағдайда 0 диффеоморфизм T абсолютті мәнде 1 - ден аз болса, барлық оң жарты траекториялар бейім 0 . Егер барлық көбейткіштер бірлік шеңберінің сыртында жатса, нүктенің шағын маңынан нүктенің теріс жарты траекториясы 0 тұрақты нүктеге ұмтылады. Оң карталау итерациялары үшін T барлық траекториялар (нүктенің өзінен басқасы) қозғалмайтын нүктенің маңайынан шығады [19].

Ерекше жағдайында, яғни ішінде де, сыртында да көбейткіштер болған кезде бірлік шеңбер, тіркелген нүкте бар (жергілікті) тұрақты инвариантты алуан түрлі $B^{\text{слок}}$ және тұрақсыз инварианттық коллектор $B^{\text{улок}}$, олар инвариантты ішкі кеңістіктердің кескіндері болып табылады.

\mathcal{E}^c және \mathcal{E}^u гомеоморфизмге қатысты сәйкес сызықтық жүйе, топологиялық конъюгацияны орнату. Демек, коллектордағы кез келген нүктенің оң жарты траекториясы $B^{\text{слок}}$ оның ішінде толығымен жатады және ершік нүктесіне 0 ұмтылады. Екінші жағынан, коллектордағы ерікті нүктенің теріс жарты траекториясы $B^{\text{улок}}$ толығымен жатыр $B^{\text{улок}}$ және 0 ұмтылады.

Тұрақты (тұрақсыз) коллектордың өлшемі бірлік шеңбердің ішінде (сыртында) жатқан көбейткіштер санына тең. Жатпайтын нүктелердің траекториялары $B^{слок} \cup B^{улок}$, ершіктен өтті.

Әлбетте, егер ершіктің қозғалмайтын нүктесінің маңайындағы бір дифеоморфизм басқа қозғалмайтын нүктенің маңайында екіншісімен конъюгацияланатын болса, онда осы екеуінің де тұрақты (тұрақсыз) коллекторларының өлшемдері ершік нүктелері тең болуы керек (жалпылықты сақтау үшін деп есептейміз. $B^u = \{\emptyset\}$ және күңгірт $B^u = 0$ тұрақты қозғалмайтын нүкте жағдайында; және $B^c = \{\emptyset\}$, күңгірт B^c нүкте толығымен тұрақсыз болған жағдайда $= 0$). Дегенмен, өрескел тепе-теңдік позицияларынан айырмашылығы жергілікті топологиялық конъюгация кезінде тұрақты және тұрақсыз коллекторлардың өлшемдері ғана инварианттар болып табылады. Басқа инварианттарды табу үшін Гробман-Хартман теоремасы келесі жалпылауды қабылдайтынын ескеріңіз:

Бастапқы нүктенің кейбір төңірегінде бірлік шеңберде көбейткіштері жоқ сызықты азғындалмаған салыстыру кез келген жеткілікті жақын салыстыруға топологиялық конъюгацияланады.

Бұдан, атап айтқанда, кез келген екі жақын салыстырулар топологиялық конъюгацияланған сызықтық шығады. Осылайша, екі ерікті матрица үшін A_0 және A_1 , дисплей:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= A_0 x, \\ \dot{x} &= A_1 x. \end{aligned} \tag{20}$$

Топологиялық конъюгаттық болады және $A(c)$ матрицалар құруға болады. Параметрге байланысты үздіксіз $c \in [0,1]$, бұл $A(0) = A_0$ және $A(1) = A_1$, барлық матрицалар болған жағдайда $A(c)$ дегенерацияланбайды және бірлік шеңберде меншікті мәндері жоқ.

Мәселені құрастыру.

Теңдеудің траекторияларын табамыз: $\ddot{x} - e^x = a$, $a < 0$, $a = 0$, $a > 0$.
Әрбір жағдайда фазалық портретті сызыңыз.

Шешім.

Теңдеуді ауыстырайық $\ddot{x} - e^x = a$ теңдеулер жүйесі:

$$\begin{cases} x' = y \\ y' = a + e^x \end{cases} \tag{21}$$

Бекітілген нүктелерді табайық. Ол үшін жүйені шешеміз:

$$\begin{cases} 0 = y \\ 0 = a + e^x \end{cases} \tag{22}$$

Бекітілген нүкте жағдайда болатынын ескеріңіз, өйткені $a < 0$ $x = \ln(-a)$, сондықтан жағдайда бекітілген нүктенің координаттары бар $a < 0(\ln(-a); 0)$

Әрбір жағдай үшін жүйені қарастырайық:

$$a < 0 \quad (23)$$

Нүктенің түрін анықтайық. Ол үшін біз якобианды құрастырамыз:

$$J = \begin{vmatrix} -\lambda & 1 \\ e^x & -\lambda \end{vmatrix} \quad (24)$$

Оны біздің бекітілген нүктеміз үшін есептейік $(\ln(-a); 0)$:

$$J = \begin{vmatrix} -\lambda & 1 \\ e^{\ln(-a)} & -\lambda \end{vmatrix} = \lambda^2 + a \quad (25)$$

Теңдеуді шешейік:

$$\lambda^2 + a = 0, \quad (26)$$

$$\lambda_{1,2} = \pm\sqrt{-a}.$$

Алынған мәндер біздің бекітілген нүктенің тұрақсыз екенін көрсетеді.

Траектория теңдеуін табайық:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{a + e^x}{y};$$

$$ydy = (a + e^x)dx;$$

$$\frac{y^2}{2} = ax + e^x + \tilde{C};$$

$$y^2 = 2(ax + e^x + \tilde{C});$$

$$y = \pm\sqrt{2ax + 2e^x + C};$$

a) $a = 0$.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{e^x}{y};$$

$$ydy = e^x dx;$$

$$\frac{y^2}{2} = e^x + \tilde{C};$$

$$y^2 = 2(e^x + \tilde{C});$$

$$y = \pm\sqrt{2e^x + C};$$

b) $a > 0$.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{a + e^x}{y};$$

$$ydy = (a + e^x)dx;$$

$$\begin{aligned}\frac{y^2}{2} &= ax + e^x + \tilde{C}; \\ y^2 &= 2(ax + e^x + \tilde{C}); \\ y &= \pm\sqrt{2ax + 2e^x + C};\end{aligned}$$

Осы жауап арқылы біздер алдағы уақытта график есептер шығаратын боламыз. Изоклиндік әдістұрақты еңіс сызықтар әдісі болып табылады. Түріндегі теңдеулермен сипатталатын динамикалық жүйелерді зерттеудің графикалық-аналитикалық әдісі:

$\frac{dx}{dt} = P(x, y)$, $\frac{dy}{dt} = Q(x, y)$, мұндағы x және y жүйе күйінің айнымалылары, $P(x, y)$ және $Q(x, y)$ - шешімдердің бар болуы және бірегейлігі теоремаларының шарттарын қанағаттандыратын функциялар, t - уақыт (тәуелсіз айнымалы). Мұндай жүйенің әрекетін тікбұрышты декарттық координаталардағы жазықтықта геометриялық түрде көрсетуге болады. Бұл бейнелеу арқылы динамикалық жүйенің әрбір күйі координаталары x , y болатын жазықтықтағы нүктеге бірегей сәйкес келеді және керісінше, жазықтықтағы әрбір нүкте зерттелетін динамикалық жүйенің тек бір күйіне сәйкес келеді.

Окси жазықтығы фазалық жазықтық деп аталады. Жүйе күйінің өзгеруі фазалық жазықтықта нүктенің қозғалысы арқылы көрінеді, ол нүктені көрсететін немесе көрсететін фаза деп аталады. Көрсеткіш нүкте қозғалатын траектория фазалық траектория деп аталады. Оның қозғалысының жылдамдығы мен бағыты фазалық жылдамдық векторымен $\{P, Q\}$ анықталады. Фазалық жазықтықтың әрбір нүктесі арқылы тек бір фазалық траектория өтуі маңызды. Фазалық траекториялар жиынтығы жүйенің фазалық портреті деп аталады және жүйенің барлық мүмкін комбинацияларының жиынтығын және ондағы мүмкін болатын қозғалыстардың түрлерін көрсетеді.

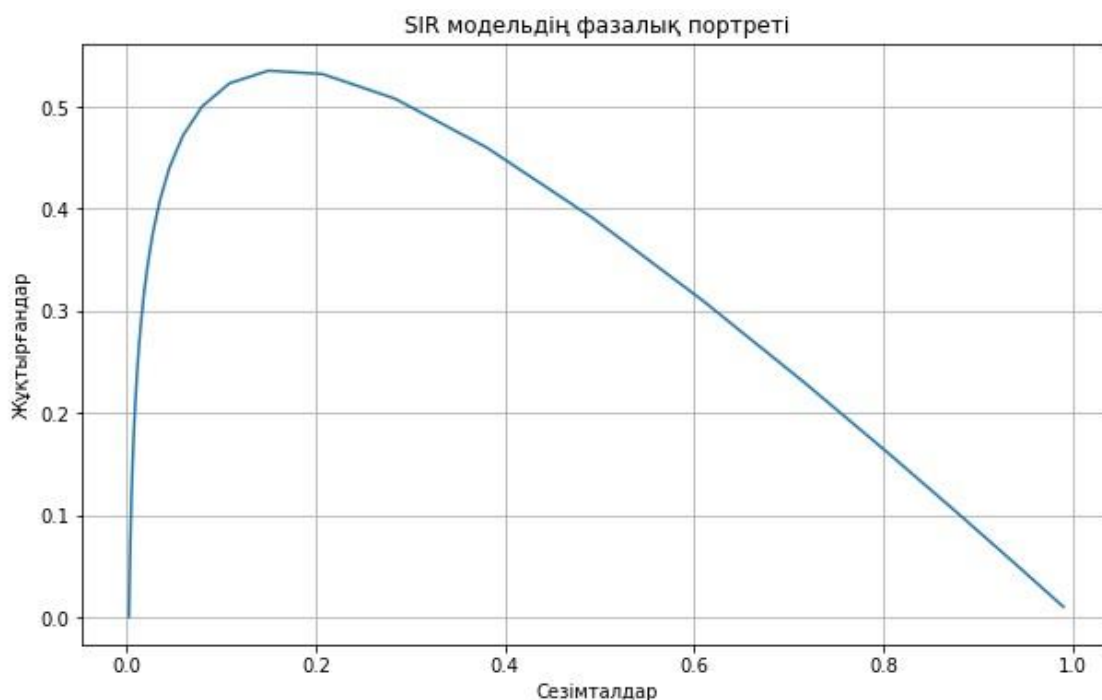
Фазалық жазықтықта әдетте фазалық траекториялардың келесі үш түрін ажыратады: теңдеулер жүйесін шешу нәтижесінде анықталатын ерекше нүктелер немесе тепе - теңдік позициялары.

$$P(x, y) = 0, Q(x, y) = 0; \quad (27)$$

Жүйедегі мерзімді қозғалыстарға сәйкес келетін окшауланған тұйық траекториялар; фазалық жазықтықты әртүрлі типтегі траекториялармен толтырылған аймақтарға бөлетін бөлгіштер. FPM жүйенің фазалық портретін құрудан және осы портретті кейінгі талдаудан тұрады.

