ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
МДТ “ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ БОХТАР БА НОМИ НОСИРИ ХУСРАВ”

Бо ҳуқуқи дастнавис

УДК: 519:87.59

ҲАСАНЗОДА САМАНДАР ҲАСАН

АМСИЛАСОЗИИ МАТЕМАТИКИИ ДИНАМИКАИ ЭКОСИСТЕМАИ МАМНӮЪГОҲИ «БЕШАИ ПАЛАНГОН» (БАРОИ ҚИСМАТИ ҚАМИШИЮ БИЁБОНӢ)

ДИССЕРТАТСИЯ

барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои физикаю математика
1.1.10. Моделсозии математикӣ, методҳои ададӣ ва комплекси барномаҳо

Роҳбарони илмӣ	**Юнусӣ Маҳмадюсуф Қамарзода,** доктори илмҳои физикаю математика, профессор **Мирзоев Сайъло Ҳабибулоевич,** доктори илҳои техникӣ, дотсент

Душанбе – 2026

МУНДАРИҶА

МУҚАДДИМА

Мубрамияти мавзуи таҳқиқот. Проблемаҳои экологӣ сол то сол умумиҷаҳонӣ ва объекти сиёсати байналмилалӣ гардида истодаанд. Истифодаи аз ҳад зиёди сарватҳои табиӣ дар дунё ба он оварда расонидааст, ки қисме аз онҳо дар ҳолати бебозгашт ва барқарорнашаванда қарор доранд. Дар системаҳои экологӣ баъзе намуди ҳайвоноти нодир ва наботот камшумор гашта, баъзеашон дар сарҳади нестшавӣ қарор доранд.

Ҳифзи захираҳои табиии системаҳои экологӣ, хусусан намудҳои биологии нодир ва нестшаванда дар мамнӯъгоҳҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон аз ҷумлаи муҳимтарин вазифаҳои давлат ва ҷомеаи шаҳрвандӣ ба шумор меравад, ки он дар ҳолатҳои гуногуни ангезаҳои антропогенӣ ба пешгӯӣ ва арзёбии динамикаи популятсияҳо, ҷомеаҳои биологӣ ва системаҳои экологӣ (экосистемаҳо) ниёз дорад. Дар асоси амсилаҳои математикӣ ва компютерии сохташуда, гузаронидани озмоишҳо ва таҷрибаҳои бевоситаи илмӣ дар экосистемаҳо бағоят гаронарзиш ва вақти тулониро гирифта, дар аксар маврид ғайриимкон аст [11-М]. Вобаста ба гуфтаҳои боло, доимо зарурати банақшагирӣ ва гузаронидани намудҳои гуногуни чорабиниҳои нигоҳдорӣ ба миён меояд, ки онҳо ба натиҷаҳои пешдиди қарорҳои қабулшаванда алоқаманд мебошанд. Ҳамаи ин далелҳои овардашуда аз мубрамияти мавзуи матраҳшуда шаҳодат медиҳад.

Кори диссертатсионии мазкур дар партави дастуру супоришҳои Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ – Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мухтарам Эмомалӣ Раҳмон ва таҳти фармони № 1445 аз 31.01.2020 эълон гардидани солҳои 2020-2040 «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» иҷро гардидааст. Ин дастуру супоришҳо ҳалли як қатор масъалаҳои муҳими иқтисодӣ ва экологиро фарогир буда, ба воситаи методҳои асосии математикӣ ҳалли худро ёфта метавонанд.

Ба ин гуна масъалаҳо:

– амсиласозии равандҳои ҳамлу нақли нафту газ, ки барои иқтисодиёти миллӣ ва энергетика аҳамияти калидӣ доранд;

– системаи банақшагирӣ ва идоракунии ҷамъоварии ҳосил дар хоҷагии қишлоқ, ки ба таъмини амнияти озуқаворӣ ва рушди кишоварзии устувор мусоидат мекунад;

– таҳияи амсилаҳо барои ҳифз ва нигоҳдории навъҳои нодир, ки зери хатари нестшавандагӣ дар мамнӯъгоҳҳо қарор доранд;

– таҳлили динамикаи обшавии пиряххо, ки бевосита ба амнияти захираҳои обӣ вобаста аст.

Ҳалли ин масъалаҳо бе истифодаи усулҳои муосири амсиласозии математикӣ, таҳлили оморӣ, оптимизатсия ва технологияҳои зеҳни сунъӣ ғайриимкон аст. Маҳз бо роҳи таҳияи амсилаҳои амиқи илмӣ метавон равандҳои мураккаби табиӣ ва иқтисодиро дақиқ пешгӯӣ намуд ва қарорҳои самаранок қабул кард.

Дар амсилаҳои математикии сохташудаи як қатор олимони ватанӣ ва хориҷӣ масъалаҳои дар боло зикршуда дарҷ ёфтаанд. Дар баробари ин, бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ амсилаҳои математикӣ бо истифода аз муодилаҳои дифференсиалӣ сохта шудаанд.

Ҳифзу нигоҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда дар ҳама кишварҳои дунё аз устувории мамнӯъгоҳҳо вобастагӣ дорад. Пас, барои таҳияи методҳои ҳифзи навъҳои нодир ва нестшаванда зарур аст, ки пешгӯйии динамикаи популятсияҳои биологӣ, ҳангоми таъсиррасониҳои антропогенӣ ба масъалаи асосии устувории фаъолияти мамнӯъгоҳҳо табдил дода шавад. Санҷишҳои амалӣ дар низоми амсиласозии математикӣ то имрӯз нишон додаанд, ки навишти баъзе аз масъалаҳо қиматбаҳо ва вақти зиёдеро дар бар гирифта, дар баъзе маврид амалӣ гардонидани онҳо ғайриимкон аст. Пас, ба мо зарур аст, ки таҳияи методҳои гуногуни амсиласозии математикии муосирро оид ба нигоҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда дар сохторҳои системаҳои экологӣ истифода барем. Бо ёрии методҳои таҳияшуда ва амсилаҳои математикӣ имкон пайдо мешавад, ки натиҷаи нақша – чорабиниҳо ва фаъолияти низомҳои экологиро пешгӯӣ намоем. Қайд кардан ба маврид аст, ки ба масъалаи амсиласозии математикии динамикаи популятсияҳои биологӣ корҳои хеле зиёде аз тарафи олимонӣ ватанӣ ва хориҷӣ рӯйи чоп омадаанд: S.E. Jorgensen, П. Ферхюлст, Т. Малтус, Р. Мей, К. Ҷеффрис, А. Лотки, Ю. Одум, C.W. Chen, G.T. Orlob, A. Straskraba, D.M. Di Toro, Steele J.H, I. Ikushima, R.A. Park, Vollenweider R.A., Volterra V., F. WebbClenn. Дар баробари олимони хориҷӣ инчунин олимони замони Шуравӣ Свирежев Ю.М., Моисеев Н.Н., Воинов А.А., Логофет Д.О., Тарко А.М., Алексеев В.В., Лукянов Н.К., Горстко А.Б., Домбровский Л.В., Меншуткин В.В., Леонов А.В., Винберг Г.Г., Анисимов С.И. ва олимони ватании даврони истиқлолият –Юнусӣ М.К., Комилиён Ф.С., Одинаев Р.Н., Мирзоев С.Х. ва Одиназода С.А. саҳми арзандаи худро гузоштаанд.

Амсиласозии математикӣ дар соҳаи экология хусусан омӯзиши динамикаи миқдори популятсияи биологӣ таърихи нисбатан дурудароз дошта, дар ин раванд заминаи асосиро амсилаи математикии Т. Малтус, ки ба афзоиши экспоненсиалии аҳолии кураи замин бахшида шудааст, гузоштааст. Олими машҳури Белгия П. Ферхюлст бошад онро бо дарназардошти маҳдудияти афзоиши популятсия такмил додааст. Муодилаи логистикии Ферхюлст имкон додааст, ки амсилаи классикии «даранда-сайд»-и Лотка-Волтерра доир ба таъсири мутақобилаи ду намуд такмил ёфта дар оянда сабаби инкишофи минбаъдаи худро дар корҳои илмии бисёре аз муҳаққиқони дунё барои соҳаи омӯзиши динамикаи рушди популятсияҳои гуногун ёбад.

Дар таҳқиқоти овардашуда самти асосиро таҳаввулоти системаҳои экологӣ – масъалаи устуворӣ ва сифатан устувории амсилаҳои нуқтагӣ ташкил медиҳад. Пас аз корҳои нахустини олимони амрикоӣ Р. Мей ва К. Ҷеффрис, меъёрҳои устуворӣ ва сифатан устуворӣ пешниҳоднамудаи онҳо дар таҳқиқоти муаллифони гуногун истифода шуда, такмил низ ёфтаанд.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон дар охири асри гузашта аз тарафи олимони шинохтаи тоҷик М.К. Юнусӣ ва Усмонов З.Дж. аввалин шуда таҳқиқи низомҳои дахлдори омӯзиши устувор ва сифатан устувории мамнӯъгоҳҳои минтақавӣ бо истифода аз амсилаҳои математикӣ вобаста ба синну сол ва тақсимоти фазоӣ пешниҳод шуда, дар амал татбиқи худро ёфтаанд.

Дар кори диссертатсионӣ амсилаҳо оид ба ҳифзу нигоҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда дар мамнӯъгоҳи қамишию биёбонӣ дида баромада мешавад, ки ба корҳои М.К. Юнусӣ монанд ва наздиканд, аммо дар муқоиса бо онҳо дар ин ҷо амсилаҳои нисбатан умумӣ – амсилаҳо бо дарназардошти функсияҳои трофикӣ, мавриди баррасӣ қарор гирифтаанд. Қайд кардан бамаврид аст, ки дар омӯзиши экосистемаҳо вазифаи асосӣ ин муайян намудани устуворӣ буда, дар навбати худ он ба ду қисм тақсим мешавад. Вазифаи якум ин вобаста ба маълумоти бадастомада бартарафкунии хатари устувории мамнӯъгоҳ ва дар фосилаҳои додашуда ҳифзу нигаҳдории саршумори популятсияи навъи «нодир ва нестшаванда» мебошад. Вазифаи дуюм ин, дар маҷмуъ муайян намудани фосилаҳо барои навъҳои нодир ва нестшаванда дар якчанд теъдоди умумии мамнӯъгоҳҳо мебошад.

Ҳифзи захираҳои табиӣ, хусусан намудҳои нодири биологӣ ва қиматбаҳо, аз ҷумлаи муҳимтарин вазифаҳои инсоният ба шумор меравад, ки он дар ҳолатҳои мухталифи ангезаҳои антропогенӣ ба пешгӯӣ ва арзёбии динамикаи популятсияҳо ва системаҳои экологӣ (экосистемаҳо) ниёз дорад. Гузаронидани озмоишу таҷрибаҳои бевоситаи илмӣ дар экосистемаҳо ва парваришгоҳҳои воқеӣ бағоят гаронарзиш ва тулонӣ ба даст омада, дар аксар маврид ғайриимкон мебошад. Вобаста ба ин, доимо зарурати сохтани амсилаҳои математикӣ оид ба омӯзиши устувории системаҳои экологӣ, банақшагирӣ ва гузаронидани намудҳои гуногуни чорабиниҳои муҳофизатӣ ба миён меояд Мубрамияти мавзуи таҳқиқотии ин рисола, пеш аз ҳама, ба масъалаҳои зикршуда ва бо Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон эълон гардидани солҳои 2020-2040 «Бистсолаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф» ва як қатор барномаву стратегияҳои дар ин самт қабулгардида, алоқамандии бевосита дорад.

Дараҷаи коркарди илмии масоил ва асосҳои методологии таҳқиқот. Сохтани амсилаҳои математикии арзёбии навъҳои нодир ва нестшаванда (дар мисоли даранда-сайд) дар системаҳои экологӣ, яке аз масъалаҳои калидӣ буда, бидуни ҳаллу фасли онҳо ба роҳ мондани ҳифзи муҳити онҳо, дар маҷмуъ, аз имкон берун аст.

Дар пайдоиш ва ташаккули тасаввуроти замонавӣ оид ба амсиласозии математикӣ барои системаҳои экологӣ бо номи муҳаққиқони хориҷӣ – Малтус Т., Ферхюлст П., Лотки А., Одум Ю., Мей Р., Ҷеффрис К., Jorgensen S.E., Chen C.W., Orlob G.T., Straskraba A., Di Toro D.M., Ikushima I., Park R.A., Steele J.H., Vollenweider R.A., Volterra V., WebbClenn F., инчунин бо номи муҳаққиқони россиягӣ ва ватанӣ – Моисеев Н.Н., Свирежев Ю.М., Воинов А.А., Логофет Д.О., Тарко А.М., Алексеев В.В., Лукянов Н.К., Горстко А.Б., Домбровский Л.В., Меншуткин В.В., Винберг Г.Г., Анисимов С.И., Леонов А.В., Юнусӣ М.К., Комилиён Ф.С. ва дигарон алоқаманд аст.

Амсиласозии математикии динамикаи миқдори популятсияи биологӣ таърихи нисбатан тулонӣ дошта, дар ин ҷода аввалин шуда Т. Малтус дар бораи амсилаи афзоиши экспоненсиалии аҳолии кураи замин саҳми худро гузоштааст. Ферхюлст П. бошад онро бо дарназардошти маҳдудияти афзоиши популятсия такмил додааст. Муодилаи логистикии Ферхюлст боиси пайдо шудани амсилаи классикии «даранда-сайд»-и Лотка-Волтерра оид ба таъсири мутақобилаи ду намуд гардида, дар оянда боиси корҳои илмии бисёре аз муҳаққиқони соҳаи омӯзиши динамикаи рушди популятсияҳо гардид.

Самти асосиро дар таҳқиқи таҳаввулоти системаҳои экологӣ – масъалаи устуворӣ ва сифатан устувории амсилаҳои нуқтагӣ ташкил мекунад. Пас аз корҳои нахустини Р. Мей ва К. Ҷеффрис, меъёрҳои устуворӣ ва сифатан устуворӣ пешниҳоднамудаи онҳо дар таҳқиқоти муаллифони гуногун истифода шуда, дар оянда онҳоро Д.О. Логофет ва М. Юнусӣ бо меъёрҳои нави ҷавобгӯ пурра гардониданд.

Барои популятсияҳои алоҳида нигоҳдошташаванда, бо дарназардошти синну солу ҳайат ва тақсимоти фазоӣ масъалаҳои гуногуни устувории ҳалҳои статсионарӣ ва ғайристатсионарӣ мавриди таҳқиқ қарор дода шудааст. Дар таҳқиқоти профессор М. Юнусӣ бошад, масъалаҳои мавҷудияти ҳалҳои классикӣ ва умумикардашуда мавриди омӯзиш қарор гирифта, аз тарафи ӯ бо ёрии қаторҳои Фурйе усули ҳалли масъалаҳои математикии мувофиқ пешниҳод гардида, аввалин маротиба масъалаҳои ҳифзи популятсияҳои ҷомеаи системаҳои экологӣ таҳия ва ҳал карда шудаанд.

Мафҳуми потенсиали (иқтидори) биологӣ аввалин маротиба аз тарафи А. Лотка барои амсилаҳои нуқтагии популятсияҳои алоҳида нигоҳдошташаванда ворид карда шудааст. Барои амсилаҳои умумии системаҳои экологӣ, бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ аз тарафи М. Юнусӣ дар корҳои илмиаш ҷорӣ ва асоснок карда шудаанд.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва ё мавзуъҳои илмӣ.

Кори диссертатсионӣ дар доираи татбиқи фармони Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, №1445, аз 31.01.2020, дар бораи «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» эълон намудани солҳои 2020-2040, Қарорҳои Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон, №503, аз 26.09.2020, «Дар бораи самтҳои афзалиятноки таҳқиқоти илмию техникӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2021-2025», №642, аз 30.12.2019 «Консепсияи иқтисоди рақамӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон», дурнамои нақшаи илмӣ – таҳқиқотии кафедраи технологияи иттилоотӣ ва методикаи таълими информатикаи Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав барои солҳои 2021-2025 иҷро карда шудааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот сохтани амсилаи математикӣ ва компютерӣ барои таҳқиқ ва пешгӯии динамикаи популятсияҳо, идоракунию нигоҳдории навъҳои нодиру нестшаванда ва барои болобарии самаранокии экосистемаҳои минтақавии дар мисоли экосистемаи «Бешаи Палангон» (барои қисмати қамишию биёбонӣ) мебошад.

Вазифаҳои таҳқиқот. Вазифаи таҳқиқот дар диссертатсия аз таҳияи алгоритм барои арзёбии натиҷаи амсиласозии математикии миқдорӣ ва пешгӯйии саршумори популятсияҳои биологӣ дар мисоли экосистемаҳои қамишию биёбонӣ мебошад. Барои расидан ба мақсади гузошташуда вазифаҳои асосии зерин ҳаллу фасл карда мешаванд:

– омӯзиши асосҳои назариявӣ бо мақсади сохтани амсилаҳои математикӣ барои ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда дар асоси маълумоти бадастомада дар бораи экосистемаи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ);

– сохтани амсилаи консептуалӣ барои навъҳои биологии мамнӯъгоҳ ва муайян намудани устуворӣ, сифатан устуворӣ ва ноустувории сохтори он;

– бо истифода аз муодилаҳои дифференсиалӣ бо ҳосилаҳои хусусӣ навиштани амсилаи математикӣ барои муайян намудани динамикаи популятсияҳои мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ;

– таҳия ва асоснок намудани вазифаҳои асосии ҳифз ва дар шумораи зарурӣ нигоҳдории навъҳои нодир ва нестшавандаи системаҳои экологии мамнӯъгоҳ дар реҷаҳои гуногун бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ;

– бо истифода аз амсилаҳои сохташуда таҳия ва асоснок кардани «қимати максималӣ» бо тағйир ёфтани қимати фазоӣ, барои ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодиру нестшавандаи системаи экологии мамнӯъгоҳ;

– сохтани алгоритм барои муайян кардани коэффитсиентҳои амсилаи математикии нуқтагии экосистемаи мамнуъгоҳи «Бешаи Палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) вобаста ба бетартиб ҷой доштани алоқаҳои трофикӣ;

– сохтани даста барномаи амалӣ ва гузаронидани як қатор озмоишҳои ҳисоббарорӣ бо экосистемаҳои мушаххас. Пайдо кардани роҳи ҳаллу фасли вазифаи ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодиру нестшавандаи мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон» дар реҷаҳои гуногуни фаъолият;

– иҷрои таҳлили маълумоти компютерии бадастомада, инчунин, анҷом додани ҳисобу коркарди вазифаҳои банақшагирифташуда оид ба ҳифз ва нигаҳдории навъҳои нодиру нестшавандаи системаи экологии «Бешаи Палангон».

Объекти таҳқиқот – системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ)-и вилояти Хатлони Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Предмети таҳқиқот – таҳия ва таҳқиқи амсилаҳои математикӣ барои асоснок кардани масъалаҳои фарқӣ ва сохтани алгоритм бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ оид ба ҳифз ва нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшавандаи системаи экологии «Бешаи Палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ)-и вилояти Хатлони Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Усулҳои таҳқиқот. Барои ноил шудан ба ҳадафи таҳқиқот муосиртарин назарияи муодилаҳои дифференсиалӣ, сифатан устувор, амсиласозии математикӣ, барномасозии объектгаро, технологияҳои иттилоотӣ ва усулҳои ададӣ, мавриди истифода қарор гирифтаанд.

Навгонии илмии натиҷаҳои таҳқиқоти диссертатсионӣ иборат аст аз:

1. таҳияи назарияи амсиласозии математикӣ бо истифодаи аз назарияи устуворӣ ва сифатан устувории экосистемаҳои монанд ва муодилаҳои интегралию дифференсиалӣ бо ҳосилаҳои хусусӣ ва тартиб додани алгоритмҳои мушаххас барои ҳаллу фасли масъалаи ҳифз ва нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон»;
2. таҳияи амсилаи математикиии идоракунии оптималии динамикаи системаи экологии «Бешаи Палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) бо мақсади масъалаи ҳифз ва нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда;
3. муайян намудани миқдори зарурии захираҳои воридшаванда барои муайян кардани кофӣ будани суботу устуворӣ, дар синфи функсияҳои бо квадрат ҳамгироишаванда баҳо дода шуда, тартиби муодилаҳои интегро-дифференсиалӣ мутобиқ ба параметрҳои фазоӣ бо мақсади ҳаллу фасли

масъалаи ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда паст карда шудаанд;

4. барои ҳалли масъалаи мушаххаси ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ)-и вилояти Хатлони Ҷумҳурии Тоҷикистон абзори компютерӣ ва озмоишҳои компютерӣ гузаронида шудаанд.

