КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН
УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫ

АВТОМАТИКА ЖАНА МААЛЫМАТТЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТУ

Б.Н. ЕЛЬЦИН АТЫНДАГЫ
КЫРГЫЗ-ОРУС СЛАВЯН УНИВЕРСИТЕТИ

Диссертациялык кеңеш Д. 05.18.579

ОДИНАЕВ РАИМ НАЗАРОВИЧ

УБАКЫТ-КУРАКТЫК ТҮЗҮМҮН ЖАНА МЕЙКИНДИКТЕ ТАРАЛУУСУН ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ӨСҮМДҮКТӨРДҮ КОРГОО ПРОЦЕССИНИН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛИН ИШТЕП ЧЫГУУ ЖАНА ПРОГРАММАЛОО

05.13.18 – Математикалык моделдөө, сандык эсептөөлөр жана программалар комплекси

физико-математика илимдеринин доктору окумуштуулук даражасын алуу үчүн жазылган диссертациянын

АВТОРЕФЕРАТЫ

Бишкек-2019

Жумуш Таджик Улуттук университетинде аткарылган

Илимий жетекчиси:	Физико-математика илимдеринин доктору, профессор **Юнуси Махмадюсуф Камарзода** (ТУУ)
Расмий оппоненттер:	1. Физика-математика илимдердин доктору, профессор **Сатыбаев Абдыганы Джунусович** (М.М. Адышев ат. ОшТУ, кафедра башчысы) 2. Техника илимдеринин доктору **Хабдулина Зауреш Кинаятовна** (Рудный индустриалдык институту, кафедра башчысы) 3. Техника илимдеринин доктору **Бакиров Калыс Берикович** (У.Асаналиев ат. Тоо-кен жана тоо-кен технологиялар институтут, кафедра башчысы)
Жетектөөчү уюм:	**Н.Исанов ат. КМКТАУ, ЖМТИ** 720020, Бишкек ш., Малдыбаев көч., 34, б

Диссертация 2019-ж. 29 мартында саат 10.00 Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Автоматика жана маалыматтык технологиялар институтунун жана Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Орус Славян университетинин алдындагы Д. 05.18.579 диссертациялык кеңешинин отурумунда жакталат. Дареги: 720071, Бишкек ш., Чүй проспекти, 265, ауд. 346, сайт: www.iait.kg.

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын китепканасында 720071, Бишкек ш., Чүй проспектиси, 265, «а» дареги боюнча жана КР УИА АжМТИ сайтында дареги: www.iait.kg таанышса болот. E-mail: gulsaat@mail.ru.

Автореферат 2019-жылдын 25 февралында жөнөтүлдү.

Диссертациялык кеңештин
окумуштуу катчысы, к.ф-м.н. Керимкулова Г.К.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Математикалык моделдөөдө айыл чарба өсүмдүктөрүн коргоо процессин сүрөттөө көйгөйү актуалдуу болуп саналат. Бүгүнкү күндө өсүмдүктөрдү коргоо маселеси Тажикстан Республикасынын айыл чарбасынын, илимдин жана технологиялардын өнүгүүсүнүн артыкчылыктуу багыттарында пайдаланууга байланыштуу көптөгөн илимпоздордун көңүлүн бурду. Өсүмдүктөрдүн пландаштырылган түшүмүн коргоо процессин математикалык моделдөө жаратылыш системаларын абалын алдын ала божомолдоонун жана аларды башкаруунун негизги куралдарынын бири болуп саналат. Азыркы учурда экономикалык, коомдук жана экологиялык өтө маанилүү көйгөйлөрдүн бири болуп зыянкечтерден чарба өсүмдүктөрүн коргоо системасын жакшыртуу саналат. Тажикстан Республикасында айыл чарба өсүмдүктөрдүн негизгиси болуп пахта саналат. Өсүмдүктөрдүн пландаштырылган түшүмүн коргоо процессин математикалык моделдөө суроолору интенсивдүү өсүмдүк өстүрүүдө агро-экосистеманы калыптандыруу жана өнүктүрүү өзгөчөлүктөрүн ачуучу, максаттуу экологиялык жана биологиялык изилдөөнүн негизинде аймактык пахта коргоо системасын жакшыртууну талап кылат. Өсүмдүктөрдү коргоо процессинде айыл чарба зыянкечтерине каршы комплекстүү ыкманын негизги максаты - түрлөрдүн "зыяндуу курт-кумурскаларды" жана "пайдалуу курт-кумурскалар" агроценоздорун биологиялык жана химиялык ыкмаларды каражат катары же башкаруу куралы катары колдонууга негизделген башкаруу болуп саналат. Пландаштырылган түшүмдү коргоо маселесин чыгаруу үчүн математикалык методдорду жана компьютердик программаларды колдонуу пландоо-экономикалык иштердин натыйжалуулугун абдан жогорулатат, ал эсептөө убакытысын олуттуу кыскартуу үчүн гана эмес, ошондой эле оптималдуу натыйжаларды камсыз кылууга мүмкүндүк берет. Ошондуктан, бул тема актуалдуу жана керектүү болуп саналат.

Көрсөтүлгөн диссертациялык иш эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар учурунда курактык курамын жана мейкиндик боюнча бөлүштүрүүнү эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо процессине математикалык моделдерди жана программаларды иштеп чыгууга багытталган.

Диссертациянын илимий-изилдөөчүлүк иштер менен байланышы

Изилдөөнүн жүрүшүндө алынган натыйжалар "Прикладдык маселелерди чыгарууга алгоритмдерди жана программалар жабдууларын, математикалык моделдерди иштеп чыгуу" М-7 0110RK165 долбоору боюнча илимий изилдөө иштеринин материалдарына кирген.

Диссертациялык иштин максаты жана маселеси. Изилдөөнүн максаты болуп пландаштырылган айыл чарба өсүмдүктөрдүн түшүмүн коргоо маселесинин математикалык моделдөө куралдар жыйындысын иштеп чыгуу саналат. Бул максатка жетүү үчүн диссертациялык иште төмөнкү **маселелер коюлган:**

а) эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялары менен курактык түзүмүн жана мейкиндик таратуусун эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо маселелеринде биологиялык түрлөрдүн өз ара аракеттенүүсүнүн процессин сүрөттөгөн математикалык моделди түзүү;

б) эркин трофикалык функциялар менен өсүмдүктөрдү коргоо процессин чыгаруунун зарыл жана жетишерлик болгон шарттарын математикалык негиздөө;

в) өсүмдүктөрдү коргоонун интегро-дифференциалдык маселелеринин чыгаруунун оптималдык жана сандык ыкмаларын көрсөтүү;

г) өсүмдүктөрдү коргоо процессин чыгарууга программалардын жыйындысын түзүү.

Изилдөөнүн илимий жаңылыгы. 05.13.18 адистигинин үч аймагы боюнча диссертацияда алынган жыйынтыктардын илимий жаңылыгы төмөнкү жоболордо жатат:

Математикалык моделдөө. 1. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен убакыт, курактык түзүмүн жана мейкиндикте бөлүнүшүн эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо процессинин математикалык моделдер комплекси иштелип чыккан жана изилдеген.

2. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен убакыт, курактык түзүмүн жана мейкиндикте бөлүнүшүн эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо процессинин оптимизациялык маселелери изилдеген. Өсүмдүктөрдү коргоо маселесин оптималдуу башкаруу үчүн минимумдун зарыл шарты алынды.

Численные методы.

3. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен убакыт, курактык түзүмүн жана мейкиндикте бөлүнүшүн эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоонун интегро-дифференциалдык маселелеринин чыгаруунун сандык ыкмалары сунушталды. Өсүмдүктөрдү коргоо процессин айырмалап аппроксимациялоо суроолору каралган.

Программалар комплекси. 4. Диссертациялык иштин алкагында эркин трофикалык функцияларда убакыт, курактык курамы жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо процессин башкаруу үчүн программалар комплекси иштелип чыкты, ал программалар Тажикстан Республикасынын Маданият министрлигинде катталган (илимий, адабий жана көркөм чыгармаларды каттоо жөнүндө Күбөлүк). Моделдик берилиштер менен бир катар эсептөө эксперименттери жүргүзүлдү.

Алынган жыйынтыктардын практикалык баалуулугу. Диссертациялык иштин маанилүүлүгү анын натыйжаларын белгилүү бир популяциялар, биологиялык жамааттар жана экологиялык системалар үчүн табигый эксперименттерди жүргүзүү, болжолдоо жана пландоо маселелерин чыгаруу үчүн колдонууда жатат. Сандык эсептөөлөрдүн натыйжалары пахта агроценозу үчүн курт-кумурскалардын санынын сын баалуулуктарын аныктоо чоң практикалык мааниге ээ экенин көрсөтүп турат. Бул иште алынган жыйынтыктардын негизинде пахта агроценозунун экологиялык маалыматтарын кайрадан иштеп чыгуу үчүн эркин трофикалык

функцияларда убакыт, курактык курамы жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо маселесин чыгаруу үчүн багытталган программалардын комплексин түзүү чоң практикалык мааниге ээ. Эсептөө эксперименттердин натыйжалары Тажикстандын айыл чарба илимдер академиясынын Жер иштетүү институтунун кызматкерлерине андан ары иш жүзүндө пайдалануу үчүн сунуш кылынган.

Ошондой эле, диссертациялык иштин илимий-практикалык мааниси биологиялык популяциянын абалы жөнүндө алынган өзгөрүлмө маалыматтарды өнүктүрүү үчүн жагдайды алдын ала божомолдоону куруу мүмкүнчүлүгүндө жатат. Диссертациялык иштин жыйынтыктарын Таджикстан Республикасынын ЖОЖдорунда "Колдонмо математика" жана "информатика" багыттарында студенттер жана магистрлер үчүн атайын курстарды ("Биологиялык системаларда математикалык моделдөө") окууда, лабораториялык, курстук и магистердик иштерди аткарууда колдонуу божомолдонууда.

Алынган жыйынтыктардын экономикалык баалуулугу. Аянтынын 7% ы гана сугат жана айыл чарба өсүмдүктөрүн өстүрүүгө ылайыктуу болгон Тажикстан Республикасынын шарттарында чоң маани пахта өндүрүүнүн интенсивдүү факторлоруна бөлүнөт, алардын арасында маанилүү орун өсүмдүктөрдү зыянкечтерден коргоо процессине берилет. Пахта өндүрүшүнүн азыркы шарттарда, анын жогорку биологиялык натыйжалуулугун карабастан, үрөн-пахта түшүмүн жоготуу олуттуу бойдон калууда. Ошондой эле, химиялык ыкманы көп колдонуу бир катар жагымсыз кесепеттерге алып келүү менен коштолуп жатат. Диссертациялык иште алынган жыйынтыктарды айыл чарба зыянкечтеринен түшүмдү коргоо боюнча болжолдоо жана пландаштыруу иштеринде колдонулушу мүмкүн. Мындай изилдөөлөр экономикалык мааниге ээ. Ушул негизде, өсүмдүктөрдү коргоо интегралдык процесстери өнүгүүдө жана ошол эле учурда түшүмдүн өндүрүмдүүлүгү жогорулоодо.

Коргоого алынып чыккан диссертациянын негизги жоболору.

1. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен убакыт, курак түзүмү жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо процессинде агроценоз түрлөрүнүн өз ара аракеттерин сүрөттөө үчүн жаңы математикалык сүрөттөөлөр.
2. Эркин трофикалык функцияларда убакыт, курак түзүмү жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо процесси үчүн математикалык моделдерди изилдөөнүн аналитикалык, болжолдуу сапаттык методдорун өнүктүрү аныкталды.
3. Агроценоздорду зыянкечтерден коргоо процессинин оптималдуу маселесин чыгаруу жана курт-кумурскалардын санынын сын маанилерин табуу негизделди жана киргизилди. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функция учурунда чекиттик моделдер үчүн өсүмдүктөрдү коргоо маселеси каралды.

4. Курт-кумурскалардын убакыт, куракстык түзүмүн эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо процессинин жаңы математикалык моделдери үчүн чыгаруунун сандык алгоритми келтирилди.
5. Эркин трофикалык функциялар учурунда убакыт, курак түзүмү жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо процессин чыгарууга багытталган программалардын жыйындысы түзүлдү жана Тажикстан Республикасынын Маданият министрлигинде катталган (илимий, адабий жана көркөм чыгармаларды каттоо жөнүндө Күбөлүк).

Изденүүчүнүн өздүк салымы. Диссертациялык иште берилген бардык материалдар жеке автор тарабынан алынган. Талкуулоо жана илимий натыйжаларын жарыялоо чогуу-жазуучулар жана илимий кеңешчи менен ишке ашырылган, бирок, бул изилдөөнүн негизги мазмуну жана коргоого чыкан жоболор аткарылган иште автордун жекече салымын чагылдырат.

Диссетациянын жыйынтыктарынын апробациясы. Иштин негизги жоболору жана иштин материалдары 16 эл аралык жана 17 республикалык жыйындарда билдирди жана талкууга алынган: 13-th International Pure Mathematics Conference, Исламабад, 2012; 9-Эл аралык илим жана технология маселелерин компьютердик талдоо боюнча жыйын, Душанбе, 2013; 10-эл аралык илим жана технология маселелерин компьютердик талдоо боюнча жыйын, Душанбе, 2015; С.Б. Стечкидин функциялар теориясы боюнча Эл аралык жайкы математикалык мектеп- конференциясы, Душанбе, 2016; "Математика жана алардын колдонулуштарынын заманбап көйгөйлөрү" Эл аралык илимий конференция, Душанбе, Куляб, 2017; Тажикстан Республикасынын эгемендүүлүгүнүн 25-жылдыгына арналган "Математика жана анын кошумча тиркемелеринин заманбап маселелери" эл аралык илимий-практикалык жыйын, Душанбе, 2016-ж.; 18-th International Pure Mathematics Conference, Исламабад, 2017; "Тажикстан Республикасынын новатордук өнүктүрүүдө МКТ ролу" эл аралык илимий-практикалык жыйындын материалдары, Душанбе, 17-18-ноябрда 2017;.Тажикстан Республикасынын Илимдер академиясынын академиги, физика-математика илимдеринин доктору, профессор Илолов Мамадшонун 70 жылдыгына арналган "Математика жана анын колдонулуштарынын заманбап көйгөйлөрү" эл аралык илимий жыйындын материалдары, Душанбе, 14-15 март жана башкалар.

Басылып чыккан илимий эмгектерде диссертациянын жыйынтыктарынын чыгарылышынын толуктуулугу. Диссертациянын материалдары боюнча 53 илимий эмгек жарык көргөн, анын ичинде Кыргыз Республикасынын ЖАК тарабынан сунушталган журналдарда 4, РФ ЖАК тарабынан сунушталган журналдарда 13 макала басылып чыкты. Бир монография, ЭВМ программаларын мамлекеттик каттоого 4 күбөлүк жана илимий, илимий-теоретикалык жана илимий-методикалык конференциялар жана семинарлардын жыйнактарында 31 докладдардын материалдары.

Диссертациянын структурасы жана көлөмү. Диссертация кириш сөздөн, 6 баптан, корутунду жана колдонулган 250 илимий булактардын

тизмесинен, негизги белгилөөлөр тизмесинен турат. Жалпы көлөмү 283беттен туруп, 56 сүрөт, 9 таблица камтыйт.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Кириш сөздө кыскача түрдө диссертациянын темасынын актуалдуулугун негиздөө келтирилген, анын негизинде көйгөйлөр, максат, негизги милдеттери жана коргонуу үчүн негизги жоболору аныкталган. Диссертациялык иштин илимий жаңылыгы жана практикалык маанилүүлүгү көрсөтүлгөн. Диссертациянын курамы сүрөттөлгөн.

Биринчи бапта биологиялык популяциялардын санынын динамикасын математикалык моделдөө, экосистемалар, жамааттар, моделдик популяциялар үчүн убакыт жана мейкиндик байланыштары эске алынган коргоо процесстеринин математикалык моделдерин изилдөө суроолорунун өнүгүү тарыхы жана адабияттарга жалпы баяндама келтирилген.

Экинчи бапта изилдөөнүн методдору жана материалдар келтирилген. Таджик Республикасынын биологиялык системаларын (пахта, буудай, күрүч ж.б.) сүрөттөө баяндалган. Азык-түлүк программасын мамлекеттик жөнгө салуунунун натыйжалуулугун жогорулатуу фактору катары Тажикстан Республикасынын агроценоздорунда айыл чарба өсүмдүктөрүнүн (пахта, буудай, күрүч ж.б.) пландаштырылган оруп-жыюу ишитеринин коргоо процесстеринин методдорун, математикалык, компьютердик моделдөө методдорун жана ыкмаларын, ошондой эле колдонмо божомолдоо ыкмаларынын иштеп чыгуу келтирилген.

Үчүнчү бапта өсүмдүктөрдү коргоо процессинин математикалык моделдери каралат. Трофикалык байланыштарды вольтеррдик сүрөттөө учурунда жана эркин өз ара жана ички популяциялык аракеттенүүдө куртүкумурскалардын санынын сын маанисин аныктоого ачык математикалык формулалар алынды.

Үчүнчү баптын 1-бөлүгүндө популяциялардын саны убакыттан көз каранды болгондо, өсүмдүктөрдү коргоо маселесинин жалпы коюлушу келтирилген.

Үчүнчү баптын 2-бөлүгүндө моделдик агроценоз стационардык жана стационардык эмес режимде болгондо өсүмдүктөрдү корогоо маселелеринин чыгарылыштары каралган. Трофикалык байланыштарды аралаш вольтердик жана $V(\cdot)$ функция боюнча баяндоо учурунда курт-кумурскалардын санынын сын маанилерин аныктоо үчүн ачык математикалык формулалар алынды. Салмактуулук режиминдеги моделдик агроценозду карап көрөлү.
Анда тиешелүү трофикалык денгээлге таандык болгон түрлөрдүн жалпы биомассасы (же саны), төмөнкү алгебралык жана дифференциалдык тендемелердин системасын канааттандырат:

$$\begin{cases} Q-\alpha_0 V_0(N_0)N_1=0, \\ k_0\alpha_0 V_0(N_0)-\alpha_1\tilde{N}_2-m_1=0, \quad \tilde{N}_i=\int\limits_{\alpha_i}^{\beta_i} N_i(a)da \\ \dfrac{dN_2}{da}=N_2\left(k_1\alpha_1 N_1-\alpha_2\tilde{N}_3-m_2\right), \quad N_2(0)=\int\limits_0^\infty B_2(a)N_2(a)da, \\ \dfrac{dN_3}{da}=N_3\left(k_2\alpha_2 N_2-\varepsilon N_3-m_3\right), \quad N_3(0)=\int\limits_0^\infty B_3(a)N_3(a)da. \end{cases} \tag{1}$$

Жалпы учурда тиешелүү трофикалык денгээлге таандык болгон түрлөрдүн жалпы биомассасын (же түрлөрдүн санын) төмөнкүчө белгилейбиз $N_i,\, N_i=N_i(t),\, i=0,1,2,3,$ (i=0– ресурс, i=1 – өсүмдүк, i=2 – зыянкечтер, i=2 – пайдалуу курт-кумурскалар, Q– тышкы ресурстун келүү ылдамдыгы, мында $B_i=B_i(.)\geq 0$ зыяндуу жана пайдалуу курт-кумурскалардын туулуу функциясы, m_i - табыгый өлүмдүн орточо коэффициенттери $i=1,2,3;$ k_i- өсүү жана репродуктивдүү алмашууга кетүүчү колдонулган биомассанын үлүшү, $i=0,1,2;$ α_i- трофикалык функциялардын коэффициенттери, $i=0,1,2;$ $\varepsilon-$ пайдалуу курт-кумурскалардын популяциясынын өзүн лимиттөө коэффициенти. Юнуси маселеси сыяктуу коргоо маселесин (1) стационардык моделдик агроценоз термининде түзөлү. Мейли N_1^p- биз түшүмдү мындан аз албоону каалаган айыл чарба өсүмдүгүнүн пландалган биомассасынын деңгээлин билдирсин, б.а.

$$N_1\geq N_1^p,\, N_1^p\in[N_1^{min},N_1^{max}], \text{ где } [N_1^{min},N_1^{max}]-const>0.$$

$\tilde{N}_2\leq N_2^p,\ \tilde{N}_3\geq N_3^p$ барабарсыздыгын карайбыз, мында $N_2^p\geq 0,\ N_3^p\geq 0,$ белгисиз параметрлер.