3.2 Фаза портретын құру әдістерін талдау және оларды SIR моделі контекстінде қолдану

Динамикалық жүйені сандық-графикалық зерттеудің міндеті, шамадан тыс оқу ақпаратына ұшыраған жабық шағын оқу тобы, α , β , γ параметрлеріне байланысты S, I фазалық жазықтығын мақсатты аймаққа бөлу және жүйенің тепе - теңдік күйлерінің тұрақтылығын анықтау мақсатында осы аймақтарда болатын бифуркацияларды зерттеу болып табылады.



9 - сурет – SIR модельдің фазалық портреті

Осы фазалық жүйені пайдалана отырып, графикалық жүйе бойынша осы графикалық есептік жүйені талдадық.

3.3 SIR моделінің дифференциалдық теңдеулерін шешудің сандық әдісін программалау

Қазіргі әлемдегі ақпараттық технологиялар адам қызметінің қажетті құралына айналды: қаржы саласында, бизнесте, өнеркәсіпте, білім беруде, бос уақыт саласында. Компьютерлер мен интернеттің арқасында бүкіл әлемдегі адамдар бір-бірімен еркін байланысады.

Әлемдік таратылған есептеу жүйесі (таратылған есептеу жүйесі) дамып келеді – бүкіл әлемдегі компьютерлердің есептеу қуатын біріктіреді, бұл кез-келген күрделіліктегі есептеу есептерін шешуге мүмкіндік береді. Міне, компьютерлер мен компьютерлік желілерді қолдану арқылы шешуге болатын негізгі міндеттер:

- 1 Ақпаратты сақтау, құрылымдау және жылдам іздеу;

- 2 Модельдеу. Компьютерлердің көмегімен зерттелетін объектілер туралы гетерогенді ақпаратты математикалық және компьютерлік модельдер түрінде құрылымдауға болады. Эксперименттер мен бақылаулардың деректерімен салыстырғанда мұндай модельдерді зерттеу жүйе элементтерінің өзара әрекеттесу механизмдерін зерттеуге, күрделі жүйелерді ұйымдастырудың негізінде жатқан заңдылықтарға қатысты гипотезаларды тексеруге мүмкіндік береді;
- 3 Болжау. Компьютер күрделі жүйелердің модельдеу модельдерін құруға, сценарийлерді ойнауға және осы жүйелердің мінез-құлқына болжам жасауға мүмкіндік береді;
- 4 Оңтайландыру. Кез-келген адам әрекеті, оның ішінде күнделікті өмір іс-әрекетті үнемі оңтайландыруды талап етеді. Эволюция процесінде биологиялық жүйелер пайда болды, олар бір мағынада немесе басқа мағынада оңтайлы болып шығады, мысалы, энергияны неғұрлым үнемді пайдалану мағынасында.

Мақсатты функцияны рәсімдеу үшін, яғни жүйе үшін не оңтайлы деген сұраққа жауап беру үшін оңтайландырылған процестің моделін және оңтайландыру критерийлерін тұжырымдау қажет. Компьютер әртүрлі оңтайландыру алгоритмдерін жобалауға және жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Теориялық ақпаратты түсіну дағдыларын бекіттік. Осы тұрғыдан алатын болсақ, жалпылама түрде модельдік ретінде келесі түр талқыланды: Компьютер жүйенің өзімен емес, модельмен жұмыс істейді. Модель дегеніміз не?

Бұл сұраққа ең қарапайым және жалпы жауап: модель-бұл объектінің көшірмесі, белгілі бір мағынада "ыңғайлы", кеңістіктегі және уақыттағы манипуляцияларға мүмкіндік береді. Модельдеу, таңдау және тұжырымдау кезінде модельдеу объектісі, мақсаты және әдісі (құралдары) анықтайтын жағдайлар болып табылады. Біздің курста модельдеу объектілері әртүрлі деңгейдегі ұйымның биологиялық процестері болады.

Модельдеу әдістері - жүйелердің динамикалық теориясының әдістері. Құралдар - дифференциалдық және дифференциалдық теңдеулер, Дифференциалдық теңдеулердің сапалы теориясының әдістері, компьютерлік модельдеу. Модельдеу мақсаттары:

- 1 Жүйе элементтерінің өзара әрекеттесу механизмдерін түсіндіру;
- 2 Эксперименттік мәліметтер бойынша модель параметрлерін анықтау және тексеру;
- 3 Жүйенің тұрақтылығын бағалау (модельдер).

Тұрақтылық ұғымының өзі формализацияны қажет етеді. Әртүрлі сыртқы әсерлердегі, басқарудың әртүрлі тәсілдеріндегі және т.б. жүйенің мінез-құлқын болжау. Жүйені оңтайлы басқару таңдалған оңтайлылық критерийіне сәйкес. Компьютерлік модельдерде объект туралы "білім" математикалық формулалар, кестелер, графиктер, мәліметтер базасы және білім түрінде болады. Олар ішкі сипаттамалар мен сыртқы жағдайлардың өзгеруіне байланысты жүйенің мінез-құлқын зерттеуге, оңтайландыруды шешуге мүмкіндік береді.

Фазалық жазықтықта жүргізілген сандық - графикалық зерттеу SIR моделін көрсетті, ол бастапқыда халықтың кең топтарында эпидемияның таралу жағдайларын талдауға бағытталған, белгілі бір болжамдармен жабық шағын студенттер топтарындағы деструктивті ақпараттық процестердің ерекшеліктерін сипаттауға қолданылады. Осы мақсатта ақпараттық параметрлерді енгізу арқылы классикалық SIR моделінің қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесін өзгерту ұсынылды. Бұдан әрі бастапқы шарттар арқылы шектен тыс ақпарат көлемін және тұйық оқушы тобының Ақпараттық параметрлерін ұсыну тәсілдерін зерделеу; топ мүшелерінің когнитивті шамадан тыс жүктемесінің өсуіне әкелуі мүмкін артық оқу материалының шекті көлемін бағалау; ерекше нүктелер маңындағы жүйенің қозғалыс жылдамдығының топтың сипаттамаларына тәуелділігі көзделеді. Практикалық тұрғыдан алғанда, осы зерттеуді жалғастыру материал мұғаліміне пәндік тақырыпты зерттеуге немесе нақты оқу жағдайында оқу мәселесін шешуге тартуға көмектеседі. Мемдер көптеген салаларда қолданылады: саясат, күнделікті өмір, денсаулық және т. б. Ауызша тарихтың әртүрлі формаларын зерттеу, мысалы фотосуреттер мен мемдер біздің визуалды қабылдауымыз арқылы өткенді түсінуге ықпал етуі мүмкін. Олар іс жүзінде кітаптар мен ресми дереккөздерге қарағанда тиімдірек болуы мүмкін. Талдау нәтижесінде отандық пайдаланушылар көбінесе мемдерде саяси және тұрмыстық мәселелерді жариялайтыны анықталды. Жоғарыда атап өткеніміздей, COVID-19 өршуі кезінде пайда болған қазақстандық мемдердің көпшілігі көңіл көтеру құралы болып табылмайды, біздің жағдайда әзіл – бұл шындыққа бейімделу тәсілі. Зигмунд Фрейдтің теориясына жүгінсек, әзілдер бейсаналық, репрессияланған және "тыйым салынған" сезімдердің шығуы болып табылады, мысалы, тілек, фобия немесе белгісізден қорқу және күлкі. Басқаша айтқанда, әзіл қиыншылықтарды жанама түрде жеңуге және нәрселер туралы сөйлесуге мүмкіндік береді. Алайда, әрбір компьютерлік енгізу жүйенің нақты, берілген параметрлеріне сәйкес келеді. Ең жалпы және дерексіз - математикалық модельдер.

Математикалық модельдер ұқсас қасиеттері бар немесе изоморфты процестердің немесе құбылыстардың бүкіл класын сипаттайды. 20 ғасырдың аяғында қарқынды дами бастаған синергетика ғылымы ұқсас теңдеулер әртүрлі табиғаттың өзін - өзі ұйымдастыру процестерін сипаттайтынын көрсетті: Галактика кластерлерінің пайда болуынан бастап мұхиттағы планктон дақтарының пайда болуына дейін.