Аҳамияти назариявии таҳқиқоти диссертатсионӣ. Натиҷаҳое, ки дар диссертатсия ба даст оварда шудаанд, микёси истифодаи таҳқиқоти назариявии амсилаҳои математикӣ, озмоиши ҳисоббарорӣ, таҳлили компютерӣ дар ҳаллу фасли масоили интихоби фаъолияти самараноки мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ)-и Ҷумҳурии Тоҷикистонро ба таври назаррас васеъ мегардонад. Хулосаҳои назариявии диссертатсия, пешниҳодҳо, инчунин муносибат ва тавсияҳо метавонанд, ба ҳайси абзор барои таҳлили вазифаҳои гузошташуда ва интихоби тарзи самараноки ҳаллу фасли вазифаи ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда дар реҷаҳои мухталифи фаъолият мавриди истифода қарор гиранд. Табъу нашрҳо доир ба амсиласозии ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда дар реҷаҳои гуногуни фаъолият ва хулосаи онҳо, ки дар диссертатсия мавҷуд мебошанд, ба корхона ва идораҳое, ки соҳаи экологияи Ҷумҳурии Тоҷикистонро ба уҳда доранд, ба ҳайси тавсия пешниҳод карда мешаванд. Усули эҷодшуда имконият медиҳад, ки ҳангоми хондани курсҳои махсус барои донишҷӯёни ихтисосҳои мувофиқи «Амсиласозии математикӣ», «Амсиласозии компютерии системаҳои экологӣ», «Амсиласозии имитатсионии системаҳои экологию иқтисодӣ», инчунин ҳангоми аз тарафи донишҷӯён навиштани корҳои курсӣ ва корҳои дипломӣ мавриди истифода қарор гирад. Даста барномаҳои амалии сохташуда дорои аҳамияти махсус буда, дар бобати ҳаллу фасли масоили интихоби истеҳсолоти самаранок ва беҳтар кардани вазъияти системаҳои экологӣ кумак мекунад.

Аҳамияти амалии таҳқиқоти диссертатсионӣ аз он иборат аст, ки:

– натиҷаҳои асосии он аз ҷониби Кумитаи ҳифзи Ҷумҳурии Тоҷикистон барои нигоҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда дар мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ)-и вилояти Хатлони Ҷумҳурии Тоҷикистон истифода шудаанд;

– барои мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» сохторҳои устувор ва ноустувор муайян карда шудаанд;

– дар диссертатсия усули умумикардашудаи таҳияи амсилаҳои математикии экосистемаҳои минтақавии намуди умумӣ пешниҳод гардидааст;

– усули эҷодшуда имконият медиҳад, ки бо истифодаи блокҳо, нақшаҳо ва ҷузъҳои таҳияшуда, амсилаҳои компютерии мамнӯъгоҳҳо, бо таҳлили дақиқи пешакии онҳо, ба таври фаврӣ тартиб дода шаванд;

– усули муназзамсозии афзорҳои таҳқиқи системаҳои минтақавии экологӣ пешниҳод шудааст.

Дар айни ҳол аз таҳқиқоти диссертатсионӣ донишҷӯёни соли сеюм ва чоруми ихтисоси «Информатика»-и Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (ДМТ) ҳангоми омӯзиши курси махсуси «Амсиласозии компютерии системаҳои экологӣ» ва донишҷӯёни соли сеюми ихтисоси информатика, системаҳои автоматикунонидашуда, низом ва технологияҳои иттилоотии Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав ҳангоми омӯзиши курси махсус истифода мебаранд.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

1. Сохтан ва асоснок кардани амсилаи консептуалии масъалаи ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшавандаи экосистемаи «Бешаи Палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ)-и вилояти Хатлони Ҷумҳурии Тоҷикистон ва таҳияи амсилаи математикии масъалаи ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда дар шакли системаи муодилаҳои дифференсиалӣ бо ҳосилаҳои хусусӣ дар асоси амсилаҳои консептуалӣ.

2. Баёну ифода ва асоснок кардани вазифаҳои гуногуни амсилаҳои ҳифзи навъҳои нодир ва нестшаванда бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоии навъҳои биологӣ барои «Бешаи Палангон» (қисмати

қамишию биёбонӣ), инчунин арзёбии миқдору теъдоди зарурии захираҳои воридшаванда барои муайян кардани фаъолияти самараноки навъҳои мамнӯъгоҳи системаи экологӣ, дар синфи функсияҳои квадратӣ ҳамгироишаванда, инчунин паст кардани тартиби муодилаҳои интегро-дифференсиалӣ мутобиқ ба параметрҳои фазоӣ бо мақсади сода гардонидани ҳаллу фасли масъалаи ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда.

3. Таҳияи алгоритмҳои теъдодию миқдорӣ, барномаҳо барои ҳаллу фасли амсилаҳои математикии сохташудаи вазифаҳои ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳи «Қамишию биёбонӣ»-и вилояти Хатлони Ҷумҳурии Тоҷикистон ва натиҷаи озмоишҳои компютерӣ ва таҳлили онҳо бо маълумоти амсилавӣ бо мақсади пешгӯйии вазъияти мамнӯъгоҳ.

Эътимоднокӣ ва асоснокии натиҷаҳои илмии бадастомада, хулосаҳо ва тавсияҳои дар диссертатсия овардашуда тавассути таҳқиқоти комплексии сарчашмаҳои зиёди илмии олимони ватанӣ ва хориҷӣ тақвият дода шуда, бо методологияи бархӯрди системавӣ, консепсияи илмии санҷиши компютерӣ, такя ба усулҳои назариявию амалии таҳқиқот, таҳлили шароити объектҳои таҳқиқшаванда ва натиҷаи озмоишҳо, дар амал тасдиқ шудани принсипҳои асосии амсиласозӣ бо истифодаи дастгоҳи назариявии муодилаҳои дифференсиалӣ барои нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳ, ки ба масъалаҳои таҳқиқшаванда мувофиқанд, инчунин таҷрибаи шахсии диссертант ба ҳайси амсиласоз таъмин карда шудааст.

Мутобиқати диссертатсия бо шиносномаи ихтисоси илмӣ (бо шарҳ ва соҳаи таҳқиқот). Кори диссертатсионӣ мувофиқи бандҳои зерини шиносномаи ихтисоси илмии 1.1.10 – Моделсозии математикӣ, методҳои ададӣ ва комплекси барномаҳо анҷом дода шудааст:

Банди 2. Таҳияи усулҳои сифатӣ ва тахминии таҳлилии омӯзиши моделҳои математикӣ;

Банди 5. Татбиқи усулҳои ададӣ ва алгоритмҳои самарабахш барои гузаронидани таҷрибаҳои ҳисоббарорӣ, дар намуди комплекси барномаҳои масъалагаро;

Банди 6. Таҳқиқи комплексии масъалаҳои илмӣ-техникӣ ва пойгоҳӣ-татбиқӣ, бо истифода аз технологияҳои муосири амсиласозии математикӣ ва таҷрибагузарониҳои ҳисоббарорӣ.

Банди 9. Коркарди системаи амсиласозии компютерӣ ва тақлидӣ.

Саҳми шахсии довталаби дарёфти дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот аз он иборат аст, ки диссертатсия аз ҷониби ӯ мустақилона навишта шудааст. Натиҷаҳои бадастовардаи унвонҷӯ, бинобар мавҷудияти алоқамандии миёни натиҷаҳо дар чаҳорчӯбаи таҳқиқоти назариявӣ ва таҳияи амсилаҳои математикию компютерӣ барои таҳқиқот, пешгӯӣ ва идоракунии динамикаи экосистемаи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) ва монанди ин экосистема саҳми муайянеро дар инкишофи назария, пешгӯӣ ва амалияи худкорсозии (автоматикунонӣ)-и масъалаҳои идоракунӣ ташкил медиҳанд.

Натиҷаҳои илмии дар диссертатсияи мазкур пешниҳодшуда моҳияти илмӣ-амалӣ дошта, дар мамнӯъгоҳҳои мухталиф зимни ҳалли масоили идоракунӣ ва коркарди иттилоот истифода шуда метавонанд. Муқаррароти асосии илмӣ ва хулосаҳо асоснок карда шудаанд ва бо амсиласозии математикӣ ва компютерӣ, инчунин бо даста барномаи амалии таҳияшуда, ки дорои санадҳои татбиқ, шаҳодатномаи муаллифи Вазорати рушди иқтисод ва савдои Ҷумҳурии Тоҷикистон Муассисаи давлатии «Маркази миллии патенту иттилоот», № 3272600578.–06.05.2026, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав мебошанд, тасдиқ гардидаанд.

Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Дар диссертатсия вазифаи аввалиндараҷа ин сохтани амсилаи математикӣ барои ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ)-и вилояти Хатлони Ҷумҳурии Тоҷикистон ба шумор рафта, дар баробари сохтани амсиласозии математикӣ, муназзамсозии фаъолияти динамикаи мамнӯъгоҳ низ ҳаллу фасл ёфтаанд. Дар умум масъалаҳои зерин ҳалли худро ёфтаанд:

1. Амсилаи консептуалӣ вобаста ба муносибати навъҳои биологии мамнӯъгоҳи «Қамишию биёбонӣ»-и вилояти Хатлон ва дар асоси он сохтани амсилаи математикӣ дар шакли муодилаҳои интегро-дифференсиалӣ бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ сохта шудааст. Тартиби муодилаҳо бо мақсади содагардонии ҳалли масъала нисбат ба амсилаи нуқтагӣ коҳиш дода шуда, сохтори устуворӣ ва сифатан устувори мамнӯъгоҳ муайян карда шудааст;
2. Диапазонҳои самараноки тағйирёбии теъдод ва саршумори навъҳои нодир ва нестшавандаи биологӣ бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ ба даст оварда шуд;
3. Алгоритми устувори миқдорӣ барои ҳаллу фасли вазифаҳои гуногуни таҳияшудаи марбут ба ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда пешниҳод ва асоснок карда шудаанд;
4. Муҷтамаъи барномаҳо барои ҳаллу фасли вазифаҳои амсиласозии математикии вазъияти системаи экологии се сатҳи трофикии иборат аз 16 муодила сохта шуда, як қатор озмоишҳои ҳисоббарорӣ барои экосистемаҳои мушаххас бо мақсади пешгӯйии вазъияти онҳо доир карда шуд. Ҳаллу фасли масъалаи ҳифзу нигаҳдории навъҳои нодир дар реҷаҳои гуногуни фаъолияти мамнӯъгоҳи «Қамишию биёбонӣ»-и вилояти Хатлон ба даст оварда шуд.

Натиҷаҳои диссертатсия дар ҷаласаҳои кафедраи «Технологияҳои иттилоотӣ ва методикаи таълими информатика», «Системаҳои автоматикунонидашудаи коркарди ахборот ва шабакаҳои алоқа»-и Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав ва семинарҳои илмии кафедраҳои «Информатика» ва «Моделсозии математикӣ»-и Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (2013-2024) дар конфронсҳои илмии ҳарсолаи ҳайати профессорону устодони Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав (солҳои 2013-2024), дар конфронсҳои илмии ҷумҳуриявӣ ва байналмилалии «Нақши Донишгоҳи давлатии шаҳри Кӯлоб ба номи А.Рудакӣ дар тайёр намудани мутахассисон бахшида ба 70-солагии донишгоҳ» (Кӯлоб, 2015), «Таҳлили компютерӣ, мушкилоти илм ва технология» (Душанбе, 2015), «Рушди илму маориф дар замони муосир» (Қӯрғонтеппа, 2016), «Проблемаҳои оҳангӯдозӣ дар Тоҷикистон ва роҳҳои ҳалли он» (Душанбе, 2016), «Муодилаҳои физикию математикии классикӣ ва масъалаҳои гуногуни таҳлили математикӣ (Душанбе, 2016), «70-солагии таъсисёбии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон» (Душанбе, 2018), «Усули муназзамсозии мамнӯъгоҳи Бешаи палангон» (Душанбе, 2022), «Концептуальная модель редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных заповедников Республики Таджикистан» (Минск, 2023) ва «Технология разработки компьютерного инструментария по прогнозированию и управлению динамики типовых региональных экосистем (на примере заповедника Тигровая балка)» муҳокима ва баррасӣ шудаанд.

Интишорот аз рӯйи мавзуи диссертатсия. Натиҷаҳои асосии таҳқиқот дар 22 мақолаи илмӣ, аз ҷумла, 9-тои он дар маҷаллаҳои тақризшавандаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон сар шуда аз кори [1–М, 9–М] ба нашр расидаанд. Дар конференсияҳои илмии сатҳашон гуногун бошад 13 мақола ва фишурдаи мақола рӯи чоп омадаанд. Инчунин 1-шаҳодатнома дар бораи қайди давлатии барномаи компютерӣ.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз бахшҳои муқаддима, тавсифи умумии таҳқиқот, чор боб, бахши хулосаҳо бо натиҷаҳои асосии илмии диссертатсия ва тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо, рӯйхати адабиёт бо феҳристи сарчашмаҳои истифодашуда ва феҳристи интишороти илмии довталаби дарёфти дараҷаи илмӣ иборат аст. Ҳаҷми умумии диссертатсия аз 165 саҳифаи матни компютерӣ, ки бо ёрии протсессори матнии Microsoft Word ҳуруфчинигардида, иборат буда, фарогири 4 ҷадвал ва 40 расм аст ва рӯйхати адабиёти истифодашуда 123 номгӯйро ташкил медиҳад.

БОБИ I. МАСЪАЛАҲОИ УСТУВОРӢ ВА СИФАТАН УСТУВОРИИ ЭКОСИСТЕМАИ «БЕШАИ ПАЛАНГОН» (ҚИСМАТИ ҚАМИШИЮ БИЁБОНӢ)

1.1. Шароити иқлимӣ, тасвири биологии сохтори мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) ва сохтани амсилаи консептуалӣ ва риёзӣ

Мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) куҳантарин мамнӯъгоҳи қамишию биёбонӣ дар байни мамнӯъгоҳҳои Тоҷикистон ба ҳисоб меравад. Мамнӯъгоҳ дар асоси Қарори Шӯрои Комиссарони РСС Тоҷикистон, таҳти №1163, аз 04.11.1938, таъсис ёфтааст. Мамнӯъгоҳ дар қисмати ҷанубӣ-ғарбии Ҷумҳурии Тоҷикистон қарор дошта, бо дарёи Вахш ҳамсарҳад буда, то макони бо ҳам якҷоя шудани дарёҳои Вахш ва Панҷ то марзи Афғонистон тул мекашад [12, 27, 45, 46].

Вазифаи асосии мамнӯъгоҳ ҳифзи олами ҳайвонот ва набототи он мебошад. Қамишзорҳо масоҳати 24,1 ҳазор гектарро ташкил намуда, ягона маконе дар рӯйи замин мебошанд, ки дар шакли табиӣ боқӣ мондааст. Ба ҷузъ аз қамишзорҳо, ба сохтори мамнӯъгоҳ, қисмате аз биёбони Қашқақум ва кӯҳҳои Аруктоғ ва бахше аз кӯҳҳои Хоҷа - Қозиён ва Буритоғ дохил мешаванд.

Дар мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон» зиёда аз 250 навъи ҳайвонҳои нодир, аз ҷумлаи бузи кӯҳӣ, оҳуи бухороӣ, ғизол, гӯсфанди кӯҳии бухороӣ, кафтори рах-рах, гурбаи қамишӣ, кобраи осиёимиёнагӣ, мори гурза, хирс, хук, харгӯш, гурбаи даштӣ, рӯбоҳ, гург ва ғайра бо ҳам умр ба сар мебаранд. Ба парандагони муҳофизатшавандаи беназир бошад – кабки даштӣ, парандаи тоҷикии сиёҳу тиллоӣ дохил мешавад. Дар байни ҳайвонҳои овардашуда соҳибимтиёзаш оҳуи бухороӣ ва бузи кӯҳӣ буда, маҳз мақсади ташкил шудани мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон» дар қаламрави собиқ Иттиҳоди Шуравӣ аз нестшавӣ нигоҳ доштани ҳамин гуна ҳайвонҳои нодир буд (расми 1.1.1) [12, 27, 45, 46].

Расми 1.1.1. Гург ва оҳуи бухороӣ.

«Яке аз мақсадҳои навиштан ва коркарди амсилаҳои математикӣ барои масъалаҳои идоракунии популятсияҳои биологӣ ин пешниҳод намудани раванди ҳифзи ҳайвонҳои нодиру нестшавандаи биологии системаҳои экологӣ аз ҷумлаи мамнуъгоҳҳо ва парваришгоҳҳо иборат мебошад. Дар баробари ин, барои намудҳои нодир ва нестшаванда ҳудудҳои мувофиқ барои тағйир додани онҳо муқаррар карда мешавад. Маълум аст, ки ин ҳудудҳо аз қисматҳои системаи биологии баррасишаванда вобастаанд ва сарҳадҳои тағйир додани дигар намудҳои биологӣ бо дарназардошти ҳалли ин масъалаи ҳифзи ҳайвоноти нодир ва нестшаванда қарор дошта, муайян карда мешаванд» [15-19].

«Яке аз вазифаҳои асосии амсиласозии математикӣ ин дурнамои ҳолати системаҳои экологӣ ва идоракунии онҳо дар асоси меъёрҳои экологӣ муайяншуда мебошад. Дар баробари ин, боз вазифаҳое ба миён гузошта мешаванд, ки онҳо тавонанд равишҳои анъанавиро аз нав дида баромада, усулҳои навро таҳия намудан зарур аст» [55-65].

Шароити иқлимӣ ва тавсифи биологии сохторҳои мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон». «Мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» дар қисмати ҷанубии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар координатаҳои зерин 37015' - 68030' аз сатҳи баҳр ҷойгир аст. Заминҳои болоии мамнӯъгоҳ таллу теппаҳои васеъ дошта ҳангоми назар кардан диққати шахсро ба худ ҷалб мекунад.

Шохаи ҷанубии қаторкӯҳи Оқтоғ (кӯҳҳои Хоҷа Қозиён), ки то ба дохили мамнӯъгоҳ тул мекашад, дар самти соҳили рости дарёи Вахш ҷойгир буда, бар асари боду борон ниматахту нимаҳамвор гаштаанд» [12, 27, 46].

Иқлими мамнӯъгоҳ. «Иқлими мамнӯъгоҳ шадидан континенталӣ ва хушк мебошад. Зимистонаш хунук буда, доиман боди сарде мевазад. Тобистонаш бошад гармии тропикӣ дошта, ҳарорати миёнаи солона +14, +17^{0}С-ро ташкил мекунад. Ҳарорати пасттарин дар моҳи январ ба ҳисоб рафта аз +2 то -0^{0}С паст мешавад. Дар моҳи июл бошад, ҳарорати гармо +28, + 32^{0}С-ро ташкил медиҳад. Тобистон аз моҳи май оғоз шуда то миёнаҳои моҳи сентябр давом мекунад, дар ин давра ҳавои дами гармо ҳукмфармо мешавад. Ҳарорати баланди гармо дар моҳи июл пеш меояд, ки баъзан рӯзҳо то +46, +48^{0}С-ро ташкил медиҳад. Ҳарорати гармо дар баъзе мавридҳо дар болои сатҳи замин то +70, +75^{0}С мерасад ва ҳаёт дар ин соатҳо дар биёбон мемирад. Ҳамаи мавҷудоти зинда зери замин, ба лонаҳои худ меравaнд ва ё худро зери қум мекунанд, ё дар сояи бута ё дарахте худро аз гармӣ паноҳ мекунанд. Дар моҳи июл - август ҳарорати ҳаво қариб, ки дар як сатҳ боқӣ мемонад. Рӯз бо шаби нисбатан муътадил иваз мешавад. Ҳавои хунукӣ асосан дар саҳарии барвақт қабл аз тулӯи офтоб эҳсос мешавад. Ҷаҳиши ҳарорат дар моҳи июл аз +35^{0}С сар мешавад. Охири моҳи сентябр, яъне дар даҳаи охири ин моҳ ҳангоме, ки ҳанӯз ҳаво гарму соф мебошад, пас аз боришоти аввалини на он қадар зиёд сабзаҳо медаманд, баъзе намуди сабзиши алафҳо ва бисёр растаниҳои дигари тирамоҳу зимистонӣ оғоз мегардад. Дар ҷадвали 1.1.1 қимати миёнаи моҳона ва солонаи ҳарорати ҳаво, миқдори солонаи боришот дар мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» оварда шудааст» [12, 27, 46].

Ҷадвали 1.1.1. Қимати миёнаи ҳарорати ҳаво ва миқдори боришот

Қимати миёнаи моҳҳона ва солонаи ҳарорати ҳаво												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
-9,0	0,2	15,6	22,6	30,2	36,0	38,3	38,5	33,8	23,8	13,2	-2,1	20,4
Ҷамъи миқдори солонаи боришот, бо *мм* сутунчаи симобӣ												
102	140	210	185	145	37	1	2	3	47	97	100	89,08

Хоки мамнӯъгоҳ. «Мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» дорои хокҳои гуногун ба монанди: сафедхок, марғзорию ботлоқӣ, шӯрахокҳо мебошад. Кӯҳҳои паст ва тепаҳои мамнӯъгоҳ (кӯҳи Хоҷа-Қозиён) аз хокҳои сафед ва сиёҳу хокистарии хос иборат мебошад. Ҷараёни шӯршавии хокҳои мамнӯъгоҳ аз обҳои зеризаминӣ вобастагӣ дорад. Дар қисмати поёнии мамнӯъгоҳ обҳои зеризаминӣ дар чуқурии 2 метр қарор дошта, дар қисмати болои он бошад дар чуқурии 2,5 то 5 метр ҷойгиранд. Наздики 60% қаламрави мамнӯъгоҳ аз обҳои зеризаминӣ шодоб мешавад, ки дар чуқурии 4 метр қарор доранд» [12, 27, 46].