Өсүмдүктөрдү коргоонун стационардык процессинин чыгарылышынын жашоосунун негизги жыйынтыктары болуп төмөнкү бүтүм эсептелет.

Теорема 3.2.1. $N_1\geq N_1^p,\ N_1^p\in[N_1^{min},N_1^{max}]$ *шарты орун алуусу үчүн*

$$\begin{cases} V_0(N_0)\leq \dfrac{Q}{\alpha_1 N_1^p}, \\ \tilde{N}_2\leq N_2^p, \quad N_2^p=\dfrac{k_0 Q}{\alpha_1 N_1^p}-\dfrac{m_1}{\alpha_1}, \\ \tilde{N}_3\geq N_3^p, \quad N_3^p=\dfrac{k_1\alpha_1}{\alpha_2}N_1^p-\dfrac{m_2}{\alpha_2}. \end{cases} \tag{2}$$

барабарсыздыгынын аткарылышы зарыл жана жетиштүү.

Далилдөө. $N_1\geq N_1^p,$ $N_1^p\in[N_1^{min},N_1^{max}],$ (2) барабарсыздыгынын тууралыгын далилдейбиз. (1) системасынын биринчи теңдемесинен $Q-\alpha_0 V_0(N_0)N_1=0$, т.е. $V_0(N_0)\leq\dfrac{Q}{\alpha_0 N_1^p}=\tilde{V}_0$ алабыз.

(1) дин 2–теңдемесинин негизинде

$k_0\alpha_0 V_0(N_0)-\alpha_1\tilde{N}_2-m_1=0,$

$$k_0\alpha_0\frac{Q}{\alpha_0 N_1^p}-\alpha_1\tilde{N}_2-m_1\geq 0\ , \qquad \tilde{N}_2\leq\frac{k_0 Q}{\alpha_1 N_1^p}-\frac{m_1}{\alpha_1}=N_2^p$$

$\tilde{N}_2\leq N_2^p$ алабыз.

Ошентип, (1) системасынын үчүнчү теңдемесинен алабыз:

$$\frac{dN_2}{da} = N_2\left(k_1\alpha_1 N_1 - \alpha_2\tilde{N}_3 - m_2\right).$$

Акыркы теңдеменин эки жагын тең $N_2(a)$ көбөйтүп жана a боюнча интегралдап, алабыз

$$\int_0^\infty N_2(a)\frac{dN_2}{da}da = \int_0^\infty N_2^2(a)da[k_1\alpha_1 N_1 - \alpha_2\tilde{N}_3 - m_2]$$

$$\frac{1}{2}N_2^2(\infty) - \frac{1}{2}N_2^2(0) = \int_0^\infty N_2^2(a)da[k_1\alpha_1 N_1 - \alpha_2\tilde{N}_3 - m_2]$$

$$k_1\alpha_1 N_1 - \alpha_2\tilde{N}_3 - m_2 \le 0, \tilde{N}_3 \ge \frac{k_1\alpha_1}{\alpha_2}N_1^p - \frac{m_2}{\alpha_2} = N_3^p,$$

Мындан

$$\tilde{N}_3 \ge N_3^p$$

N_3 баалайбыз

(1) системасынын төртүнчү теңдемесинен алабыз

$$N_3(a) = \frac{N(0)exp\int_0^a A(\xi)d\xi}{1 + \varepsilon N(0)\int_0^a exp(\int_\tau^a A(\xi)d\xi)d\tau} \le N_{max}$$

мында $A(a) = k_2\alpha_2 N_2 - m_2.$

Чынында, (1) дин төртүнчү теңдемесинен алабыз

$$\frac{dN_3}{da} = N_3\left(k_1\alpha_2 N_2 - \varepsilon N_3 - m_3\right), \quad A(a) = k_2\alpha_2 N_2 - m_3.$$

$$\frac{dN_3}{da} = N_3 A(a) - \varepsilon N_3^2(a).$$

Акыркы теңдеменин эки жагын тең $-N_3^2(a)$ бөлүп, алабыз

$$-\frac{1}{N_3^2(a)}\cdot\frac{dN_3}{da} = -\frac{A(a)}{N_3(a)} + \varepsilon.$$

Мындан

$$\frac{1}{N_3(a)} = y, \ \frac{dy}{da} = -\frac{1}{N_3^2(a)}\frac{dN_3}{da}$$

белгилөөсүн киргизип, келебиз

$$\frac{dy}{da} = -A(a)y + \varepsilon. \qquad (3)$$

Тиешелүү бир тектүү (3) теңдемесин төмөнкүчө жазабыз

$$\frac{dy}{da}\cdot\frac{1}{y} = -A(a); \quad \frac{d(\ln y)}{da} = -A(a).$$

a боюнча интегралдап

$$\ln y = -\int_0^a A(\xi)d\xi + y_1(0), \quad y(a) = exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)\cdot y_1(0) \qquad (4)$$

алабыз. (4) тү a боюнча дифференцирлеп, алабыз:

$$\frac{dy}{da}=exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)(-A(a))\cdot y_1(0)+exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)y_1'(0).$$

y жана $\frac{dy}{da}$ маанилерин (3) теңдемесине коюп, алабыз:

$$exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)(-A(a))y_1(0)+exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)y_1'(0)=$$

$$=-A(a)exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)\cdot y_1(0)+\varepsilon.$$

$$exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)y_1'(0)=\varepsilon$$

Бул жерден биз төмөнкүнү алабыз

$$y_1'(0)=\frac{\varepsilon}{exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)}=\varepsilon\, exp(\int_0^a A(\xi)d\xi).$$

a боюнча интегралдап

$$y_1(0)=\varepsilon\int_0^a exp(\int_\tau^a A(\xi)d\xi)d\tau+y(0).$$

алабыз. $y_1(0)$ дин табылган маанисин (4) кө коебуз

$$\begin{aligned} y(a)&=exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)(\varepsilon\int_0^a exp(-\int_\tau^a A(\xi)d\xi)d\tau+y(0))= \\ &=y(0)exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)+\varepsilon\, exp(-\int_0^a A(\xi)d\xi)\int_0^a exp(-\int_\tau^a A(\xi)d\xi)d\tau. \end{aligned} \quad (5)$$

$y=\frac{1}{N_3(a)}$ жана $y(0)=\frac{1}{N_3(0)}$ эске алуу менен (5) барабардыгынан алабыз

$$N_3(a)=\frac{N_3(0)exp(\int_0^a A(\xi)d\xi)}{1+\varepsilon N_3(0)\int_0^a exp(\int_\tau^a A(\xi)d\xi)d\tau}.$$

Эми **жетиштүүлүгүн** далилдейбиз. Мейли (2) барабарсыздыгы орун алсын дейли.

$$N_1\geq N_1^p\ ,\ \ N_1^p\in[\frac{m_2}{k_1\alpha_1},\frac{k_0Q}{m_1}].$$

орун алаарын көрсөтөбүз. Чынында эле, (1) дун үчүнчү теңдемесинен

$k_1\alpha_1N_1-\alpha_2\tilde{N}_3-m_2\geq 0$

$k_1\alpha_1(N_1-N_1^p)\geq 0$

$N_1\geq N_1^p$.

Ошондой эле бул бөлүмдө $V(\cdot)$ трофикалык моделдер классында өсүмдүктөрдү коргоонун стационардуу эмес маселеси каралган.

Мейли моделдик агроценоздун абалы төмөнкү теңдемелер аркылуу сүрөттөлсүн

$$\begin{cases} \dfrac{dN_0}{dt} = Q - F_0(N_0, N_1), \\ \dfrac{dN_1}{dt} = N_1 F_1(N_0, N_1, \tilde{N}_2), \\ \dfrac{dN_2}{dt} = N_2 F_2(N_1, N_2, \tilde{N}_3), \\ \dfrac{dN_3}{dt} = N_3 F_3(N_2, N_3), \end{cases} \tag{6}$$

$$\tilde{N}_1(t_k) = \frac{1}{t_k}\int_0^{t_k} N_1(t)dt.$$

(6) моделдик биосистемада түрлөрдүн өз ара аракеттенүүлөрү аралаш вольтеррдик жана $V(\cdot)$ функция боюнча төмөнкү түрдө болсун дейли:

$$\begin{cases} \dfrac{dN_0}{dt} = Q - \alpha_0 V_0(N_0) N_1, \\ \dfrac{dN_1}{dt} = N_1(k_0\alpha_0 V_0(N_0) - \alpha_1 \tilde{N}_2 - m_1), \\ \dfrac{dN_2}{dt} = N_2(k_1\alpha_1 N_1 - \alpha_2 \tilde{N}_3 - m_2), \\ \dfrac{dN_3}{dt} = N_3(k_2\alpha_2 N_2 - \varepsilon N_3 - m_3). \end{cases} \tag{6^1}$$

Өсүмдүктөрдү коргоонун стационардык эмес маселесинин чыгарылышынын жашоосунун жыйынтыктарын төмөнкү бүтүм менен түзөбүз.

Теорема 3.2.2. $\lim\limits_{t_k\to\infty} \tilde{N}_1(t_k) \geq N_1^p(t_k \to \infty),\ N_1^p \in \left[\dfrac{m_2}{k_1\alpha_1}, \dfrac{k_0 Q}{m_1}\right]$

шартынын аткарылышы үчүн

$$\begin{cases} N_0(t) \leq \dfrac{Q}{\alpha_0 N_1^p},\ \ 0 \leq t \leq t_k, \\ \lim\limits_{t_k\to\infty} \tilde{N}_2(t_k) \leq N_2^p,\ \lim\limits_{t_k\to\infty} \tilde{N}_3(t_k) \geq N_3^p, \\ \tilde{N}_i(t_k) = \dfrac{1}{t_k}\int_0^{t_k} N_1(t)dt,\ i = 2{,}3. \end{cases} \tag{7}$$

$$N_2^p = \frac{k_0 Q}{\alpha_1 N_1^p} - \frac{m_1}{\alpha_1},\ \ N_3^p = \frac{k_1\alpha_1}{\alpha_2} N_1^p - \frac{m_2}{\alpha_2}.$$

барабарсыздыгынын аткарылышы зарыл жана жетиштүү.

Үчүнчү баптын 3-бөлүмүндө эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен өсүмдүктөрдү коргоо маселелерин чыгаруунун математикалык моделдери келтирилген.

Автор тарабынан агроценоздун математикалык модели сунушталды, анда $F_i(\cdot)$ функциясы төмөнкү формулалар аркылуу аныкталат

$$\begin{cases} F_0 = -\alpha_0 N_0 N_1, \\ F_1 = k_0\alpha_0 N_0 - \dfrac{V_1(N_1)}{N_1} N_2 - m_1, \\ F_2 = k_1 V_1(N_1) - \dfrac{V_2(N_2)}{N_2} N_3 - m_2, \\ F_3 = k_2 V_2(N_2) - \varepsilon N_3 - m_3. \end{cases} \tag{8}$$

мында V(.) – трофикалык функция, төмөнкү касиеттерге ээ

$$V(N) \geq 0, \quad \frac{dV(N)}{dN} > 0, \frac{d^2V(N)}{dN^2} \leq 0. \tag{9}$$

Мейли $V = V_i(N_i),\ i = 1{,}2 -$ бир жырткыч бир учурда керектөөчү жабырлануучунун (же биомассанын) саны болсун.

Моделдик агроценоздун абалы (6) системаны аркылуу сүрөттөлөт деп эсептейли.

$V(\cdot)$ моделдин алкагында (6) системасын (8) ге таянып жырткыч–жабырлануучу түрүндөгү мамилеси бар система түрүндө жазууга мүмкүн экенин оңой көрүүгө болот:

$$\begin{cases} \dfrac{dN_0}{dt} = Q - \alpha_0 N_0 N_1, \\ \dfrac{dN_1}{dt} = k_0\alpha_0 N_0 N_1 - V_1(N_1)N_2 - m_1 N_1, \\ \dfrac{dN_2}{dt} = k_1 V_1(N_1)N_2 - V_2(N_2)N_3 - m_2 N_2, \\ \dfrac{dN_3}{dt} = k_2 V_2(N_2)N_3 - \varepsilon N_3^2 - m_3 N_3. \end{cases} \tag{10}$$

Кийинки теорема 3.3.2. – эркин трофикалык *V(.)* функциялар менен өсүмдүктөрдү коргоо маселесинин чыгарылышынын жашашынын бүтүмү.

Теорема 3.3.2. $V_i(\cdot) \geq 0, \dfrac{dV_i}{dN} > 0,\ \dfrac{d^2V_i}{dN^2} \leq 0,\ 0 < min_{0\leq t\leq\tau} \dfrac{V_1(N_1(t))}{N_1(t)} = \overline{\alpha}_1 < \infty$

жана $0 < max_{0\leq t\leq\tau} \dfrac{V_2(N_2(t))}{N_2(t)} = \overline{\alpha}_2 < \infty,\ \overline{\alpha}_1, \overline{\alpha}_2 = const$ *учурунда*

$N_1^\tau \geq N_1^P,\ N_1^P \in [N_1^{\min}, N_1^{\max}]$ *шарты аткарылышы үчүн*

$$\begin{cases} N_0(t) \leq \dfrac{Q}{\alpha_0 N_1^P}, \\ N_2^\tau \leq N_2^P,\ N_2^P = \dfrac{k_0 Q}{\overline{\alpha}_1 N_1^P} - \dfrac{m_1}{\overline{\alpha}_1} - \dfrac{1}{\overline{\alpha}_1\tau} ln\dfrac{N_1(\tau)}{N_1(0)}, \\ N_3^\tau \geq N_3^P,\ N_3^P = \dfrac{k_1\overline{\alpha}_1}{\overline{\alpha}_2} N_1^P - \dfrac{m_2}{\overline{\alpha}_2} - \dfrac{1}{\overline{\alpha}_2\tau} ln\dfrac{N_2(\tau)}{N_2(0)}. \end{cases} \tag{11}$$

барабарсыздыгы аткарылышы зарыл жана жетиштүү.

Зарылдык. Мейли $N_1^\tau \geq N_1^P,\quad N_1^P \in [N_1^{min}, N_1^{max}]$ шарты орун алат дейли. (11) барабарсыздыгы туура экенин далилдейбиз. (10) дун 1-теңдемесинен:

$$\frac{dN_0}{dt} = Q - \alpha_0 N_0 N_0$$

$$N_0(t)=N_0(0)exp(-\alpha_0\int_0^{\tau}N_1(\xi)d\xi)+Q\int_0^{t}exp(-\alpha_0\int_{\tau}^{t}N_1(\xi)d\xi)d\tau\le$$

$$\le\left[N_0(0)-\frac{Q}{\alpha_0N_0^p}\right]exp(-\alpha_0N_1^t)+\frac{Q}{\alpha_0N_0^p}\le\frac{Q}{\alpha_0N_0^p}.$$

(10) дун 2-теңдемесинен:

$$\frac{dN_1}{dt}=k_0\alpha_0N_0N_1-V_1(N_1)N_2-m_1N_1,$$

$$\frac{d(ln\,N_1)}{dt}=k_0\alpha_0N_0-\frac{V_1(N_1)}{N_1}N_2-m_1,$$

$$\frac{V_1(N_1)}{N_1}N_2=k_0\alpha_0N_0-m_1-\frac{d(ln\,N_1)}{dt}$$

жана

$$\frac{V_1(N_1)}{N_1}N_2=\frac{k_0Q}{N_1^p}-m_1-\frac{d(ln\,N_1)}{dt}$$

Акыркы барабардыкты 0 дөн τ чейин интегралдап:

$$\frac{1}{\tau}\int_0^{\tau}\frac{V_1(N_1(t))}{N_1(t)}N_2(t)dt=\frac{k_0Q}{N_1^p}-m_1-\frac{1}{\tau}ln\frac{N_1(\tau)}{N_1(0)},$$

б.а.

$$0<\min_{0\le t\le\tau}\int_0^{\tau}\frac{V_1(N_1(t))}{N_1(t)}N_2^{\tau}\le\frac{k_0Q}{N_1^p}-m_1-\frac{1}{\tau}ln\frac{N_1(\tau)}{N_1(0)},$$

$$0<\min_{0\le t\le\tau}\frac{V_1(N_1(t))}{N_1(t)}=\overline{\alpha}_1<\infty \text{ болгондуктан}$$

$$N_2^{\tau}\le\frac{k_0Q}{\overline{\alpha}_1N_1^p}-\frac{m_1}{\overline{\alpha}_1}-\frac{1}{\overline{\alpha}_1\tau}ln\frac{N_1(\tau)}{N_1(0)}=N_2^p,$$

$$N_2^{\tau}\le N_2^p$$

(10) дун 3-теңдемесинин негизинде, алабыз:

$$\frac{dN_2}{dt}=k_1V_1(N_1)N_2-V_2(N_2)N_3-m_2N_2$$

б.а.

$$\frac{d(ln(N_2))}{dt}=k_1V_1(N_1)-m_2-\frac{V_2(N_2)N_3}{N_2},$$

акыркы теңдемени 0 дөн τ чейин интегралдап:

$$\frac{1}{\tau}\int_0^{\tau}\frac{V_2(N_2(t))}{N_2(t)}N_3(t)dt=k_1\overline{\alpha}_1N_1^p-m_2-\frac{1}{\tau}ln\frac{N_2(\tau)}{N_2(0)},$$

$$0<\max_{0\le t\le\tau}\frac{V_2(N_2(t))}{N_2(t)}N_3^{\tau}\ge k_1\overline{\alpha}_1N_1^p-m_1-\frac{1}{\tau}ln\frac{N_2(\tau)}{N_2(0)}.$$

$$0<\max_{0\le t\le\tau}\frac{V_2(N_2(t))}{N_2(t)}=\overline{\alpha}_2<\infty, \quad \text{болгондуктан, анда}$$

$$N_3^{\tau}\ge\frac{k_1\overline{\alpha}_1}{\overline{\alpha}_2}N_1^p-\frac{m_2}{\overline{\alpha}_2}-\frac{1}{\tau\overline{\alpha}_2}ln\frac{N_2(\tau)}{N_2(0)}=N_3^p,$$

$$N_3^{\tau}\ge N_3^p.$$

Жетишээрлиги. Мейли (11) барабарсыздыгы аткарылсын. $N_1^\tau \ge N_1^p,\quad N_1^p \in \left[N_1^{min}, N_1^{max}\right]$ экендигин көрсөтөбүз. (10) дун биринчи теңдемесинен алабыз:

$$\frac{dN_0}{dt} = Q - \alpha_0 N_0 N_1 \ge Q - \alpha_0 N_1 \frac{Q}{\alpha_0 N_1^p},$$

$$\frac{Q}{N_1^p} N_1 \ge Q - \frac{dN_0}{dt},$$

t боюнча 0 дөн τга чейин интегралдайбыз:

$$\frac{QN_1^\tau}{N_1^p} \ge Q + \frac{1}{\tau}\left[N_0(0) - N_0(\tau)\right] \ge Q + \frac{1}{\tau}\left[N_0(0) - \frac{Q}{\alpha_0 N_1^p}\right] = Q,$$

мындан $N_1^\tau \ge N_1^p$. N_2^p жана N_3^p терс эмес болгондуктан

$N_1^p \in \left[N_1^{min}\ ,\ N_1^{max}\right]$ орун алат.