Егер сіз " жақсы " математикалық модельді тұжырымдай алсаңыз, оны зерттеу үшін мыңдаған жылдар бойы жинақталған ғылымның барлық арсеналын қолдануға болады. Көптеген классиктер бір дана ойды өз бетінше білдіргені бекер емес. Білім саласы өзінің заңдарын математикалық қатынастар түрінде білдірген кезде ғылымға айналады. Осы тұрғыдан алғанда, ең "ғылыми" ғылым – физика. Ол математиканы өзінің табиғи тілі ретінде қолданады. Барлық физикалық заңдар математикалық формулалар немесе теңдеулер түрінде көрсетіледі. Математика химияға 20 ғасырдың отызыншы жылдарында Химиялық кинетика және физикалық химиямен бірге келді.

Қазір химия, әсіресе химиялық кинетика, Физикалық химия, кванттық химия кітаптары математикалық таңбалар мен теңдеулерге толы.

Ғылым айналысатын объектілер мен процестер неғұрлым күрделі болса, сол объектілер мен процестерді сипаттауға қолайлы математикалық абстракцияларды табу соғұрлым қиын болады. Биологияға, геологияға және басқа да "сипаттамалық" жаратылыстану ғылымдарына математика 20 ғасырдың екінші жартысында ғана келді.

Биологиялық процестерді математикалық сипаттаудың алғашқы әрекеттері популяция динамикасының модельдеріне жатады. Математикалық биологияның бұл саласы әрі қарай биологияның әртүрлі салаларында математикалық модельдер "пысықталған" математикалық полигон ретінде қызмет етті. Биологиялық өндірісте тұжырымдалған ең алғашқы белгілі модель - 13 ғасырда Леонардоны Пизадан өз еңбегінде алып келген Фибоначчидің әйгілі сериясы. Бұл қояндар екінші айдан бастап көбейе бастаса және ай сайын қоян жұбы ретінде ұрпақ берсе, ай сайын туатын қоян жұптарының санын сипаттайтын сандар қатары. Қатар сандар тізбегін білдіреді: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, ..., олардың әрқайсысы алдыңғы екеуінің қосындысына тең.

Келесі белгілі тарих моделі - Мальтус формуласы (1798), популяцияның санын оның санына пропорционалды жылдамдықпен сипаттайды. Дискретті түрде Мальтус Заңы геометриялық прогрессияны білдіреді. Дискретті TN уақыт моменттері үшін TN және TN+1 уақыт моменттеріндегі популяция саны арасындағы байланыс формула арқылы көрсетіледі:

$$N_{t+1} = qN_t \tag{28}$$

$$N_{t+1} = q^n N_0 .$$

Дифференциалдық теңдеу ретінде жазылған бұл заң популяцияның экспоненциалды өсу моделі болып табылады және ешқандай шектеулер болмаған кезде жасуша популяциясының өсуін жақсы сипаттайды. Бұл қарапайым модельдер биологиялық объектілермен салыстырғанда математикалық модельдердің қаншалықты қарабайыр екенін көрсетеді. Мысалы, популяция - бұл күрделі ұйымдастырылған жеке тұлғалардың- организмдердің жиынтығы. Өз кезегінде әрбір организм ағзалардан, ұлпалардан және жасушалардан тұрады, туады, метаболизм процестерін жүзеге асырады, өседі, қозғалады, көбейеді, қартаяды және өледі. Әрбір тірі жасуша күрделі гетерогенді жүйе болып табылады, оның көлемі мембраналармен бөлінген және құрамында субклеткалық органеллалар және т.б., биомакромолекулаларға, аминқышқылдары мен полипептидтерге дейін, ақырында, тірі заттың осы "кірпіштерін" құрайтын атомдар. Тірі материяның барлық деңгейлерінде біз күрделі кеңістіктік - уақыттық ұйымды, гетерогенділікті, даралықты, ұтқырлықты, масса, энергия және ақпарат

ағындарын кездестіреміз. Мұндай жүйелер үшін кез - келген математика тек қарапайым, жеңілдетілген сипаттама беретіні анық. Бұл өте күрделі жүйелерді құруға мүмкіндік беретін компьютерлерді қолдану арқылы айтарлықтай дамыды, бірақ бұл жерде біз модельдер туралы, яғни, олардың кейбір қасиеттерін ғана көрсететін тірі жүйелердің кейбір идеалды көшірмелері туралы және схемалық түрде.

Қазір биологиялық журналдар математикалық формулалар мен компьютерлік модельдеудің нәтижелеріне толы. Теориялық биология мен биоинформатикаға арналған арнайы журналдар бар. Модельдер нақты жүйелерді зерттеу құралы болып табылады және модельдеу жұмыстары модельдеу объектісі жататын биология саласына арналған журналдарда басылады. Бұл модель биологтар үшін қызықты, пайдалы және түсінікті болуы керек дегенді білдіреді. Сонымен қатар, ол, әрине, математика тұрғысынан кәсіби түрде жасалуы керек.

Ең сәтті модельдер модельдеу объектісін жақсы білетін математиктер немесе физиктер мен биологтар Достастығында жасалады. Сонымен бірге, бірлескен жұмыстың ең қиын бөлігі - бұл объект туралы білімді (әдетте схемалар түрінде) тілдерге рәсімдеу, содан кейін оны математикалық немесе компьютерлік модельге айналдыруға болады.

Модельдердің жіктелуі. Шартты түрде биологиялық жүйелердің барлық математикалық модельдерін сапалық, регрессиялық және имитациялық деп бөлуге болады:

Сапалы (негізгі) модельдер. Жүйе элементтерінің өзара әрекеттесу заңдылықтарын, жүйеде байқалатын процестердің негізінде жатқан негізгі заңдылықтарды түсіну үшін жүйенің динамикалық мінез - құлқының негізгі белгілерін қайталайтын салыстырмалы түрде қарапайым модель құру қажет. Жүйенің сапалық мінез-құлқын түсіндіретін модельдер (мысалы, тербелістердің болуы, біртүрлі гетерогенділік, хаос) сапалы немесе негізгі модельдер деп аталады. Базалық модельдер салыстырмалы қарапайымдылығына байланысты параметрлердің әртүрлі мәндерінде сапалы зерттеуге мүмкіндік береді. Болашақта оларды ұқсас жүйелердің бүкіл класының неғұрлым егжей - тегжейлі модельдерін құру үшін негіз ретінде пайдалануға болады. Көбінесе күрделі жүйені модельдеу кезінде бірнеше негізгі модельдер қолданылады.

Регрессиялық модельдер - бұл тәуелділіктердің физикалық немесе биологиялық мағынасын талап етпестен жүйенің әртүрлі сипаттамаларының байланысын сипаттайтын формулалар. Регрессиялық модельді құру үшін жүйенің айнымалылары немесе параметрлері арасындағы статистикалық сенімді бақыланатын корреляциялар жеткілікті.

Имитациялық модельдер - бұл өнер мен ғылым арасындағы аралық нәрсе, оның пайда болуы толығымен есептеу мүмкіндіктерінің қарқынды өсуіне байланысты. Имитациялық модельдеудің мәні есептеу эксперименттері мен осы эксперименттердің нәтижелерін өңдеу арқылы күрделі математикалық модельді зерттеу болып табылады. Бұл жағдайда, әдетте, модельдеу моделін

жасаушылар модельдеу объектісі туралы барлық қолда бар ақпаратты сандық және сапалық жағынан барынша пайдалануға тырысады.

Шамамен айтқанда, модельдеу моделін құру процесін келесідей елестетуге болады. Біз компьютерге қол жетімді кез-келген формада (тендеулерде, графиктерде, логикалық қатынастарда, ықтималдық заңдарында) жүйе туралы білетіндердің бәрін жазамыз, содан кейін компьютерде жүйенің сыртқы және ішкі параметрлерінің белгілі бір мәндерінде осы білімдердің жиынтығы бере алатын нұсқаларды ойнаймыз. Егер біз модельдерге қоятын сұрақтар нақты жүйенің динамикасын анықтайтын іргелі заңдар мен себептерді нақтылауға емес, әдетте практикалық мақсатта орындалатын жүйенің мінез-құлық (мінез - құлық) талдауына қатысты болса, имитациялық модель өте пайдалы болып шығады.

Экологиялық жүйелерді – көптеген биологиялық, геологиялық, метеорологиялық және басқа факторларды қамтитын өте күрделі түзілімдерді сипаттау үшін имитациялық модельдерді қолдану ерекше тартымды болды. Мінез - құлық пен басқарудың әртүрлі "сценарийлерін" ойнату мүмкіндігінің арқасында имитациялық модельді табиғи экожүйені пайдаланудың оңтайлы стратегиясын немесе жасанды экожүйені құрудың оңтайлы әдісін таңдау үшін сәтті пайдалануға болады.

Модельдеу моделін құру кезінде сіз модельдің айнымалылары мен параметрлерін таңдағанда егжей - тегжейдің жоғары дәрежесін ала аласыз. Сонымен қатар, модель әр түрлі авторларда әр түрлі болуы мүмкін, өйткені оны құрудың нақты ресми ережелері жоқ. Компьютерлік эксперименттердің нәтижелері модельге енгізілген қатынастарға ғана емес, сонымен қатар модельге енгізілген бағдарламалар кешенін ұйымдастыруға және компьютерлік эксперименттер алгоритміне де байланысты. Осылайша, модельдеу - бұл компьютерлік эксперимент жүргізетін адам мен компьютер арасындағы диалог, яғни. бағдарламалар кешені.