Растаниҳо. Дарахтон ва растаниҳои мамнӯъгоҳ арзиши калон дошта, қисми зиёди онҳо растаниҳои нодири Тоҷикистон буда, онҳо ба Китоби сурх дохил мешаванд. «Дар қаламрави мамнӯъгоҳ масоҳати туғайзорҳо наздики 24 ҳазор гектарро ташкил медиҳанд. Дар айни замон дар Ҷумҳурии Тоҷикистон аз ҳамаи туғайзори калоне ки боқӣ мондааст, ин туғайзори «Бешаи палангон» мебошад» [45].

«Мутобиқ ба маълумоти Институти ботаникаи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон (Ю. И. Молотовский), туғайзорҳои мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» 438 навъи растаниҳоро доро буда, аз ин миқдор дар қитъаҳои биёбонии мамнӯъгоҳ 120 навъи ин растаниҳо мерӯянд (нигаред ба расми 1.1.2)» [46].

Расми 1.1.2. Майдонҳои ҷангалзори мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон».

Растаниҳои қамишзор [12, 27, 45, 46].

1. Санҷид;
2. Туранга;
3. Сафедори помирӣ;
4. Гази бисёршоха;
5. Ширинбияи лухт;
6. Иператои силиндрӣ;
7. Хостаки русӣ;
8. Явшон;
9. Дубаргаи амударёӣ.

Олами ҳайвоноти мамнӯъгоҳ. Олами ҳайвоноти мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» мутааллиқ ба минтақаи Турон, водии Осиёимиёнагӣ буда, беҳтараш онро бо номи туғайзор, ноҳияи зоографии тоҷикӣ ном мебаранд (Кузнетсов, 1950; Крижановский, 1965). Зиёд будани навъи эндомикӣ ва оилаи болсахтон гувоҳӣ аз он медиҳад, ки ин маҷмаа хеле қадимӣ мебошад [12, 27, 45, 46].

«Аз ҳашаротҳои нодир ба Китоби Сурхи Ҷумҳурии Тоҷикистон на камтар аз 15 намуди онҳо ворид карда шудаанд: бӯзахӯри турангӣ, пӯпинамурғи туғайӣ, бӯзахӯри кандирӣ, ғӯзакбофи турангӣ ва полидаи туғайӣ. Дар мамнӯъгоҳ наздики 20 навъи моҳӣ, 30 навъи хазандаҳо, 34 навъи ширхӯрон, 2 намуди обхокиҳо ва 150 навъи парандагон ба қайд гирифта шудаанд» [12, 27, 45]:

Ҳашароти мамнӯъгоҳ.

Тақрибан 17-18 намуди хазандагон [12, 27, 45, 103-121]:

1. Сангпушти даштӣ.
2. Оғомаи Туркистон.
3. Оғомаи Ҳимолой.
4. Боҳтур.
5. Поп Никольский.
6. Холо-чашми Осиё.
7. Сагбачаи дарозпой.
8. Кӯрмор.

9. Ҳалқашакли шарқӣ.
10. Мори обӣ.
11. Дандони гурги рахнадор.
12. Мори чипори безаҳр.
13. Мори рангоранг.
14. Давандаи намунавӣ.
15. Тирмор.
16. Мори Осиёи Миёна.
17. Коттонмут. (Сипаршакл).

«Дар мамнӯъгоҳ парандагони муқимӣ ва мавсимӣ хеле зиёд мебошанд. Қариб 120 ҳазор намуди парандагони гуногун дар ҳудудии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» умр ба сар мебаранд. Навъҳои асосие, ки дар амсилаи консептуалӣ рақамгузорӣ шудаанд инҳо мебошанд» [12, 27, 45].

1. Хорпушти калонгӯш.
2. Мурғи хурдакак.
3. Наъли калону хурд.
4. Ушан.
5. Куршабпарак, муши парон
6. Куршабпараки серанга.
7. Кӯршабпараки гӯшборик, сихгӯш.
8. Кӯршабпараки мӯйлабдор.
9. Хаффош.

Навъи ҳайвонҳои мамнӯъгоҳ:

10. Бабри барфӣ ё ибрис.
11. Хирси Тиёншон.
12. Гург.
13. Рӯбоҳ.
14. Кафтор.
15. Миримушон.
16. Савсор.

17. Силовсин.

18. Хобак (навъи муш).

19. Муши ҷангалӣ.

20. Хомяки хокистарранг.

21. Арчаҳои саҳроӣ.

22. Калламуши Туркистон.

23. Муши хонагӣ.

24. Бузи кӯҳии Сибирӣ.

25. Оҳуи шохдор (Нахчир).

26. Оҳуи даштӣ.

27. Хук.

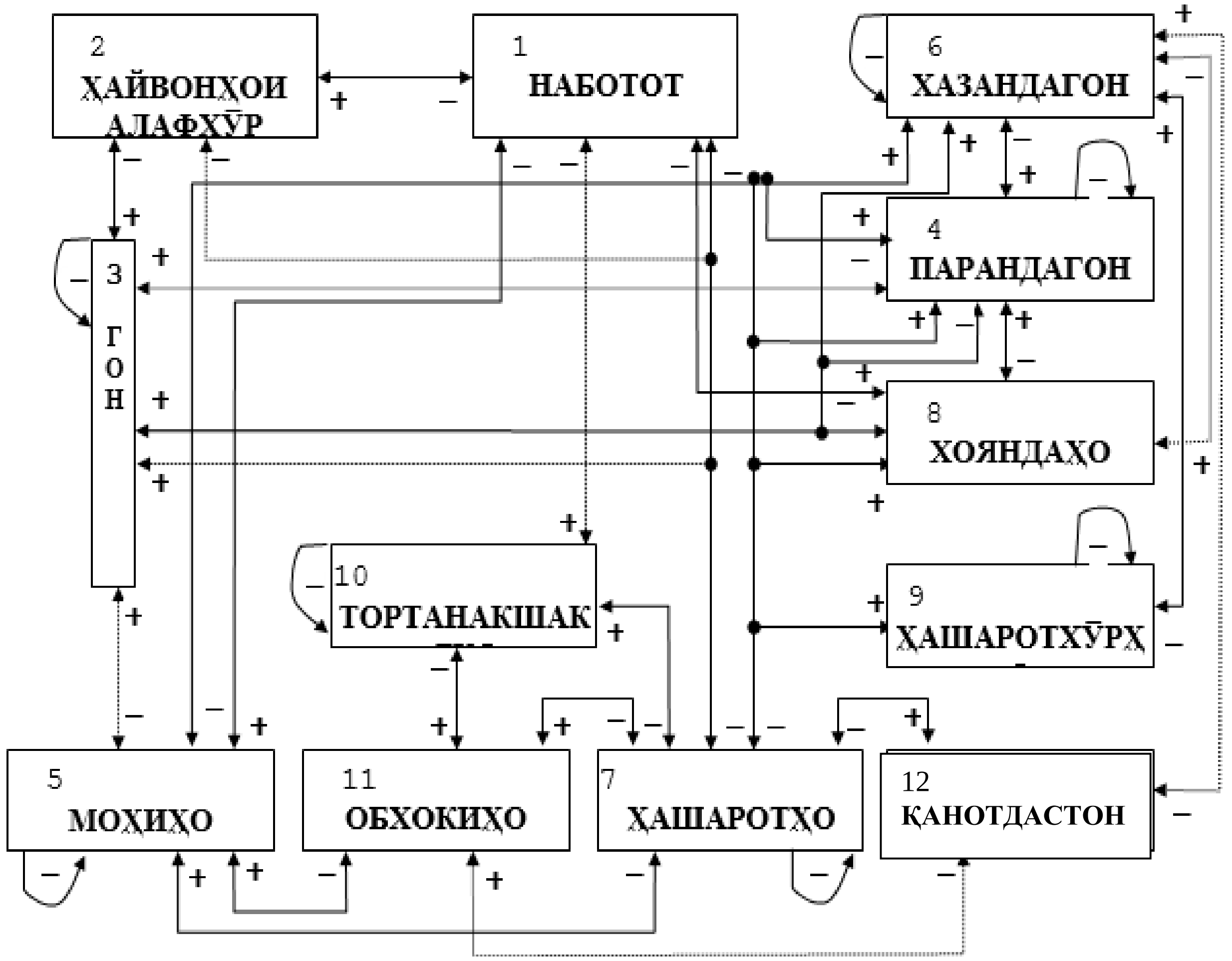
28. Оҳуи Бухоро.

Мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» танҳо мамнӯъгоҳе дар дунё мебошад, ки ҳамчун мамнӯъгоҳи туғайию биёбонии манотиқи хушкӣ-тропикӣ ҳифз шудааст. Солҳои охир ба хотири нарасидани дарёбодҳо ва ба таври кофӣ пур нашудани кӯлҳои дохили мамнӯъгоҳ аз об таъсири назарраси манфӣ ба экосистемаи табиии мамнӯгоҳ ба таври равшан эҳсос карда мешавад, ки ин ҳолат ба ҳайати олами мамнӯъгоҳ - растаниҳои дарахтию буттагӣ ва алафҳо таъсири манфӣ доштааст.

Дар натиҷаи шӯршавии заминҳо тағйирёбии ҳайати растаниҳо ба чашм мерасад. Ба ҷойи растаниҳои қаблӣ растаниҳое месабзанд, ки ба хоки шӯршуда мутобиқ мебошанд.

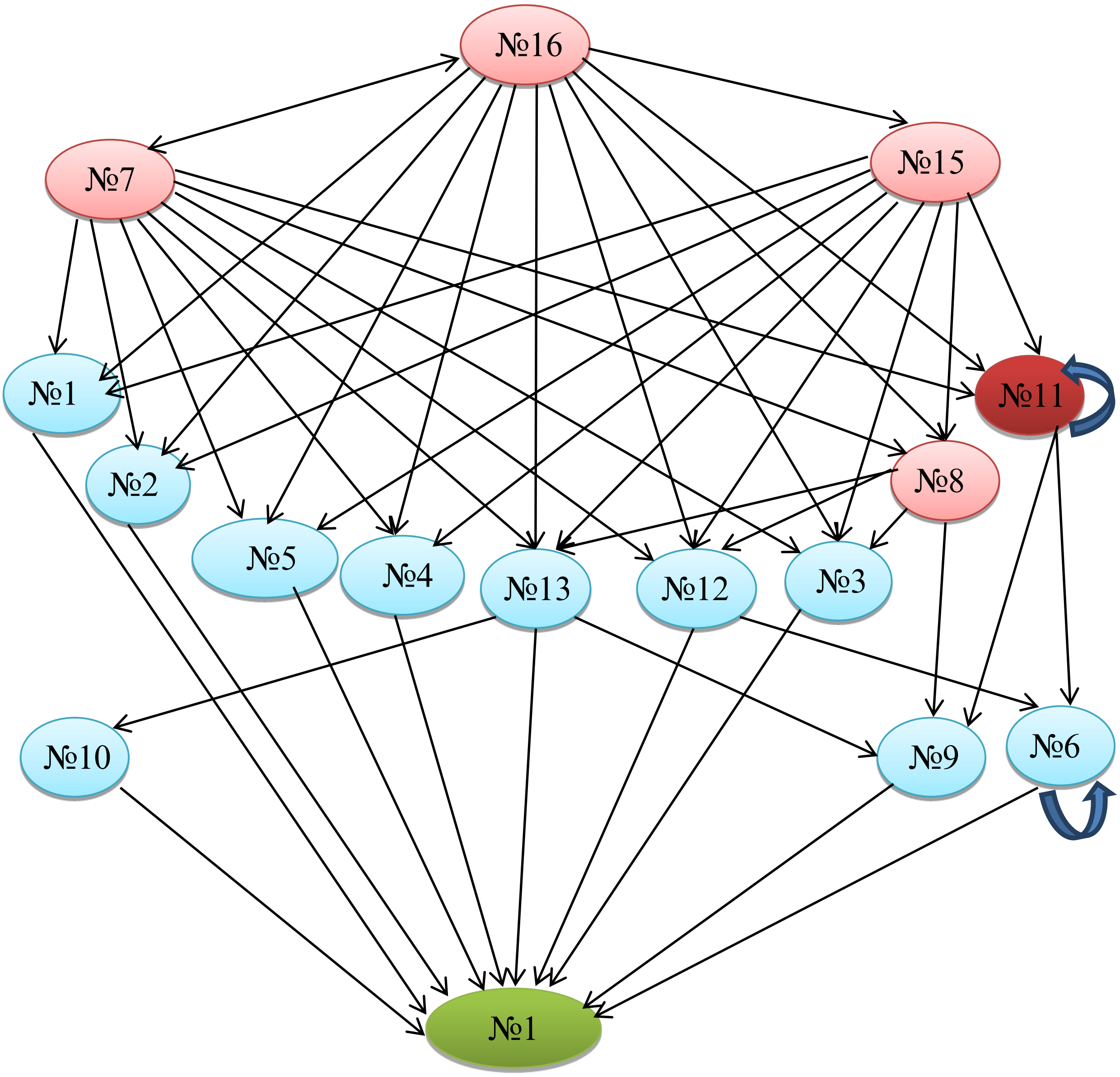
Сарфи назар аз он ки дар ҳоли ҳозир хатари калони марг ба экосистемаи табиии мамнӯгоҳ дар зери таъсири омилҳои табиӣ таҳдид накарда истодааст, масъалаи ҳифзи мамнӯъгоҳ ҳамчун макони захираи нодири генофонд, ки дар муҳосираи ландшафти антропогенӣ қарор дорад ва машғули таъсири антропогенӣ низ мебошад, мураккабу бисёрҷанба мемонад. Сабабҳои асосии таҳдид барои нигоҳдорӣ ва мавҷудияти мамнӯъгоҳ инҳо мебошанд: ба таври васеъ аз худ кардани заминҳои дар наздикии марзи мамнӯъгоҳбуда, вуҷуд надоштани минтақаи буферӣ, сӯхторҳои системавӣ, ғайриқонунӣ чарондани чорво, паст шудани сатҳи оби дарёи Вахш, ғайриқонунӣ буридани дарахтони ҷангалзорҳо ва ба шикори ҳайвонҳо ва парандагон машғул шудани одамон. Масъалаи фавқулодае, ки то ба ҳол муҳим боқӣ мемонад ин ворид шудани обҳо аз заминҳои кишт ба қаламрави мамнӯъгоҳ ва ба ҳавзҳои мамнӯъгоҳ мебошад, ки ҳавзҳои мамнӯъгоҳро бо ҳар гуна заҳрхимикатҳои дар таркиби худ дошта заҳролуд мекунанд. Акнун амсилаи консептуалии экосистемаи мамнӯъгоҳҳои минтақавии Ҷумҳурии Тоҷикистонро пешниҳод менамоем [8-М].

Амсилаи консептуалии экосистемаи мамнӯъгоҳҳои минтақавӣ (расми 1.1.3.) дар намуди схемавӣ ифода ёфта ва дар асоси он мо метавонем схемаҳои дигар мамнӯъгоҳҳоро ба осонӣ созем [8-М].



Расми 1.1.3. Амсилаи консептуалии экосистемаи мамнӯъгоҳҳои минтақавӣ.

Нақшаи умумии таъсири байниҳамдигарии навъҳои биологӣ, дар мамнӯъгоҳи додашуда, дар расми 1.1.3. оварда шудааст, ки амсилаи консептуалии умумии намудҳои биологии мамнӯъгоҳро вобаста аз муносибати мутақобилаашон ифода мекунад. Дар асоси амсилаи овардашуда амсилаи консептуалии мамнӯъгоҳи «Қамишию биёбонӣ» сохта шудааст (расми 1.1.4.).



Расми 1.1.4. Амсилаи консептуалии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ).

Дар амсилаи консептуалӣ (расми 1.1.4.) бо N_1 – биомассаи наботот, N_2 - биомассаи оҳуи бухороӣ, N_3 – биомассаи харгӯшҳои тула, N_4 – биомассаи бузҳои даштӣ, N_5 – биомассаи оҳуи даштӣ, N_6 – биомассаи моҳиҳо, N_7 – биомассаи гургҳо, N_8 – биомассаи гурбаҳои қамишзорӣ, N_9 – биомассаи мушҳо,

N_{10} – биомассаи сангпуштҳои даштӣ, N_{11} – биомассаи морҳо, N_{12} – биомассаи парандагони кӯлҳо, N_{13} – биомассаи парандагони сӯфакӯҳҳои биёбонӣ, N_{14} – биомассаи хукҳои гуроз, N_{15} – биомассаи рӯбоҳҳо, N_{16} – биомассаи бабрҳои тӯронӣ ишора шудаанд.

1.2. Баҳодиии устувории экосистемаи «бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) бо истифода аз усулҳои устуворӣ ва сифатан устуворӣ

Мафҳуми устуворӣ ва сифатан устуворӣ, ки аз тарафи олими амрикоӣ Роберт Мэй [92-96] бо усулҳои муайян баҳодиҳӣ карда шудааст. Бо усулҳои Р. Мэй мо метавонем устуворӣ ва ноустувории дилхоҳ системаи экологиро муайян ва баҳодиҳӣ намоем. Устувории дилхоҳ мамнӯъгоҳ аз муносибати равобити байни навъҳои биологии системаи экологӣ вобастагӣ дорад. Сифатан устувор будан маънои онро дорад, ки ба нестшавии системаи экологӣ чизе таҳдид намекунад. Баъдан ба усулҳои устувории Р. Мэй олимони дигар К. Джеффрис ва Д. Логофет ҳамроҳ гардида, иловаҳои худро оид ба устуворӣ ворид намудаанд.

«Меъёри сифатан устувории Р. Мей, К. Джеффрис ва Д. Логофет аз иҷрои шартҳои зерин иборат мебошад [1-М, 3-М, 5-М, 71, 103-121]:

1. $a_{ii} \leq 0$, барои ҳамаи $i=\overline{1,m}$, дар сурати $a_{kk} < 0$ барои баъзе k. Шарти додашуда маънои онро дорад, ки системаи экологии мамнӯъгоҳ сифатан устувор буда наметавонад, агар навъҳои он дар низоми зиёдшавӣ қарор надошта ва ақаллан яке аз навъҳои асосии системаи экологӣ хосияти худмаҳдудкунӣ (худнесткунӣ)-ро доро бошад.

2. $a_{ij} \cdot a_{ji} \leq 0$, барои ҳар гуна $i \neq j$ ва $i, j = \overline{1,m}$. Шарти мазкур аз он шаҳодат медиҳад, ки дар системаи экологӣ муносибати рақобатнок (– –) ва мутуализм (+ +) набояд вуҷуд дошта бошад.

3. Барои ҳар гуна маҷмуи аз се ва зиёда индексҳои гуногундошта $i_1, i_2, \cdot\cdot\cdot, i_k$ зарби зерин ҳосил карда шавад:

$$a_{i_1 i_2} \cdot a_{i_2 i_3} \ \cdot \ldots \cdot a_{i_{k-1} i_k} \cdot a_{i_k i_1} = 0.$$

4. det$(A)\neq 0$. Ин шарт собит месозад, ки вобаста ба графи самтӣ аломатӣ ГСА шумораи қуллаҳо ба шумораи навъҳои системаҳои экологӣ баробар аст.

5. Истифодаи ишораҳои даранда дар граф раванди санҷиши дурусти рангҳоро халалдор менамояд:

а) ҳамаи қуллаҳои ГСА (вобаста ба навъҳои мувофиқи мамнӯъгоҳ) бо худнесткунӣ (яъне худмаҳдудкунӣ) -ранги сиёҳро доро мебошанд;

б) дар ГСА қуллаҳои сафед мавҷуданд (бидуни худнесткунӣ), дар мавриде, ки қуллаҳои ранги сафед дошта дар натиҷа ба яке аз қуллаҳои сафеди дигар пайваст мебошад;

в) ҳар як қуллаи сиёҳе бо яке аз қуллаи сафеди ГСА алоқаманд буда, ҳадди ақал ба қуллаи сафеди дигари ГСА алоқамандиеро доро мебошад.

Қайд кардан ба маврид аст, ки шарти

$$h = \|A\| < 1,$$

дар ин ҷо h – захираи ҷомеаи экосистема буда, норма бошад ба маънои шарти кифоягии сифатан устувории асимптотии системаи экологӣ омадааст» [15-19].

Ҳамин тариқ, меъёрҳои овардашуда вобаста аз аломатҳои ГСА метавонанд асос барои таҳлили пешакии сохторҳои трофикии системаҳои экологӣ аз нуқтаи назари амсилаи динамикӣ ба ҳисоб раванд. Усулҳои пешниҳодшуда метавонанд ба навъҳои худтанзимкунанда бартарӣ дода аз устувории мавҷудияти сохтори системаҳои экологӣ гувоҳӣ диҳанд.