Төртүнчү бапта курактык түзүмүн жана мейкиндикте таралуусун эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоонун сызыктуу эмес маселелерин изилдөө келтирилген. "Зыянкечтер, пайдалуу курт-кумурскалар" системасы үчүн интегро-дифференциалдык моделдер изилденет жана өсүмдүктөрдү коргоо процессинин жашоосунун зарыл жана жетишерлик болгон шарттары алынган.

Төртүнчү баптын 1- бөлүмүндө $V(N)$ моделдер классында курт-кумурскалардын курактык түзүмүн эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо маселесинин чыгарылышы келтирилген.

Бул бөлүмдүн негизги жыйынтыгы болуп төмөнкү теорема саналат.

Теорема 4.1.1. $V_i(\cdot) \ge 0,\ \frac{dV_i}{dN} > 0,\ \frac{d^2V_i}{dN^2} \le 0$ *жана*

$$0 < \min_{\substack{0\le a<\infty \\ 0\le t\le\tau}} \frac{V_1(N_1(t))}{N_1(t)} = \overline{\alpha}_1 < \infty,\quad 0 < \max_{\substack{0\le a<\infty \\ 0\le t\le\tau}} \frac{V_2(N_2(a,t))}{N_2(a,t)} = \overline{\alpha}_2 < \infty\ ,\ \overline{\alpha}_1 \cdot \overline{\alpha}_2 = const,\ i = 1,2$$

болгондо

$$\frac{1}{\tau}\int_0^\tau N_1(t)dt \ge N_1^p,\quad N_1^p \in \left[N_1^{min},\ N_1^{max}\right] \tag{12}$$

шарты орун алышы үчүн төмөнкү барабарсыздыктын аткарылышы зарыл жана жетиштүү:

$$\begin{cases} N_0(t) \le \dfrac{Q}{\alpha_0 N_1^p}, \quad 0 \le t \le \tau, \\ \dfrac{1}{\tau}\displaystyle\int_0^\tau \tilde{N}_2(t)dt \le N_2^p, \\ \dfrac{1}{\tau}\displaystyle\int_0^\tau \tilde{N}_3(t)dt \ge N_3^p. \end{cases} \tag{13}$$

мында $N_1^{min}=\frac{m_2}{k_1\overline{\alpha}_1}+\frac{1}{\overline{\alpha}_2\tau}\max_a ln\frac{N_2(a,\tau)}{N_2(a,0)}$, $N_1^{max}=\frac{k_0Q}{m_1\frac{\overline{\alpha}_1}{\tau}ln\frac{N_1(\tau)}{N_1(0)}}$.

$$N_2^p=\frac{k_0Q}{\overline{\alpha}_1N_1^p}-\frac{m_1}{\overline{\alpha}_1}-\frac{1}{\overline{\alpha}_1\tau}ln\frac{N_1(\tau)}{N_1(0)},\qquad N_3^p=\frac{k_1\overline{\alpha}_1}{\overline{\alpha}_2}N_1^p-\frac{m_2}{\overline{\alpha}_2}-\frac{1}{\overline{\alpha}_2\tau}\max_a ln\frac{N_2(a,\tau)}{N_2(a,0)}.$$

Төртүнчү баптын экинчи бөлүмүндө "агро-өсүмдүк, өсүмдүктөрдүн зыянкечтери, жырткыч жана зыянкечтердин мителери" түрүндөгү үч трофикалык деңгээлдеги моделдик биосистема каралган. Курт-кумурскалардын курактык структурасын эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо маселесинин чыгарылышынын жашоосунун зарыл жана жетишерлик болгон шарттары жөнүндө теорема далилденди. Моделдик агроценоздун абалы төмөнкү теңдемелер менен сүрөттөлөт деп болжолдойлу:

$$\begin{cases}\frac{dN_0}{dt}=Q+F_0(N_0,N_1),\\ \frac{dN_1}{dt}=N_1F_1(N_0,N_1,\tilde{N}_2),\\ \frac{\partial N_2}{\partial t}+\frac{\partial N_2}{\partial a}=N_2F_2(N_1,N_2,\tilde{N}_3),\quad N_2|_{t=0}=N_2^0(a),\\ \frac{\partial N_3}{\partial t}+\frac{\partial N_3}{\partial a}=N_3F_3(N_2,N_3),\qquad N_3|_{t=0}=N_3^0(a),\\ N_2(0,t)=\int_0^\infty B_2(\xi,t,N_1)N_2(\xi,t)d\xi,\ 0<t<t_k,\ 0<a<\infty,\\ N_3(0,t)=\int_0^\infty B_3(\xi,t,\tilde{N}_2)N_3(\xi,t)d\xi,\end{cases}\tag{14}$$

Төртүнчү баптын экинчи бөлүмүнүн негизги жыйынтыктарын жазып көрөлү.

Теорема 4.2.1. $t_k\to\infty$ *болгондо*

$$\lim_{t_k\to\infty}\tilde{N}_1(t_k)=\lim_{t_k\to\infty}\frac{1}{t_k}\int_0^{t_k}N_1(t)dt\ge N_1^p,\ \ N_1^p\in\left[N_1^{min},\ N_1^{max}\right]$$

орун алышы үчүн төмөнкү барабарсыздыктын аткарылышы зарыл жана жетиштүү:

$$\begin{cases}N_0(t)\le\frac{Q}{\alpha_0N_1^p},\qquad 0\le t\le t_k,\\ \lim_{t_k\to\infty}\tilde{N}_2(t_k)=\lim_{t_k\to\infty}\frac{1}{t_k}\int_0^{t_k}\tilde{N}_2(t)dt\le N_2^p,\\ \lim_{t_k\to\infty}\tilde{N}_3(t_k)=\lim_{t_k\to\infty}\frac{1}{t_k}\int_0^{t_k}\tilde{N}_3(t)dt\ge N_3^p.\end{cases}\tag{15}$$

$$N_2^p=\frac{k_0Q}{\alpha_1N_1^p}-\frac{m_1}{\alpha_1}-\frac{1}{\alpha_1t_k}\ln\frac{N_1(t_k)}{N_1(0)},\quad N_3^p=\frac{k_1\alpha_1}{\alpha_2}N_1^p-\frac{m_2}{\alpha_2}-\frac{1}{\alpha_2t_k}\max_a\ln\frac{N_2(a,t_k)}{N_2(a,0)}.$$

3-бөлүк эркин трофикалык функциялар учурда мейкиндикте таралуусу эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо процессинин жашоосунун зарыл жана жетишерлик болгон шарттарды алууга арналган.

Мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган "өсүмдүк" - "зыянкечтер" - "пайдалуу курт-кумурскалар" түрүнөгү үч трофикалык деңгээлге ээ болгон агроценоздун математикалык моделин төмөнкү түрдө карайбыз:

$$\begin{cases} \dfrac{dN_0}{dt} = Q - \alpha_0 N_0 N_1, \\ \dfrac{dN_1}{dt} = N_1 (k_0 \alpha_0 N_0 - \dfrac{V_1(N_1)}{N_1} \tilde{N}_3 - m_2) \\ \dfrac{\partial N_2}{\partial t} + \dfrac{\partial N_2}{\partial a} + \dfrac{\partial N_2}{\partial x} = N_2 (k_1 V_1(N_1) - \dfrac{V_2(N_2)}{N_2} \tilde{N}_3 - m_2) \\ \dfrac{\partial N_3}{\partial t} + \dfrac{\partial N_3}{\partial a} + \dfrac{\partial N_3}{\partial x} = N_3 (k_2 V_2(N_2) - \varepsilon N_3 - m_3), \end{cases} \tag{16}$$

баштапкы жана чектик шарттары:

$$N_i(x,a,0) = N_i^0(x,a), \quad x \in \overline{G}, \; 0 \le a < \infty, \; i = 2,3$$

$$N_2(x,0,t) = \int_0^\infty B_2(\xi,t,N_1) N_2(x,\xi,t)dt, \qquad N_i|_s = 0, \qquad i = 2,3.$$

$$N_3(x,0,t) = \int_0^\infty B_3(\xi,t,\tilde{N}_2) N_3(x,\xi,t)dt, \quad 0 \le t \le \tau.$$

Мейли трофикалык функция төмөнкү касиетке ээ болсун

$$V_i(\cdot) \ge 0, \; \frac{dV_i}{dN} > 0, \; \frac{d^2V_i}{dN^2} \le 0.$$

Төртүнчү баптын үчүнчү бөлүмүнүн башкы натыйжасы болуп төмөнкү теорема саналат.

Теорема 4.3.1. $\dfrac{1}{\tau}\int_0^\tau N_1(t)dt \ge N_1^p, \quad N_1^p \in [N_1^{min}, \; N_1^{max}]$ *жана*

$$0 < \min_t \frac{V_1(N_1(t))}{N_1(t)} = \overline{\alpha}_1 < \infty, \; 0 < \max_a \frac{V_2(N_2(a,t))}{N_2(a,t)} = \overline{\alpha}_2 < \infty \;, \; \overline{\alpha}_1 \cdot \overline{\alpha}_2 = const, \; i = 1,2.$$

шарттарынын аткарылышы үчүн төмөнкү барабарсыздыктын аткарылышы зарыл жана жетиштүү

$$\begin{cases} N_0(t) \le \dfrac{Q}{\alpha_0 N_1^p}, \quad 0 \le t \le \tau, \\ \dfrac{1}{\tau}\displaystyle\int_0^\tau \tilde{N}_2(t)dt \le N_2^p, \\ \dfrac{1}{\tau}\displaystyle\int_0^\tau \tilde{N}_3(t)dt \ge N_3^p, \end{cases} \tag{17}$$

мында $N_2^p = \dfrac{k_0 Q}{\overline{\alpha}_1 N_1^p} - \dfrac{m_1}{\overline{\alpha}_1} - \dfrac{1}{\overline{\alpha}_1 \tau} ln \dfrac{N_1(\tau)}{N_1(0)}, \qquad N_3^p = \dfrac{k_1 \vec{\alpha}_1}{\vec{\alpha}_2} N_1^p - \dfrac{m_2}{\overline{\alpha}_2} - \dfrac{1}{\overline{\alpha}_2 \tau} \max_x ln \dfrac{N_2(x,a,\tau)}{N_2(a,0)}.$

Төртүнчү баптын **4-бөлүмүндө** курактык курамын жана мейкиндик боюнча бөлүштүрүүсүн эске алуу менен, "пайдалуу курт-кумурскалар -

зыянкечтер" түрүндөгү система менен байланышкан бир сызыктуу эмес маселенин чыгарылышы изилденет.

Анда модель системасы төмөнкү түргө ээ:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial M_1}{\partial t}+\dfrac{\partial M_1}{\partial a}+\sum\limits_{j=1}^{2}V_{1j}\dfrac{\partial M_1}{\partial x_i}=-F_1(a,t)M_1(x,a,t)- \\ -\int\limits_0^{\infty}V(M_1(x,a,t),\xi)M_2(x,\xi,t)d\xi+\sum\limits_{j=1}^{2}d_{1j}\dfrac{\partial^2 M_1}{\partial x_i^2} \\ \dfrac{\partial M_2}{\partial t}+\dfrac{\partial M_2}{\partial a}+\sum\limits_{j=1}^{2}V_{2j}\dfrac{\partial M_2}{\partial x_i}=-F_2(a,t)M_2(x,a,t)+\sum\limits_{j=1}^{2}d_{2j}\dfrac{\partial^2 M_2}{\partial x_i^2}, \\ 0<t<t_k,\ 0<a<\infty,\ \ x\in G, \\ M_i\big|_{t=0}M_i^0(x,a),\ \ 0\le a<\infty,\ \ i=1,2,.... \\ \dfrac{\partial M}{\partial x_i}-\alpha M\big|_{x_i=L_i}=0,\quad где \\ M_1(x,0,t)=\int\limits_0^{\infty}B(a,t)M_1(x,a,t),\quad 0<t<t_k, \\ M_2(x,0,t)=\int\limits_0^{\infty}\int\limits_0^{\infty}K(a,\xi,t)V(M_1(x,a,t),\xi)M_2(x,\xi,t)d\xi da,\ x\in\overline{G}, \end{cases} \tag{18}$$

$M_i=M_1(x,a,t), i=1,2-$ тиешелүү түрдө жабыркагандар жана жырткычтар саны, $F_1(a,t)-$ өлүмгө учурашынын коэффициенти $i=1,2,\ B(a,t)-$ жабырлануучулардын туулушунун коэффициенти, $V(\cdot)-$трофикалык функция, $K(\cdot)-$сиңирүү коэффициенти, $V_{ij}-$ жылышуу ылдамдыгы, $d_{ij}-$ диффузия коэффициенттери, $\overline{G}=G+S,\ G=\{(x_1x_2)^\wedge 0<x_i<L_i,\ i=1,2\}$, S- G областынын чеги.

Белгилөө киргизебиз

$N_i=max_x M_i(x,a,t), i=1,2$ *жана* $n_i=min_x M_i(x,a,t), i=1,2$.

Анда (18) ден алабыз

$$\begin{cases} \dfrac{\partial N_1}{\partial t}+\dfrac{\partial N_1}{\partial a}\le -F_1(a,t)N_1(a,t)-\int_0^{\infty}V(N_1(a,t),\xi)N_2(\xi,t)d\xi \\ \dfrac{\partial N_2}{\partial t}+\dfrac{\partial N_2}{\partial a}\le -F_2(a,t)N_2(a,t),0<t<t_k<0<a<\infty \\ N_i\big|_{t=0}=N_i^0(a),0\le a<\infty, i=1,2\cdots \\ N_1(0,t)=\int\limits_0^{\infty}B(a,t)N_1(a,t)da,0<t<t_k, \\ N_2(0,t)=\int\limits_0^{\infty}\int\limits_0^{\infty}K(a,\xi,t)V(N_1(a,t),\xi)N_2(x,\xi,t)d\xi da, \end{cases} \tag{19}$$

$$\begin{cases} \frac{\partial n_1}{dt}+\frac{\partial n_1}{da} \geq -F_1(a,t)n_1(a,t)-\int_0^{\infty} V(n_1(a,t),\xi)n_2(\xi,t)d\xi \\ \frac{\partial n_2}{\partial t}+\frac{\partial n_2}{\partial a} \geq -F_2(a,t)n_2(a,t), 0<t<t_k, 0<a<\infty \\ n_i\big|_{t=0}=n_i^0(a), 0\leq a<\infty, i=1,2,\cdots \\ n_1(0,t)=\int_0^{\infty} B(a,t)n_1(a,t)da, 0<t<t_k, \\ n_2(0,t)=\int_0^{\infty}\int_0^{\infty} K(a,\xi,t)V(n_1(a,t),\xi)n_2(x,\xi,t)d\xi da, \end{cases} \quad (20)$$

Эми (19), (20) маселесин баштапкы теңдемеде барабардык жетишкен учурда карайбыз, б.а.

$$\begin{cases} \frac{\partial N_1}{\partial t}+\frac{\partial N_1}{\partial a} \leq -F_1(a,t)N_1(a,t)-\int_0^{\infty} V(N_1(a,t),\xi)N_2(\xi,t)d\xi \\ \frac{\partial N_2}{\partial t}+\frac{\partial N_2}{\partial a} \leq -F_2(a,t)N_2(a,t), 0<t<t_{k,} 0,<a<\infty \\ N_i\big|_{t=0}=N_i^0(a), 0\leq a\leq\infty, i=1,2,\ldots \\ N_1(0,t)=\int_0^{\infty} B(a,t)N_1(a,t)da, 0<t<t_k, \\ N_2(0,t)=\int_0^{\infty}\int_0^{\infty} K(a,\xi,t)V(N_1(a,t),\xi)N_2(x,\xi,t)d\xi da, \end{cases} \quad (21)$$

Теорема 4.4.1. *Мейли* $V(N_1,\xi)=V(\xi)N_1$, $V(\cdot),F_i(\cdot),B(a,t),N_t^0(\cdot),K(\cdot)$ *функциялар – берилген аргументтерден көз каранды жана алар бөлүк-үзгүлтүксүз, ошондой эле* a *параметри боюнча чектелген функциялар. Анда (21) маселеси жалгыз жашайт жана ал удаалаш жакындаштыруу методу менен алынат. Бул чыгарылыш (19) маселе үчүн максималдык, (20) маселе үчүн минималдык болуп эсептелет.*

Бешинчи бап оптималдык башкаруу маселелерине арналган. Оптималдаштыруу маселеси өзүнө зыянкечтер тарабынан өсүмдүктөргө келтирилген зыяндын же зыянкечтердин санын минималдаштыруу шарттарын биологиялык жана химиялык башкарууну аныктоо процесстерин камтыйт. Бул жагынан алып караганда, бул баптын **1-бөлүмүндө** пайдалуу жана зыянкеч курт-кумурскалардын эркин $V(\cdot)$трофикалык функциялары менен жана убакыт-курактык түзүмүн, мейкиндикте таралышын эске алуу менен үч трофикалык денгээлдеги экосистемаларды оптималдуу башкаруу маселелеринин жалпы коюлушу келтирилет.