Модельдеу моделін құрудың негізгі кезеңдері келесідей:

Күрделі жүйенің мінез - құлық туралы негізгі сұрақтар тұжырымдалады, оларға біз жауап алғымыз келеді. Модельдеу тапсырмаларына сәйкес жүйенің күй векторы беріледі. Нақты жүйеде уақыт барысын модельдейтін жүйелік уақыт енгізіледі. Модельдің уақыт қадамы модельдеу мақсаттарымен де анықталады. Жүйенің бір - бірімен байланысқан, бірақ салыстырмалы тәуелсіздігі бар жеке блоктарға ыдырауы жүзеге асырылады. Әр блок үшін күй векторының қандай компоненттері оның жұмыс істеу процесінде түрлендірілуі керек екендігі анықталады. Жеке блоктардың мінез-құлқын және осы блоктардың бір-бірімен байланысын анықтайтын заңдар мен гипотезалар тұжырымдалады. Әр блок үшін көптеген жұмыс заңдары көптеген логикалық операторлармен толықтырылады, олар жүйеде процестердің динамикасын бақылау тәжірибесін рәсімдейді. Қажет болса, жылдамырақ немесе баяу процестерді модельдеуге мүмкіндік беретін осы модель блогының "ішкі жүйелік уақыты" енгізіледі. Егер блокта кездейсоқ параметрлер қолданылса, оларды іске асырудың әр қадамында табу ережелері беріледі. Жеке блоктарға сәйкес келетін бағдарламалар әзірленуде. Әрбір блок нақты деректер бойынша

тексеріледі және бұл ретте оның басқа блоктармен ақпараттық байланыстары "қатып қалады". Әдетте блоктарды рификациялау кезіндегі әрекеттер тізбегі келесідей: қолда бар ақпараттың бір бөлігі модель параметрлерін бағалау үшін пайдаланылады, содан кейін қалған ақпарат үшін есептелген деректерді фактілермен салыстыру арқылы модельдің сәйкестігі тексеріледі. Модельдеу моделінің әзірленген блоктары біріктіріледі, блоктардың өзара әрекеттесуінің әртүрлі схемалары тексеріліп, пысықталады. Олар жалпы модельді тексереді және оның сәйкестігін тексереді. Бұл процесті жеке блоктарды тексеруден гөрі аз рәсімдеуге болады. Мұнда нақты жүйені жақсы білетін сарапшы мамандардың білімі шешуші болып табылады. Модельмен эксперименттер жоспарланған. Эксперименттердің нәтижелері ақпараттық қорды (деректер банкі) толықтырады және модельмен одан әрі жұмыс істеу кезінде қолданылады.

Әр кезеңде қиындықтар туындауы мүмкін, оларды жеңу үшін модельді қайта құру, айнымалылар тізімін кеңейту, олардың өзара әрекеттесу түрін нақтылау қажет. Шын мәнінде, Имитациялық модельді құру дәйекті жуықтау жолын қамтиды, оның барысында модельдеу объектісі туралы жаңа ақпарат алынады, бақылау жүйесін жетілдіру, жалпы Имитациялық жүйе шеңберіндегі белгілі бір процестердің механизмдері туралы гипотезалар тексеріледі.

Осылайша, имитациялық модельдеудің негізгі міндеттері:

- 1 жеке элементтер мен ішкі жүйелердің өзара әрекеттесуі туралы гипотезаларды тексеру;
- 2 ішкі сипаттамалары мен сыртқы жағдайлары өзгерген кездегі мінез-құлық болжамы;
- 3 басқаруды оңтайландыру.

Күрделі жүйенің имитациялық моделін жасау және осы модельмен жұмыс істеу есептеу математикасы сияқты бүкіл мамандар тобының күш - жігерін қажет ететіні анық компьютерлерде де, пәндік салада да. Қазіргі уақытта әдебиетте және интернетте әртүрлі деңгейдегі биологиялық жүйелердің мыңдаған имитациялық модельдері бар.

Молекулалық динамика.

Батыс ғылымының бүкіл тарихында барлық атомдардың координаты мен олардың өзара әрекеттесу заңдылықтарын біле отырып, ғаламда болып жатқан барлық процестерді сипаттауға бола ма деген сұрақ туындады. Сұрақ өзінің нақты жауабын таппады. Кванттық механика микро деңгейде сенімсіздік ұғымын бекітті. Бірінші сұрақтың салдары екінші болып табылады: "жинақталу" мәселесі. Физиканың жақтарын, яғни биологиялық жүйелерді құрайтын барлық атомдардың қозғалыс заңдылықтарын және олардың өзара әрекеттесу заңдарын біле отырып, тірі жүйелердің мінез-құлқын сипаттауға бола ма? Негізінде, бұл сұраққа кез - келген тірі жүйенің барлық атомдарының қозғалысының координаттары мен өсуін және олардың өзара әрекеттесу заңдылықтарын қамтитын модельдеу моделі арқылы жауап беруге болады. Кез - келген тірі жүйе үшін мұндай модельде көптеген айнымалылар мен параметрлер болуы керек. Осы тәсілді қолдана отырып, тірі жүйелер элементтерінің-биомакромолекулалардың жұмысын модельдеу әрекеттері 70 -

ші жылдардан басталады. Молекулалық динамика - ғылымның өте тез және белсенді дамып келе жатқан бағыты. Ақуыздардың функционалдық қасиеттері, соның ішінде олардың ферментативті белсенділігі олардың конформациялық қайта құру қабілетімен анықталады. Глобулярлы ақуыздардың атомдары мен атомдық топтарының ішкі қозғалысы 10 - 13 – 10 - 15с амплитудасы шамамен 0.2 ангстромға тән уақыттармен жүреді. конформацияның елеулі өзгерістері, мысалы, фермент-субстрат кешенін қалыптастыру үшін реакция орталығының "қалтасын" ашу, үш ұжымдық келісілген қозғалыстар бар, олардың тән уақыттары көп ретке ие, ал амплитудасы ондаған ангстромды құрайды. Молекулалық динамика әдістерінің арқасында жеке атомдардың физикалық өзара әрекеттесуі макроскопиялық конформациялық қозғалыстар түрінде қалай жүзеге асырылатындығын бақылау мүмкін болды. Қазіргі уақытта көптеген дене жүйелерінің Имитациялық модельдері бар -жүрек, сонымен қатар – асқазан - ішек жолдары, бүйрек, бауыр, ми және басқалар. Жүрек тініндегі процестер әсіресе белсенді түрде модельденеді.

Өсімдіктердің өндірістік процесінің модельдері.

Әртүрлі дақылдарға арналған өсімдіктердің (Агробиоценоздардың) өндірістік процесінің имитациялық модельдері алғашқы Имитациялық модельдердің бірі болды. Модельдеудің практикалық міндеті - ауылшаруашылық іс - шараларын жүргізудің оңтайлы стратегиясын таңдау: максималды өнім алу үшін суару, суару, тыңайтқыштар. Әр түрлі мәдениеттердің көптеген модельдері бар, олар жеңілдетілген, нақты басқару мәселелерін шешуге арналған және өте егжей-тегжейлі, негізінен тергеу мақсатында қолданылады. Егжей - тегжейлі модельдер иерархиялық блок құрылымына ие. Биотикалық процестердің арасында фотосинтез блогы, тамыр қоректену блогы, өсу блогы бөлінеді және даму блогы, топырақ микрофлорасының блогы, ауыл шаруашылығы дақылдары ауруларының даму блогы және басқалар. Геофизикалық процестер де қарастырылады: жылудың пайда болуы - биогендік және уытты тұздардың шоғырлануы мен қозғалуы. Біз осындай күрделі модельдермен жұмыс істеу әдістемесін жоғарыда қарастырдық. Өсімдіктердің өндірістік процесінің модельдерінің егжей - тегжейлі сипаттамасын кітаптардан табуға болады: Заславский, жартылай актілер, 1988; Торнли, 1982; Франс және Торнли. 1987; de Vries 1982, de Wit, 1978. Соңғы 4 кітаптың батыста бірнеше рет қайта басылуы болды.

Су экожүйелерінің модельдері.

Су ортасы құрлықтағы биогеоценоздарға қарағанда әлдеқайда біртекті және су жүйелерінің Имитациялық моделі 20 ғасырдың 70 - жылдарынан бастап сәтті құрылды. Сулы ортадағы метаболикалық процестердің сипаттамасы азоттың, фосфордың және басқа биогендік элементтердің сіңуін, фито - және зоопланктон мен детриттің өсуін сипаттайды. Бұл жағдайда қарастырылып отырған су объектілеріндегі гидробиологиялық процестерді ескеру қажет, олар әдетте гетерогенді және модельдеу кезінде бірқатар бөлімдерге бөлінеді.

Имитациялық модельдеудің көмегімен жабық су объектілерін, атап айтқанда, Ұлы американдық көлдердің бірін эффрификациялаумен күресу

стратегиясын әзірлеу мәселелері шешілді. Кез-келген күрделі жүйе жұмыс істеген кезде физикалық, химиялық және биологиялық заңдарға бағынады. Алайда біз барлық заңдарды біле бермейміз. Математикалық модельдеудің мақсаттарының бірі осы немесе басқа құбылыстың физикалық (немесе биологиялық) механизмдерінің Альтернативті гипотезаларын тексеру арқылы осы заңдарды белгілеу болып табылады. Тағы бір практикалық - бұл өндіріс процесін оңтайлы басқарудың біз айтқан мақсаты. Осылайша, жүйенің математикалық моделін құруды бастай отырып, бұл жүйені белгілі бір бұрышпен қарау керек, бұл модельдің көрінісін айтарлықтай өзгертеді. Жүйенің мінез-құлқы туралы негізгі сұрақтарды тұжырымдау керек, оларға біз модель арқылы жауап алғымыз келеді. Бұл жүйенің мінез-құлқын басқаратын көптеген жақтардың ішінен қойылған сұрақтарға жауап іздеу кезінде әсері айтарлықтай болатындығын таңдауға мүмкіндік береді. Осы заңдарға қосымша, қажет болған жағдайда, тұтастай алғанда жүйе немесе оның бөліктері үшін жұмыс істеу туралы белгілі бір гипотезалар тұжырымдалады. Гипотезалар, заңдар сияқты, белгілі бір математикалық қатынастар түрінде тұжырымдалады. Әрі қарайғы жұмыс модельге қойылған сұрақтарға жауап беретін аналитикалық немесе есептеу әдістерін қолдана отырып алынған қатынастарды зерттеуден тұрады. Егер модель жақсы болса, модельден алынған жауаптарды жатқызуға болады. Сонымен қатар, осындай модельдің көмегімен жүйе туралы идеялар шеңберін кеңейтуге болады, мысалы, оның жұмыс істеу механизмдері туралы балама гипотезалардың бірін таңдап, қалғандарын жоққа шығаруға болады. Егер модель нашар болса, яғни, жүйені оның алдына қойылған мәселелер тұрғысынан жеткілікті түрде сипаттамаса, оны жетілдіру керек. Сәйкестік критерийі тәжірибе, эксперимент болып табылады және бұл критерийді толығымен рәсімдеу мүмкін емес.