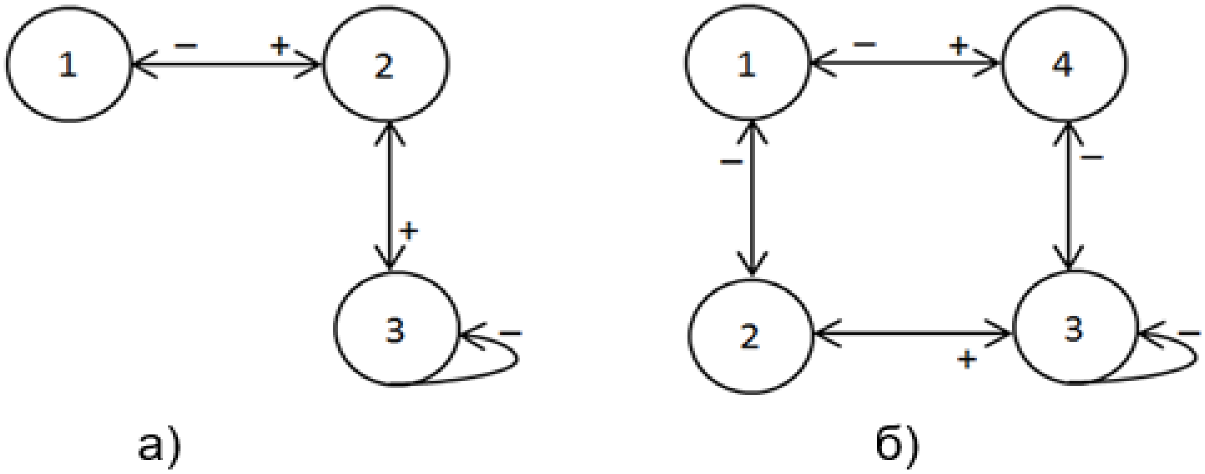
1.3. Таҳлили устувории мамнӯъгоҳ дар асоси муодилаи характеристикӣ

«Муодилаи

$$det(\delta I - A) = 0, A = B_0(0) + \int_0^\infty e^{-\delta a} dB(\alpha)\,, \tag{1.3.1}$$

муодилаи характеристикии системаҳои экологӣ бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ буда, бо I – матритсаи воҳидӣ, A – матритсаи ҷомеаи мамнӯъгоҳ, B – матритсаи зиндамонии навъҳои мамнӯъгоҳ ишора шудаанд» [15-19].

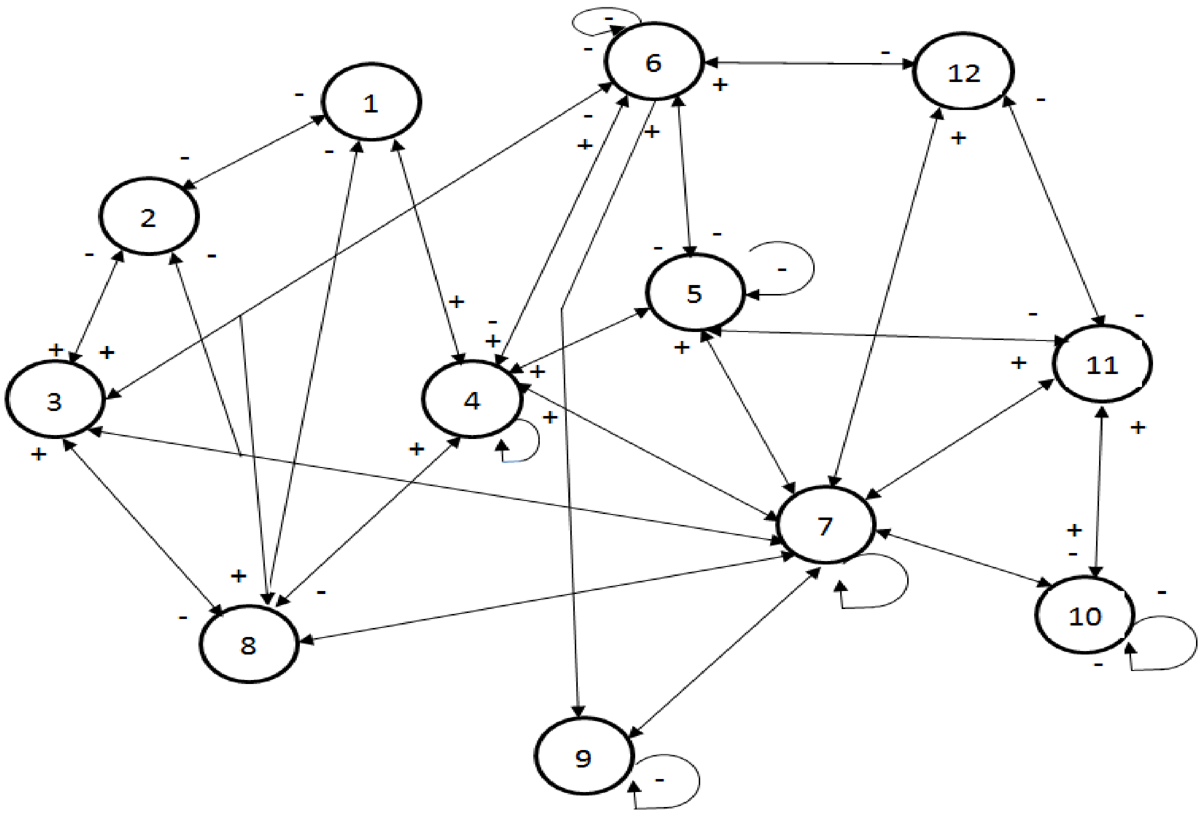
Дар асоси амсилаи консептуалии сохташуда (расми 1.1.4.) ва меъёрҳои устувории сифатии Р. Мей ва К. Джеффрис сифатан устувор ва ноустувор будани мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (барои қисмати қамишию биёбонӣ)-ро муайян менамоем [1-М;16-М]:



Расми 1.3.1.: – а) ГСА -и системаи сесатҳа; б) ГСА -и системаи чорсатҳа.

Системаи чорсатҳаи ГСА-и дар расми 1.3.1 (б) овардашударо дар асоси усулҳои овардашуда муқоиса намуда мебинем, ки системаи муттаҳидаи ***«ҷомеаи растаниҳо-ҳайвоноти гиёҳхӯр-дарандаҳо-хояндаҳо»***, сифатан устувор намебошад.

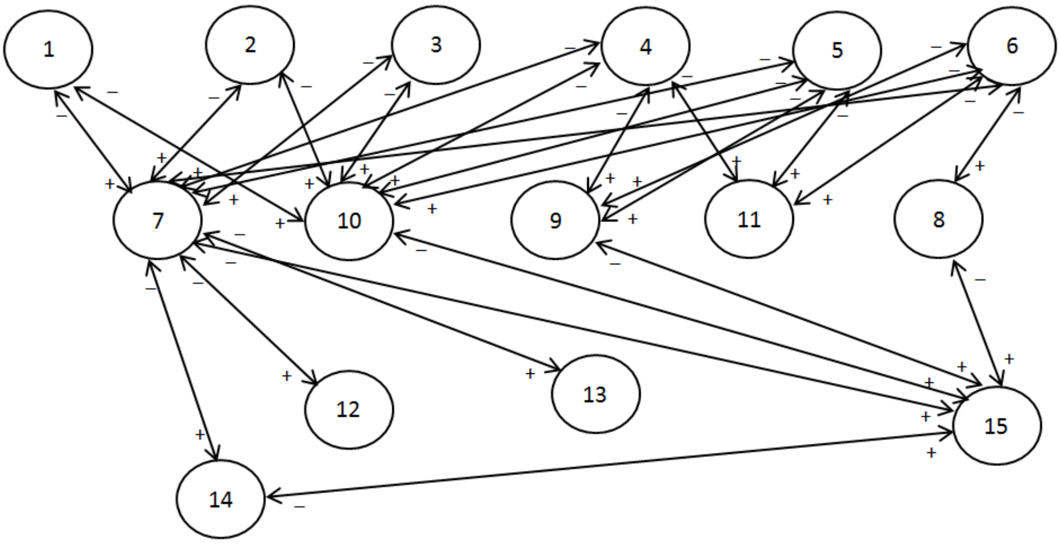
Акнун системаи мураккабтарро дида мебароем. «Барои экосистемаи бисёрсатҳаи ***«олами_растаниҳо_(1) - ҳайвоноти_алафхӯр_(2) - дарандагон_(3) - парандагон_(4) - моҳиҳо_(5) - хазандагон_(6) - ҳашаротҳо_(7) - хояндагон_(8) - ҳашаротхӯрон_(9) - тортанакшаклҳо_(10) - обхокиҳо»,*** граф бо алоқаҳои трофикии дар расми 1.3.1 овардашуда низ, шартҳои устуворӣ ва сифатан устуворӣ иҷро намегарданд. Агар мо алоқаҳои «рах-рах»-ро миёни навъҳо ба эътибор нагирем, он гоҳ системаи экологии таҳлилшаванда метавонад ба системаи сифатан устувор мубаддал гардад. Аз ин лиҳоз, барои ба даст овардани сохторҳои устувор ва сифатан устувори ҳаргуна мамнӯъгоҳ ба таври сунъӣ шумораи навъҳои мувофиқ бояд тавре тағйир дода шаванд, ки пайвастагиҳои «рах-рах»-и ГСА аз байн раванд» [15-19].



Расми 1.3.2. ГСА-и экосистемаи бисёрсатҳа «олами растаниҳо - 1, олами алафхӯрҳо - 2, даррандагон - 3, парандагон - 4, моҳиҳо - 5, хазандагон - 6, ҳашарот -7, хояндаҳо - 8, ҳашаротхӯрҳо - 9, тортанакшаклҳо - 10, обхокиҳо - 11, қанотдастон - 12».

Системаи экологии бо 10 сатҳи трофикӣ муттаҳидшудаи мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» ***(1 – наботот; 2 – ҳашарот; 3 – калтакалос, агама; 4 – миримушон, савсор, муши ҷангалӣ, хомяки хокистаранг, заргӯш; 5 – сағур; 6 – рӯбоҳ; 7 – оҳуи шохдор, бӯзи кӯҳии Сибирӣ; 8 – хуки ваҳшӣ; 9 –гург; 10 – шағоли рахдор, гурбаи қамишӣ)*** низ, бо сабаби мавҷуд будани гиреҳҳои сарбастаи дарозиашон аз ду калон дар граф, сифатан устувор намебошад. Аз ин ҷо бармеояд, ки дар чунин экосистемаҳо дар ҳама гуна шадидтар шудани муносибатҳои дохилӣ миёни намудҳо устуворӣ хос нест. Мисол (→2→3→5→4→1,1→8→9→7→1,1→7→9→5→3→2→1, 1→8→9→6→4→1, 1→8→9→5→4→1, 9→5→4→6→9, 4→6→10→5→4). Аммо, дар айни замон, зерсохторҳое ёфт мешаванд, ки сифатан устувор бошанд. Мавҷуд будани сохторҳои сифатан устувор ба фаъолияти бонизоми системаи экологӣ ишора мекунад.

Акнун мисоли мураккабтареро дида мебароем, ки дар он экосистемаи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) аз рӯйи занҷири трофикӣ муттаҳидкардашуда иборат аз 15 навъ буда, бо се сатҳи асосии трофикӣ – растанӣ ***(дубаргаи амударёӣ, саксаули сафед, марҷумак, хӯшадорон, ҷорӯбак, явшон); консументҳои дараҷаи якум (ҳашарот: малахи одӣ, малахи сабзи мӯйлабдароз, гамбуски сиёҳбадан, мурча, хачирак, шапалак; кабӯтари калони кӯҳӣ; думсурхакҳои «регзор» ва «нисфирӯзӣ»; заргӯши толоӣ; оҳуи даштӣ);*** консументҳои дараҷаи дуюм (ҳашарот: мурчаи тезгард, гамбуски виз-визак, тортанак; калтакалос; кӯкқарға; рӯбоҳ), ки дар расми 1.3.1 тавсиф шудааст, низ сифатан устувор намебошад.



Расми 1.3.3 – ГСА-и экосистемаи бисёрсатҳа «олами растаниҳо - 1, олами алафхӯрҳо - 2, парандагон - 3, моҳиҳо - 4, хазандагон - 5, ҳашарот - 6, хояндаҳо - 7, ҳашаротхӯрҳо - 8, тортанакшаклҳо - 9, обхокиҳо - 10, қанотдастон - 11, пишаки қамишзорӣ - 12, шағол - 13, рубоҳ - 14, гург - 15»

«Мавҷуд набудани сохторҳои сифатан устувори мамнӯъгоҳ аз осебпазир будани фаъолияти бонизоми системаи экологӣ ва дар ҳолати вайрон қарор доштани алоқаҳои миёни навъҳои экосистема, ишора мекунад.

Мисол, агар ҳамаи вобастагиҳои муваққатии рахнашударо мо нест кунем ва фарз кунем, ки намуди 7 танҳо аз рӯи намуди 5 ғизо мегирад (яъне робитаи байни 7 ва 6 аз намуди – {0, -} ё {+, 0} ҷой дорад), дар натиҷа сохтори сифатан устувори экосистемаро ба даст меорем» [15-19].

Мавҷудияти худмаҳдудияткунии намудҳои системаи экологӣ ҳадди аққал дар яке аз гиреҳҳои 10, 9, 6, 8 ГСА кифоя аст.

Бо осонӣ дида мешавад, ки мавҷудияти сохторҳои сифатан ноустувори системаи экологӣ аз осебпазирии система, яъне вайрон шудани робитаҳои байни намудҳо дар экосистема шаҳодат медиҳад.

Аз ин лиҳоз, зарур аст, ки роҳҳои ба устуворӣ овардани системаи экологиро пешкаш намоем.

1.4. Усули муназзамсозии сохтори биологии мамнӯъгоҳ

«Барои системаҳои экологии ноустувор усули муназзамсозии сохторҳои биологии ноустувори «Бешаи палангон»-ро пешниҳод менамоем. Моҳияти раванд аз он иборат аст, ки дар системаи экологии додашуда ё таносуби байни шумораи навъҳо тағйир дода мешавад, ё намудҳои нав илова карда мешаванд («васеъшавӣ»-и системаи экологӣ), ё баъзе аз намудҳо, ки ба устувор будани система халал ворид мекунанд нест карда мешаванд («тангшавӣ»-и системаи экологӣ), то ки системаи нави экологии ташаккулёфта устувор ва сифатан гардад. Маънои математикии раванди муназзамсозӣ ин аз маҷмуи U ҷудо намудани зермаҷмуи U^*, ки дар он системаи экологӣ асимптотӣ устувор гардад» [10-М].

Бигузор матритсаи ҷомеаи мамнӯъгоҳ [8-М]:

$$\dot{N} = f(N,t) + Bu, 0 < t \le t_k,$$

дар намуди зерин

$$A = \left.\frac{\partial f}{\partial N}\right|_N$$

ва амсилаҳо бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ чунин муайян карда шаванд [8-М, 9-М, 10-М]:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial a} = f(N,t) + Bu, \qquad N(0,t) = \int_0^\infty B_0(\xi)N(\xi,t)d\xi \qquad 0 < t \le t_k, a > 0, \ (1.4.1).$$

«Дар (1.4.1) N – вектори массаи биологии m намуди системаи экологӣ, $f = f(N, t)$ – вектор-функсияи m-ченакаи суръати тағйирёбии N, B – матритсаи андозааш mxr, ки самти таъсирро ба системаи экологӣ тавсиф мекунад ва $u=u(t)$ – вектор-функсияи r-ченакаи таъсиррасонӣ ба системаи экологӣ тавассути тағйир додани (иловакунӣ ва камкунӣ)-и шумораи ин ё он намудҳои биологӣ мебошанд» [13-М, 15-19]:

Фарз мекунем, ки дар экосистемаи экологӣ m намудҳои биологӣ умр ба сар мебаранд ва агар як миқдор навъҳои гуногун ва якхелаи экосистема байни худ ба рақобат пайваст бошанд, он гоҳ ин муносибат ба нестшавии матритсаи A бурда мерасонад. Аз ин лиҳоз, бояд устуворӣ ва сифатан устувории системаи экологӣ дар дилхоҳ маврид вобаста ба элементҳои нишонии матритсаи a_{ij} нигоҳ дошта шавад. Зеро дар амсилаи (1.4.1) синну сол ба эътибор гирифта шуда $a = t + \tau, \phi_i(t, \tau) = N(t + \tau, t)$, ба тағйирёбандаи зерин иваз карда шудааст:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = f(\phi, t) + Bu, \qquad 0 < t \le t_k.$$

Таъриф. *Вектор-функсияи u=u(ϕ,t), ки ба ҳар як вектори мувофиқи N=N(t)-ро дар вақти t бо қимати u=u(ϕ (N0,t),t), N0=N(0) дошта бошад, қонуни усули сифатан муназзамсозии амсилаи экологии (1.4.1) номида мешавад, агар экосистемаи ба ин вектори мувофиқ сифатан устувор бошад.*

$$\begin{cases} \frac{\partial v}{\partial t} + (f, \frac{\partial v}{\partial \phi}) < 0, \\ v(\phi, 0) = \phi(\phi), \quad \phi > 0 \\ \phi(0) = 0, \qquad \phi(\phi) > 0, \quad \phi > 0 \end{cases} \tag{1.4.2}$$

Он гоҳ раванди сифатан муназзамсозии экосистема бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$u = -\frac{1}{2} B^T \frac{\partial v}{\partial \phi} \tag{1.4.3}$$

Дар (1.4.3) B^{T-} матритсаи транспоронидашуда ба матритсаи B мебошад. Агар, ба ҷои нобаробарии дифференсиалии (1.4.2) муодилаи дифференсиалии $\frac{\boldsymbol{\partial v}}{\boldsymbol{\partial t}} + \left(f, \frac{\partial v}{\partial \phi}\right) = f^0(\phi, t)$, ки дар ин ҷо $f^0 = f^0(\phi,t)$ – ро гирем, он гоҳ мо масъалаи муназзамсозии оптималии амсилаи экосистемаи нигоҳдории популятсияро ҳосил мекунем.

Акнун мисолҳоро доир ба татбиқи амсилаи мазкур дида мебароем:

Мисоли 1. Бо осонӣ дида мешавад, ки амсилаи экологии зерин

$$\dot{N}_1=-aN_1+bN_2+cN_3,$$
$$\dot{N}_2=-dN_3,$$
$$\dot{N}_3=eN_2,$$

ки дар он $a,\text{в},c,d,e$ – доимиҳои мусбат мебошанд, сифатан ноустувор мебошанд. Акнун ба воситаи усули сохташуда амсилаи овардашударо муназзам месозем [8-М, 10-М,14-М]:

$$\dot{N}_1=-aN_1+bN_2+cN_3+\alpha u_1,$$
$$\dot{N}_2=-dN_3+\beta u_2,$$
$$\dot{N}_3=eN_2+\gamma u_3,$$

дар ин ҷо $\alpha,\ \beta,\ \gamma$ – ададҳои мусбат мебошанд. Барои амсилаи додашуда функсияи Ляпуноври $v=v(N,t)$ дар намуди зерин месозем [8-М;10-М;14-М]:

$$v=\sum_{l=1}^{3}a_lN_l^2,$$

дар ин ҷо $a_l,\ l=\overline{1,3}$ доимии мусбати ихтиёрӣ мебошанд, зимнан $0\leq a_2\leq 1$. Функсияи $u_l=u_l(N,t),\ l=\overline{1,3}$ вобаста ба (1.4.3) интихоб менамоем, ки шартҳои (1.4.2) иҷро шаванд. Пас

$$\frac{dv}{dt}=2a_1N_1\dot{N}_1+2a_2N_2\dot{N}_2+2a_3N_3\dot{N}_3=-2a_1aN_1^2+2a_1bN_1N_2+2a_1cN_1N_3-$$
$$-2a_2dN_2N_3+2a_3eN_2N_3+2a_1\alpha u_1N_1+2a_2\beta u_2N_2+2a_3\gamma u_3N_3,$$

буда, қиматҳои $u_1=-\frac{b}{\alpha}N_2,\quad u_2=-\frac{a_3e-a_2d}{a_2\beta}N_3,\quad u_3=-\frac{a_1c}{a_3\gamma}N_1,$ гузошта ҳосил мекунем $\frac{dv}{dt}<0$, он гоҳ $\frac{dv}{dt}=-2a_1aN_1^2$ мешавад.