Оптималдаштыруу маселеси төмөнкүчө коюлат.

$$I(u)=\int_0^{t_k}\int_0^{\infty}\int_G f^0(N,u)dxdadt+\int_0^{\infty}\int_G \varphi(N,u)\big|_{t_k} dxda \quad (22)$$

функционалынын

$$
\begin{cases}
\dfrac{dN_0}{dt} = Q - \alpha_0 N_0 N_1, \\
\dfrac{dN_1}{dt} = k_0 \alpha_0 N_0 N_1 - V_1(N_1)N_2 - m_1 N_1, \\
\dfrac{dN_2}{dt} + \dfrac{dN_2}{da} + \sum_{i=1}^{2} \vartheta_{i2} \dfrac{dN_2}{dx_i} = k_1 V_1(N_1)N_2 - V_2(N_2)N_3 - \\
- m_2 N_2 + \sum_{i=1}^{2} d_{i2} \dfrac{\partial^2 N_2}{\partial x_i^2} - \mu(D)N_2. \\
\dfrac{dN_3}{dt} + \dfrac{dN_3}{da} + \sum_{i=1}^{2} \vartheta_{i3} \dfrac{dN_3}{dx_i} = k_2 V_2(N_2)N_3 - \varepsilon N_3^2 - m_3 N_3 + \\
+ \sum_{i=1}^{2} d_{i3} \dfrac{\partial^2 N_3}{\partial x_i^2} - \alpha\mu(D)N_3 + PN_3, \\
x \in G, \quad 0 < a < \infty, \quad 0 < t \le t_k.
\end{cases} \qquad (23)
$$

шарттарында минималдуу маанисин табуу.

2-бөлүмдө зыяндуу жана пайдалуу курт-кумурскалардын курактык түзүмүн эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо процессинин оптималдуу башкаруу маселеси каралган.

Математикалык жактан бул маселе төмөнкүдөй түзүлөт.

$$
I(u) = \int_0^{t_k} \int_0^{\infty} f^0(a,N,u)\,da\,dt + \int_0^{\infty} f^1(a,N_2,u)\Big|_{t_k} da \qquad (24)
$$

функционалынын төмөнкү чектөөлөр учурунда минималдуу маанисин табуу:

$$
\begin{cases}
\partial_{ta} N = F(N,a,t,u_0), \ 0 < a < \infty, \ 0 < t < t_k \\
N(a,0) = N_0(a), \ 0 \le a < \infty \\
N(0,t) = \int_0^{\infty} B(N(\xi,t),\xi,t,u_i)\,d\xi, \ 0 \le t \le t_k
\end{cases} \qquad (25)
$$

мында $f^0(.), f^1(.), F(.), N_0(.), B(.)$ - берилген аргументтерден жетиштүү жылмакай функциялар, $u = (u_0, u_1), u_0(Q,P,D), u \in U, U$ - жетишээрлик көптүк, б.а. чектелген жана бөлүк- үзгүлтүксүз функциялардын көптүгү

$$
U = \left\{ u : \begin{matrix} 0 \le u(t) \le u_{max} \\ u = u(t).\ к.н. \end{matrix}, u_{max} = \left\{ Q_{max}, P_{max}, D_{max}, \bar{u} \right\} \right\}
$$

жана, мындан тышкары

$N = (N_0, N_1, N_2, N_3), \quad N_i = N_i = (a,t), i = 2,3,$

$F = (Q + F_0, N_1F_1, N_2F_2 - \mu(D)N_2, N_3F_3 - \alpha\mu(D)N_3 + PN_3),$

$B = (b_0(a), b_1(a), B_1(N), B_2(N)),$

жана

$\int_0^{\infty} b_i(a)\,da = 0, \ i = 0,1.$

Өсүмдүктөрдү зыянкечтерден коргоо процессин оптималдуу башкаруунун чыгарылышы үчүн төмөнкү теорема орун алат.

Теорема 5.2.1. *Мейли* $u^* = u^*(t) \in U$ *(24),(25) маселеси оптималдуу башкаруу жана* $f^0(.), f^1(.), F(.), N_0(.), B(.)$ *функциялар болсун жана ар кандай* $u \in U$ *үчүн (25) маселеси жалгыз чыгарылышка ээ болсун. Анда бардык* $u \in U$ *үчүн төмөнкү барабарсыздыктын аткарылышы зарыл*

$$\int_0^{t_k}\int_0^{\infty}\left\{\left[\frac{\partial f^0}{\partial u_0}+\left(\frac{\partial F}{\partial u_0}\right)^*\psi\right](u_0-u_0^*)+\left[\frac{\partial f^0}{\partial u_1}+\left(\frac{\partial F}{\partial u_1}\right)^*\psi\big|_{a=0}\right](u_1-u_1^*)\right\}dadt \geq 0 \qquad (26)$$

Бул жерде $\psi = \psi(a,t)$

$$\begin{cases} (\partial_{ta})^*\psi = -\dfrac{\partial H}{\partial N}, \\ \psi(a,t_k) = -\dfrac{\partial f^1}{\partial N}\Big|_{t_k}, \ \psi(\infty,t) = 0 \end{cases} \qquad (27)$$

түйүндөш системасынын чыларылышы,
мында $H(.) = (F,\phi) + (B,\psi|_{a=0}) - f^0(.)$.

Белгилей кетчү нерсе $(\partial_{ta}) = -(\partial_{ta})^*$.

(24) функционал биздин каалоолор боюнча өсүмдүктөргө келтирилген зыян, же чыгым, же болбосо зыянкечтердин жалпы санын мүнөздөй тургандыгын белгилей кетели.

Бешинчи баптын 3-бөлүмүндө куރактык курамын жана мейкиндик боюнча бөлүштүрүүнү эске алуу менен, коргоо маселелер процессин оптималдаштыруу сунушталат. Маселени оптималдуу башкаруу үчүн минимумдун зарыл шарты алынды.

Ушул баптын **4-бөлүмүндө** үч трофикалык деңгээлдеги биосистемалардын зыянкечтери менен күрөшүүнүн комплекстүү методунун оптималдаштыруу модели каралган.

Биз өсүмдүктөрдү коргоону оптималдаштыруу маселесин төмөнкүдөй жазабыз.

$$I(u) = \int_0^{t_k} f^0(N_1, N_2, N_3, u)dt + \varphi(N_1, N_2, N_3, u) \qquad (28)$$

функционалынын төмөнкү шарттарда минималдуу маанисин табуу:

$$\begin{cases} \dfrac{dN_0}{dt} = Q - F_0(N_0, N_1), \\ \dfrac{dN_1}{dt} = N_1 F_1(N_0, N_1, \tilde{N}_2). \\ \dfrac{dN_2}{dt} = N_2 F_2(N_1, N_2, \tilde{N}_3) - \mu(D)N_2, \\ \dfrac{dN_3}{dt} = N_3 F_3(N_2, N_3) - \alpha\mu(D)N_3 + PN_3, \end{cases} \qquad (29)$$

$$\frac{\partial F_i}{\partial N_i} \le 0, \; \frac{\partial F_i}{\partial N_j} = \begin{cases} \le 0, i < j, i = \overline{0,3} \\ \ge 0, \; i > j, \; j = \overline{0,3} \end{cases}, \tag{30}$$

$$F_i(\cdot) \ge 0, \; \varphi(\cdot) \ge 0, \; f^0(\cdot) \ge 0,$$

5.4 бөлүмүнүн башкы натыйжаларынын бири төмөнкүдөй.

Теорема 5.4.1. М*ейли (30) шарттары жана*

$$f^0(\cdot) = CN_2 + C_P PN_3 + C_D D + Q,$$

$$\varphi(\cdot) = CN_2 \; + C_P PN_3 + C_D D + Q,$$

орун алсын, анда (28), (29) маселесин оптималдуу башкаруу төмөнкү катыштар менен мүнөздөлөт:

$$\begin{cases} Q^* = \begin{cases} Q_{max}, \psi_0 > 1 \\ 0, \; \psi_0 < 1 \end{cases}, \quad P^* = \begin{cases} P_{max}, \; \psi_3 > C_P \\ 0, \; \psi_3 < C_P \end{cases}, \\ D^* = \begin{cases} D_{max}, \; C_D + \psi_2 N_2 + \alpha\psi_3 N_3 < 0 \\ 0, C_D + \psi_2 N_2 + \alpha\psi_3 N_3 > 0, \; \mu(D) \equiv D \\ -\mu_0 + \sqrt{-\frac{\mu_0\mu_1}{C_D}\left(+\psi_2 N_2 + \alpha\psi_3 N_3\right)}, \; \psi_2 N_2 + \alpha\psi_3 N_3 < 0, \mu(D) = \frac{\mu_1 D}{\mu_0 + D}, \end{cases} \end{cases} \tag{31}$$

мында $\mu_0, \mu_1, Q_{max}, P_{max}, C, C_P, C_D$ – *берилген оң сандар, (* C, C_P, C_D – *тиешелүү түрдө зыянкечтердин биомассасынын бирдигинин наркы, биологиялык жана химиялык күрөшүү методдорунун чыгымдары),* $\psi_i = \psi_i(t)$ – *(27) ге тутумдаш маселенин чыгарылышы i=0,1,2,3.*

Теорема 5.4.2. *Мейли* $N^* = \left(N_0^*, N_1^*, N_2^*, N_3^*\right)$ – *(29)системасынын стационардык чыгарылышы болсун, анда (29) маселесинин жакындаштырылган чыгарылышын төмөнкүчө жазсак болот*

$$N(t) \approx N^* + \left(N^0 - N^*\right)\sum_{i=0}^{3} \frac{e^{A \cdot t}}{\prod_{i \ne j}\left(\lambda_j - \lambda_i\right)} \prod_{i \ne j}\left(A_0 - \lambda_i I\right), \tag{32}$$

мында λ_i – $A_0 = \left(a_{ij}\right), \; i = \overline{0,3}; \; j = \overline{0,3}, \; N^0 = N(0)$*.матрицасынын өздүк маанилер.*

Чекиттик моделдер үчүн өсүмдүктөрдү коргоону оптималдаштыруу маселесинин чыгарылышы удаалаш жакындаштыруу методу менен берилет.

Бешинчи баптын 5-бөлүмүндө эркин $V(.)$ трофикалык функциясы менен агроценоз өсүмдүктөрүн коргоо процессинин зыяндуу курт-кумурскалар жана пайдалуу курт-кумурскалар (жырткыч, мите) жашоосунун оптималдаштыруу математикалык модели төмөнкү түрдө каралат:

$$\begin{cases} \frac{dN_2}{dt} = k_1\alpha_1(N_1)N_2 - V_2(N_2)N_3 - m_2N_2 - \mu(D)N_2 \\ \frac{dN_3}{dt} = k_2V_2(N_2)N_3 - \varepsilon N_3{}^2 - m_3N_3 - \alpha\mu(D)N_3 + PN_3, \end{cases} \tag{33}$$

Оптималдуу башкаруу теориясынын негизинде пахта биоценозунун моделдик экосистемалары үчүн зыянкечтер менен күрөшүү методдорунун параметрлерин аныктоого мүмкүндүк берген катыштар алынды.

Эгер зыянкечтердин саны чектүү маанисинен жогору болсо, ал эми жырткычтардын, мителердин саны аз же алардын тиешелүү түрдө чектүү маанисине барабар болсо, анда биологиялык ыкманы колдонуу керектиги, ал эми жырткычтардын, мителердин саны чектүү мааниден көп болгон учурда химиялык ыкманы колдонуу эффективдүү болоору белгилүү.

Алтынчы бапта курт-кумурскалардын убакыт-курактык курамын эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоонун интегро-дифференциалдык маселесинин чыгаруунун сандык методу изилденет жана компьютердик эксперименттердин жыйынтыктары келтирилген.

1-бөлүмдө курт-кумурскалардын убакыт-курактык курамын эске алып өсүмдүктөрдү коргоонун интегро-дифференциалдык маселесин айырмалап аппроксимациялоо келтирилген. $V(N)$ трофикалык моделдер классында (14) интегро-дифференциалдык маселесин карайбыз. $\tilde{N}_i = \int_{\bar{\alpha}_i}^{\bar{\bar{\alpha}}_i} N_i(a,t)da, \quad i = 2,3.$

$N_i(0,t) = \int_{\alpha_i}^{\beta_i} B_i(\xi)N_i(\xi,t)d\xi, \ i = 2,3.$ $\quad t = a + \tau, M_i(a,\tau) = N_i(a, a+\tau), \ i = 2,3$

функцияларын киргизебиз жана (14) маселесин төмөнкүчө жазабыз

$$\begin{cases} \dfrac{dN_0}{dt} = Q - \alpha_0 N_0 N_1, \\ \dfrac{dN_1}{dt} = k_0 V_0(N_0)N_1 - V_1(N_1)\tilde{N}_2 - m_1 N_1, \\ \dfrac{\partial M_2}{\partial a} = k_1 V_1(N_1)M_2 - V_2(M_2)\tilde{M}_3 - m_2 M_2, \\ \dfrac{\partial M_3}{\partial a} = k_2 V_2(M_2)M_3 - \varepsilon M_3^2 - m_3 M_3. \end{cases} \qquad (34)$$

мында $V_i -$ трофикалык функциялар $i = 1,2$, $B_2(a), B_3(a) -$ пайдалуу жана зыянкеч курт-кумурскалардын туулуу коэффициенти $k_i, m_i, \alpha_i, \beta_i, \bar{\alpha}_i, \bar{\bar{\alpha}}_i, \varepsilon -$ терс эмес берилген константалар.

(34) маселесинин чыгарылышы төмөнкү катыштар аркылуу чагылдырылаарын оңой көрүүгө болот:

$$\begin{cases} N_0(t) = N_0(0)exp\left(-\alpha_0 \int_0^t N_1(\xi)d\xi\right) + exp\left(-\alpha_0 \int_0^t N_1(\xi)d\xi\right) Q \int_0^t exp\left(-\alpha_0 \int_\tau^t N_1(\xi)d\xi\right)d\tau, \\ N_1(t) = N_1(0)exp\left(k_0 \int_0^t V_0(N_0(\xi))d\xi - \int_0^t \dfrac{V_1(N_1(\xi))N_2(\xi)d\xi}{N_1(\xi)} - m_1 t\right), \\ M_2(a,\tau) = M_2(0,\tau)exp\left(k_1 \int_0^a V_1(N_1(\xi+\tau))d\xi - \int_0^a \dfrac{V_2(M_2)\tilde{M}_3 d\xi}{M_2(\xi,\tau)} - m_2 a\right), \\ M_3(a,\tau) = \dfrac{M_3(0,\tau)exp\left(k_2 \int_0^a V_2(M_2(\xi, \xi+\tau))d\xi - m_3 a\right)}{1 + \varepsilon M_3(0,\tau) \int_0^a e^{k_2 \int_0^\xi V_2 d\xi - m_3 \xi} d\xi}. \end{cases} \qquad (35)$$

Ошентип, белгисиз функцияларды аныктоо үчүн төмөнкү интегралдык теңдемелер системасын алабыз:

$$\begin{cases} N_0(t) = N_0(0)exp(-\alpha_0\int\limits_0^t N_1(\xi)d\xi) + \int\limits_0^t Q(\xi)exp(-\alpha_0\int\limits_\tau^t N_1(\xi)d\xi)d\tau, \\ N_1(t) = N_1(0)exp(k_0\int\limits_0^t V_0(N_0(\xi))d\xi - \int\limits_0^t \dfrac{V_1(N_1(\xi))\int\limits_{\bar{a}_3}^{\bar{\bar{a}}_3} N_2(\xi, t+\xi-a)d\xi}{N_1(\xi)}d\xi - m_1 t), \\ M_2(a,t) = \int\limits_{\alpha_2}^{\beta_2} B_2(\xi)N_2(\xi,t)d\xi\, exp(k_1\int\limits_0^a V_1(N_1(\xi+t-a))d\xi - m_2 a - \\ -\int\limits_0^a \dfrac{V_2(M_2(\xi,\xi+t-a))\int\limits_{\bar{a}_3}^{\bar{\bar{a}}_3} N_3(\eta,t-a+\xi)d\eta}{M_2(\xi,t+a-\xi)}d\xi), \\ M_3(a,t) = \dfrac{\int\limits_{\alpha_3}^{\beta_3} B_3(\xi)N_3(\xi,t)d\xi\, exp(k_2\int\limits_0^a V_2(N_2(\xi,t-a+\xi))d\xi - m_3 a)}{1+\varepsilon\int\limits_{\alpha_3}^{\beta_3} B_3(\xi)N_3(\xi,t)d\xi\int\limits_0^a exp(k_2\int\limits_0^\xi V_2(m_2(\eta,t-a+\eta))d\eta - m_3)d\xi}. \end{cases} \quad (36)$$

(36) формуласында $V_i(\cdot)$трофикалык функциялар жетишээрлик каалагандай болуп эсептелет.

Алтынчы баптын **2-бөлүмү** өсүмдүктөрдү коргоонун моделдик маселесинин өз ара аракеттенүүсүнүн белгисиз коэффициенттерин аныктоого арналган.

$$\begin{cases} \dfrac{\partial N}{\partial t} + \dfrac{\partial N}{\partial a} = b_i N_i + \sum\limits_{j=1}^m A_{ij}N_i N_j, \quad i=1,...,m, \ 0<a<a_k, 0<t\le t_k \\ N(a,0) = N_0(a), 0\le a\le a_{max}, \\ N(a,0) = \int\limits_0^{a_{max}} B(N(\xi,t),\xi,t)d\xi, 0\le t\le t_k \end{cases} \quad (37)$$

мында $B(\cdot)-$ туулуунун вектор функциясы, $N=(N_1,...,N_m), \ N_i = N_i(a,t)$ $t, i=\overline{1,m}.$ убактагы *а* курактагы *i*-түрдүн саны, $b_i A_{ij} -$ популяциялардын биологиялык параметрлери жана t_j убактагы экосистеманын түрлөрүнүн санынын абалына байкоо белгилүү:

$N_{ijk} = N_i(a_k,t_j)+\xi_{ijk}, i=\overline{1,m}. \ j=\overline{1,n_0}, k=\overline{1,k_0}$, N_{ijk} - байкоонун жыйынтыктары, $\xi_{ijk} -$ байкоонун катасы,

$$M[\xi_{ijk}]=0, \ M[\overline{\xi_{jk}}, \overline{\xi_{jk}}] = \Lambda(a_k, t_j)$$

шарттарын канааттандырат, М- математикалык күтүүнүн символу, Λ-ката векторунун дисперсиондук матрицасы. Ошондой эле b_i коэффициенттери жана B_i туулуу функциясы берилген деп болжойбуз. Элементтери A_{ij} болгон өз ара аракеттенүүнүн *А* матрицасын табуу талап кылынат. Бул маселени чыгаруу үчүн

$$I(A)=\sum_{k,j=1}^{k_0,n_0}P_{jk}\sum_{j=1}^{m}\left[N_{ijk}-N_i(a_k,t_j,A)\right]^2, \qquad (38)$$

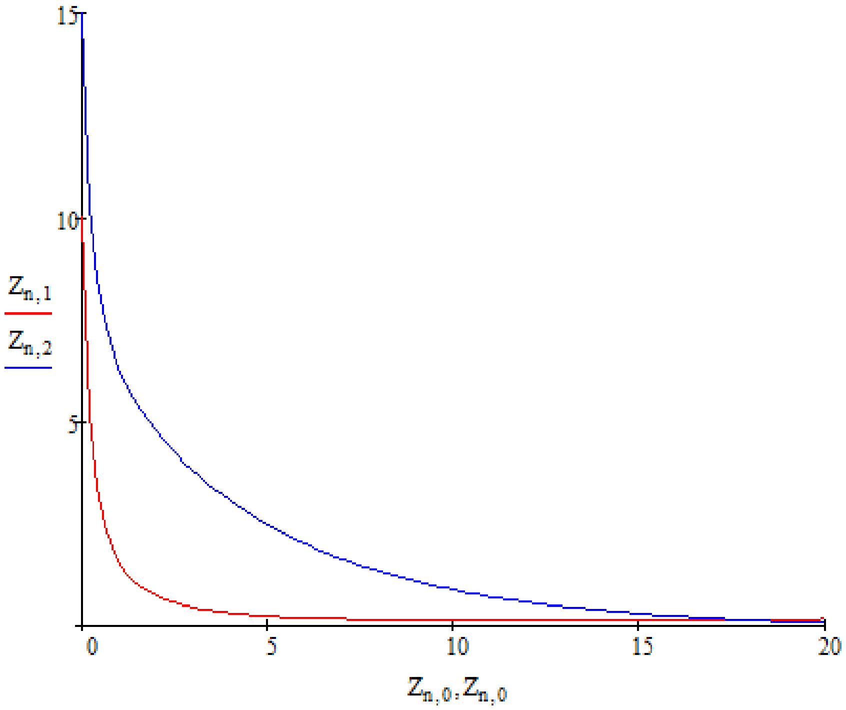
функционалын карайбыз, мында P_{jk} – салмак коэффициенттери, жана $\sum_{k,j}P_{jk}=1,\ P_{jk}\geq 0,\ N_i(a_k,t_j,A)$ – (37) маселесинин $(a_k,t_j),\ k=\overline{1,k_0},\ j=\overline{1,n_0}$. чекитиндеги чыгарылышы.