Тірі жүйелердің әртүрлілігіне қарамастан, олардың барлығында модельдерді құру кезінде ескеру қажет келесі ерекшеліктер бар.

Күрделі жүйелер. Барлық биологиялық жүйелер күрделі көп компонентті, кеңістіктік құрылымдалған, олардың элементтері жеке болады. Мұндай жүйелерді модельдеу кезінде екі тәсіл мүмкін. Біріншісі - біріктірілген, феноменологиялық. Осы тәсілге сәйкес жүйенің анықтаушы сипаттамалары ерекшеленеді (мысалы, түрлердің жалпы саны) және уақыт бойынша осы шамалардың мінез - құлқының сапалық қасиеттері қарастырылады (стационарлық күйдің тұрақтылығы, тербелістердің болуы, кеңістіктік біртектіліктің болуы). Бұл тәсіл тарихи тұрғыдан ең көне болып табылады, ол популяциялардың динамикалық теориясына тән.

Автоөндіруге қабілетті жүйелер. Тірі жүйелердің бұл маңызды қасиеті олардың биологиялық макромолекулалардың, жасушалардың, организмдердің биосинтезі үшін бейорганикалық және органикалық заттарды өңдеу қабілетін анықтайды. Модельдерде бұл қасиет автокаталитикалық деп аталатын және осы айнымалылардың өсіп келе жатқан функцияларын білдіретін оң мүшелердің сандары (концентрациялары) үшін дифференциалдық тендеулерде болуымен көрінеді. Санның (концентрацияның) өсуін сипаттайтын автокаталитикалық мүшелер клеток

популяцияларының, организмдердің, популяциялардың (шектеусіз жағдайларда – экспоненциалды) ықтимал өсу мүмкіндіктерін анықтайды. Автокаталитикалық өсу заңды жүйелердегі стационарлық жағдайдың тұрақсыздық мүмкіндігін анықтайды (тербелмелі және квазистохастикалық жағдайлардың пайда болуының қажетті шарты-лекцияларды қараңыз) Сондай - ақ кеңістікте бөлінген жүйелердегі біртекті стационарлық жағдайдың тұрақсыздығы.

Күрделі кеңістіктік - уақыттық режимдердің дамуында компоненттердің өзара әрекеттесу процестері (биохимиялық реакциялар) маңызды рөл атқарады. Хаотикалық (диффузия) және сыртқы күштердің бағытымен (ауырлық күші, электромагниттік өрістер) немесе тірі организмдердің бейімделу функцияларымен (мысалы, микрофиламенттердің әсерінен жасушалардағы цитоплазманың қозғалысы) тасымалдау процестері де өте маңызды.

Заттар мен энергия ағындарын үнемі өткізетін ашық жүйелер. Биологиялық жүйелер термодинамикалық тепе - теңдіктен алыс, сондықтан сызықтық емес теңдеулермен сипатталады. Күштер мен ағындарды байланыстыратын Онзагердің сызықтық қатынасы тек термодинамикалық тепе - теңдікке жақын. Биологиялық нысандарда күрделі көп деңгейлі реттеу жүйесі бар. Биохимиялық кинетикада бұл схемаларда оң және теріс кері байланыс ілмектерінің болуымен көрінеді. Жергілікті өзара әрекеттесу теңдеулерінде кері байланыс сызықтық емес функциялармен сипатталады, олардың сипаты күрделі кинетикалық режимдердің, соның ішінде тербелмелі және квазистохастикалық режимдердің пайда болу мүмкіндігі мен қасиеттерін анықтайды. Кеңістіктік таралу мен тасымалдау процестерін ескере отырып, мұндай сызықтықтар стационарлық құрылымдардың заңдылықтарын (әр түрлі пішінді дақтар, мерзімді диссипативті құрылымдар) және автотолқынды мінез-құлқтың әр түрлі түрлерін (қозғалмалы фронттар, қозғалмалы толқындар, жетекші орталықтар, спиральды толқындар және т. б.) анықтайды. Жасуша, орган, организм, популяция деңгейінде тірі жүйе гетерогенді болып табылады және оның негізгі қасиетін математикалық модельді құру кезінде ескеру қажет. Кеңістіктік құрылымның пайда болуы және оның қалыптасу заңдылықтары теориялық биологияның міндеттерінің бірін ұсынады. Мұндай есепті шешудің бір тәсілі – морфогенездің математикалық теориясы.

Тағы бір тәсіл - жүйенің элементтерін және олардың өзара әрекеттесуін егжей - тегжейлі қарастыру, жоғарыда қарастырылған модельдеу. Модельдеу моделі аналитикалық зерттеуге жол бермейді, бірақ оның параметрлері айқын физикалық және биологиялық мағынаға ие, жүйенің фрагменттерін жақсы эксперименттік зерттеу арқылы ол әртүрлі сыртқы әсерлердегі мінез - құлқының сандық болжамын бере алады.

Компьютерлік грамматика, яғни компьютерде графикалық кескіндерді құру ережелерінің тақырыптары табиғатта өте ұқсас кескіндерді алуға мүмкіндік береді. Бұл компьютерлік логика, адам миы және бүкіл табиғат біртұтас заңдарды ұстанатындығының тағы бір дәлелі.

Биологиялық құбылыстарды модельдеу популяциялық динамиктерден молекулалық өзара әрекеттесуге дейінгі тірі жүйелердің мінез-құлқын жақсырақ түсінуге және болжауға мүмкіндік береді. Биологиялық құбылыстардың интуитивті деңгейде толық түсіну үшін тым күрделі болуы сирек емес және модельдеу бізге оларды талдаудың қуатты құралын ұсынады.

Биологиялық жүйелерді модельдеу ғалымдарға популяция динамикасы, гендік желілердің құрылымы, жасуша ішіндегі Молекулалардың өзара әрекеттесуі және т.б. сияқты биологияның әртүрлі аспектілерін зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл тек іргелі зерттеулерде ғана емес, сонымен қатар медицина, ауыл шаруашылығы және экология сияқты практикалық салаларда да пайдалы.

Мысалы, популяция динамикасының моделі климаттың өзгеруі немесе азық - түліктің қолжетімділігі осы популяцияның саны мен денсаулығына қалай әсер ететінін болжауға көмектеседі.

Модельдеу сонымен қатар виртуалды ортада эксперименттер жүргізуге мүмкіндік береді, бұл нақты эксперименттер тым қымбат, қауіпті немесе мүмкін болмаған кезде өте маңызды болуы мүмкін. Бұл зерттеуге кететін уақыт пен ресурстарды айтарлықтай қысқартады және нәтижелерді тезірек алуға мүмкіндік береді.

Биологиялық модельдеудің негізгі принциптері. Биологиялық құбылыстарды модельдеу - табиғатта болатын күрделі процестерді математикалық модельдерге аудару өнері. Бұл модельдер ғалымдарға биологиялық жүйелер туралы зерттеуге, талдауға және болжам жасауға мүмкіндік береді. Алайда, Python мен оның кітапханаларына кіріспес бұрын, биологиялық модельдеудің негізгі принциптерін қарастырайық:

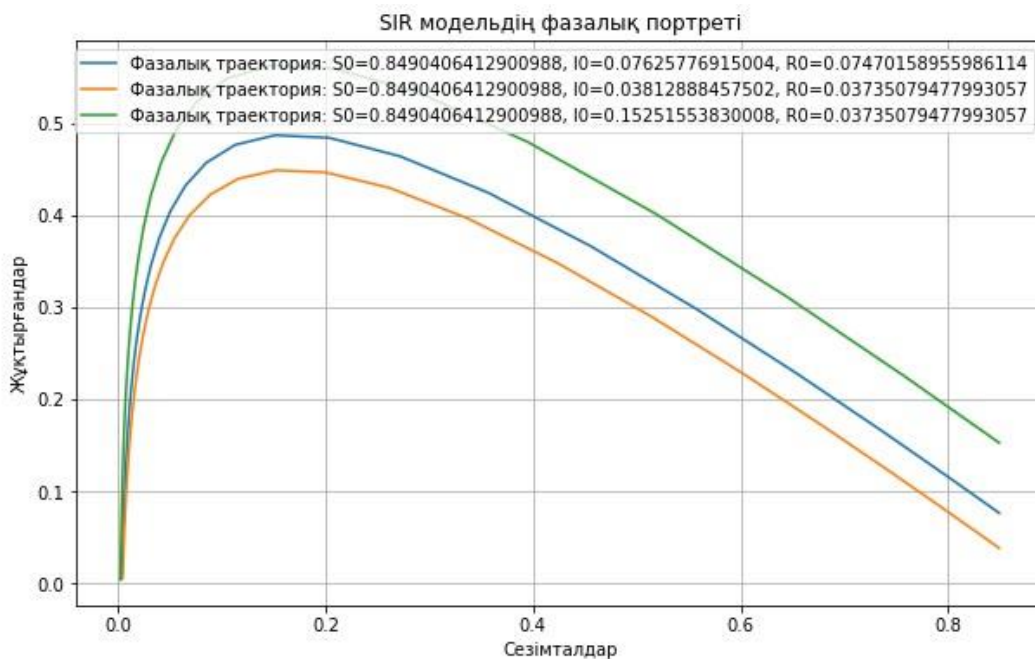
- 1 Жеңілдету және абстракция: биологиялық жүйелер көбінесе өте күрделі және әр бөлшекті модельдеуге тырысу мүмкін емес. Сондықтан модельдер көбінесе нақты жүйелердің жеңілдетілген көріністері болып табылады. Мысалы, жануарлар популяциясының моделі көптеген басқа айнымалыларды елемей, туу және өлім сияқты негізгі факторларды ғана қарастыра алады;
- 2 Математикалық теңдеулер: модельдеу көбінесе уақыттың өзгеруін сипаттайтын математикалық теңдеулер құруды қамтиды. Бұл теңдеулер модельденген процестің сипатына байланысты дифференциалдық, айырмашылық немесе стохастикалық болуы мүмкін;
- 3 Параметрлер және бастапқы шарттар: модельді пайдалану үшін параметрлер мен бастапқы шарттарды анықтау қажет. Параметрлер - бұл популяцияның өсу қарқыны немесе молекулалар арасындағы өзара әрекеттесу тұрақтылары сияқты жүйенің сипаттамаларын сипаттайтын сандық мәндер. Бастапқы шарттар - бұл уақыттың бастапқы сәтіндегі жүйенің күйі;
- 4 Верификация және валидация: модельдер верификациялануы (математикалық теңдеулерге сәйкестігі тексерілуі) және валидациялануы (нақты деректерге сәйкестігі тексерілуі) тиіс. Бұл