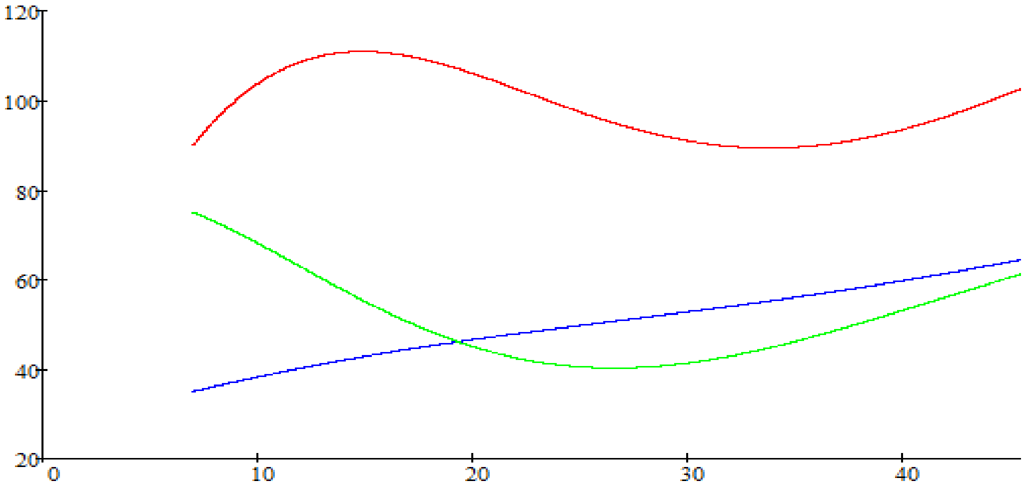
Аз ин рӯ, амсилаи муназзамшудаи зерин [8-М, 10-М,14-М]:

$$\dot{N}_1=-aN_1+cN_3,$$
$$\dot{N}_2=-(d+a_3e-a_2d)N_3,$$
$$\dot{N}_3=eN_2-a_1cN_1$$

устувор ва сифатан устувор гардида дар натиҷа матритсаи охирони мутақобилаи байни навъҳои экосистема намуди зеринро мегирад:

$$A = \begin{pmatrix} -a & 0 & c \\ 0 & 0 & -[a_3 e + (1 - a_2)d] \\ -a_1 c & e & 0 \end{pmatrix}$$

ва бо он ҳамаи шартҳои сифатан устувориро қаноат мекунонад. Ҳалли графикии системаи мазкур чунин аст (нигаред ба расми 1.4.1):

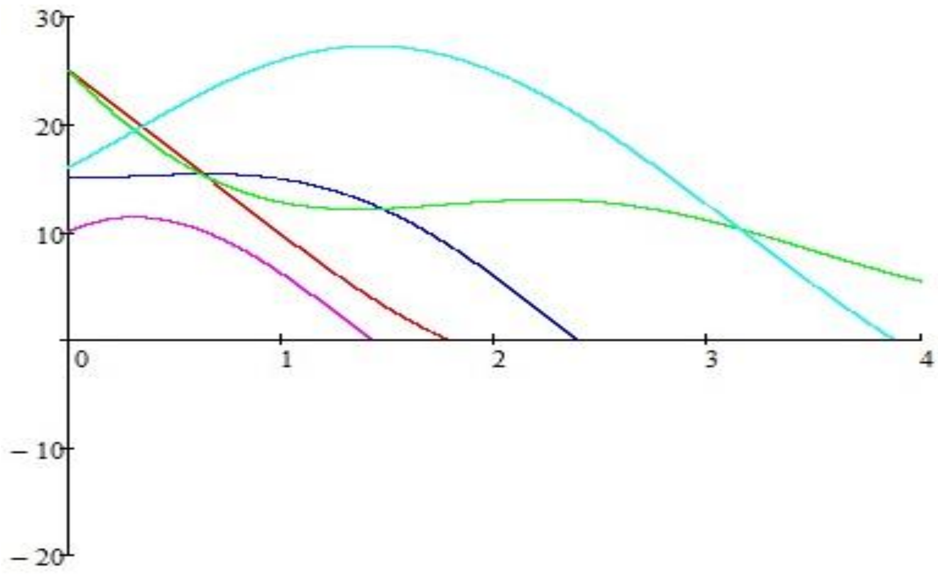


Расми 1.4.1. – Растаниҳо, – ҳайвонҳои алафхӯр, – даррандагон.

Мисоли 2. Системаи ноустуворро дида мебароем:

$$\dot{N}_1 = -N_2,$$
$$\dot{N}_2 = -N_3 + N_1,$$
$$\dot{N}_3 = N_2 - N_3 - N_4,$$
$$\dot{N}_4 = N_3 - N_5,$$
$$\dot{N}_5 = N_4.$$

Бо осонӣ дида мешавад, ки система шартҳои устувориро қаноат намекунонад. Ноустувории система дар ҳалли графикии он низ инъикос ёфтааст (нигаред ба расми 1.4.2):



Расми 1.4.2 – Растаниҳо, – ҳайвонҳои алафхӯр, – дарандагон, – хазандагон – парандагон.

Усули муназзамсозиро истифода бурда бо илова намудани u_1, u_2, u_3, u_4 система намуди зеринро мегирад:

$$\dot{N}_1 = -N_2 + \alpha_1 u_1,$$
$$\dot{N}_2 = -N_3 + N_1 + \alpha_2 u_2,$$
$$\dot{N}_3 = N_2 - N_3 - N_4 + \alpha_3 u_3,$$
$$\dot{N}_4 = N_3 - N_5 + \alpha_4 u_4,$$
$$\dot{N}_5 = N_4 + \alpha_5 u_5$$

ва барои системаи овардашуда функсияи Ляпуновро месозем [8-М;10-М;14-М]:

$$v = \sum_{l=1}^{5} a_l N_l^2,$$

дар ин ҷо a_l – адади мусбат буда, $l = \overline{1{,}5}$.

Ҳамин тариқ,

$\frac{dv}{dt}=2a_1N_1(-N_2+\alpha_1u_1)+2a_2N_2(N_1-N_3+\alpha_2u_2)+2a_3N_3(N_2-N_3-N_4+\alpha_3u_3)+$

$+2a_4N_4(N_3-N_5+\alpha_4u_4)+2a_5N_5(N_4+\alpha_5u_5)=2(a_2-a_1)N_1N_2+2(a_4-a_3)N_3N_4+2(a_5-$

$-a_4)N_4N_5-2a_3N_3^2+2\alpha_1u_1N_1+2\alpha_2a_2u_2N_2+2a_3\alpha_3N_3+2\alpha_4a_4u_4N_4+2\alpha_5a_5u_5N_5$ -ро ҳосил намуда, қиматҳои

$$u_1 = -\frac{a_2 - a_1}{\alpha_1 a_1} N_2, \qquad u_2 = -\frac{a_3 - a_2}{\alpha_2 a_2} N_3,$$

$$u_3 = -\frac{a_4 - a_3}{\alpha_3 a_3} N_4, \qquad u_4 = -\frac{a_5 - a_4}{\alpha_4 a_4} N_5, \qquad u_5 = N_5,$$

гузошта ҳосил мекунем:

$$\frac{dv}{dt} < 0,$$

дар натиҷа системаи муназзамшудаи зеринро ҳосил мекунем:

$$\overset{\bullet}{N}_1 = -\frac{a_2}{a_1} N_2,$$

$$\overset{\bullet}{N}_2 = N_1 - \frac{a_3}{a_2} N_3,$$

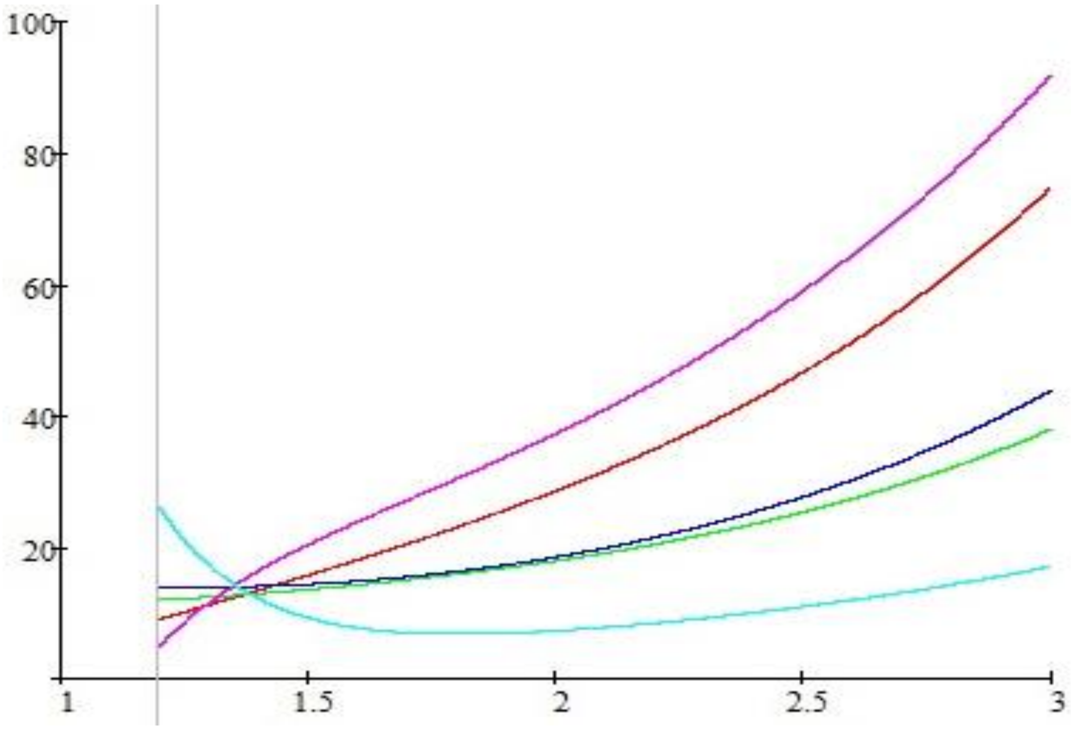
$$\overset{\bullet}{N}_3 = N_2 - N_3 - \frac{a_4}{a_3} N_4,$$

$$\overset{\bullet}{N}_4 = N_3 - \frac{a_5}{a_4} N_5,$$

$$\overset{\bullet}{N}_5 = N_4 - \alpha_5 N_5,$$

ки он ҳамаи шартҳои сифатан уствориро қаноатманд мекунад.

Пас аз муназзамсозӣ ҳалли графикии система шакли зеринро доро мешавад (нигаред ба расми 1.4.3):



Расми 1.4.3 – Растаниҳо, – ҳайвонҳои алафхӯр, – дарандагон, – хазандагон – парандагон.

Дар ҳақиқат матритсаи мутақобилаи

$$A=\begin{pmatrix} 0 & -\frac{a_2}{a_1} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -\frac{a_3}{a_2} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -\frac{a_4}{a_3} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -\frac{a_5}{a_4} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -\alpha_5 \end{pmatrix}$$

ҳамаи шартҳои сифатан устувориро қаноат мекунонад.

Мисоли 3. Акнун биосистемаи наботот-оҳу-гурги мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон»-ро бе иштироки намудҳои худнесткунанда дида мебароем. Он гоҳ матритсаи ҷомеа шакли зеринро мегирад [55-65, 79-83, 103-121]:

$$A=\begin{pmatrix} 0 & -a_{12} & 0 \\ a_{21} & 0 & -a_{23} \\ 0 & a_{32} & 0 \end{pmatrix},\ \alpha>0.$$

Бо осонӣ муайян кардан мумкин аст, ки системаи таҳти омӯзиш қарордошта шартҳои сифатан устувориро қаноат намекунонад *(detA=0)*. Дар идома функсияҳои зеринро ворид менамоем [55-65, 79-83, 103-121]:

а) $u_1=-\varepsilon_1 N_1$, $u_2=u_3=0$,

ё ин ки

б) $u_1=u_2=0$, $u_3=-\varepsilon_2 N_3$,

ё ин ки

в) $u_1=\dfrac{c_1a_{12}-c_2a_{21}}{2c_1\alpha_1}N_1$, $u_2=\dfrac{c_2a_{23}-c_3a_{32}}{2c_2\alpha_2}N_2$, $u_3=-\varepsilon_{3\,N3}$,

дар ин ҷо ε_i, α_i, c_i, $i=\overline{1,3}$ – ададҳои мусбат буда, сабаби сифатан устувор гардидани система мешаванд. Дар мисоли овардашуда функсияи u_i,$i=\overline{1,3}$ *қимати асари* «шикорро» ҳангоми

$$c_1a_{12}-c_2a_{21}\le 0,$$
$$c_2a_{23}-c_3a_{32}\le 0. \qquad (1.4.4)$$

муайян мекунад.

Хулоса, мавридҳое пайдо мегарданд, ки ҳангоми омӯзиш ва таҳлили системаҳои экологӣ ноустувории онҳо ошкор мегардад ва барои ба даст овардани системаи сифатан устувор, биомассаи растаниҳоро мутаносибан ба шумораи ҳайвонҳои алафхӯр ҷамъоварӣ кардан лозим аст (ҳолати а) ва шикори гург — мутаносибан ба саршумори гургҳо (ҳолати б). Ҳолати в) маънои онро дорад, ки барои ба даст овардани низоми устувори экосистема кифоя биомассаи растаниҳоро ҷамъоварӣ намуда, як қисми оҳуҳои бухороӣ ва гургҳоро тавре шикор кардан лозим аст, ки онҳо ба шартҳои боло итоат кунанд.

1.5. Хулосаи боби 1-ум

Тадбирҳои пешниҳодгардида оид ба ҳифзу нигаҳдории намудҳои нодир ва нестшаванда нишон медиҳанд, ки барои таъмини фаъолияти устувори экосистема ва нигоҳ доштани гуногунии биологӣ ҳалли ду масъалаи асосӣ зарур мебошад. Аввалан, муайян намудани вазъи воқеии системаи экологӣ ва омӯзиши хусусиятҳои асосии он, ва дуюм, таҳияи тадбирҳои муназзамсозӣ ва ба ҳолати мувозинат овардани система. Масъалаи омӯзиши вазъи системаи экологӣ дар боби якуми диссертатсия бо пуррагӣ мавриди таҳқиқ қарор гирифта, барои муайян намудани арзишҳои муҳимми популятсияҳо ва қонуниятҳои фаъолияти экосистемаи мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) натиҷаҳои мушаххас ба даст оварда шудаанд.

Нишон дода шудааст, ки агар шартҳои мавҷудияти ҳалли масъалаи омӯзиши вазъи системаи экологӣ иҷро шаванд, пас масъалаи ба ҳолати мувозинат овардани система низ ҳалшаванда мегардад. Дар ин ҳолат қиматҳои оптималии параметрҳои идоракунӣ, аз ҷумла нишондиҳандаҳои вобаста ба танзими саршумори дарандаҳо ё қурбониён, муайян карда мешаванд. Чунин муносибат имкон медиҳад, ки тавозуни биологӣ нигоҳ дошта шуда, аз коҳиш ё аз ҳад зиёд афзоиш ёфтани саршумори намудҳои алоҳида пешгирӣ карда шавад.

Муайян карда шудааст, ки дар ҳолатҳое, ки саршумори ҳайвоноти ҳифзшаванда аз ҳудудҳои дилхоҳ берун мебароянд, масъалаи идоракунии оптималӣ аҳамияти махсус пайдо мекунад. Дар чунин шароит тавассути танзими саршумори дарандаҳо ё алафхӯрон, инчунин бо роҳи ба таври оптималӣ ворид намудани намудҳои аз ҷиҳати экологӣ ва иқтисодӣ арзишманд, имконияти барқарор намудани тавозуни экосистема фароҳам оварда мешавад.

Дар асоси таҳқиқот амсилаи консептуалии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) таҳия гардида, бо истифода аз меъёрҳои устуворӣ ва сифатан устуворӣ сохторҳои устувор ва ноустувори экосистема муайян карда шудаанд. Амсилаи консептуалии пешниҳодшуда робитаҳои асосии байни ҷузъҳои системаи экологиро инъикос намуда, барои таҳқиқи минбаъдаи хусусиятҳои фаъолияти он заминаи назариявӣ фароҳам меорад.

Бо истифода аз муодилаи тавсифӣ (характеристикӣ), инчунин меъёрҳои устуворӣ ва сифатан устувории пешниҳоднамудаи Р. Мей, К. Джеффрис ва Д. Логофет ҳолатҳои устувор ва ноустувори системаи экологии мамнӯъгоҳ муайян карда шудаанд. Татбиқи ин меъёрҳо дар мисолҳои мушаххас нишон дод, ки онҳо барои арзёбии вазъи экосистема ва пешгӯии рафтори он дар шароити гуногун имкониятҳои васеъ фароҳам меоранд.

Ҳангоми омӯзиши сохтори экосистема муайян гардид, ки дар баъзе ҳолатҳо система аз нуқтаи назари сифатан устуворӣ ба талаботи зарурӣ ҷавобгӯ намебошад. Бо дарназардошти ин ҳолат амсилаҳои математикии махсус барои муназзамсозии системаи экологӣ пешниҳод ва асоснок карда шудаанд. Ин амсилаҳо имкон медиҳанд, ки роҳҳои самараноки нигоҳ доштани мувозинати экологӣ ва пешгирии вайроншавии робитаҳои трофикӣ муайян карда шаванд. Татбиқи амалии амсилаҳои пешниҳодшуда барои системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) дар мисолҳои мушаххас нишон дода шуда, самаранокии онҳо аз ҷиҳати назариявӣ ва амалӣ тасдиқ гардидааст.

Натиҷаҳои бадастомада ва мисолҳои мушаххаси дар боби мазкур овардашуда имконият медиҳанд, ки як қатор хулосаҳои методӣ бароварда шаванд. Ин хулосаҳо метавонанд ҳангоми идоракунии захираҳои табиӣ, банақшагирии чорабиниҳои ҳифзи муҳити зист, лоиҳакашии низомҳои экологӣ ва ҳифзу нигоҳдории намудҳои нодир ва нестшавандаи ҳайвонот дар мамнӯъгоҳҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ва дигар минтақаҳои дорои хусусиятҳои шабеҳ мавриди истифода қарор гиранд.

Ҳамин тавр, дар боби мазкур на танҳо масъалаҳои вобаста ба омӯзиши вазъи системаи экологӣ, балки масъалаҳои ба ҳолати мувозинат овардани он, муайян намудани роҳҳои муназзамсозӣ ва таҳияи тавсияҳои амалӣ оид ба ҳифзи гуногунии биологӣ ҳалли илмии худро ёфтаанд, ки аҳамияти назариявӣ ва амалии назаррас доранд.

БОБИ II. АМСИЛАИ МАТЕМАТИКИИ НИГАҲДОРИИ ПОПУЛЯТСИЯҲОИ БИОЛОГӢ ВОБАСТА АЗ ВАҚТ, СИННУ СОЛ ВА ТАҚСИМОТИ ФАЗОӢ

Дар боби 2-юм таҳияи амсилаи математикии нигаҳдории популятсияҳои биологӣ вобаста аз вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ барои системаи экологии «Бешаи палангон» (барои қисмати қамишию биёбонӣ) оварда мешавад. Мақсади асосӣ ин сохтани схемаи фарқӣ барои аппроксиматсиякунонии масъалаи шумораи популятсия бо дарназардошти вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ ва муайян намудани устувории наздикшавии ҳалли масъалаи канории фарқӣ ба ҳалли масъалаи дифференсиалӣ мебошад.