(38) функционалын минимизациялоону градиенттик түшүрүү методу менен жүргүзөбүз.

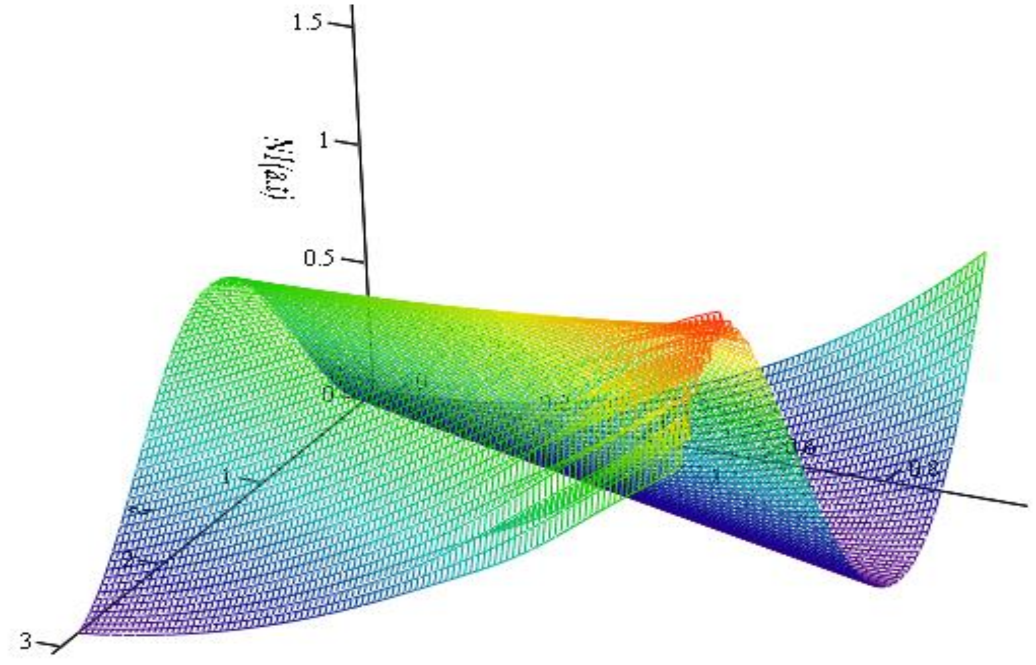
Мисал. "Желелик кене- кене жегич трипс» системасын карап көрөлү.

$$\begin{cases} D_{ta}N_1=b_1N_1-\alpha N_1N_2-\varepsilon_1N_1^2 \\ D_{ta}N_2=-b_2N_2+k\alpha N_1N_2-\varepsilon_2N_1^2 \\ N_i(a,0)=N_i^0(a),\ N_i(0,t)=\int_0^{a_{max}}B_i(a)N_i(a,t)da \end{cases} \qquad (39)$$

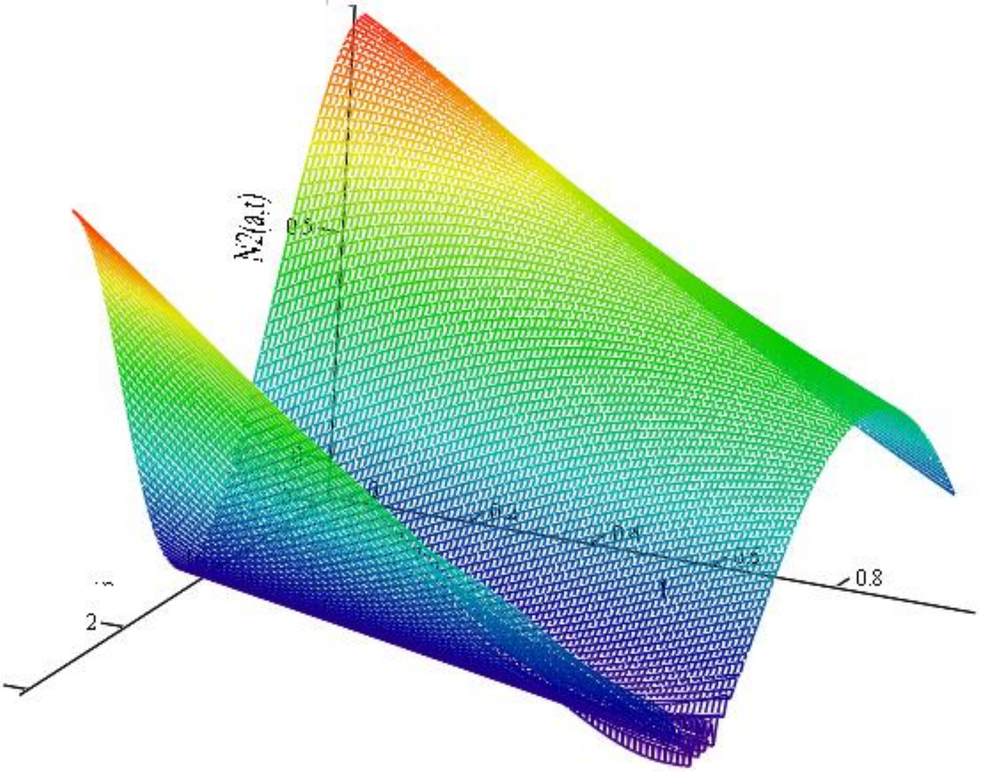
мында N_1- желелик кененин саны, ал эми N_2– кене жегич трипстердин саны, $b_1, b_2, \alpha, k, \varepsilon_i$ – алардын биологиялык параметрлери, N_i^0 –баштапкы саны, $B_i(a)$ – тиешелүү түрдө желелик кененин жана кене жегич трипстин туулуу коэффициенттери.



1-сүрөт. а) «Желелик кене- кене жегич трипс» системасы үчүн эсептөө эксперименттердин жыйынтыктары ($Z_{n,1}$, $Z_{n,2}$-тиешелүү түрдө)



1-сүрөт. б). “Желелик кене- кене жегич трипс” системасынын фазалык портрети ($Z_{n,1}, Z_{n,2}$ – тиешелүү түрдө).



1-сүрөт. в) “Желелик кене- кене жегич трипс” системасынын фазалык портрети ($Z_{n,1}, Z_{n,2}$ – тиешелүү түрдө).

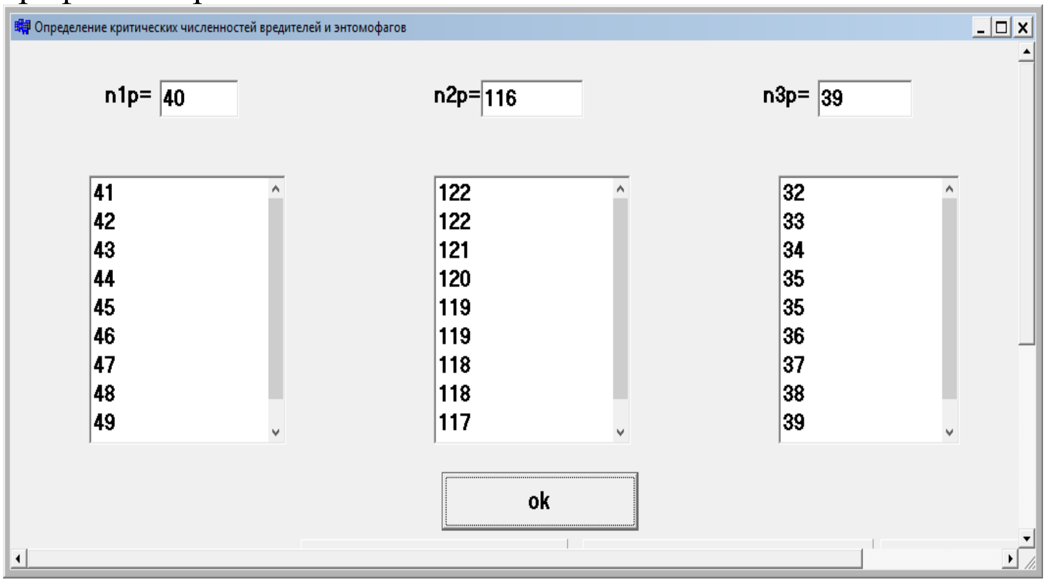
Алтынчы баптын **3 бөлүмү** пахта талааларынын агроэкосистемасынын эсептөө үлгүлөрүн түзүү суроолоруна жана компьютердик эксперименттердин жыйынтыктарына арналган. Бул эсептөө модели программалардын комплексин түрүндө курулган. Программа пакети төрт негизги блоктон турат:

1. Мүмкүн болгон түшүмдү сактоо шарты менен өсүмдүктөрдү коргоо маселесин чыгаруу;
2. Зыянкечтердин жана энтомофагдардын сын санын аныктоо;
3. "Жырткыч-жем" түрүнө ылайык курт-кумурскалардын өнүгүү динамикасы;
4. Зыянкечтерине каршы күрөшүүнүн оптималдуу методдорун аныктоо.

Алтынчы баптын **4-бөлүмүндө** илимий изилдөөлөрдү жүргүзүү учурунда автор тарабынан иштелип чыккан эркин трофикалык функциялары менен өсүмдүктөрдү коргоо процессин чыгарууга көйгөй-багытталган программалардын жыйындысынын жыйынтыктары келтирилет. Компьютердик программалардын жыйындысы илимий, инженердик, математикалык жана компьютердик аймактарда кеңири колдонулуучу Visual C # жана C ++ программалоо тилдеринде иштелип чыккан жана Тажик Республикасынын Маданият министрлигинин авторлордун укугун коргоо бөлүмүндө каттоодон өткөн.

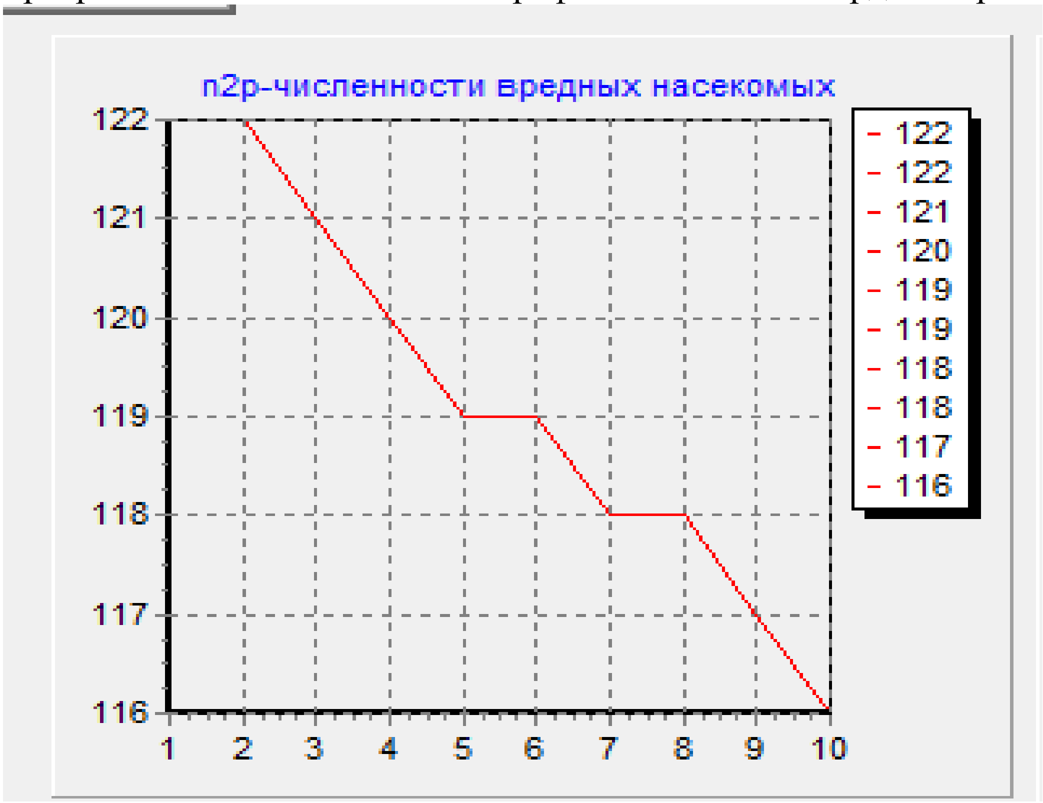
"Зыянкечтердин жана энтомофагдардын сын санын аныктоо (КРИТИ)" программасы.

Бул компьютердик программа агпоценоздон алынуу керек болгон пахтанын түшүмү берилген учурда зыянкечтердин жана энтомофагдардын босого маанисин эсептөөгө арналган. Программа C ++ программалоо тилинде иштелип чыккан. Программанын натыйжаларын таблица түрүндө жана график катары алса болот.

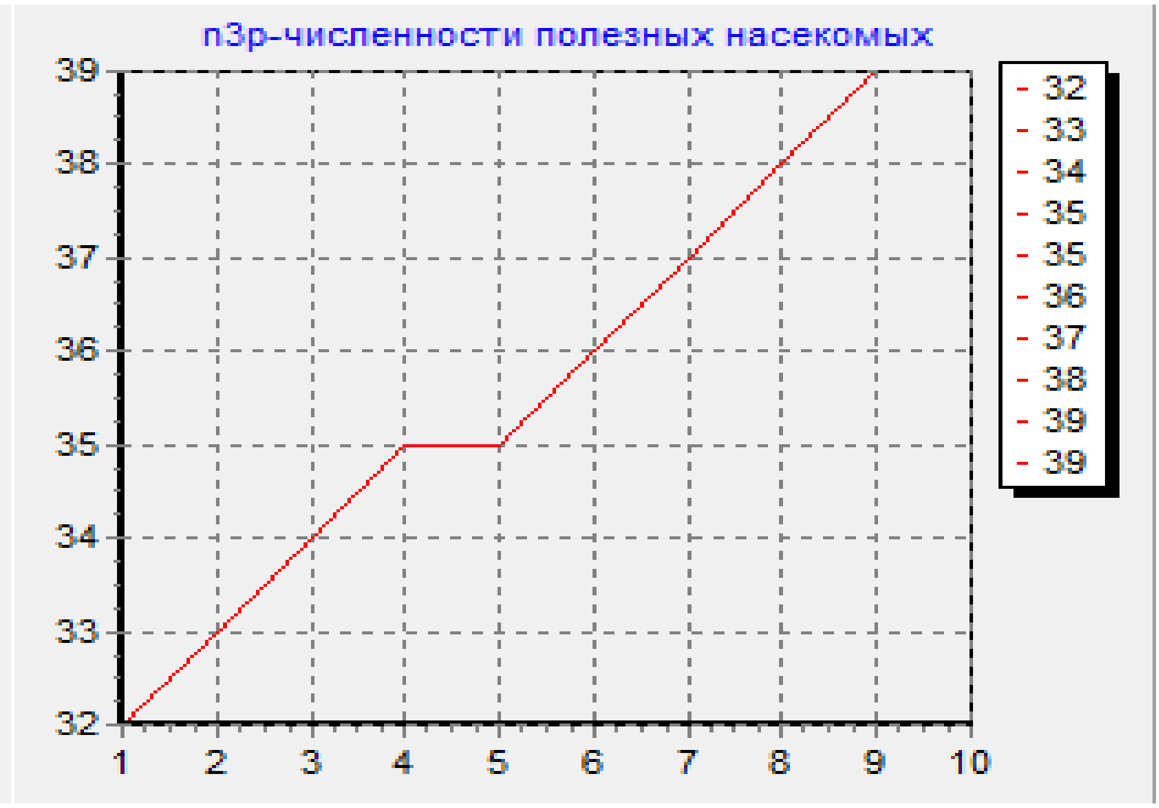


2-сүрөт. "Зыянкечтердин жана энтомофагдардын сын санын аныктоо" программасы боюнча алынган натыйжалардын скриншоту

3-сүрөт. "Зыянкечтердин жана энтомофагдардын сын санын аныктоо" программасы боюнча алынган графиктик натыйжалардын скриншоту



4-сүрөт. "Зыянкечтердин жана энтомофагдардын сын санын аныктоо" программасы боюнча алынган графиктик натыйжалардын скриншоту



5-сүрөт. "Зыянкечтердин жана энтомофагдардын сын санын аныктоо" программасы боюнча алынган графиктик натыйжалардын скриншоту

Мисал. Мейли кандайдыр бир талаадан түшүмдү $N_1^P = 45$ шарттуу бирдик жана Q=5500 шарттуу бирдик, $k_0 = 0.9, k_1 = 0.8, m_1 = m_2 = 0.02, \alpha_1 = \alpha_2 = 1,$ кем эмес сактап калалы, анда $N_2^P, и\ N_3^P$ чоңдуктарын $N_2^p = \frac{k_0 Q}{\alpha_1 N_1^p} - \frac{m_1}{\alpha_1},$ $N_3^p = \frac{k_1 \alpha_1}{\alpha_2} N_1^p - \frac{m_2}{\alpha_2}.$ формулалары аркылуу аныктайбыз.