модель биологиялық процесті дұрыс сипаттайтынына көз жеткізудің маңызды кезеңі;

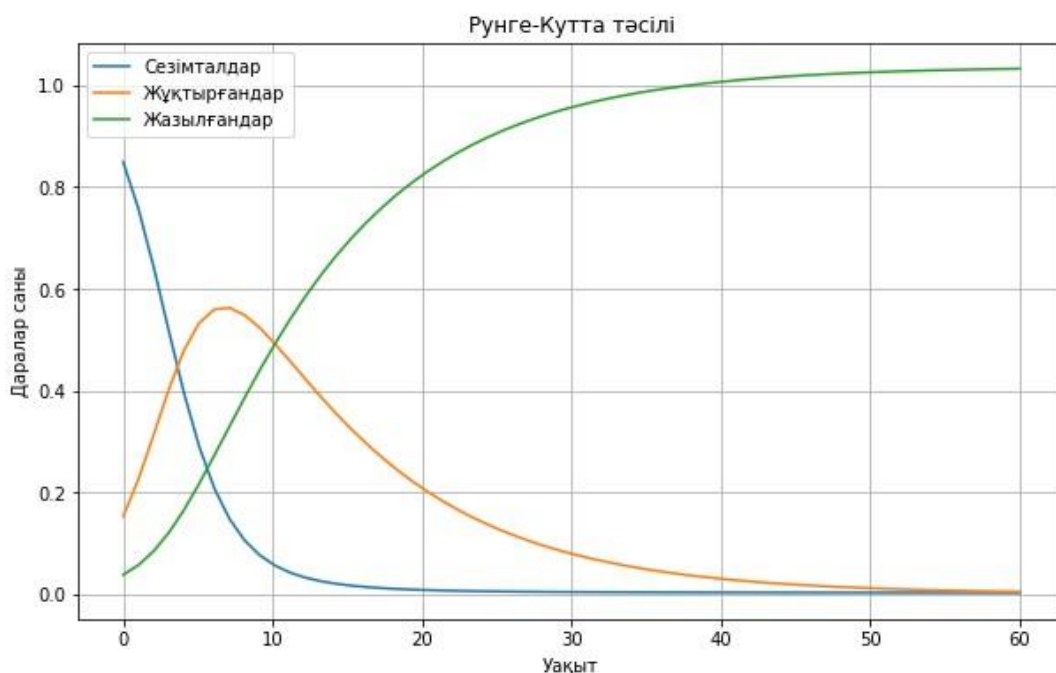
- 5 Нәтижелерді талдау және түсіндіру: модель жасалып, іске қосылғаннан кейін нәтижелерді талдау қажет. Бұл графиктерді құруды, статистикалық көрсеткіштерді есептеуді және алынған деректерді түсіндіруді қамтуы мүмкін.

Жұмыс компьютерлік желілерде вирустардың таралуының SIR моделін зерттейді. Осы модель үшін басқару міндеттері қарастырылады: шығындарды ескере отырып, жұқтырған түйіндердің санын азайту, мұнда басқару "вакцинацияның" қарқындылығы және "емдеудің" қарқындылығы болып табылады; шығындарды ескере отырып, қалпына келтірілген түйіндердің санын көбейту, мұнда басқару "вакцинацияның" қарқындылығы және "емдеудің" қарқындылығы болып табылады.

Тапсырмалардың әрқайсысы үшін оңтайлы басқару құрылымы табылды. Сандық шешімдер табылды. Шешімдердің тапсырма параметрлеріне тәуелділігі талданды. Қарастырылып отырған мақсатты функционалдылықтың айтарлықтай кемшілігі бар – олар сыну қарқындылығының жоғарылауымен жақсы мәндерді қабылдайды, бұл пайдаланушының нақты мақсаттарын көрсетпейді. Болашақта "дұрыс" мінез-құлыққа ие функционалдылықты құру керек, яғни α өсуімен азаяды. Оның ішінде эволюция, микробиология, иммунология және жасуша популяциясымен байланысты басқа салалардың модельдері.



10 - сурет – SIR модельдің фазалық портреті



11 – сурет – Сезімтал, жұқтырған, қалпына келген топтардың арасындағы эпидемияның қарапайым бөлімшелік модель арқылы таралуы

Үш М-файлды құрастырамыз: бірінші Sysdata.m файлында айнымалылардың мәндері орнатылады. Екінші graph.m файлында графиктер құрастырылады: жоғарғы графикте кемнің бұрылу бұрышының өзгеруі, төмендегіде – рульдің бұрылуының өзгеруі көрсетіледі. zapusk.m файлында аталған файлдардың орындалуы және жүйені модельдеу сипатталады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Эпидемиялардың өршуін анықтауда математикалық модельдер маңызды рөл атқарады. Олардың негізгі мақсаты – аурудың таралуын болжау және оның дамуына әсер ететін амалдарды анықтау.

Эпидемиология кейбір жағдайларға байланысты өткен жылы өте танымал болды. Эпидемияны модельдеуге деген қызығушылық көптеген адамдарда пайда бола бастады және барлық жерде кездесетін SIR моделі туралы көбірек адамдар біледі. Бірақ басқа ұқсас модельдер бар ма? Оларды жасау және өзгерту қаншалықты қиын? Эпидемиология туралы бірде-бір мақала айтпағанда, SIR моделі шамамен бір ғасыр бұрын жасалған. Ол қарапайым және талғампаз, көп сынға ұшырайды және көптеген мақтауларға ие, өйткені іс жүзінде белгілі бір жағдайларда ғана қолданылатын және оны пайдалану кезінде білуге болатын өзіндік болжамдары бар. Медиа кеңістігі осы модельдің барлық сипаттамаларымен толтырылғанын түсінеміз.

SIR моделі. Эпидемияға бейім бүкіл популяция үш топқа бөлінді: S (susceptible – сезімтал, яғни сау, жұқпалы емес, бірақ иммунитеті болмағандықтан жұқтырылуы мүмкін), I (инфекцияланған-жұқтырған, яғни ауру және жұқпалы) және R (қалпына келтірілген, яғни сау, сау емес жұқпалы және жұқтыра алмайды, өйткені олардың иммунитеті бар).

Эпидемия басталғанға дейін адамдардың 100% - ы S тобында (сезімтал) және қалған топтарда нөлге тең болатыны анық. Ыңғайлы болу үшін бастапқы шарттарды алдық. Эпидемия басталады және оны модельдеу келесі қадамда популяцияның жағдайын дәйекті түрде есептеуден тұрады.

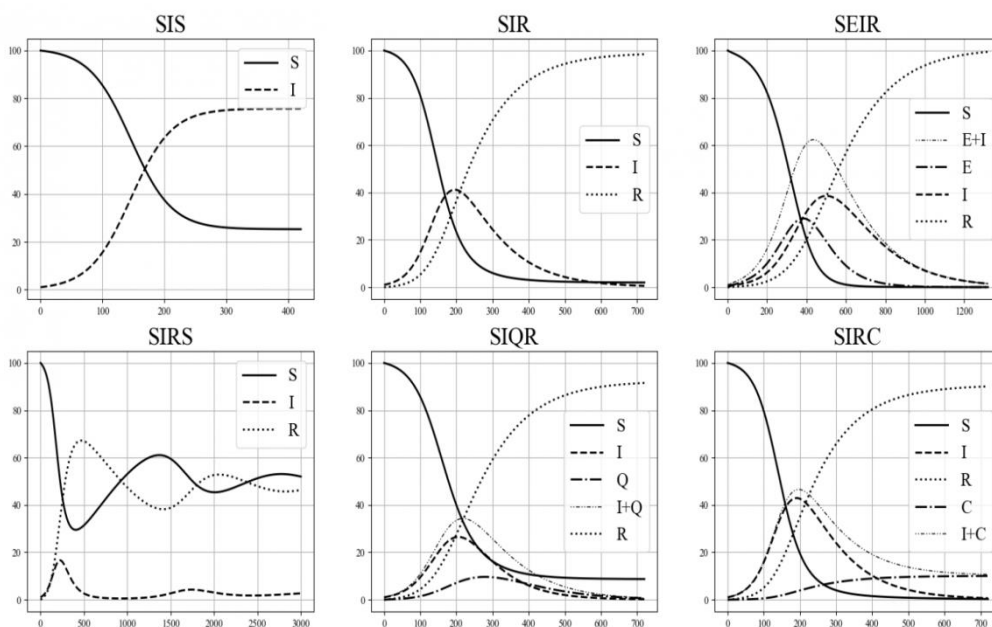
Әрі қарай, әр қадамда қанша адамды жұқтыру керектігін түсіну қиынырақ, сіз екі ықтималдықтың болуын түсінуіңіз керек: екі адам арасындағы байланыс ықтималдығы және жұқтырған адам сезімтал адаммен (β) байланыста болған кезде жұқтыру ықтималдығы. Көбінесе модельде бірінші ықтималдықты бейнелеу үшін жай $1/n$ (n – популяция көлемі) қолданылады, бұл уақыттың әр сәтінде әр адам популяциядағы бір кездейсоқ адаммен байланыста болады дегенді білдіреді. Ал екінші ықтималдық (β) белгілі бір патогеннің инфекциясының биологиялық көрсеткішін қамтамасыз етеді (барлық әсер ететін факторлармен: температура, масканың болуы және т.б.).