2.1. Амсилаи математикии нигаҳдории популятсияҳои биологӣ вобаста аз вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ барои мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (барои қисмати қамишию биёбонӣ)

Дар асоси амсилаи консептуалии овардашуда амсилаи нуқтагии вобаста аз вақт, синну сол ва мавқеи фазоиро барои мамнӯъгоҳи «Қамишию биёбонӣ» месозем [1-М; 13-М]:

$$\frac{dN_1}{dt} = Q(t) - \sum_{i=1}^{10} \frac{\alpha_{1i}N_i}{1+\alpha_{ij}^0 N_i} N_{j-m_1N_1}\,;$$

$$\frac{dN_2}{dt} = \frac{K_{12}a_{12}N_1N_2}{1+a_{12}^0N_2} - m_2N_2 - \frac{a_{27}N_2N_7}{1+a_{27}^0N_2} - \frac{a_{215}N_2N_{15}}{1+a_{215}^0N_2} - \frac{a_{216}N_2N_{16}}{1+a_{216}^0N_2};$$

$$\frac{dN_4}{dt} = \frac{K_{14}a_{14}N_1N_4}{1+a_{14}^0N_4} - m_4N_4 - \frac{a_{47}N_4N_7}{1+a_{47}^0N_4} - \frac{a_{415}N_4N_{15}}{1+a_{415}^0N_4} - \frac{a_{416}N_4N_{16}}{1+a_{416}^0N_4};$$

$$\frac{dN_5}{dt} = \frac{K_{15}a_{15}N_1N_5}{1+a_{15}^0N_5} - m_5N_5 - \frac{a_{57}N_5N_7}{1+a_{57}^0N_5} - \frac{a_{515}N_5N_{15}}{1+a_{515}^0N_5} - \frac{a_{515}N_5N_{15}}{1+a_{515}^0N_5};$$

$$\frac{dN_6}{dt} = \frac{K_{16}a_{16}N_1N_6}{1+a_{16}^0N_6} - m_6N_6 - \frac{a_{611}N_6N_{11}}{1+a_{611}^0N_6} - \frac{a_{612}N_6N_{12}}{1+a_{612}^0N_6} - \varepsilon_6N_6^2;$$

$$\frac{dN_7}{dt} = \frac{K_{27}a_{27}N_2N_7}{1+a_{27}^0N_2} + \frac{K_{37}a_{37}N_3N_7}{1+a_{37}^0N_3} + \frac{K_{47}a_{47}N_4N_7}{1+a_{47}^0N_4} + \frac{K_{57}a_{57}N_5N_7}{1+a_{57}^0N_5} +$$

$$+\frac{K_{87}a_{87}N_8N_7}{1+a_{87}^0N_8} + \frac{K_{117}a_{117}N_{11}N_7}{1+a_{117}^0N_{11}} + \frac{K_{127}a_{127}N_{12}N_7}{1+a_{127}^0N_{12}} + \frac{K_{137}a_{137}N_{13}N_7}{1+a_{137}^0N_{13}} -$$

$$-m_7N_7 - a_{16\,7}N_7N_{16};$$

$$\frac{dN_8}{dt} = \frac{K_{38}a_{38}N_3N_8}{1+a_{38}^0N_3} + \frac{K_{98}a_{98}N_9N_8}{1+a_{98}^0N_9} + \frac{K_{128}a_{128}N_{12}N_8}{1+a_{128}^0N_{12}} + \frac{K_{138}a_{138}N_{13}N_8}{1+a_{138}^0N_{13}} -$$

$$-m_8N_8-\frac{a_{78}N_7N_8}{1+a^0_{78}N_7}-\frac{a_{158}N_{15}N_8}{1+a^0_{158}N_{15}}-\frac{a_{168}N_{16}N_8}{1+a^0_{168}N_{16}};$$

$$\frac{dN_9}{dt}=\frac{K_{19}a_{19}N_1N_9}{1+a^0_{19}N_9}-m_9N_9-\frac{a_{98}N_9N_8}{1+a^0_{98}N_8}-\frac{a_{911}N_9N_{11}}{1+a^0_{911}N_{11}}-\frac{a_{913}N_9N_{13}}{1+a^0_{913}N_{13}}; \qquad (2.1.1)$$

$$\frac{dN_{10}}{dt}=-m_{10}N_{10}+\frac{K_{101}a_{101}N_1N_{10}}{1+a^0_{10\,1}N_1}-\frac{a_{10\,13}N_{10}N_{13}}{1+a^0_{10\,13}N_{10}};$$

$$\frac{dN_{11}}{dt}=\frac{K_{6\,11}a_{6\,11}N_6N_{11}}{1+a^0_{6\,11}N_6}+\frac{K_{9\,11}a_{9\,11}N_9N_{11}}{1+a^0_{9\,11}N_9}-m_{11}N_{11}-\varepsilon_{11}N_{11}^2-\frac{a_{11\,7}N_{11}N_7}{1+a^0_{11\,7}N_{11}}$$

$$-\frac{a_{11\,15}N_{11}N_{15}}{1+a^0_{11\,15}N_{11}}-\frac{a_{11\,16}N_{11}N_{16}}{1+a^0_{11\,16}N_{11}};$$

$$\frac{dN_{12}}{dt}=\frac{K_{1\,12}a_{1\,12}N_1N_{12}}{1+a^0_{1\,12}N_1}+\frac{K_{6\,12}a_{6\,12}N_6N_{12}}{1+a^0_{6\,12}N_6}-m_{12}N_{12}-\frac{a_{12\,7}N_{12}N_7}{1+a^0_{12\,7}N_{12}}--\frac{a_{12\,8}N_{12}N_8}{1+a^0_{12\,8}N_{12}}-$$

$$-\frac{a_{12\,8}N_{12}N_8}{1+a^0_{12\,8}N_{12}}-\frac{a_{12\,15}N_{12}N_{15}}{1+a^0_{12\,15}N_{12}}-\frac{a_{12\,16}N_{12}N_{16}}{1+a^0_{12\,16}N_{12}};$$

$$\frac{dN_{13}}{dt}=\frac{K_{1\,13}a_{1\,13}N_1N_{13}}{1+a^0_{1\,13}N_1}+\frac{K_{9\,13}a_{9\,13}N_9N_{13}}{1+a^0_{9\,13}N_9}+\frac{K_{10\,13}a_{10\,13}N_{10}N_{13}}{1+a^0_{10\,13}N_{10}}--m_{13}N_{13}-\frac{a_{13\,7}N_{13}N_7}{1+a^0_{13\,7}N_{13}}$$

$$-\frac{a_{13\,8}N_{13}N_8}{1+a^0_{13\,8}N_{13}}-\frac{a_{13\,15}N_{13}N_{15}}{1+a^0_{13\,15}N_{13}}-\frac{a_{13\,16}N_{13}N_{16}}{1+a^0_{13\,16}N_{13}};$$

$$\frac{dN_{14}}{dt}=\frac{K_{1\,14}a_{1\,14}N_1N_{14}}{1+a^0_{1\,14}N_1}-m_{14}N_{14}-\frac{a_{14\,7}N_{14}N_7}{1+a^0_{14\,7}N_{14}}-\frac{a_{14\,15}N_{14}N_{15}}{1+a^0_{14\,15}N_{14}}-\frac{a_{14\,16}N_{14}N_{16}}{1+a^0_{14\,16}N_{14}};$$

$$\frac{dN_{15}}{dt}==\frac{K_{2\,15}a_{2\,15}N_2N_{15}}{1+a^0_{2\,15}N_2}+\frac{K_{3\,15}a_{3\,15}N_3N_{15}}{1+a^0_{3\,15}N_3}+\frac{K_{4\,15}a_{4\,15}N_4N_{15}}{1+a^0_{4\,15}N_4}+\frac{K_{5\,15}a_{5\,15}N_5N_{15}}{1+a^0_{5\,15}N_5}$$

$$+\frac{K_{8\,15}a_{8\,15}N_8N_{15}}{1+a^0_{8\,15}N_8}+\frac{K_{11\,15}a_{11\,15}N_{11}N_{15}}{1+a^0_{11\,15}N_{11}}+\frac{K_{12\,15}a_{12\,15}N_{12}N_{15}}{1+a^0_{12\,15}N_{12}}+\frac{K_{13\,15}a_{13\,15}N_{13}N_{15}}{1+a^0_{13\,15}N_{13}}+$$

$$+\frac{K_{14\,15}a_{14\,15}N_{14}N_{15}}{1+a^0_{14\,15}N_{14}}-m_{15}N_{15}-\frac{a_{15\,16}N_{15}N_{16}}{1+a^0_{15\,16}N_{15}};$$

$$\frac{dN_{16}}{dt}==\frac{K_{2\,16}a_{2\,16}N_2N_{16}}{1+a^0_{2\,16}N_2}+\frac{K_{3\,16}a_{3\,16}N_3N_{16}}{1+a^0_{3\,16}N_3}+\frac{K_{4\,16}a_{4\,16}N_4N_{16}}{1+a^0_{4\,16}N_4}+\frac{K_{5\,16}a_{5\,16}N_5N_{16}}{1+a^0_{5\,16}N_5}$$

$$+\frac{K_{8\,16}a_{8\,16}N_8N_{16}}{1+a^0_{8\,16}N_8}+\frac{K_{11\,16}a_{11\,16}N_{11}N_{16}}{1+a^0_{11\,16}N_{11}}+\frac{K_{12\,16}a_{12\,16}N_{12}N_{16}}{1+a^0_{12\,16}N_{12}}+\frac{K_{13\,16}a_{13\,16}N_{13}N_{16}}{1+a^0_{13\,16}N_{13}}$$

$$+\frac{K_{14\,16}a_{14\,16}N_{14}N_{16}}{1+a^0_{14\,16}N_{14}}+\frac{K_{15\,16}a_{15\,16}N_{15}N_{16}}{1+a^0_{15\,16}N_{15}}-m_{16}N_{16}-a_{16\,7}N_{16}N_7\,.$$

Дар муодилаҳои овардашуда (2.1.1) $\frac{d}{dt}$ вобаста ба таҳлил ва баррасӣ масъала метавонад яке аз намудҳои зеринро гирад [8-М, 9-М, 10-М, 72-78]:

1) *Агар синну сол ба инобат гирифта шавад, он гоҳ* $\frac{d}{dt}=\frac{\partial}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial a}$;

2) *Агар мавқеи ҷойгиршавиро ба назар гирем, он гоҳ*

$$\frac{d}{dt}=\frac{\partial}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial a}+\sum v_j\frac{\partial}{\partial x_j}-\sum D_j\frac{\partial^2}{\partial x_j^2}.$$

Қайд мекунем, ки аз амсилаи (2.1.1) дар ҳолати хусусӣ, амсилаи ба таври максималӣ умумикардашудаи сифатан устуворро ҷудо кардан мумкин аст, ки он намуди зеринро доро мешавад:

$$\frac{dN_0}{dt}=Q+F_0(N_0,N_1),\quad N_0(0)=N_0^0$$

$$\frac{dN_1}{dt}=N_1F_1N_0N_1\widetilde{N}_1,\qquad N_1(0)=N_1^0$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial a}\right)N_2=N_2F_2(N_1,N_2,N_3),\quad N_2(a,0)=N_2^0(a) \qquad (2.1.2)$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial a}\right)N_3=N_3F_3(N_2,N_3),\quad N_3(a,0)=N_3^0(a).$$

$$N_2(0,t)=\int\limits_0^{a_{max}} B_2(a)N_2(a,t)da.$$

Қайд кардан зарур аст, дар системаи (2.1.2) $F_i=F_i(\cdot),\ i=\overline{0,3}$ суръати хоси сатҳи функсияҳои трофикии i-юмро нишон медиҳад ва дар навбати худ он бояд шартҳои зеринро қаноат кунонад:

$$\frac{\partial F_i}{\partial N_j}=\begin{cases}\leq 0, & \text{агар}\ \ i>j\\ =0, & \text{агар}\ \ i=j\\ \geq 0, & \text{агар}\ \ i\geq j.\end{cases}$$

Амсилаҳои намуди мавқеи фазоидошта, барои мамнӯъгоҳҳои сеқабатаи трофикӣ намуди зеринро мегиранд [1-М;14-М]:

$$\frac{d}{dt}N_i\ =\ b_iN_i\ +\ \sum_{j=1}^{m}\frac{a_{ij}N^{\sigma}{}_i}{\text{в}_{\text{шо}}+a_{ij}N^{\sigma}{}_i}N_j\ +\ Q_i(t),\ i=\overline{1,m}, \qquad (2.1.3)$$

$$\frac{d}{dt}=\frac{\partial}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial a}+\sum V_i\frac{\partial}{\partial x_i}-\sum\frac{\partial}{\partial x_i}(D_i\frac{\partial}{\partial x_i})$$

$$N_0(0)=N_0^0,\ N_i(x,a,0)=N_1^0,$$

$$N_i(x,0,t)=\int_0^{a_{max}}B_i(a)N_i(x,a,t)da$$

$$N_i(x,a,t)\Big|{=}0,$$

$$D_i{=}D_i(N)>0.$$

2.2. Схемаи фарқӣ барои аппроксиматсиякунонии масъалаи шумораи популятсия бо назардошти вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ

Бо дарназардошти параметрҳои вақт, синну сол, тақсимоти фазоӣ ва вобаста ба мавқеи ҷойгиршавӣ барои сохтани популятсияи амсилавӣ аз системаи (2.1.2) истифода бурда ҳосил мекунем [1-М;14-М, 72-74]:

$$\begin{cases} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial a} + \sum_j \vartheta_j \frac{\partial N}{\partial x_j} = F_0(a)N + \sum_j K_j \frac{\partial^2 N}{\partial x_j^2}, \quad G = \left[0 < x_j < L_j\right], \quad 0 < a \le ak_{max} \\ N(x,a,0) = N_0(x,a), \quad 0 \le x_i \le L_j, \quad x = (x_i, x_2), x \in G, 0 \le a \le a_{max} \\ N(x,a,t) = \int_0^{a_{max} \int \bar{G}_k} B_0 \\ \frac{\partial N}{\partial x} - a_j N\big|_{x_j = (0, L_j)} = 0. \end{cases} \qquad (2.2.1)$$

Дар системаи (2.2.1) $N = N(x,a,t)$ - шумораи популятсияи синну соли a дошта дар нуқтаи x дар лаҳзаи вақти t, $F_0 = F_0(a) -$ коэффитсиенти фавт, $\text{В} = \text{В}(a) -$ коэффитсиенти таваллудкунӣ, $N_0 = N_0(x,a) -$ шумораи популятсия дар лаҳзаи аввалаи вақт мебошад. Агар мо табдилдиҳии зеринро дохил намоем:

$$a' = a, t' = a + \lambda, \phi(x,a,) = N(x,a,a+\lambda),$$

$$u(x,a,\tau) = \phi(x,a,\lambda)\, exp\left(\int_0^a F_0(\xi)d\xi + \sum_j \vartheta_j \frac{x_j}{2\text{К}_j} - \sum_j \frac{\vartheta_j^2 a}{4\text{К}_j}\right),$$

он гоҳ ба ҷойи масъалаи (2.2.1) масъалаи зеринро ҳосил менамоем:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial a} = \sum_j^{\Sigma} \text{К}_j \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2}, 0 \le x_j \le L_j, 0 < a \le ak_{max} \\ u(x,0,\tau) = \int_0^{a_{max} \int} \beta(\xi) u(x,\xi,t) d\xi, \\ \frac{\partial u}{\partial x_j}\Big|_{\substack{x_j = 0 \\ x_j = L_j}} = 0. \end{cases} \qquad (2.2.2)$$

«Агар ҳалли системаи (2.2.2) барои мо маълум бошад, он гоҳ бо истифода аз табдилдиҳии дар боло овардашуда, мо метавонем ҳалли масъалаи мазкурро дар шакли зерин ҳосил намоем» [55-65]:

$$N(x,a,t) = u(x,a,t-\alpha) exp\left(-\int_0^a F_0(\xi)d\xi - \sum_j \vartheta_j \frac{x_j}{2K_j} + \sum_j \frac{\vartheta_j^2}{4K_j}\right). \quad (2.2.3)$$

Барои ҳалли масъалаи мазкур, ишораҳои $h = \tau(h_1, h_2) > 0$, t=a, x=x^1, p=x^2-ро дохил намуда, схемаи фарқии охирноки зеринро ҳосил менамоем [1-M, 19]:

$$\overline{G}^h = \left\{ (x,r): \begin{matrix} x = ih_1 \\ r = jh_2 \end{matrix}, \begin{matrix} i = \overline{0, N_1+1},\ l = (N_1+1)h_1 \\ j = \overline{j_0, N_2+1},\ r_0 = j_0 h_2,\ r_1 = (N_2+1)h_2 \end{matrix} \right\},$$

$$G^h = \left\{ (x,r): \begin{matrix} x = ih_1 \\ r = jh_2 \end{matrix}, \ i = \overline{1, N_1},\ j = \overline{j_0+1, N_2} \right\}, \quad \Gamma^h = \overline{G}^h \setminus G^h,$$

$$\overline{\theta}^\tau = \{ t : t = n\tau,\ n = \overline{0, N},\ t_k = N\tau \},\ \theta^\tau = \overline{\theta}^\tau \setminus (t = 0),$$

$$Q^h = G^h \cap \theta^\tau,\ \overline{Q}^h = \overline{G}^h \cap \overline{\theta}^\tau,\ \Gamma_0 = \{ x : x = ih_1,\ i = \overline{0, N_1+1} \},$$

$$Y = Y_{ij}^n = V(x,r,t),\ (x,r,t) \in \overline{Q}^h,\ Y_0 = Y_{ij}^0 = V^0(x,r),\ (x,r) \in G^h,$$

$$x_{i \pm 1/2} = x_i \pm 1/2\, h_1,\ r_{j \pm 1/2} = r_j \pm 1/2\, h_2,\ t_{n \pm 1/2} = t_n \pm 1/2\, \tau,\ \hat{Y} = Y_{ij}^{n+1},\ \check{Y} = Y_{ij}^{n-1},$$

$$\overline{Y}_{ij} = Y_{ij}^{n+1/2},\ Y_{\bar{t}} = \frac{\overline{Y} - Y}{0.5\tau},\ Y_t = \frac{\hat{Y} - \overline{Y}}{0.5\tau},\ \xi_{\bar{x}} = \frac{\xi(x) - \xi(x - \Delta)}{\Delta},\ \xi_x = \frac{\xi(x+\Delta) - \xi(x)}{\Delta},\ \Delta > 0$$

$$a = K\left(Y_{i+1/2}^n\right),\ \overline{a} = r_{j+1/2} K\left(Y_{ij+1/2}^n\right),\ A_1 Y = \left(Y_{\bar{x}}\right)_x,\ A_2 Y = \left(\overline{a} Y_{\bar{r}}\right)_r.$$

1. Бо дохилкунии операторҳои фарқии равишҳои тағйирёбандадор формулаи навбатиро ҳосил мекунем:

$$A_1 Y = (a\, Y_{\bar{x}})_{x\,(t = t' + \tau/2)} + (\overline{\alpha}_1 Y_{\bar{r}})_{r(t = t')},\ A_2 Y = (\overline{\alpha}_1 Y_{\bar{r}})_{r(t = t' + \tau)} + (a\, Y_{\bar{x}})_{x\,(t = t' + \tau/2)}$$

Барои мухтасар ифода намудан аппроксимаксияи фарқии масъала зарур аст, ки функсияи $Y = Y((x, p, t)$ шартҳои дар поён овардашударо бояд қаноат кунонад [19]:

$$\begin{cases} Y_i = A_1 Y, & t = t' + \tau/2, \\ Y_i = A_2 Y, & t = t' + \tau, \end{cases} \qquad (x, \gamma, t') \in Q^h, \tag{2.2.4}$$

$$Y\ (x,\ \gamma,\ 0) = Y_0 \tag{2.2.5}$$

$$\begin{cases} a_0 Y_x = \frac{h_1}{2} b Y_{\bar{t}}, x = 0 \\ a_1 Y_{\bar{x}} = -\frac{h_1}{2} b Y_{\bar{t}}, x = l \end{cases}, t = t' + \tau/2, \tag{2.2.6}$$

$$\begin{cases} \bar{\alpha}_0 Y_{\gamma_0} = \frac{h_2}{2} b Y_{t\gamma_0}, \quad Y_{a=0} = T^h, \quad t = t' + \tau, \\ \bar{\alpha}_1 Y_\gamma = \frac{h_2}{2} b Y_t, \quad \gamma = \gamma_1 \end{cases} \tag{2.2.7}$$

$$Y(x,0,t) = T^h, \quad T^h(x,t) = \sum_{a0}^{a \rightleftarrows \, max\sum} \beta(a) Y(x,a,t) h_3 \tag{2.2.8}$$

ки дар ин ҷо

$$a_0 = K(Y)|_{x=0}, a_1 = K(Y)|_{x=l}, \overline{a}_0 = K(Y)|_{p_0}, \overline{a}_1 = K(Y)|_{p_1}.$$

Фарзияи асосиро барои функсияҳои бо гузоришҳои (2.2.4) $-$ (2.2.8) дохилшаванда меорем:

а) ҳамаи функсияҳои K, V_0, β муайян ва нисбат ба маҷмуи тағйирёбандаҳои худ бефосилаанд;

б) $a^0 \leq \left(a(Y), \overline{a}(Y)\right) \leq a^1, i = 0{,}1;$

в) функсияҳои ихтиёрии маҳдудшудаи K_V ва $|K_V| \leq K_2 < \infty$ дода шуда бошанд;

г) $\begin{cases} |a(p) - a(q)| \leq a_2 |p - q|, \\ |\overline{a}(p) - \overline{a}(q)| \leq a_2 |p - q|, \\ a_2 = const > 0, |p, q| < \infty. \end{cases}$

2.3. Баҳои априорӣ барои масъалаи канории фарқӣ

Теоремаи 2.3.1. Бигузор шартҳои а) ва б) барои функсияҳои бо гузоришҳои дар (2.2.4) – (2.2.8) овардашуда иҷро шаванд, он гоҳ барои дилхоҳ ба қадри кифояи хурди *h>0* баҳои

$$\begin{cases} \|Y\|_{C(Q^h)} \leq M_1, \|Y\|_{W_2'(Q^h)} \leq M_2, \\ \left\|Y_{\bar{t}}\right\|_{L_2(Q^h)} \leq M_3, \|Y_t\|_{L_2(Q^h)} \leq M_4, \end{cases} \tag{2.3.1}$$

ҷой дошта метавонад, ки дар он $M_i = const > 0$ буда $i = \overline{1{,}4}$ аст.