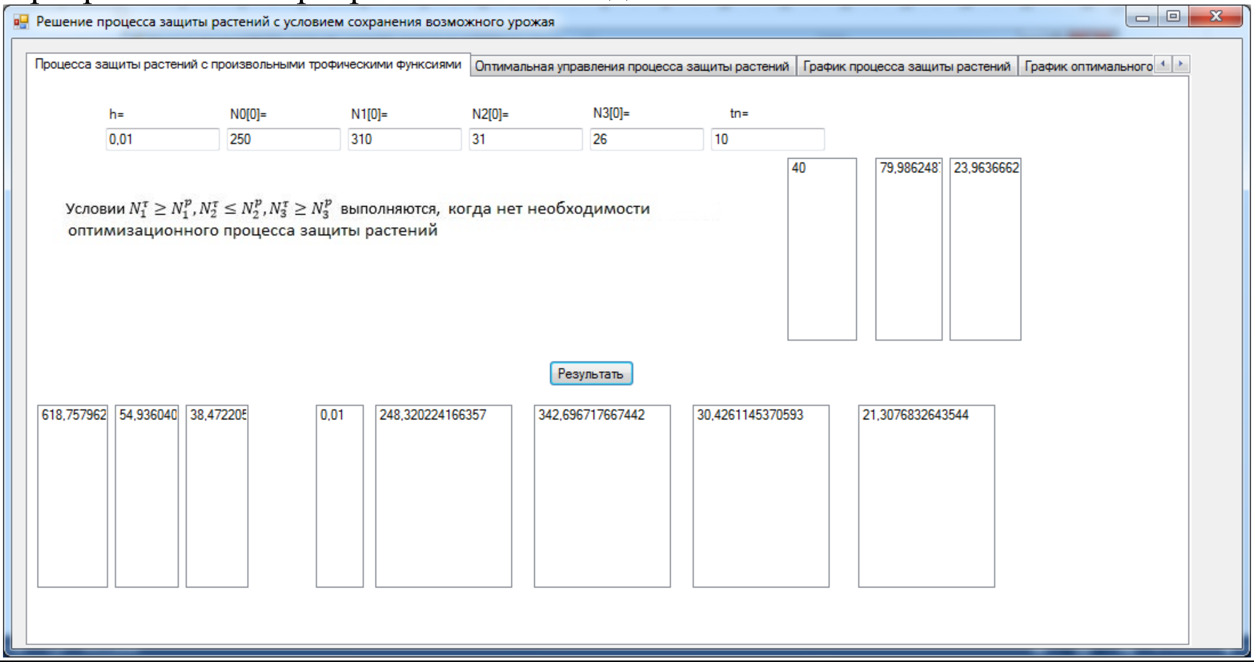
Мындан $N_2^P \approx 110, N_3^P \approx 36$. Демек, бул чыккан сандар үчүн, 45 шарттуу бирдиктен кем эмес түшүм алуу үчүн, зыянкечтердин саны 110 бирдиктен ашпоосу керек, ал эми пайдалуу курт-кумурскалардын саны 36 бирдиктен кем эмес болуусу керек. Агроценоздогу энтомафагдар менен зыянкеч курт-кумурсалардын санынын ортосундагы мындай катышта зыянкечтерге каршы химиялык каражаттарды колдонуунун зарылдыгы жок абал жаралат. Алынган жыйынтыктар Таджик Республикасынын илимдер академиясынын зоология жана паразитология институтунун кызматкерлеринин эмпирикалык шкаласына сапаттуу түрдө дал келээрин белгилей кетүү керек.

«Мүмкүн болгон түшүмдү сактап калуу шарты менен өсүмдүктөрдү коргоо маселесин чыгаруу» (ШАРТТАР) программасы.

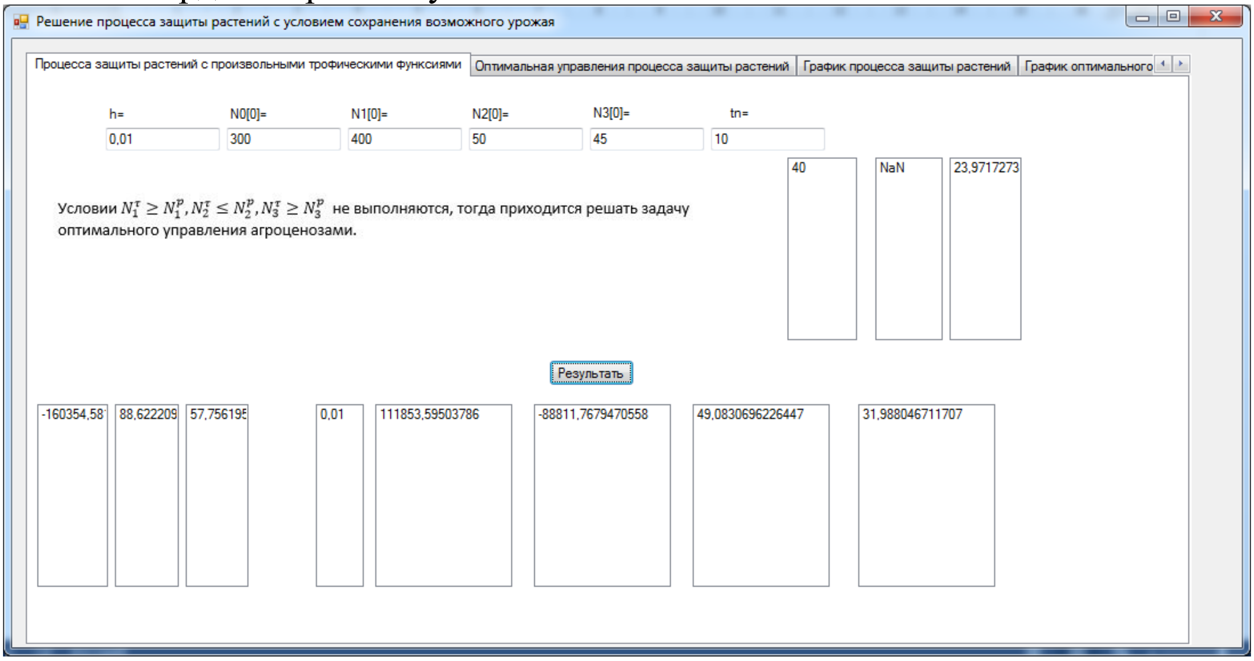
Компьютердик программа $N_1 \geq N_1^p,$ – өсүмдүктөрдүн пландалган деңгээли шарты менен өсүмдүктөрдү коргоо маселесин чыгаруу үчүн арналган. Эгерде $N_1 \geq N_1^p$,жана $\tilde{N}_2 \leq N_2^p,\ \tilde{N}_3 \geq N_3^p$ барабарсыздыктары аткарылбаса, анда өсүмдүктөрдү коргоо маселеси чыгарылышка ээ эмес. Бул учурда өсүмдүктөрдү зыянкечтерден коргоо процессинин оптимизациялоо маселесин чыгарууга туура келет. Бул айыл чарба өсүмдүктөрүн коргоо үчүн

агроценоздун зыянкечтерине каршы коргоонун комплекстүү ыкмалары (агротехникалык, химиялык жана биологиялык чаралардын комплекси) колдонулат дегенди билдирет.

Программа С ++ программалоо тилинде иштелип чыккан.



6-сүрөт. «Мүмкүн болгон түшүмдү сактап калуу шарты менен өсүмдүктөрдү коргоо маселесин чыгаруу» (ШАРТТАР) программасы боюнча алынган натыйжалардын скриншоту.



7-сүрөт. «Мүмкүн болгон түшүмдү сактап калуу шарты менен өсүмдүктөрдү коргоо маселесин чыгаруу» (ШАРТТАР) программасы боюнча алынган натыйжалардын скриншоту.

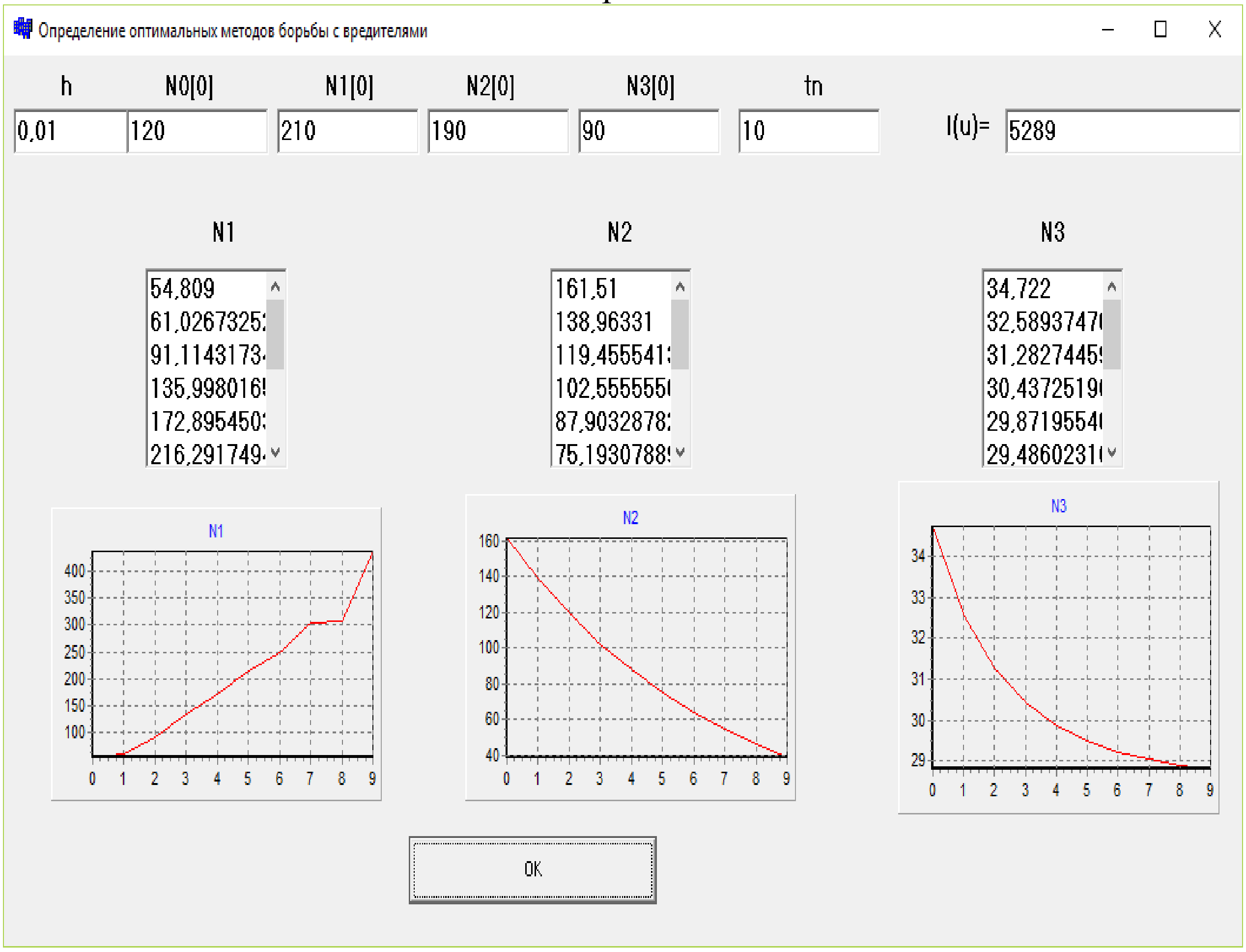
«Зыянкечтер менен күрөшүүнүн оптималдык ыкмаларын аныктоо (ОПТИМАЛ)» программасы.

Компьютердик программа пахтаны зыянкечтерден коргоо процессинин оптималдык ыкмаларын аныктоого, ошондой эле оптималдуу коргоонун

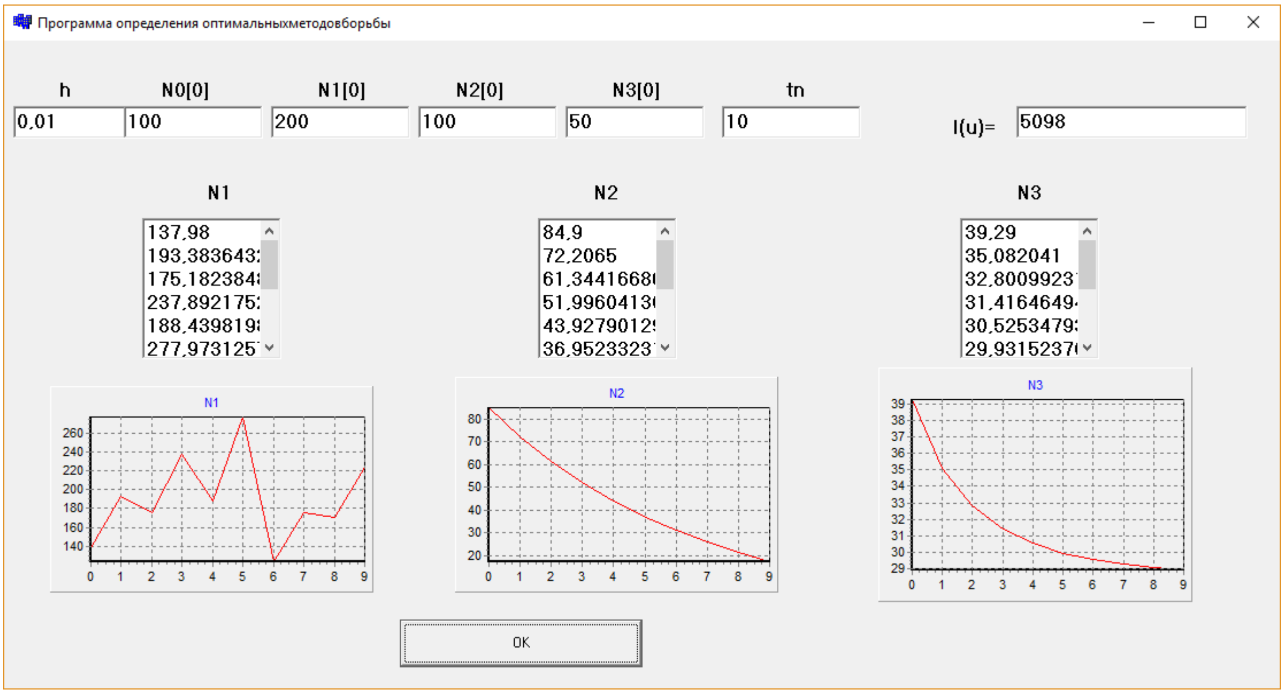
параметрлерин (агроценозго сырттан энтомофагдардын келүү ылдамдыгын жана пестициддердин дозасын) эсептөөгө арналган.

Агроценоздо пахтаны зыянкечтерден коргоо боюнча ыкмалар аныкталат, оптималдуу биологиялык коргоо; оптималдуу химиялык коргоо; агроценозго кошулуучу өсүмдүктөрдү жана энтомофагдарды оптималдуу бирге пайдалануу. Программа клавиатура аркылуу киргизилүүчү берилиштер менен да, жана мурунку КРИТИ программасынан алынган берилиштер менен да иштей алат. Программа C ++ программалоо тилинде иштелип чыккан. Программанын натыйжаларын таблица түрүндө жана график катары алса болот. «Зыянкечтер менен күрөшүүнүн оптималдык ыкмаларын аныктоо» программасы аркылуу алынган жыйынтыктар жана скриншоттор 8, 9 – сүрөттөрдө көрсөтүлгөн.

1-Вариант.

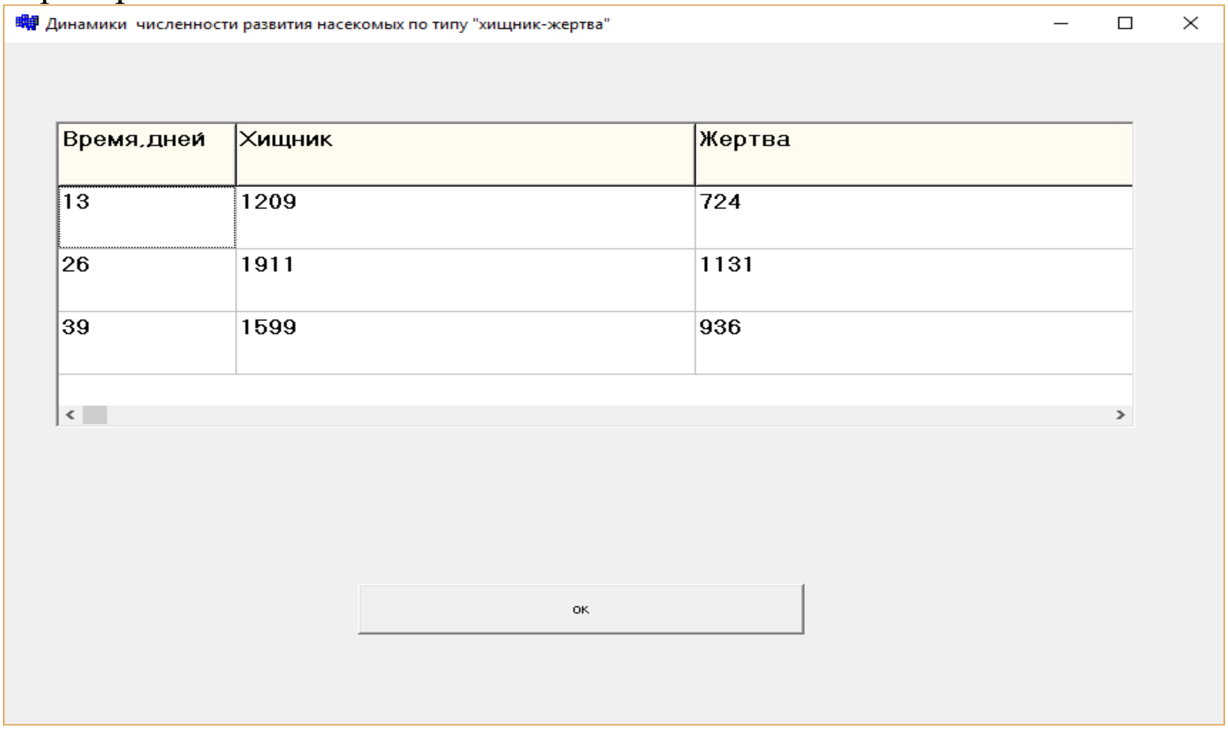


8-сүрөт. «Зыянкечтер менен күрөшүүнүн оптималдык ыкмаларын аныктоо» программасы аркылуу алынган жыйынтыктардын скриншоту



9-сүрөт. «Зыянкечтер менен күрөшүүнүн оптималдык ыкмаларын аныктоо» программасы аркылуу алынган жыйынтыктардын скриншоту

«"Жырткыч-жем" түрүнө ылайык курт-кумурскалардын өнүгүү динамикасы» программасы аркылуу алынган жыйынтыктардын скриншоту 10-сүрөттө көрсөтүлгөн.



Время,дней	Хищник	Жертва
13	1209	724
26	1911	1131
39	1599	936

10-сүрөт. «"Жырткыч-жем" түрүнө ылайык курт-кумурскалардын өнүгүү динамикасы»программасы аркылуу алынган жыйынтыктардын скриншоту.