Бұл жұмыс барысында, зерттелген жұмыс нәтижесі болды. Келесі SEIR модификациясы.

SEIR модельдері туралы қазір көп адамдар естіді. Басқа модельдердің бар екендігі туралы аз адамдар естіген. Көбінесе олар Sir модификациясы ретінде қарастырылатын SIR моделін еске түсіреді. SEIR моделі инкубациялық кезеңді ескереді (E – exposed, адамдар ауырады, бірақ жұқпалы емес және уақыт өте келе толық ауырады). Мұндай модельде сезімталдардың инфекциясы SIR моделіндегідей жүреді, бірақ мұндай адамдар I топқа емес, E тобына енеді. Ал E - ден белгілі бір ықтималдықпен (α , инкубациялық кезеңнің ұзақтығына кері сан) I - ге ауысады.

SEIR модельдерінің көптеген модификациялары бар. Олардың барлығы, соның ішінде SEIR - дің өзі - "эпидемиологиялық қосалқы модельдер" деп аталатын модельдердің бүкіл класының өкілдері. Жоғарыда аталған популяцияның топтарға немесе бөлімдерге бөлінуі дәл осы модель атауын анықтайды.

Бөлім модельдерінің күрделілігі үш немесе төрт топпен шектелмейді. Мұндай модельдер әр түрлі сценарийлерді ескеруі мүмкін: карантиндік шараларды енгізу (SIQR, Q – quarantine тобы қосылады), иммунитеттің жоғалуы (SIRS, R-ден S-ге қайта оралу ықтималдығы бар), сезімталдардағы тәуекел топтары (бірнеше S топтары: S1, S2,..., олардың әрқайсысының жұқтыру ықтималдығы бар), аурудың ағымының әртүрлі нұсқалары (бірнеше топтар I: I1, I2,..., олардың әрқайсысында сезімтал адамдарға түсу ықтималдығы бар, сонымен қатар әрқайсысының өзіндік жұқпалылығы бар) және т. б.



11 - сурет – Модель түрлері

Осы аралықта біз 6 модель түрін таңдағанымен, оның екі түрін қолдандық. Фазалық жазықтықта жүргізілген сандық-графикалық зерттеу Sir моделін көрсетті, ол бастапқыда халықтың кең топтарында эпидемияның таралу жағдайларын талдауға бағытталған, белгілі бір болжамдармен топтардағы деструктивті ақпараттық процестердің ерекшеліктерін сипаттауға қолданылады. Фазалық портрет – бұл динамикалық жүйенің күйлерінің өзгеруін сипаттайтын диаграмма. SIR моделі үшін фазалық портрет – бұл инфекцияланған (I) және осал (S) халықтың үлесінің өзгерісін суреттейтін график.

Эпидемияның өршуін анықтауда математикалық модельдер қолдану өте маңызды, өйткені олар аурудың таралу динамикасын түсінуге және тиімді жоспарлау мен әкімшілік шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Осындай

модельдердің маңыздылығын төмендегідей негізге ала отырып түсіндіруге болады:

- 1 Аурудың таралуын болжау: Математикалық модельдер әр түрлі сценарийлерге сәйкес аурудың қалай таралатынын көрсетеді, бұл эпидемиологтарға және саясат құрастырушыларға өз уақытында және нақты шешімдер қабылдауға көмектеседі.
- 2 Шаралардың тиімділігін бағалау: Вакцинация, карантин және басқа да денсаулық сақтау шараларының әсерін модельдеу арқылы олардың эпидемияның таралуына қалай әсер ететінін анықтауға болады.
- 3 Ресурстарды басқару: Эпидемия кезінде шектеулі ресурстарды (мысалы, вакциналар, медициналық жабдықтар) тиімді бөлу үшін модельдер пайдаланылады. Бұл медициналық қызметкерлерге және төтенше жағдайларды басқару топтарына көмектеседі.
- 4 Жедел шешім қабылдау: Эпидемия жағдайында жедел шешімдер қабылдау үшін модельдердің уақытылы және нақты ақпарат беруі маңызды. Бұл деректер аурудың таралуын тоқтату және өмірді құтқару үшін шұғыл араласулар жасауға мүмкіндік береді.
- 5 Халықтың денсаулығына әсерін түсіну: Модельдер арқылы аурудың әлеуметтік-экономикалық әсерін, соның ішінде аурушаңдық пен өлім-жітімді бағалауға болады.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Боев Б.В. Прогнозно-аналитические модели эпидемий (оценка последствий техногенных аварий и природных катастроф), лекция, 2015.
- 2 Ердавлетова Ф. К., Гэ Д., Аханов С.А. Влияние пандемии Covid–19 на формирование отчета о финансовом положении. Вестник университета «Туран», 2021.– С.191-200.
- 3 Баталин Р.М., Терлецкий В.А. Оптимальное управление в моделях эпидемий трансмиссивных заболеваний с SEI-SEIR системами // Известия ИГУ, серия «Математика». – Т.14. – С.18-30.
- 4 Бароян О.В., Рвачев Л.А. Математика и эпидемиология. – М.: Знание, 2017. – 63 с.
- 5 Боев Б.В. Современные этапы математического моделирования процессов развития и распространения инфекционных заболеваний // Эпидемиологическая кибернетика: модели, информация, эксперименты.-.:, 1991. – С. 6-13.
- 6 Кондратьев М.А. Методы прогнозирования и модели распространения заболеваний // Компьютерные исследования и моделирование, 2013. Т. 5, № 5. – С. 863-882.
- 7 Тарасова С.А. Прогнозирование временного ряда инфекционной заболеваемости // Программные продукты и системы, 2019. – Т. 32, №2. – С. 337–342.
- 8 Головинова В.Ю., Киреев С.Г., Котенко П.К., Минаев Ю.Л., Штамбург И.Н., Кузьмин С.Г. Нейросетевые модели прогнозирования заболеваемости в организованных коллективах // Вестн. Российской воен.-мед. акад., 2014. – № 3. – С. 150–154.
- 9 Ефимова Н. В., Горнов А. Ю., Зароднюк Т. С. Опыт использования искусственных нейронных сетей при прогнозировании заболеваемости населения (на примере г. Братска) // Экология человека, 2010. – № 3. – С. 3-7.
- 10 Зацаринный А.А. О повышении эффективности информационноаналитической поддержки принятия стратегических решений в органах государственной власти // Межотраслевая информационная служба, 2015. – № 1. – С. 11—22.
- 11 Балута В.И., Осипов В.П., Яковенко О.Ю. Среда моделирования, прогнозирования и экспертиз как интеллектуальное ядро поддержки управления сложными системами // Препринты ИПМ им.М.В.Келдыша. – 2015. – № 82. – 16 с.
- 12 Зацаринный А.А., Ильин Н.И., Колин К.К., В.Е. Лепский, Малинецкий Г.Г., Новиков Д.А., Райков А.Н., Сильвестров С.Н., Славин Б.Б. Ситуационные центры развития в полисубъектной среде // Проблемы управления, 2017. – № 5. – С.31-42.
- 13 Ильин Н.И. Интервью Национальному центру цифровой экономики МГУ им. М.В. Ломоносова, 10.12.2018 г. URL: <https://digital.msu.ru> (обращение 15.05.2020).

14 Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. Современные методы прогнозирования последствий управленческих решений. Управленческое консультирование. – 2015. – № 7. – С.12-24.

15 Cisse P.A., Dembele J.M., Lo M., Cambier C. Multi-agent Systems for Epidemiology: Example of an Agent-Based Simulation Platform for Schistosomiasis. In: Bajo J. et al. (eds) // Highlights of Practical Applications of Cyber-Physical Multi-Agent Systems. – PAAMS 2017. – Communications in Computer and Information Science, 2017. – Т. 722, Springer, Cham. . – С.157-168.

16 Yerdavletova F.K., Ge D., Akhanov S.A. The impact of the Covid-19 pandemic on the formation statement of financial position. Bulletin of "Turan" University. 2021;(1):191-200. (In Russ.) <https://doi.org/10.46914/1562-2959-2021-1-1-191-200>.

17 Муравьева Е.В., Степанов К.В., Фролова Е.Ю. Правовые проблемы применения мер противодействия распространению инфекции в условиях пандемии // «Современные проблемы экономики, права и бизнеса посткоронавирусного кризиса». Сборник научных трудов Международной научно-практической онлайн-конференции.-2020. – С. 63-73.

18 Пожарова Л.А., Косолапова Н.А. Государство и права человека: проблемы ограничений в условиях пандемии // «Правовая Парадигма» (Legal Concept), том 19, № 3, 2020. – С. 41-46.

19 Попов М.Ю., Самыгин П.С., Самыгин С.И. К дискуссии об ограничении прав и свобод человека в условиях пандемии // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. № 4, 2020. – С. 143-147.

20 Скоробогатых Н.С. Коронавирус в Казахстане // Юго Азия: Актуальные проблемы развития, 2020. Том II, № 2 (47). – С. 102-130.

21 Скурту И.Г., Маммадалиева С.Р. К вопросу об обеспечении защиты прав и свобод граждан в условиях пандемии // Молодой ученый. № 39 (329), Сентябрь, 2020.– С. 157-159.

22 Бесков В.С. Общая химическая технология: Учеб. для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 452 с.