Исбот. Барои исбот намудани теоремаи 2.3.1 зарур аст, ки мувофиқан аз (2.2.4) муодилаи 1–умро ба $\tau Y_{\bar{t}}$ ва аз (2.2.4) муодилаи 2-юмро ба τY_t скалярӣ зарб намоем [16]:

$$\tau(Y_{\bar{t}}, Y_{\bar{t}}) = \tau(AY_1, Y_{\bar{t}}), \quad t = t' + {}^{\tau}/_{2}, \tag{2.3.2}$$

$$\tau(Y_t, Y_t) = \tau(AY_2, Y_t), \quad t = t' + \tau. \tag{2.3.3}$$

Дар формулаи (2.3.2) фарқияти навъи якуми тарафи рости $\tau\left(A,Y,Y_{\bar{t}}\right)=-\tau\left(aY_{\bar{x}},Y_{\bar{x}\bar{t}}\right]+\tau< aY_{\bar{x}},Y_{\bar{t}}>\Big|_{l}-\tau< aY_{x},Y_{\bar{t}}>\Big|_{x=0}$ -ро ба инобат гирифта, айнияти

$$\begin{cases}\tau ZZ_{\bar{t}}=\frac{1}{2}Z^{2}-\frac{1}{2}\check{Z}^{2}+\frac{\tau^{2}}{2}Z_{\bar{t}},\\ Z\check{Z}=\frac{1}{2}Z^{2}+\frac{1}{2}\check{Z}^{2}-\frac{\tau^{2}}{2}Z_{\bar{t}}.\end{cases}\qquad(2.3.4)$$

-ро истифода бурда, ҳосил менамоем:

$$\tau\left(Y_{\bar{t}}^{2}\right)+\frac{1}{2}(a,Y_{\bar{x}}^{2}]=\frac{1}{2}\left(\check{a},Y_{\bar{x}}^{2}\right]-\frac{\tau^{2}}{2}(a,Y_{\bar{x}\bar{t}}^{2}]+\tau< a_{1}Y_{\bar{x}},Y_{\bar{t}}>\Big|_{l}-\tau< a_{0}Y_{x},Y_{\bar{t}}\Big|_{x=0}.$$

Дар натиҷа шартҳои сарҳадии намуди зеринро

$$\tau< a_{0}Y_{x},Y_{\bar{t}}>\Big|_{0}=\frac{\tau h_{1}}{2}< Y_{\bar{t}},Y_{\bar{t}}>\Big|_{0},$$

$$\tau< a_{1}Y_{\bar{x}},Y_{\bar{t}}>\Big|_{l}=\frac{\tau h_{1}}{2}< Y_{\bar{t}},Y_{\bar{t}}>\Big|_{l},$$

-ро ҳосил мекунем ва айнияти интиҳоӣ намуди

$$\left\{\tau\left(b,Y_{\bar{t}}^{2}\right)+\frac{\tau h_{1}}{2}\sum\nolimits_{0,l}< b,Y_{\bar{t}}^{2}>+\frac{\tau^{2}}{2}\left(a,Y_{\bar{x}\bar{t}}^{2}\right]+\frac{1}{2}(a,Y_{\bar{x}}^{2}]=\frac{1}{2}\left(\check{a},\check{Y}_{\bar{x}}^{2}\right]\right.\qquad(2.3.5)$$

доро мегардад. Дар қадами навбатӣ аз рӯйи t' ҳар ду тарафи айниятро аз τ то t ҷамъ намуда, ҳосил менамоем [16]:

$$\tau\sum\nolimits_{\tau}^{t}(b,Y_{t}^{2})+\frac{\tau h_{1}}{2}\sum\nolimits_{\tau}^{t}\left(\sum\nolimits_{0,l}< b,Y_{\bar{t}}^{2}>\right)+\frac{\tau^{2}}{2}\sum\nolimits_{\tau}^{t}(a,Y_{\bar{x}\bar{t}}^{2}]+\frac{1}{2}\sum\nolimits_{\tau}^{t}(a,Y_{\bar{x}}^{2}]=\frac{1}{2}\sum\nolimits_{\tau}^{t}\left(\check{a},\check{Y}_{x}^{2}\right].$$

Аз сабаби он ки

$$\frac{1}{2}\sum_{\tau}^{t}\left(\check{a},\check{Y}_{\bar{x}}^{2}\right]=\frac{1}{2}\sum_{\tau}^{t-\tau}(a,Y_{\bar{x}}^{2}]+\frac{1}{2}(a,Y_{\bar{x}}^{2}]\Big|_{t=0}$$

аст, мо имкон дорем, ки айнияти аз ҳама охирро дар намуди зерин нависем [16-19]:

$$\left\{\tau\sum\nolimits_{\tau}^{t}\left(b,Y_{\bar{t}}^{2}\right)+\frac{h_{1}\tau}{2}\sum\nolimits_{\tau}^{t}\left(\sum\nolimits_{0,l}< b,Y_{\bar{t}}^{2}>\right)+\frac{\tau^{2}}{2}\sum\nolimits_{\tau}^{t}(a,Y_{\bar{x}\bar{t}}^{2}]+\frac{1}{2}(a,Y_{\bar{x}}^{2}]\Big|\right._{t=t}=\frac{1}{2}(a,Y_{\bar{x}}^{2}]\Big|t=0,\quad(2.3.6)$$

Барои ба шакли (2.3.3) монанд ҳосил намудан, ба тарафи рости он фарқияти якуми формулаи Гринро татбиқ намуда, формулаи зеринро ҳосил менамоем:

$$\tau(b,Y_t^2)+\tfrac{1}{2}\left(\overline{a},Y_{\bar{r}}^2\right]+\tfrac{\tau^2}{2}\left(\overline{a},Y_{\bar{r}t}^2\right]=\tau<\overline{a}_1,Y_{\bar{r}},Y_t>|_{r_1}-\tau<\overline{a}_0,Y_r,Y_t>|_{r_0}+$$

$$+\tfrac{1}{2}\left(\overset{\vee}{\overline{a}},Y_{\bar{r}}^2\right].$$

Бо истифода аз шартҳои сарҳадӣ ҳосил менамоем:

$$\tau<\overline{a}_1,Y_{\bar{r}},Y_t>|_{r_1}=-\tfrac{\tau h_2}{2}<b,Y_t^2>\Big|_{r_1},\tau<\overline{a}_0,Y_r,Y_t|_{r_0}=\tfrac{\tau h^2}{2}<b,Y_t^2>\Big|_{r_0}+\tau<$$

$$<\alpha Y,Y_t>|_{r_0}-\tau<\alpha T^l,Y_t>\Big|_{r_0}$$

ва мувофиқан айнияти охирон намуди зеринро мегирад:

$$\tau(b,Y_t^2)+\tfrac{1}{2}\left(\overline{a},Y_{\bar{r}}^2\right]+\tfrac{\tau^2}{2}\left(\overline{a},Y_{\bar{r}t}^2\right]+\tfrac{\tau h^2}{2}\textstyle\sum_{r_0,r_1}<b,Y_t^2>=\tfrac{1}{2}\left(\overset{\vee}{\overline{a}},\overset{\vee}{Y}{}_{\bar{r}}^2\right]--\tau<$$

$$\alpha Y,Y_t>|_{r_0}+\tau<\alpha T^h,Y_t>\Big|_{r_0}.$$

Айнияти ҳосилшударо аз рӯйи t'аз τ то t ҷамъ намуда, баробарии

$$\tfrac{1}{2}\textstyle\sum_\tau^t\left(\overset{\vee}{\overline{a}},\overset{\vee}{Y}{}_{\bar{r}}^2\right]=\tfrac{1}{2}\textstyle\sum_\tau^{t-\tau}\left(\overline{a},Y_{\bar{r}}^2\right]+\tfrac{1}{2}\left(\overline{a},Y_{\bar{r}}^2\right]\Big|_{t=0},$$

$$\tau\sum_\tau^t<\alpha Y,Y_t|_{r_0}=\frac{1}{2}\sum_\tau^t\left(<\alpha,Y^2>-<\alpha,\overset{\vee}{Y}{}^2>+\tau^2<\alpha,Y_t^2>\right)\Big|_{r_0}$$

-ро ба эътибор гирифта, ҳосил менамоем:

$$\tau\sum_\tau^t\left\{(b,Y_t^2)+\frac{h_2}{2}\sum_{r_0,r_1}<\alpha,Y^2>+\frac{\tau}{2}(\overline{a},Y_{rt}^2]+\frac{\tau}{2}<\alpha,Y_t^2>\Big|_{r_0}\right\}+\frac{1}{2}\{(\overline{a},Y_{\bar{r}}^2]+<\alpha,Y^2>|_{r_0}\}\big|_{t=t}=$$

$$=\tfrac{1}{2}\{(\overline{a},Y_{\bar{r}}^2]+<\alpha,Y^2>|_{r_0}\}\big|_{t=0}+\tau\textstyle\sum_\tau^t<\alpha T^h,Y_t>|_{r_0}.$$

Дар натиҷаи ҷамъ намудани айнияти ҳосилшуда бо айнияти (2.3.7) натиҷаи зеринро меёбем:

$$\begin{cases}\tau\sum_\tau^t\Big\{\big(b,Y_{\bar{t}}^2+Y_t^2\big)+\frac{h_1}{2}\sum_{0,l}<b,Y_{\bar{t}}^2>+\frac{h_2}{2}\sum_{r_0,r_1}<b,Y_t^2>+\frac{\tau}{2}<\alpha,Y_t^2>\Big|_{r_0}+\frac{\tau}{2}(a,Y_{\bar{x}t}^2]+\frac{\tau}{2}(\overline{a},Y_{\bar{x}t}^2]\Big\}+\\ \qquad+\frac{1}{2}\Big\{(a,Y_{\bar{x}}^2]+\frac{1}{2}(\overline{a},Y_{\bar{r}}^2]+<\alpha,Y^2>|_{r_0}\Big\}\Big|_{t=t}=\frac{1}{2}\Big\{(a,Y_{\bar{x}}^2]+(\overline{a},Y_{\bar{r}}^2]+<\alpha,Y^2>|_{r_0}\Big\}\Big|_{t=0}+\\ +\tau\sum_\tau^t<\alpha T^h,Y_t>|_{r_0}.\end{cases}\qquad(2.3.8)$$

Аз (2.3.8) айнияти зерин ҳосил мешавад.

$$\begin{cases} \tau\sum_{\tau}^{t}\left\{\|Y_t^2+Y_t^2\|_{L_2}+\frac{h_1}{2}\sum_{0j}\left\|Y_i^2\right\|_{L_2}+\frac{h_2}{2}\sum_{0j}\|Y_t\|_{L_2}^2+\frac{\tau\beta_{min}}{2}\sum_{0j}\|Y_t\|^2|_{r_0}+\frac{\alpha^0\tau}{2}\left\|Y_{\bar{x}\bar{t}}^2+Y_{\bar{\gamma}\bar{t}}^2\right\|_{L_2(G)}\right\}+ \\ +\frac{\alpha_0^0}{2}\left\|Y_{\bar{x}}^2+Y_{\bar{\gamma}}^2\right\|_{L_2}|_t+\frac{\beta_{min}}{2}\left\|Y|_{\gamma_0}\right\|_{L_2}^2\leq \max(\alpha_1^0,\alpha_{max})\left\|Y^2|_{\gamma_o}\right. \qquad (2.3.9) \\ +Y_{\bar{x}}^2+Y_{\bar{y}}^2||_{L_2}|_{t=0}+\tau\sum_{\tau}^{t}\left|<\alpha T^h,Y_t>|_{r_0}\right|. \end{cases}$$

Аз ҳисобкуниҳои боло мебарояд: $\left|T^h\right|\leq\mu+\mu_0\left|Y|_{a_0=0}\right|,\mu,\mu_0=const>0$.

Дар натиҷаи гузоришҳо ва ҳисобкуниҳо

$$\begin{cases} \tau\sum_{\tau}^{t}|<T^h,Y_t>|\,\Big|_{\&_{a=0}}\leq\tau\sum_{\tau}^{t}\{\mu<|\beta|,|Y_t|>+\mu_0<|Y|,|Y_t|>\}|a=0\leq \\ \leq max(\,\varepsilon_0\mu,\varepsilon_1\mu_0)\tau\sum_{\tau}^{t}\|Y_t|\gamma_0\|_{L_2}^2+\frac{\mu_0}{4\varepsilon_1}\tau\sum_{\tau}^{t}\|Y\|^2+\frac{\mu}{4\varepsilon_0}\|\beta\|_{l_2}^2 \end{cases} \qquad (2.3.10)$$

ҳосил мешавад. Қайд кардан зарур аст, ки $\varepsilon_0,\varepsilon_1$– ададҳои мусбати ихтиёрӣ мебошанд.

Аз айниятҳои (2.3.9), (2.3.10) истифода бурда ҳосил менамоем:

$$\begin{cases} [b_0-max(\mu\varepsilon_0,\mu_0\varepsilon_0)]\tau\sum_{\tau}^{t}\left\|Y_{\bar{t}}^2+Y_t^2\right||_{L_2}+\frac{b_0}{2}\tau\sum_{\tau}^{t}\{h_1\sum_{0,I}\left\|Y_{\bar{t}}^2\right\|_{L_2}+h_2\sum_{r_0,r_1}\|Y_t\|_{L_2}^2\}+ \\ \frac{\tau^2\alpha_{min}}{2}\sum_{\tau}^{t}\left\|Y_t|_{r_0}\right\|_{L_2}^2+\frac{\alpha_0^0}{2}\tau^2\sum_{\tau}^{t}\left\|Y_{\bar{x}\bar{t}}^2+Y_{\bar{r}\bar{t}}^2\right\|_{L_2}+\frac{\alpha_0^0}{2}\left\|Y_{\bar{x}}^2+Y_{\bar{r}}^2\right\|_{L_2}|_{t=t}+\frac{\alpha_{min}}{2}\left\|Y|_{r_0}\right\|_{L_2}^2\leq \\ \leq max(a_1^0,\alpha_{max})\left\|Y_{\bar{x}}^2+Y_{\bar{r}}^2+Y^2|_{r_0}\right\|_{L_2}|_{t=0}+\frac{\mu}{4\varepsilon_0}\|\alpha\|_{L_2}^2+\frac{\mu_0}{4\varepsilon_1}\tau\sum_{\tau}^{t}\|Y\|_{L_2}^2|_{r_0}. \qquad (2.3.11) \end{cases}$$

Дар боло қайд намуда будем, ки $\varepsilon_0,\varepsilon_1$ ададҳои мусбати ихтиёрӣ мебошанд, вобаста ба ин, қимати онҳоро тавре интихоб намудан зарур аст, ки шарти $b_0-max(\varepsilon_0\mu,\varepsilon_1\mu_0)=\overline{b}_0>0$ бояд иҷро гардад.

Он гоҳ ишораҳои зеринро дохил намуда, ҳосил менамоем:

$$R_0 = \frac{2}{\alpha_{min}} [\max(\alpha_1^0, \alpha_{max})]$$

$$C_0 = \frac{2}{\alpha_{\min}} \left[\max\left(a_1^0, \alpha_{\max}\right)\right] \left\| Y_{\bar{x}}^2 + Y_{\bar{r}}^2 + Y^2 \right\|_{L_2} \Big|_{t=0} + \frac{\mu}{4\varepsilon_0} \|\alpha\|_{L_2}^2,$$

$$C_1 = \frac{\mu}{4\varepsilon_1 \alpha_{\max}}, \qquad \xi(t) = \left\| Y|_{r_0} \right\|^2 \Big|_{t=t}.$$

Аз нобаробарии (2.3.6) нобаробарии зеринро ҳосил намуда

$$\xi(t) \le R_0 + R_1 \tau \sum_{\tau}^{t} \xi(\varepsilon'),$$

онро ҳал менамоем:

$$\xi(t) \le R_0 (1 - R_1 \tau)^{-t/\tau}, \forall t \in (\tau, t_k)$$

ё ин ки $\xi(t) \le R_0\, exp(R_1 t_k) = R$-ро меёбем.

Дар нобаробарии (2.3.6) ишораи $\xi(t)$-ро дохил намуда ҳосил менамоем:

$$\begin{cases} \tau \sum\limits_{\tau}^{t} \left\| Y_{\bar{t}}^2 + Y_t^2 \right\|_{L_2} + \frac{b_0 \tau}{2} \sum\limits_{\tau}^{t} \left\{ h_1 \sum\limits_{0,l} \left\| Y_{\bar{t}}^2 \right\|_{L_2} + h_2 \sum\limits_{r_0, r_1} \|Y_t\|_{L_2}^2 \right\} + \frac{\tau^2}{2} \alpha \sum\limits_{\tau}^{t} \left\| Y_t |_{L_2}^2 \right\|_{\gamma_0}{}_{min} \\ + \frac{a_0^0 \tau^2}{2} \sum\limits_{\tau}^{t} \left\| Y_{\bar{x}\bar{t}}^2 + Y_{\bar{r}t}^2 \right\|_{L_2} + \left\{ \frac{\alpha_{min}}{2 \left\| Y|_{r_0} \right\|_{L_2}^2 \frac{a_0^0}{2} \left\| Y_{\bar{x}}^2 + Y_{\bar{r}}^2 \right\|_{L_2}} \Big|_{t = t_{0_{1_{2_3}}}} \right\} \end{cases} \qquad (2.3.12)$$

Аз натиҷаи (2.3.12) ва баҳои ҳосилшудаи (2.3.4) теоремаи дар боло овардашуда исбот мегардад.

2.4. Устуворан наздикшавии ҳалли масъалаи канонии фарқӣ ба ҳалли масъалаи дифференсиалӣ

Теоремаи 2.4.1. «Агар шартҳои *а*) ва *б*)-и дар зербоби 2.2. овардашуда иҷро гарданд, он гоҳ ҳалли масъалаҳои канонии дифференсиалии $V \in C^{4,2}(\overline{Q})$, ҳангоми $\alpha \in \overline{A}$ мавҷуд буда метавонад ва наздикшавии хатои муодилаҳои дифференсиалии фарқӣ дар намуди зерин пешниҳод карда мешавад» [15-19]:

$$\Psi = \begin{cases} O(\tau + h_1^2 + h_2^2), (x, r, t) \in Q^h, \\ O(\tau(h_1 + h_2) + h_1^2 + h_2^2), (x, r, t) \in \overline{Q}^h \backslash Q^h. \end{cases}$$

Исбот. Фарз мекунем, ки $V(x, r, t)$-ҳалли муодилаи дифференсиалии канорӣ ва $Y(x, r, t), (x, r, t) \in Q^h$ ҳалли масъалаи фарқии канорӣ бошад, дар ин маврид баробарии зерин ҷой дошта метавонад:

1)
$$\begin{cases} bY_{\bar{t}} - bV_t = b\frac{\overline{Y} - Y}{0.5\tau} - bV_t = O(\tau), \\ bY_t - bV_t = b\frac{\hat{Y} - \overline{Y}}{0.5\tau} - bV_t = O(\tau). \end{cases}$$

2) ҳангоми

$$Y_{i+1j} - Y_{ij} = h_1 V_x + \frac{h_1^2}{2} V_{xx} + O(h_1^3),$$

$$Y_{ij} - Y_{i-1j} = -h_1 V_x + \frac{h_1^2}{2} V_{xx} + O(h_1^3),$$

$$K\left(Y_{i+{}^1/_2 j}\right) - K\left(Y_{i-{}^1/_2 j}\right) = K_x h_1 + O(h_1^2),$$

$$K\left(Y_{i+{}^1/_2 j}\right) + K\left(Y_{i-{}^1/_2 j}\right) = 2K + O(h_1^2).$$

будан баробарии зеринро ҳосил мекунем:

$$A_1 Y - (KV_x)_x = K_x V_x + KV_{xx} + O(h_1^2) - (KV_x)_x = O(h_1^2).$$

Ҳисобкуниҳои болозикрро такроран иҷро намуда аз раванди иттератсионии:

$$Y_{ij+1} - Y_{ij} = h_2 V_r + \frac{h_2^2}{2} V_{rr} + O(h_2^3),$$

$$Y_{ij} - Y_{ij-1} = -h_2 V_r + \frac{h_2^2}{2} V_{rr} + O(h_2^3),$$

$$K\left(Y_{ij+\frac{1}{2}}\right) - K\left(Y_{ij-\frac{1}{2}}\right) = (K)_r + O(h_2^3),$$

$$K\left(Y_{ij+\frac{1}{2}}\right) + K\left(Y_{ij-\frac{1}{2}}\right) = 2K + O(h_2^3),$$

натиҷаи зеринро ҳосил менамоем $A_2 Y - (KV_r)_r = O(h_2^2)$.