1-тиркемеде автор тарабынан иштелип чыккан айрым программалардын эсептөөлөрү, программалардын листинги жана сүрөттөөлөрү келтирилген. **2-тиркемеде** ЭЭМ үчүн программаларды каттоо жөнүндө күбөлүк (Тажикстан Республикасынын Маданият министрлиги) келтирилген. **3-тиркемеде** ишке ашыруу үчүн актылар келтирилген.

НЕГИЗГИ ЖЫЙЫНТЫКТАР ЖАНА КОРУТУНДУЛАР

Диссертациялыук иштин натыйжалары айыл чарба өсүмдүктөрүн зыянкечтерден коргоо процессин программалоо жана математикалык моделдөө сапатын жогорулатуу менен байланышкан актуалдуу көйгөлөрдү жаңы чыгаруу болуп саналат. Изилдөөлөрдүн негизинде төмөнкүдөй жыйынтыктарды жана корутундуларды айтууга болот:

1. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен убакыт, курак түзүмү жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо процессинин математикалык моделдеринин комплекси изилденди;

2. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен "жырткыч-жем" түрүндөгү биологиялык системаларда чекиттик үлгүлөр үчүн өсүмдүктөрдү коргоо маселесин сунуш кылынды. Өсүмдүктөрдү коргоо маселелеринин чыгарылышынын жашашынын зарыл жана жетиштүү шарттары алынды.

3. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен убакыт, курак түзүмү жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоонун дифференциалдык маселесинин сызыктуу эмес системаларынын чыгарылышы негизделди жана сунушталды. Өсүмдүктөрдү коргоо маселелеринин чыгарылышынын жашашынын зарыл жана жетиштүү шарттары жөнүндө теоремалар далилденди.

4. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен убакыт, курак түзүмү жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоону оптималдаштыруу маселеси изилденди. Оптималдуу башкаруу теориясынын методдорунун негизинде пахта агроценоз моделдик биосистемасы үчүн зыянкечтер менен күрөшүүнүн параметрлерин аныктоого мүмкүндүк берген катыштар алынды. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен убакыт, курак түзүмү жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо моделдик биосистеманы оптималдуу башкаруу маселеси үчүн минимумдун зарыл шарты алынды.

5. Эркин трофикалык $V(\cdot)$ функциялар менен убакыт, курак түзүмү жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоонун интегро-дифференциалдык маселесин чыгаруунун сандык методу негизделди жана сунушталды. Өсүмдүктөрдү коргоо процессин айырмалап аппроксимациалоо суроолору каралган. Эң кичине квадраттар методуна негизделген өсүмдүктөрдү коргоо маселесиде белгисиз параметрлерди аныктоо алгоритми да келтирилген.

6. Эркин трофикалык функциялар учурунда убакыт, курак түзүмү жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо процессин башкарууга багытталган программалар комплекси түзүлдү, программалар Тажик Республикасынын Маданият министрлигинде катталган (илимий, адабий жана көркөм чыгармаларды каттоо жөнүндө Күбөлүк) жана: «Мүмкүн болгон түшүмдү сактап калуу шарты менен өсүмдүктөрдү коргоо маселесин чыгаруу», «Зыянкечтердин жана энтомофагдардын сын санын аныктоо», «"Жырткыч-жем" түрүнө ылайык курт-кумурскалардын өнүгүү

динамикасы», «Зыянкечтер менен күрөшүүнүн оптималдык ыкмаларын аныктоо» программалардан турат.

ПРАКТИКАГА СУНУШТАР

Тажикстан Республикасында акыркы жылдары пахтаны зыянкечтерден жана өсүмдүктөрдүн ооруларынан комплекстүү коргоонун кээ бир элементтери колдонулат. Өсүмдүктөрдү коргоо областындагы илимпоздор жана эксперттер тарабынан республикадагы көп пахта чарбаларда айыл чарба зыянкечтерине каршы күрөшүүнүн бирдиктүү ыкмасы ишке ашырылат. Өзгөчө көңүл күрөштүн химиялык ыкмасына бөлүнөт. Бул пахта чарбаларда энтомофагдардын эффективдүүлүгүнүн деңгээлине жараша тигил же бул зыянкечтин зыяндуулук ченеми жана эсебинин негизинде агроценоз зыянкечтерине каршы күрөшүү боюнча химиялык ыкма колдонулат. Пайдалуу курт-кумурскалардын (энтомофагдардын) эффективдүүлүк деңгээли жана зыянкечтердин зыяндуулугунун ченеми математикалык формулалар аркылуу сүрөттөлүүчү комплекстүү методдун параметрлери болуп саналат.

1. Диссертациялык иште убакыт-жаш курак жана мейкиндикте таралуусу эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо процессинин математикалык моделдерин чыгаруу үчүн биологиялык процесстердин математикалык моделдери жана алар менен байланышкан дифференциалдык тендемелердин изилдөөдөгү акыркы жетишкендиктер колдонулган. Математикалык жана копьютердик методдордун жардамы менен эркин трофикалык $v(\cdot)$ функциялар менен өсүмдөктөрдү коргоо маселесинин чыгарылыштары табылды. Диссертациялык иште каралган математикалык моделдер кадимки дифференциалдык теңдемелердин сызыктуу эмес системасын билдирет.
2. Жогорку түшүм алуу максатында айыл чарба өсүмдүктөрүн зыянкечтерден коргоону божомолдоо жана башкаруу менен байланышкан эсептөө иштерин жүзөгө ашыруучу математикалык жана компьютердик моделдер иштелип чыкты жана Таджик Республикасынын Хатлон областындагы дыйкан чарбаларынын айыл чарба агроэко системасынын (пахта, күрүч, буудай, ж.б.) мисалында ишке ашырылды.
3. Сандык эсептөөлөрдүн жыйынтыктары пахта агроценозу үчүн курт-кумурскалардын санынын сын маанисин аныктоо чоң практикалык мааниге ээ экендигин көргөзөт. Бул учурда, эгер зыянкеч курт-кумурскалардын саныны босого деңгээлден өтпөсө, ал эми энтомофагдардын саны эффективдүү деңгээлден аз эмес болсо, анда агроценоздогу пайдалуу жана зыянкеч курт-кумурсалардын санынын ортосундагы мындай катышта зыянкечтерге каршы химиялык каражаттарды колдонуунун зарылдыгы жок абал жаралат. Алынган сандык эксперименттерди талдоодо иштелип чыккан методиканы божомолдоо жана пландоо маселелерин чыгаруу үчүн, белгилүү бир популяциялар, биологиялык жамааттар жана экологиялык системалар үчүн табигый эксперименттерди жүргүзүүгө колдонууга болоору келип чыкты.

4. Бул иште алынган жыйынтыктардын негизинде пахта агроценозунун экологиялык маалыматтарын кайра иштеп чыгуу үчүн эркин трофикалык функцияларда убакыт, жаш курак жана мейкиндикте таралуусу эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо маселесин чыгарууга багытталган программалар комплексин түзүү керектүү практикалык мааниге ээ. Эсептөө эксперименттердин натыйжалары Тажикстандын айыл чарба илимдер академиясынын Жер иштетүү институтунун кызматкерлерине андан ары иш жүзүндө пайдалануу үчүн сунуш кылынган.

5. "Колдонмо математика" жана " информатика" багыттарында студенттер жана магистрлер үчүн "Биологиялык системаларда математикалык моделдөө" сабагы боюнча маселелерди чыгарууда окуу-билим жана практикалык көндүмдөрүн калыптандыруу үчүн зарыл болгон, математикалык жана компьютер моделдерин пайдалануу менен биология көйгөйлөрүн чыгарууда окутуунун технологиялары сунушталды.

6. Эркин трофикалык функцияларда убакыт, жаш курак жана мейкиндикте таралуусу эске алынган өсүмдүктөрдү коргоо процессинин кең класстагы корректүү математикалык моделдери түзүлдү. Коргоонун оптимизациялык маселеси коюлду жана чыгарылды. Өсүмдүктөрдү коргоо процессинин убакыттык, курактык жана мейкиндикте бөлүштүрүүсү изилденди жана өсүмдүктөрдү айыл чарба өсүмдүктөрүнүн зыянкечтеринен коргоо маселесинин математикалык моделдерин иштеп чыгуу үчүн зарыл болгон курт-кумурскалар санын аныктоо үчүн бир катар формулалар алынды.

Жыйынтыктап жатып, илимий кеңешчим профессор М.К.Юнусиге дайыма ишиме назар салганы үчүн терең ыраазычылык билдирем.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные монографии

1. **Одинаев, Р.Н.** Исследование математической модели задачи защиты растений [Текст]: моногр. / Р.Н. Одинаев, М. Юнуси. – Душанбе: Изд-во ООО «Сармад-Компания », 2013. – 110 с.

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах

2. **Одинаев, Р.Н.** Задача защити растений для точечных моделей и при произвольных трофических функциях [Текст] / Р.Н. Одинаев // Вестн. Тадж. нац. ун-т. – 2012. – № 1/3 (85). – С. 28-36.

3. **Одинаев, Р.Н.** Исследование системы типа «Полезные насекомые вредные насекомые» с учетом возрастного состава и пространственного распределения [Текст] / Р. Одинаев, М. Юнуси // Вестн. Тадж. техн. ун-та. – 2012. – № 1 (17). – С. 26-32.

4. **Одинаев, Р.Н.** Исследование математической модели задачи защиты растений в стационарном случае [Текст] / Р. Одинаев // Вестн. Тадж. нац. ун-т. – 2013. – №1/3 (110). – С. 7-11.

5. **Одинаев, Р.Н.** Исследование математической модели задачи защиты растений в нестационарном случае [Текст] / Р. Одинаев, Ш. Косимов // Вестн. Тадж. нац. ун-т. – 2014. – №1/3 (134). – С. 6-10.

6. **Одинаев, Р.Н.** Необходимое и достаточное условие существования решения задачи защиты растений [Текст] / Р.Н. Одинаев // Докл. АН Респ. Таджикистан. – 2015. – Т. 58, № 10. – С. 879-885.
7. **Одинаев, Р.Н.** Математическая модель защиты растений в биосистеме трех трофических уровней с учетом возрастной структуры [Текст] / Р. Одинаев, М. Юнуси // Труды Междунар. летней мат. школы-конф. С.Б. Стечкина по теории функций, Таджикистан, Душанбе,15-25 августа 2016г. Душанбе,2016. – С. 186-190.
8. **Одинаев, Р.Н.** Об одной нелинейной математической модели защиты растений с учетом возрастной структуры [Текст] / Р.Н. Одинаев // Вестн. ТНУ. Сер. Естеств. наук. – Душанбе, 2016. – № 1/2 (196). – С. 13-17.
9. **Одинаев, Р.Н.** Оптимизационные модели интегрированного метода борьбы с вредителями биосистем трех трофических уровней [Текст] / Р. Одинаев, М. Юнуси // Вестн. ТНУ. Сер. Естеств. наук. – Душанбе, 2016. – № 1/3 (200). – С. 46-52.
10. **Одинаев Р.Н.** Численный метод решения интегро-дифференциальной задачи защиты растений [Текст] / Р.Н. Одинаев // Вестн. Тадж. нац. ун-та. Сер. Естеств. наук. – 2017. – №1/5. – С. 112-116.
11. **Одинаев, Р.Н.** Об одном необходимом и достаточном условии существования решения задачи защиты растений [Текст] / Р.Н. Одинаев // Евразийское Науч. Объединение. – 2017. – Т.1, №12 (34). – С. 20-25.
12. **Одинаев, Р.Н.** Разностная аппроксимация интегро-дифференциальной задачи защиты растений с учетом возрастной структуры насекомых и вычислительные эксперименты [Текст] / Р.Н. Одинаев // Вестн. Тадж. нац. ун-та. Сер. Естеств. наук. – 2018. – № 1. – С.34-42.
13. **Одинаев, Р.Н.** Математическая модель задачи защиты растений с учетом пространственного распределения и её решение при произвольных трофических функциях [Текст] / Р.Н. Одинаев // Вестн. Тадж. нац. ун-та. Сер. Естеств. наук. – 2018. – №1. – С. 5-11.
14. **Одинаев, Р.Н.** Разработка математических моделей процесса защиты растений с учетом временно-возрастной структуры в биосистеме типа «вредные насекомые - полезные насекомые» с произвольными трофическими функциями [Текст] / Р.Н. Одинаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек, 2018. – № 2. – С. 24-28.
15. **Одинаев, Р.Н**. Компьютерное моделирование процесса защиты растений с учетом временно-возрастной структуры и пространственного распределения с произвольными трофическими функциями [Текст] / Р.Н. Одинаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек, 2018. – № 2. – С. 33-38.
16. **Одинаев, Р.Н.** Компьютерный анализ и алгоритм определения неизвестных параметров в задаче защиты растений [Текст] / Р.Н. Одинаев // Изв. вузов Кыргызстана. – Бишкек, 2018. – №1. – С.11-14.

17. **Одинаев, Р.Н.** Математическая модель процесса защиты растений с учетом возрастной структуры насекомых [Текст] / Р.Н. Одинаев // Изв. вузов Кыргызстана. – Бишкек, 2018. – № 2. – С.3-7.
18. **Одинаев, Р.Н.** Исследование оптимизационного процесса задачи защиты растений с учетом возрастной структуры насекомых Исследование оптимизационного процесса задачи защиты растений с учетом возрастной структуры насекомых [Текст] / Р.Н. Одинаев // Вестн. ТНУ. Сер. Естеств. наук. – Душанбе, 2017. – № 1/3. – С. 6-9.

Сборники трудов и материалы конференций

19. **Одинаев, Р.Н.** Модельная задача защиты растений с учетом пространственных факторов [Текст] / Р. Одинаев // Математическое моделирование и компьютерные эксперименты ICMMCE-2000. Материалы второй Междунар. конф. – Душанбе, 2000. – С.55.
20. **Одинаев, Р.Н.** Модель учета возрастного состава в задачи защиты растение [Текст] / Р. Одинаев, М. Юнуси // Материалы науч.-теорет. конф. проф. препод. состава и студентов , посвящ. 60-летию победы в Великой Отечественной войне во имя мира и счастья на земле. – Душанбе, 2005. – С.33-34.
21. **Одинаев, Р.Н.** О задаче защиты с учетом пространственных факторов. [Текст] / Р. Одинаев, Ш. Косимов // Дифференциальные и интегральные уравнения и смежные вопросы анализа. Материалы Междунар. науч. конф. (г. Душанбе, 8-10 нояб. 2005 г.). – Душанбе, 2005. – С. 129-131.
22. **Одинаев, Р.Н.** Об исследование одной модели системы «Хищник-жертва» с учетом возрастного состава [Текст] / Р. Одинаев, С. Мирзоев //Журн. Средней Азии информац. технологии. – 2009. – №1. – С. 148-149.
23. **Одинаев, Р.** Численное решение задачи защиты растений [Текст] / Р. Одинаев, Ш. Косимов // Материалы науч.-теорет. конф. проф. препод. состава и студентов, посвящ. 18-ой годовщине независимости Респ. Таджикистан и году памяти Имама Аъзама. – Душанбе, 2010. – С. 46-47.
24. **Одинаев, Р.Н.** Компьютерное моделирование задачи защиты растений. [Текст] / Р. Одинаев, Ш. Косимов // Материалы науч.-теорет. конф. проф. состава и студентов, посвящ. Году образования и техн. знаний. – Душанбе, 2010. – С. 6-7.
25. **Одинаев, Р.Н.** О моделях биосистем «вредные насекомые –полезные насекомые» [Текст] / Р. Одинаев, Ш. Косимов // Материалы науч.-теорет. конф. проф. состава и студентов, посвящ. «15-й годовщине Независимости Республики Таджикистан», «2700-летию города Куляба» и «Году арийской цивилизации». – Душанбе, 2006. – С. 42.
26. **Одинаев, Р.Н.** Research of system such as «useful insect-harmful insects» in view of age structure and spatial distribution [Текст] / Р.Н. Одинаев, М. Юнуси //– Междунар. конф. по компьютерному анализу проблем науки и технологии 1-5 июля 2011г. – Душанбе, 2011.– С. 37-38.

27. **Одинаев, Р.Н.** Исследование системы типа «полезные насекомые – вредные насекомые» с учетом возрастного состава и пространственного распределения [Текст] / Р. Одинаев, М. Юнуси // Материалы V-й Междунар. науч.-практ. конф. «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования техн. образования в высш. учеб. заведениях стран СНГ» 13-15 окт. 2011 г. – Душанбе, 2011. – С. 127-130.
28. **Одинаев, Р.Н.** О моделях типа «полезные насекомые –вредные насекомые» [Текст] / Р. Одинаев, М. Юнуси // Материалы V-й междунар. науч.-практ. конф. «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования техн. образования в высш. учеб. заведениях стран СНГ» 13-15 окт. 2011 г. – Душанбе, 2011. – С. 131.
29. **Одинаев, Р.Н.** Разностная аппроксимация задачи растений [Текст] / Р. Одинаев // Материалы науч.-теорет. конф. проф.-препод. состава и студентов посвящ. «900-летию поэта, великого мыслителя Мавлоно Джамолиддина Балхи» и «16 –й годовщине независимости Респ. Таджикистан». – Душанбе, 2007. – С. 16-17.
30. **Одинаев, Р.Н.** Определение критических значений для популяций, входящих в экосистемы, состоящие из трех графических уравнений [Текст] / Р. Одинаев, Ш. Косимов // Материалы науч. – теорет. конф. проф.–препод. состава и студентов, посвящ. «17-й годовщине независимости Респ. Таджикистоан», 1150-летию основополочиника Таджикско-переидекой литературы Абуабдулло Рудаки и году тадж. языка ТГНУ. – Душанбе, 2008. – С. 33-34.
31. **Одинаев, Р.Н.** Investigation of system «predator – pray» in view of age structure with regard to the age structure and the spatial distribution (Исследование системы типа «Полезные насекомые вредные насекомые» с учетом возрастного состава и пространственного распределения) [Текст] / Р. Одинаев, М. Юнуси. // 13tn International Pure Mathematics Conference 2012. (Abstracts), 1-3 September. 2012, Islamabad. – С. 46.
32. **Одинаев, Р.** Математическая модель защиты растений типа задачи Юнуси в стационарном случае [Текст] / Р. Одинаев, Д. Давлатов // Proceedings of the 9th international conference on the computer analysis of problems of a science and technology. – Dushanbe, 2013. – С. 132-133.
33. **Одинаев, Р.Н.** Формирование профессионального мировоззрения студентов биологов на основе моделей защиты растений [Текст] / Р. Одинаев, Х. Махмадалиев,М.Юнуси // Материалы респ. науч.-теорет. конф. посвященной.«25-летию Государственной независимости Респ. Таджикистан». – Кургонтеппа, 2016. –С.221-224.
34. **Одинаев, Р.Н.** Задача защиты растений с учетом возрастной структуры насекомых [Текст] / Р. Одинаев, Д. Давлатов, Ш. Косимов //