23 Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии.-М.:Химия,1999.– 466 с.

24 Кандауров Б.П., Александров В.И., Артемов А.В. Общая химическая технология: Учеб. пособие для вузов. – М.: Издательский центр«Академия», 2005. – 336 с.

25 Соколов Р.С. Химическая технология: Учеб. пособие для вузов. В 2 т. – М.: ВЛАДОС, 2003. - 368 с.

26 Соколов Р.С. Практические работы по химической технологии: Учеб. пособие для вузов. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 271 с.

27 Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология: Учеб. для вузов. –М.:ИКЦ «Академкнига», 2005. -528с.

28 Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. – М.:Химия. 1985. -125с.

29 Мельников Е.Я., Салтанова А.М., Наумова А.М. и др. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений. –М.: Химия, 1983. -256с

- 30 Химия нефти и газа /Под ред.Проскуракова В.А., Драбкина А.Е.– Л.:Химия,1983. - 452с.
- 31 Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности / Под ред.Олевского В.М. –М.:Химия,1985. - 231с.
- 32 Общая химическая технология / Под ред. Мухленова И.П. -4-еизд., перераб. И доп. –М.:Высш.шк., 1984,Ч.1,2. - 623с.
- 33 Қайырбеков Ж.Қ., Әубәкіров Е.А., Мылтықбаева Ж.К. Жалпы химиялық технология. Оқу құралы. Алматы.: Қазақ университеті, 2009 -244 с.
- 34 Форрестер Дж.В. Мировая динамика.-М., 1978.
- 35 Франс Дж., Торнли Дж. Математические модели в сельском хозяйстве.-М., 1999.
- 36 Шеннон Р.Е. Имитационное моделирование систем – искусство и наука.-М., 1978.
- 37 Эйген В, Энгель А., Файстель Р. Физика процессов эволюции. Перевод с нем.2001 Экологические системы.
- 38 Адаптивная оценка и управление. (под ред Э.Холлинга). М., 1981
Forrester J. W. World dynamics. Cambridge: Wright-Allen Press, 1971
Jorgensen S.E. Lake management. Oxford, 1980.

А қосымша

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

beta = 0.6
gamma = 0.1

S0 = 0.99
I0 = 0.01
R0 = 0.0

t = np.linspace(0, 120, 120)
dt = t[1] - t[0]

S = np.zeros_like(t)
I = np.zeros_like(t)
R = np.zeros_like(t)

S[0] = S0
I[0] = I0
R[0] = R0

def derivatives(state, t):
    S, I, R = state
    dS = -beta * S * I
    dI = beta * S * I - gamma * I
    dR = gamma * I
    return np.array([dS, dI, dR])

for i in range(1, len(t)):
    state = np.array([S[i-1], I[i-1], R[i-1]])
    k1 = dt * derivatives(state, t[i-1])
    k2 = dt * derivatives(state + 0.5 * k1, t[i-1] + 0.5 * dt)
    k3 = dt * derivatives(state + 0.5 * k2, t[i-1] + 0.5 * dt)
    k4 = dt * derivatives(state + k3, t[i-1] + dt)
    state_new = state + (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k4) / 6
    S[i], I[i], R[i] = state_new

plt.figure(figsize=(10, 6))
```

А қосымшасының жалғасы

```
plt.plot(t, S, label='Сезімталдар')
plt.plot(t, I, label='Жұқтырғандар')
plt.plot(t, R, label='Жазылғандар')
plt.legend()
plt.xlabel('Уақыт')
plt.ylabel('Даралар саны')
plt.title('Рунге-Кутта тәсілі')
plt.grid(True)
plt.show()
```

В қосымша

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

beta = 0.6
gamma = 0.1

S0 = 0.99
I0 = 0.01
R0 = 0.0

t = np.linspace(0, 30, 30)
dt = t[1] - t[0]

S = np.zeros_like(t)
I = np.zeros_like(t)
R = np.zeros_like(t)

S[0] = S0
I[0] = I0
R[0] = R0

def derivatives(S, I, R):
    dS = -beta * S * I
    dI = beta * S * I - gamma * I
    dR = gamma * I
    return dS, dI, dR

for i in range(1, len(t)):
    dS, dI, dR = derivatives(S[i-1], I[i-1], R[i-1])
    S[i] = S[i-1] + dS * dt
    I[i] = I[i-1] + dI * dt
    R[i] = R[i-1] + dR * dt

plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(t, S, label='Сезімталдар')
plt.plot(t, I, label='Жұқтырғандар')
plt.plot(t, R, label='Жазылғандар')
plt.legend()
```

В қосымшасының жалғасы

```
plt.xlabel('Уақыт')  
plt.ylabel('Даралар саны')  
plt.title('Эйлер тәсілі')  
plt.grid(True)  
plt.show()
```

С қосымша

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

beta = 0.6
gamma = 0.1
alpha = 0.2

S0 = 0.99
E0 = 0.01
I0 = 0.0
R0 = 0.0

t = np.linspace(0, 120, 120)
dt = t[1] - t[0]

S = np.zeros_like(t)
E = np.zeros_like(t)
I = np.zeros_like(t)
R = np.zeros_like(t)

S[0] = S0
E[0] = E0
I[0] = I0
R[0] = R0

def derivatives(state, t):
    S, E, I, R = state
    dS = -beta * S * I
    dE = beta * S * I - alpha * E
    dI = alpha * E - gamma * I
    dR = gamma * I
    return np.array([dS, dE, dI, dR])

for i in range(1, len(t)):
    state = np.array([S[i-1], E[i-1], I[i-1], R[i-1]])
    k1 = dt * derivatives(state, t[i-1])
    k2 = dt * derivatives(state + 0.5 * k1, t[i-1] + 0.5 * dt)
    k3 = dt * derivatives(state + 0.5 * k2, t[i-1] + 0.5 * dt)
```

С қосымшасының жалғасы

```
k4 = dt * derivatives(state + k3, t[i-1] + dt)
state_new = state + (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k4) / 6
S[i], E[i], I[i], R[i] = state_new
```

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(t, S, label='Сезімталдар')
plt.plot(t, E, label='Инкубациялық кезеңдегілер ')
plt.plot(t, I, label='Жұқтырғандар')
plt.plot(t, R, label='Жазылғандар')
plt.legend()
plt.xlabel('Уақыт')
plt.ylabel('Даралар саны')
plt.title('Рунге-Кутта тәсілі')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Д ҚОСЫМША

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import odeint

beta = 0.6
gamma = 0.1

S0 = 0.99
I0 = 0.01
R0 = 0.0

t = np.linspace(0, 160, 160)
dt = t[1] - t[0]

S = np.zeros_like(t)
I = np.zeros_like(t)
R = np.zeros_like(t)

S[0] = S0
I[0] = I0
R[0] = R0

def derivatives(state, t):
    S, I, R = state
    dS = -beta * S * I
    dI = beta * S * I - gamma * I
    dR = gamma * I
    return np.array([dS, dI, dR])

for i in range(1, len(t)):
    state = np.array([S[i-1], I[i-1], R[i-1]])
    k1 = dt * derivatives(state, t[i-1])
    k2 = dt * derivatives(state + 0.5 * k1, t[i-1] + 0.5 * dt)
    k3 = dt * derivatives(state + 0.5 * k2, t[i-1] + 0.5 * dt)
    k4 = dt * derivatives(state + k3, t[i-1] + dt)
    state_new = state + (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k4) / 6
    S[i], I[i], R[i] = state_new
```


Д қосымшасының жалғасы

```
N = S0 + I0 + R0
first_integral = S + I + R
print("Бірінші интеграл ():", first_integral)

plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(S, I, label='Фазалық траектория')
plt.xlabel('Сезімталдар')
plt.ylabel('Жұқтырғандар')
plt.title('SIR модельдің фазалық портреті')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Е қосымша

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

beta = 0.6
gamma = 0.1

N = 18513930
I0 = 1411831
R0 = 1383020
S0 = N - I0 - R0

initial_conditions = [(S0/N, I0/N, R0/N), (S0/N, 0.5*I0/N, 0.5*R0/N), (S0/N,
2*I0/N, 0.5*R0/N)]

t = np.linspace(0, 60, 60)
dt = t[1] - t[0]

def derivatives(state, t):
    S, I, R = state
    dS = -beta * S * I
    dI = beta * S * I - gamma * I
    dR = gamma * I
    return np.array([dS, dI, dR])

plt.figure(figsize=(10, 6))

for S0, I0, R0 in initial_conditions:
    S = np.zeros_like(t)
    I = np.zeros_like(t)
    R = np.zeros_like(t)

    S[0] = S0
    I[0] = I0
    R[0] = R0

    for i in range(1, len(t)):
        state = np.array([S[i-1], I[i-1], R[i-1]])
        k1 = dt * derivatives(state, t[i-1])
```

Е қосымшасының жалғасы

```
k2 = dt * derivatives(state + 0.5 * k1, t[i-1] + 0.5 * dt)
k3 = dt * derivatives(state + 0.5 * k2, t[i-1] + 0.5 * dt)
k4 = dt * derivatives(state + k3, t[i-1] + dt)
state_new = state + (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k4) / 6
S[i], I[i], R[i] = state_new
```

```
plt.plot(S, I, label=f'Фазалық траектория: S0={S0}, I0={I0}, R0={R0}')
```

```
plt.xlabel('Сезімталдар')
plt.ylabel('Жұқтырғандар')
plt.title('SIR модельдің фазалық портреті')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(t, S, label='Сезімталдар')
plt.plot(t, I, label='Жұқтырғандар')
plt.plot(t, R, label='Жазылғандар')
plt.legend()
plt.xlabel('Уақыт')
plt.ylabel('Даралар саны')
plt.title('Рунге-Кутта тәсілі')
plt.grid(True)
plt.show()
```

```
first_integral = S + I + R
print("Бірінші интеграл ():", first_integral)
```