Международная науч.-метод. конф. «Современные проблемы математики и ее преподавания». – Кургонтеппа, 2013. – С. 316-317.
35. **Одинаев, Р.Н.** Математическая модель динамики задачи защиты растений с учетом возрастной структуры насекомых [Текст] / Р. Одинаев, Ш. Косимов // Материалы респ. конф., посвящ. 70-летию проф. Б. Алиева. Современные проблемы прикладной математики и информатики. – Душанбе, 2014. – С. 92-94.
36. **Одинаев, Р.Н.** О регуляризации неустойчивых структур сообществ экосистем региональных заповедников РТ [Текст] / Р.Н. Одинаев, М. Юнуси, С. Мирзоев // 10-ая Междунар. конф. по компьютерному анализу проблем науки и технологии. – Душанбе, 2015. – С. 30-34.
37. **Одинаев, Р.Н.** Математическая модель задачи защиты растений с учетом пространственных факторов [Текст] / Р. Одинаев, Ш. Косимов //Материалы респ. науч. конф. посвящ. 3000-летию Гиссара и 50-летию механико-мат. фак. «Неклассические дифференциальные и интегральные уравнения и их приложения». – Душанбе, 2015. – С. 61-62.
38. **Одинаев, Р.Н.** Об исследовании одной модели задачи защиты растений с учетом возрастного состава [Текст] / Р.Н. Одинаев // Материалы Междунар. науч. конф. «Математический анализ, дифференциальные уравнения и теория чисел» посвящ. 75-летию д-ра физ.-мат. наук, проф. Т.С. Сабирова. – Душанбе, 2015. – С. 135-136.
39. **Одинаев, Р.Н.** О решении одной задачи защиты растений с учетом возрастной структуры [Текст] / Р.Н. Одинаев // 10-ая Междунар. конф. по компьютерному анализу проблем науки и технологии. – Душанбе, 2015. – С. 140-142.
40. **Одинаев, Р.Н.** Решение задачи защиты растений с учетом возрастной структуры и пространственного распределения [Текст] / Р.Н. Одинаев //Современные проблемы математики и её приложений. Материалы Междунар. науч. конф. посвящ. 25-летию Государственой независимости Респ. – Душанбе, 2016. – С. 140-142.
41. **Одинаев, Р.Н.** Об одной нелинейной математической модели защиты растений с учетом возрастной структуры насекомых [Текст] / Р. Одинаев, А. Хамидова // Материалы респ. науч.-теорет. конф. проф.-препод. состава и сотрудников ТНУ, посвящ. «25-летию Государственной независимости Респ. Таджикистан». – Душанбе, 2016. – С. 7-8.
42. **Одинаев, Р.Н.** Определение критических значений задачи защиты растений [Текст] / Р. Одинаев, Ш. Косимов // Материалы респ. науч.-теорет. конф. проф.-препод. состава и сотрудников ТНУ, посвящ. «25-летию Государственной независимости Респ. Таджикистан». – Душанбе, 2016. – С. 47-48.
43. **Одинаев, Р.Н.** Об оптимизационной модели интегрированного метода задачи защиты растений [Текст] / Р.Н. Одинаев // Материалы респ.

науч.-теорет. конф. проф.-препод. состава и сотрудников ТНУ, посвящ. «20-ой годовщине Дня нац. единства и «Году молодёжи». – Душанбе, 2017. – С.4.

44. **Одинаев, Р.Н.** Investigation mathematical model of the plant protection problem the stationary case [Текст] / Р.Н. Одинаев // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Роль ИКТ в инновационном развитии Респ. Таджикистан». – Душанбе, 2017. – С. 256-261.
45. **Одинаев, Р.Н.** Численный метод решения задачи защиты растений с учетом временно-возрастной структуры насекомых [Текст] / Р.Н. Одинаев //Проблемы вычисл. и прикладной математики. – Ташкент, 2018. – № 1(13). – С. 56-62.
46. **Одинаев, Р.Н.** Research of mathematical model of defense of plants is in stationary case [Текст] / Р.Н. Одинаев // 18-th International Pure Mathematics Conference. – Исламабад (Пакистан), 2017.-С.29.
47. **Одинаев, Р.Н.** Алгоритм определения неизвестных параметров в задачи защиты растений [Текст] / Р.Н. Одинаев // Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 70 - летию со дня рождения акад. АН Респ. Таджикистан, д-ра физ.-мат. наук, проф. Илолова Мамадшо «Современные проблемы математики и её приложений». – Душанбе, 2018. – С. 180-182.
48. **Одинаев, Р.Н.** О решении одной математической модели задачи защиты растений с произвольными трофическими функциями [Текст] / Р. Н. Одинаев // Материалы респ. науч.-теорет. конф. проф.-препод. состава и сотрудников ТНУ, посвящ. «Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы», «Году развития туризма и народных ремесел», «140-ой годовщине со дня рождения Героя Таджикистана Содриддина Айни» и «70-ой годовщине со дня создания Тадж. нац. ун-а». – Душанбе, 2018. – С. 4-5.
49. **Одинаев, Р.Н.** Компьютерное моделирование процесса защиты растений с произвольными трофическими функциями [Текст] / Р.Н. Одинаев, Ф. Раимзода // Материалы Междунар. науч.-теорет. конф., 70-летию образования Тадж. нац. ун-та и посвящ. 80 - летию со дня рождения акад. АН Респ. Таджикистан, д-ра физ.-мат. наук, проф. Н.Р. Раджабова «Современные задачи математики и их приложений». – Душанбе, 2018. – С. 132-137.

Свидетельства о регистрации программ ЭВМ

50. **Одинаев, Р.Н.** Определение критических численностей вредителей и энтомофагов [Текст]: 2018 г., № 68 / Р.Н. Одинаев; М-во культуры Респ. Таджикистан // Свидетельство о регистрации научных, литературных и художественных произведений.
51. **Одинаев, Р.Н.** Вычисление динамики численности развития насекомых по типу «хищник-жертва» [Текст]: 2018 г., № 70 / Р.Н. Одинаев; М-во культуры Респ. Таджикистан // Свидетельство о регистрации научных, литературных и художественных произведений.

52. **Одинаев, Р.Н.** Определения оптимальных методов борьбы с вредителями [Текст]: 2018 г., № 69 / Р.Н. Одинаев; М-во культуры Респ. Таджикистан // Свидетельство о регистрации научных, литературных и художественных произведений.
53. **Одинаев, Р.Н.** Решение задачи защиты растений с условием сохранения возможного урожая [Текст]: 2018 г., № 67 / Р.Н. Одинаев; М-во культуры Респ. Таджикистан // Свидетельство о регистрации научных, литературных и художественных произведений.

Одинаев Раим Назаровичтин «Убакыт-курактык түзүмүн жана мейкиндикте таралуусун эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо процессинин математикалык моделин иштеп чыгуу жана программалоо» деген темадагы 05.13.18 – математикалык моделдөө, сандык эсептөөлөр жана программалардын комплекси адистиги боюнча физика-математика илимдеринин доктору илимий даражасын изденип алууга диссертациясынын

ТАРЖЫМАЛЫ

Ачкыч сөздөр: модель, зыянкечтер, пайдалуу курт-кумурскалар, энтомофагдар, агроценоз эркин трофикалык функция, , биологиялык процесстер, өсүмдүктөрдү коргоо, стационардык маселе, курактык курамы, мейкиндикте бөлүштүрүү, курт-кумурскалардын саны, оптималдуу башкаруу, сандык чыгаруу, сызыктуу эмес маселе.

Изилдөөнүн объекти жана предмети. Диссертациялык иште изилдөөнүн объектиси болуп Тажик Республикасынын айыл чарбасынын пландаштырылган түшүмүн (пахта, буудай, күрүч, жана башкалар) коргоо процесси саналат. Изилдөөнүн предмети болуп өсүмдүктөрдү коргоо процессин чыгаруу үчүн математикалык моделдерди иштеп чыгуу, программалар комплексин жана алгоритмдерди үчүн куруу саналат.

Изилдөөнүн максаты. Изилдөөнүн максаты болуп пландаштырылган айыл чарба өсүмдүктөрдүн түшүмүн коргоо процессинин математикалык моделин иштеп чыгуу жана математикалык моделдөө куралдар жыйындысын өнүктүрүү саналат.

Изилдөөнүн методдору: илимий изилдөө иштеринин жүрүшүндө биологиялык процесстердин математикалык моделдери жана аны менен байланышкан дифференциалдык тендемелерди изилдөө областында акыркы жетишкендиктер колдонулду.

Алынган жыйынтыктардын жаңылыгы: Эркин $V(\cdot)$ трофикалык функциялары менен убакыт, курактык түзүмүн жана мейкиндик боюнча бөлүнүшүн эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо процессинин математикалык моделдерининин жыйыны изилденген. Өсүмдүктөрдү коргоо маселесинин чыгарылышынын жашашынын зарыл жана жетиштүү шарттары жөнүндөгү теоремалар далилденди. Оптималдуу башкаруу теориясынын

методдорунун негизинде пахта агроценозунун моделдик биосистемасы үчүн зыянкечтер менен күрөшүүнүн параметрлерин аныктоого мүмкүндүк берген катыштыр алынды. Өсүмдүктөрдү коргоо процессинайырмалап аппроксимациялоо суроолору каралды. Эркин $V(\cdot)$ трофикалык функциялар учурунда убакыт, курактык түзүмүн жана мейкиндик боюнча бөлүнүшүн эске алуу менен өсүмдүктөрдү коргоо процессин башкарууга багытталган программалар комплекси түзүлдү.

Изилдөөнүн корутундуларын колдонуу. Каралган моделдер жана изилдөө ыкмаларынын жалпылыгынын жогорку деңгээлде болуусу аларды экосистемаларды, агроценоздорду изилдөөгө гана эмес, ошондой эле, химия, физика жана башка областардагы маселелерге колдонууга мүмкүндүк берет. Изилдөөнүн натыйжалары, ошондой эле "колдонмо математика", "колдонмо информатика" жана "математикалык жана компьютер моделдөө" багыттарында студенттерди окутуу үчүн колдонсо болот.

Колдонуу тармактары: изилдөөнүн жыйынтыктары зыянкечтерден айыл чарба өсүмдүктөрүн коргоо боюнча иш-чараларды иштеп чыгуу үчүн колдонулушу мүмкүн. Бул жыйынтыктар агроценоздордун зыянкечтери менен комплекстүү күрөшүү масштабын абдан кеңейтет**.**

Резюме

диссертации Одинаева Раима Назаровича на тему **«Разработка математической модели и программирование процесса защиты растений с учетом временно-возрастной структуры и пространственного распределения»,** представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18.- Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Ключевые слова: модель, вредные насекомые, полезные насекомые, энтомофаги, агроценоз, произвольная трофическая функция, биологические процессы, защита растений, стационарная задача, возрастная структура, пространственное распределение, численность насекомых, оптимальное управление, численное решение, нелинейная задача.

Объект и предмет исследования: Объектом диссертационной работы является процесс защиты планируемого урожая сельскохозяйственной культуры Республики Таджикистан (хлопчатник, пшеница, рис и др.). Предметом исследования выступают разработка математических моделей, построения алгоритмов и комплекс программ, для решения процесса защиты растений.

Целью диссертационного исследования является разработка математической модели и развития аппарата математического моделирования, процесса защиты планируемого урожая

Методы исследования: В процессе исследовательской работы применялись современные достижения в области исследования математических моделей биологических процессов и связанных с ним дифференциальные уравнения.

Научная новизна полученных результатов:
Исследован комплекс математических моделей процесса защиты растений с учетом временной, возрастной структуры и пространственных распределений с произвольными трофическими $V(\cdot)$ функциями. Доказаны теоремы о необходимых и достаточных условиях существования решение задачи защиты растений. Исследованы оптимизационные задачи защиты растений. На основе методов теории оптимального управления получены соотношения, которые позволяют определить параметры методов борьбы с вредителями для модельных биосистем агроценоза хлопчатника. Рассмотрены вопросы разностной аппроксимации процесса защиты растений. Создан комплекс программ, ориентированный для управления процессом защиты растений с учетом временной, возрастной структуры и пространственного распределения при произвольных трофических $V(\cdot)$ функциях.

Степень использования: Высокая общность рассматриваемых моделей и методов исследования позволяет применять их для изучения не только агроценозов, экосистем, но и задач из области химии, физики и др. Результаты исследование могут также применяться при обучение студентов по направлениям «прикладная математика», «прикладная информатика» и «математическое и компьютерное моделирование».

Область применения: Полученные результаты исследования могут быть использованы при проектировании мероприятий по защите урожая от сельхоз вредителей. Эти результаты существенно расширяют масштабы использования интегрированного метода борьбы с вредителями агроценозов.

Summary

Odinaev Raim Nazarovich's dissertations on the theme "Development of a mathematical model and programming of the plant protection process taking into account the time-age structure and spatial distribution", submitted for the degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences in specialty 05.13.18.- Mathematical modeling, numerical methods and complexes programs.
Keywords: model, harmful insects, beneficial insects, entomophages, agrocenosis, arbitrary trophic function, biological processes, plant protection, stationary problem, age structure, spatial distribution, insect numbers, optimal control, numerical solution, nonlinear problem.
Object and subject of research: The object of the thesis is the process of protecting the planned crop of the Republic of Tajikistan (cotton, wheat, rice, etc.). The subject of the research is the development of mathematical models, the construction of algorithms and a set of programs for solving the process of plant protection.

The purpose of the research: The purpose of the dissertation research is to develop a mathematical model and the development of the apparatus of mathematical modeling, the process of protecting the planned harvest.

Research methods: In the course of research work, modern advances have been applied in the field of the study of mathematical models of biological processes and related differential equations.

Scientific novelty of the results: The complex of mathematical models of the plant protection process is investigated taking into account the time, age structure and spatial distributions with arbitrary trophic $V(\cdot)$ functions. Theorems on the necessary and sufficient conditions of existence of the solution of the plant protection problem are proved. The optimization problems of plant protection were studied. Based on the methods of the theory of optimal control, relations are obtained that allow one to determine the parameters of pest control methods for model cotton agrocenosis biosystems. The problems of difference approximation of the plant protection process are considered. A set of programs designed to manage the process of plant protection, taking into account the time, age structure and spatial distribution with arbitrary trophic $V(\cdot)$ functions.

Degree of use: The high generality of the models and research methods under consideration allows them to be used to study not only agrocenoses, ecosystems, but also problems from the field of chemistry, physics, etc. "And" mathematical and computer modeling ".

Scope: The results of the study can be used in the design of measures to protect the crop from agricultural pests. These results significantly expand the use of the integrated pest management method for agrocenoses.

НЕГИЗГИ БЕЛГИЛЕР ТИЗМЕСИ

$t-$ убакыт, $t \in [0,t_k], t_k = const < \infty$.

$a-$жаш курак, $0 \le a \le \infty$.

$x-$ мейкиндик координатасы;

$x \in \overline{G} \subseteq E^2, \overline{G} = \{x : x = (x_1, x_2), 0 \le x_i \le L_i . i = 1.2\}$.

$\overline{G} = G + S, S-$ чеги $G, R = \overline{G} * [0,\infty) * [0,t_k]$.

$N_0 = N_0(t)-$ t убактысындагы тышкы ресурстун массасы;

$N_1 = N_1(t)-$ t убактысындагы айыл чарба өсүмдүктөрүнүн биомассасы;

$N_i = N_i(x,a,t)-$ x чекитинде a курактагы жана t убактысындагы пайдалуу курт-кумурскалардын $(i = 3)$, зыянкечтердин $(i = 2)$саны;

$F_i = F_i(.)$ - ***i*** – трофикалык деңгээлдин өсүшүнүн белгилүү бир ылдамдыгы, $i = 0,1,2,3.$ Өсүштүн белгилүү бир ылдамдыгында төмөнкүлөр белгиленген:

m_i - табигый өлүм коэффициенттери, $i = 1,2,3;$

k_i - көбөйүү жана өсүү үчүн керектелген биомассанын үлүшү, $i = 0,1,2;$

α_i - трофикалык функциялардын коэффициенттери, $i = 0,1,2;$

ε- пайдалуу курт-кумурскалар популяциясынын өзүн-өзү чектөө коэффициенти;

$V(.)-$ трофикалык функция, төмөнкү касиеттерге ээ

$\frac{dV(N)}{dN} > 0 \quad \frac{dV^2(N)}{dN^2} \le 0$.

Q - тышкы ресурстун кирген ылдамдыгы, $Q = Q(t)$.

N_1^p - өсүмдүк биомассанын пландаштырылган деңгээли;

N_2^p - зыяндуу курт-кумурскалардын зыян чеги;

N_3^p - пайдалуу курт-кумурскалардын (энтомофагдардын) натыйжалуулугунун деңгээли;

$F = F(a,t), B = B(a,t) -$ a курактагы жана t убактысындагы популяциялардын өлүмүнүн жана ттуулушунун коэффициенттери;

$B_i = B(N,a,t) \ge 0 -$ курт-кумурскалардын туулуу функциясы;

$N_i^\tau = \frac{1}{\tau}\int_0^\tau N_i(t)dt,\ i = 1,2,3,\ \tau > 0 - \tau.$ убакыт аралыгындагы биологиялык түрлөрдүн орточо биомассасы (же орточо саны);

$\tilde{N}_i = \tilde{N}_i(t) -$ зыянкеч курт-кумурскалар менен пайдалуу курт-кумурскалардын жалпы саны, $\tilde{N}_i = \int_{\alpha_i}^{\beta_i} N_i(a)da,\ \alpha_i, \beta_i - const > 0,\ i = 2,3$;

$\vartheta_{i2},\ \vartheta_{i3}$ - i - багыт боюнча курт-кумурскалардын жылуу ылдамдыгы;

$D_{i2},\ D_{i3}$ - диффузия коэффициенттери;

$K(\cdot)$ - сиңирүү коэффициенти;

$P = P(t) -$ пайдалуу курт-калктын экосистемага кошулган саны;

$D = D(t) -$ зыяндуу курт- кумурскаларды жок кылуу үчүн колдонулган уулуу заттардын топтолушу;.

$I(u) -$ нарк функционалы;

$f^0 = f^0(\cdot) -$ зыянкечтердин келтирген зыян жана суу, жер семирткичтерди пайдалануу жана биологиялык, химиялык күрөшүү ыкмаларын ишке ашырууга кеткен чыгымдарды мүнөздөйт.

ОДИНАЕВ РАИМ НАЗАРОВИЧ

УБАКЫТ-КУРАКТЫК ТҮЗҮМҮН ЖАНА МЕЙКИНДИКТЕ ТАРАЛУУСУН ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ӨСҮМДҮКТӨРДҮ КОРГОО ПРОЦЕССИНИН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛИН ИШТЕП ЧЫГУУ ЖАНА ПРОГРАММАЛОО

Диссертациясынын авторефераты

Басылмага кол коюлган: 20.02.2019 ж.
Формат 60х84/16. Көлөмү 2,75 б.т.
Офсеттик кагаз. Нускамасы 40 даана. Буйрутма 692.

Н. Исанов ат. Кыргыз мамлекеттик курулуш, транспорт жана архитектура университети «Авангард» окуу-басма борбору
720020, Бишкек ш., Малдыбаев көч., 34, б