3) аз натиҷаҳои бадастомада бармеояд, ки дар яке аз нуқтаҳои маҷмуи Q^h хатои наздикшавандаи аппроксиматсияи зерин

$$\psi_0 = O(\tau + h_1^2 + h_2^2) \text{ ҷой дорад.}$$

Хатои наздикшавандаи аппроксиматсияро дар нуқтаҳои сарҳадӣ бо ψ_1 ишора менамоем:

$$3) \qquad \psi_1 = \left[\underbrace{\left(a_0 Y_x - \frac{bh_1}{2} Y_{\bar{t}}\right) - KV_x}_{=\psi_{10}}\right]\Bigg\|_{x=0} + \left[\underbrace{\left(a_1 Y_{\bar{x}} + \frac{bh_1}{2} Y_{\bar{t}}\right) - KV_x}_{=\psi_{11}}\right]\Bigg\|_{l} +$$

$$+\left\{\frac{\left[\left(\frac{\alpha_0 Y_r - \frac{bh_2}{2} Y_t}{2}\right) - \alpha^h\left(Y - T^h\right)\right] - \left[KV_r - \overline{\alpha}(V - T)\right]}{-\psi_{12}}\right\} + \left[\underbrace{\left(\overline{a}_1 Y_{\bar{r}} + \frac{bh_2}{2} Y_t\right) - KV_r}_{=\psi_{13}}\right]\Bigg\|_{r_1}.$$

Дар сурати

$$Y_{\bar{t}} = V_t + O(\tau), Y_x = V_x + \frac{h_1}{2} V_{xx} + O(h_1^2),$$

$$Y_r = V_r + \frac{h_2}{2} V_{rr} + O(h_2^2),$$

$$a_0 = K_{\frac{1}{2}j} + \frac{h_1}{2} K_x + O(h_1^2),$$

$$a_1 = K_{N_1 - \frac{1}{2}j} = K_{Nj} - \frac{h_1}{2} K_x + O(h_1^2),$$

$$\overline{a}_0 = K_{ij_0 + \frac{1}{2}} = K_{ij_0} + \frac{h_2}{2} (K)_r|_{r_0} + O(h_2^2),$$

$$\overline{a}_1 = K + \frac{h_2}{2} (K)_r|_{r_1} + O(h_2^2),$$

баҳои зерин ҷой дорад:

$$\psi_{10} = O(\tau h_1 + h_1^2), \psi_{11} = O(\tau h_1^2 + h_1^2), \psi_{12} = O(\tau h_2 + h_2^2).$$

Ҳамин тариқ, дар баробарии ҳосилшуда узви охиронро барои ψ_1баҳо медиҳем, онро бо ψ_{12}^0ишора намуда,

$$\psi_{12}^0 = \left\{\left[\overline{a}_0 Y_r - \frac{h_2}{2} Y_t\right] - KV_t\right\} + \overline{\alpha}_p\left(Y - V_p\right) = O(\tau^2 + \tau h_2 + h_2^2) + \overline{\alpha}_p\left(T^h - T_p\right)$$

ҳосил менамоем.

Аз баробарии ҳосилшуда аъзои $\left(T^h - T_p\right)$-ро баҳо дода, муайянкунии функсияи T^h-ро ба эътибор гирифта, ҳосил менамоем [17-19]:

$$T^h - T_p = \sum_{\Gamma_0} \beta Y_{a=0} h - \int \beta T da = O(\tau^2) \left(Y - N_p\right)\Big|_{r_0} = O(\tau h_1 + h_1^2),$$

$$\left(Y - N_p\right)\Big|_{a=0} = O(\tau^2), \psi_{12}^0 = O(\tau(h_1 + h_2) + h_1^2 + h_2^2).$$

Аз натиҷаҳо бармеоянд, ки дар нуқтаҳои сарҳадӣ $\psi_1 = O(\tau(h_1 + h_2) + h_1^2 + h_2^2)$ баробар шуда, теоремаи дар боло овардашуда исботи худро меёбад.

Таърифи 2.4.1. Ҳалли масъалаи муодилаҳои фарқии (2.3.4) – (2.3.10)-и системаи (2.3.1) устувор нисбат ба ҳалли масъалаи дифференсиалии ҷорӣ мебошад, агар шартҳои зерин $\left\|\overline{Y} - N_p\right\|_{C(Q^h)} \to 0$ ҳангоми $(\tau, h_1, h_2) \to 0, \|\Delta\psi\| \to 0,$ иҷро гардад. Дар ин ҷо $\overline{Y} = \overline{Y}(x, r, t)$ буда, масъалаҳои фарқии «мувофиқ овардашуда»-и $\left\|\overline{Y} - N_p\right\|_{C(Q^h)} \to 0$ ҳангоми $(\tau, h_1, h_2) \to 0, \|\Delta\psi\| \to 0$. $\overline{Y} = \overline{Y}(x, r, t)$ буда, масъалаҳои фарқии «мувофиқ овардашуда»-и

$$\begin{cases} Y_i = \bar{A}_1 Y, \quad t = t' + {}^{\tau}/_{2}, \\ Y_i = A_2 Y, \quad t = t' + \tau, \end{cases} \qquad (x, \gamma, t') \in Q^h, \tag{2.4.1}$$

$$Y|t = 0 = Y_0 \tag{2.4.2}$$

$$\begin{cases} \bar{a}_0 Y_x = \dfrac{h_1 Y_i}{2}, x = 0, \\ \bar{a}_1 Y_{\bar{x}} = \dfrac{h_1 Y_i}{2}, x = l, \end{cases} \qquad t' = t + {}^{\tau}/_{2} \tag{2.4.3}$$

$$\begin{cases} \bar{\bar{a}}_0 Y_\gamma = \dfrac{h_2 Y_t}{2}, \quad \gamma = \gamma_0, \\ \bar{a}_1 Y_{\bar{x}} = \dfrac{h_2 Y_t}{2}, \gamma = \gamma_0 \end{cases} \qquad t' = t + \tau, \tag{2.4.4}$$

-ро қаноат мекунонад, дар ин ҷо $N = N(x, r, t)$ ва $\|\Delta\phi\| \le C\left(\|\Delta Y_0\|_{L_2}^2 + \|\Delta\beta\|_{L_2}^2\right)$, $\Delta Y_0 = \overline{Y_0} - Y_0, \Delta\beta = \overline{\beta} - \beta, i = 1{,}2$ мебошад.

Теоремаи 2.4.2. Фарз мекунем шартҳои а) - г) дар § 2.2 иҷро шаванд, он гоҳ ҳалли масъалаҳои фарқии (2.3.4) – (2.3.8)-и § 2.2 устувор номида мешаванд, агар $\|\xi\|_{C(Q^h)} \to 0$ *ҳангоми* $\left((\tau, h_1, h_2), \|\Delta\psi\|, \|\Delta\beta\|\right) \to 0$ иҷро шаванд [16-19].

Исботи теоремаи 2.4.2-ро метавон ба монанди теоремаи 2.4.1 овард.

2.5. Мавҷудияти ҳалли масъалаи канории фарқӣ

<u>Теоремаи 2.5.1.</u> Фарз мекунем, ки шартҳои *а)* ва *б)*-и дар зербоби 2.2 буда иҷро шаванд, он гоҳ кифоя аст, ки $h = (h_1, h_2, \tau)$ ва $\frac{\tau}{h_i} \to 0, \frac{\tau}{h_1 h_2} \to 0$ ҳангоми $(h_1, h_2) \to 0, \tau \to 0$ будан, масъалаи канории муодилаи фарқии ғайрихатӣ ҳалли ягонаро доро мешавад.

<u>Исбот.</u> Барои исбот намудани теоремаи (2.5.1) раванди ҳалли такрориро барои ҳалли масъалаи ғайрихаттии канории фарқии (2.3.4) – (2.3.8) дида мебароем [17-19]:

$$\begin{cases} Y_{\bar{t}}^{S+1} = A_1^s Y^{s+1}, & t' = t + {}^{\tau}/_{2}, \\ Y_t^{s+1} = A_2^s Y^{s+1}, & t' = t + \tau, \end{cases} \qquad (x, \gamma, t') \in Q^h, \tag{2.5.1}$$

$$Y^{s+1}\Big|_{t\,=\,0} = Y_0, \quad (x, \gamma) \in G^h \tag{2.5.2}$$

$$\begin{cases} a_0^S Y_x^{S+1} = \frac{h_1}{2} Y_{\bar{t}}^{S+1}, x = 0 \\ a_1^S Y_{\bar{x}}^{S+1} = -\frac{h_1}{2} Y_{\bar{t}}^{S+1}, x = l \end{cases}, t' = t + {}^{\tau}/_{2}, \tag{2.5.3}$$

$$\begin{cases} \overset{-S}{a_0} Y_\gamma^{S+1} = \frac{h_2}{2} Y_t^{S+1}, & \gamma = \gamma_0 \\ \overset{-S}{a_1} Y_{\bar{\gamma}}^{S+1} = -\frac{h_2}{2} Y_t^{S+1}, & \gamma = \gamma_1 \end{cases}, \quad t' = t + \gamma \tag{2.5.4}$$

$$Y^{S+1}(x, 0, t) = T((x, t). \tag{2.5.5}$$

$$T(x,t) = \sum_{k=1}^{n} \beta(a) Y^s(x, a, t) h, s = 0,1,2, \ldots.$$

«Агар Y^S муайян бошад, он гоҳ барои Y^{S+1} масъалаи хаттии канориро ҳосил кардан мумкин аст. Y-ро ба сифати наздикшавии аввала қабул менамоем ва ишораи зеринро $V^{S+1} = Y^{S+1} - Y^S$ ворид намуда, нишон медиҳем, ки шарти зерин ҷой дорад» [15-19]:

$$\|V^{S+1}\|_{W_2'\left(\overline{Q}^h\right)} \le \delta \|V^S\|_{W_2'\left(\overline{Q}^h\right)}, 0 < \delta < 1.$$

Аз раванди итератсионии (2.5.1) – (2.5.4) бармеояд, ки V^Sшартҳои зеринро қаноат мекунонад:

$$\begin{cases} V_{\bar{t}}^{S+1} = A_1^s V^{s+1} + \mu^{S+1}, & t' = t + {}^{\tau}/_{2}, \\ V_t^{S+1} = A_2^S Y^{S+1} + \partial^{S+1}, & t' = t + \tau, \end{cases} \qquad (x, \gamma, t') \in Q^h, \tag{2.5.6}$$

$$V^{S+1}|_{t=0} = Y_0, \tag{2.5.7}$$

$$\begin{cases} a_0^S V_x^{S+1} = \dfrac{h_1}{2} V_{\bar{t}}^{S+1} + \mu_0^{S+1}, x = 0 \\ a_1^S V_{\bar{x}}^{S+1} = -\dfrac{h_1}{2} V_{\bar{t}}^{S+1} + \mu_0^{S+1}, x = l \end{cases}, t' = t + {}^{\tau}/_{2}, \tag{2.5.8}$$

$$\begin{cases} \overset{-S}{a}_0 V_\gamma^{S+1} = \dfrac{h_2}{2} V_t^{S+1} + \partial_0^{S+1}, \quad \gamma = \gamma_0 \\ \overset{-S}{a}_1 V_{\bar{\gamma}}^{S+1} = -\dfrac{h_2}{2} V_t^{S+1} + \partial_0^{S+1}, \quad \gamma = \gamma_1 \end{cases}, \tag{2.5.9}$$

ки дар ин ҷо

$$\mu^{S+1} = \Delta A_1^S Y^{S+1}, \Delta A_1^S = (\Delta a^S{,}_{\bar{x}})_x, \Delta a^S = a^S - a^{S-1},$$

$$\partial^{S+1} = \Delta A_2^S Y^{S+1}, \Delta A_2^S = \left(\Delta \bar{a}^S{,}_{\bar{r}}\right)_r, \Delta \bar{a}^S = \bar{a}^S - \bar{a}^{S-1},$$

$$\mu_0^{S+1} = -\Delta a_0^S Y_x^{S+1}, x = 0, \Delta a_0^S = a_0^S - a_0^{S-1},$$

$$\mu_1^{S+1} = -\Delta a_1^S Y_{\bar{x}}^{S+1}, x = l, \Delta a_1^S = a_1^S - a_1^{S-1},$$

$$\partial_0^{S+1} = -\Delta \bar{a}_0^S Y_r^{S+1}, r = r_0, \Delta \bar{a}_0 = \bar{a}_0^S - a_0^{S-1},$$

$$\partial_1^{S+1} = -\Delta \bar{a}_1^S Y_{\bar{r}}^{S+1}, r = r_1, \Delta \bar{a}_1 = \bar{a}_1^S - a_1^{S-1}.$$

Муодилаи (2.5.9)-ро скалярӣ ба τV^{S+1} ҳангоми $t' = t + {}^{\tau}/_{2}, t' = t + \tau$ зарб намуда, мувофиқан ҳосил менамоем:

$$\begin{cases} \tau(V_{\bar{t}}^{S+1}, V^{S+1}) = \tau(A_1^S V^{S+1}, V^{S+1}) + \tau(\mu^{S+1} V^{S+1}), \quad t' = t + {}^{\tau}/_{2} \\ \tau(V_t^{S+1}, V^{S+1}) = \tau(A_2^S V^{S+1}, V^{S+1}) + \tau(\partial^{S+1}, V^{S+1}), \quad t' = t + \tau \end{cases} \tag{2.5.10}$$

Дар аввал айнияти (2.5.10) -ро табдил медиҳем.

Азбаски

1) $\tau\left(V_{\bar{t}}^{S+1}, V^{S+1}\right) = \frac{1}{2}(V^{S+1}, V^{S+1}) - \frac{1}{2}\left(\bar{V}^{S+1}, \bar{V}^{S+1}\right) + \frac{\tau^2}{2}\left(V_{\bar{t}}^{S+1}, V_t^{S+1}\right),$

2) $\tau(A_1^S V^{S+1}, V^{S+1}) = -\tau a^S V_{\bar{x}}^{S+1}, V_{\bar{x}}^{S+1} - \frac{h_1}{4} < V^{S+1}, V^{S+1} >|_l - \frac{h_1}{4} <$ $\bar{V}^{S+1}, \bar{V}^{S+1} >\Big|_l +$

$$+\frac{\tau^2 h_1}{4} < V_{\bar{t}}^{S+1}, V_{\bar{t}}^{S+1} >\Big|_l - < \Delta a_1^S Y_x^{S+1}, V^{S+1} >\Big|_l$$

$$-\frac{h_1}{4} < V^{S+1}, V^{S+1} >|_0 - \frac{h_1}{4} < \bar{V}^{S+1}, \bar{V}^{S+1} >\Big|_0 + \frac{\tau h_1}{4} < b^S V_{\bar{t}}^{S+1}, V_{\bar{t}}^{S+1} >\Big|_0 +$$

$$+\tau < \Delta a_0^S Y_x^{S+1}, V^{S+1} >\Big|_0,$$

$3)\tau(\mu^{S+1}, V^{S+1}) = -\tau\left(Y_{\bar{t}}^{S+1}, V^{S+1}\right) - \tau\Delta a^S Y_{\bar{x}}^{S+1}, V^{S+1} + \tau <$
$\Delta a_1^S Y_{\bar{x}}^{S+1}, V^{S+1} >\Big|_l - \tau < \Delta Y_x^S, V^{S+1}|_0$

ҷой доранд, дар натиҷа айнияти якуми (2.5.10) намуди зеринро мегирад:

$$\tfrac{1}{2}(V^{S+1}, V^{S+1}) + \tfrac{\tau^2}{2}\left(V_{\bar{t}}^{S+1}, V_{\bar{t}}^{S+1}\right) - \tfrac{\tau^2 h_1}{4}\textstyle\sum_{0,l} < V_{\bar{t}}^{S+1}, V_{\bar{t}}^{S+1} > + \tau a^S V_{\bar{x}}^{S+1}, V_{\bar{x}}^{S+1} +$$

$$+\frac{h_1}{4}\sum_{0,l} < V^{S+1}, V^{S+1} > = \frac{1}{2}\left(\overline{V}^{S+1}, \overline{V}^{S+1}\right) - \frac{h_1}{4}\sum_{0,l} < \overline{V}^{S+1}, \overline{V}^{S+1} > -$$

$$-\tau\Delta a^S Y_{\bar{x}}^{S+1}, V_{\bar{x}}^{S+1}.$$

Айнияти додашударо нисбат ба t'аз τ то t ҷамъ намуда, нобаробарии

$$\tau\left(\Delta a^S Y_{\bar{x}}^{S+1}, V_{\bar{x}}^{S+1}\right) \leq C_1\sqrt{\frac{\tau}{h_1 h_2}}\left[\left\|V_{\bar{x}}^{S+1}\right\|_{L_2}^2 + \|V^S\|_{L_2}^2\right]$$

-ро доро мешавем. Инчунин $a_0^0 \leq a(Y) \leq a_1^0$, $\left(V_{\bar{t}}^{S+1}, V_{\bar{t}}^{S+1}\right) - \tfrac{h_1}{4}\sum <$
$V_{\bar{t}}^{S+1}, V_{\bar{t}}^{S+1} \geq const \geq 0$-ро ба назар гирифта, ҳосил менамоем:

$$\left\{\left(\tfrac{1}{2} - \mathrm{C}_0\sqrt{\tfrac{\tau}{h_1 h_2}}\right)\|V^{S+1}\|_{L_2(\overset{-h}{Q})}^2 + \left(a_0 - C_1\sqrt{\tfrac{\tau}{h_1 h_2}}\right)\left\|V_{\bar{x}}^{S+1}\right\|_{L_2(\overset{-h}{Q})}^2 +\right.$$

$$+\left(\frac{1}{4} - \frac{C_2}{2}\sqrt{\frac{\tau}{h_1 h_2}}\right)h_1\sum_{0,I}\|V^{S+1}\|_{L_2(\overset{-h}{Q})}^2$$

$$\leq \mathrm{C}_0\sqrt{\frac{\tau}{h_1 h_2}}\|V^S\|_{L_2}^2 + \qquad (2.5.11)$$

$$+C_1\sqrt{\frac{\tau}{h_1 h_2}}\left\|V_{\bar{x}}^{S+1}\right\|_{L_2}^2 + C_2 h_1\sqrt{\frac{\tau}{h_1 h_2}}\sum_{0,I}\|V^S\|_{L_2.}^2$$

Аз натиҷаҳои (2.37) бармеояд, ки

$$\left\{\left\|V^{S+1^2} + V_{\bar{x}}^{S+1^2}\right\|_{L_2} + h_1\textstyle\sum_{0,I}\|V^{S+1}\|_{L_2}^2 \leq q_1\left(\left\|V^{S^2} + V_{\bar{x}}^{S^2}\right\|_{L_2}^2 +\right.\right.$$

$$\left.+h_1\textstyle\sum_{0,I}\|V^S\|_{L_2.}^2\right), \qquad (2.5.12)$$

аст ва дар ин ҷо $t' = t + {}^{\tau}\!/_{2}$,

$$q_1 = \frac{max\left\{C_0\sqrt{\frac{\tau}{h_1h_2}}, C_1\sqrt{\frac{\tau}{h_1h_2}}, C_2\sqrt{\frac{\tau}{h_1h_2}}\right\}}{min\left\{\left(\frac{b_0}{2} - C_0\sqrt{\frac{\tau}{h_1h_2}}\right), \left(a_0 - C_1\sqrt{\frac{\tau}{h_1h_2}}, \frac{1}{2}\left(\frac{b_0}{2} - C_2\sqrt{\frac{\tau}{h_2}}\right)\right)\right\}}.$$

«Чи тавре медонем тибқи шарти теорема $\frac{\tau}{h_1h_2} \to 0$ ҳангоми $\tau \to 0,\ h_i \to 0$ ҷой дошта, он гоҳ барои ба қадри кифоя хурди $(\tau, h_1, h_2)_,$ $0 < q_1 < 1$-ро ҳосил мекунем. Мутобиқи айнияти дуюм (2.36) баҳои зеринро ҳосил мекунем» [15-19]:

$$\begin{cases} \left\|V^{S+1^2} + V_{\bar{\gamma}}^{S+1^2}\right\|_{L_2} + h_2 \sum\limits_{\gamma_0,\gamma_1} \|V^{S+1}\|_{L_2}^2 \le q_2\left(\left\|V^{S^2}\right\|_{L_2} + \left\|V_{\bar{\gamma}}^{S^2}\right\|_{L_2}^2 + h_2 \sum\limits_{\gamma_0,\gamma_1} \|V^S\|_{L_2.}^2\right) \\ t' = t + \tau,\ 0 < q_2 < 1. \end{cases} \quad (2.5.13)$$

«Қимати $q = \underset{i}{max} q_i$ -ро гузошта, аз баҳои (2.5.12) ва (2.5.13) иҷрошавии раванди итератсионии натиҷаи инъикоси «зичӣ»-и маҳдудият мебароядд. Ҳамин тариқ, раванди итератсионӣ ба

$\|Y^S - Y\|_{W_2'}^2 \to 0, S \to \infty$ мувофиқ буда, Y - бошад ҳалли масъалаи ҷории ғайрихаттии фарқӣ мешавад. Натиҷаҳои гирифташуда исботи он аст, ки ҳалли ягонаи масъалаи канории ғайрихатии фарқии (2.3.4) – (2.3.8)-и § 2.2 мавҷуд аст» [15-19].

2.6. Таҳияи алгоритми ададии ҳалли масъалаи канории фарқӣ

Акнун ба амалҳои иҷрошудаи зербоби 2.5. такя намуда, ҳалли ададии масъалаи канории фарқиро меорем.

Масъалаҳои (2.2.4) – (2.2.6)-и § 2.2-ро дар шакли зерин тасвир мекунем:

$$\begin{cases} \overline{a}_{ij}\overline{Y}_{i+1j} - \overline{C}_{ij}\overline{Y}_{ij} + \overline{b}_{ij}\overline{Y}_{i-1j} = -\overline{f}_{ij}, t' = t + {}^{\tau}/_{2} \\ a_{ij}Y_{ij+1} - C_{ij}Y_{ij} + b_{ij}Y_{ij+1} = -f_{ij}, t' = t + \tau \end{cases} \quad (2.6.1),$$

ки дар ин ҷо

$$\overline{a}_{ij} = \frac{\tau}{2h_1^2}K\left(\overline{Y}_{i+\frac{1}{2}j}\right), \overline{b}_{ij} = \frac{\tau}{2h_1^2}K\left(\overline{Y}_{i-1j}\right), \overline{C}_{ij} = \overline{a}_{ij} + \overline{b}_{ij} + 1,$$

$$\overline{f}_{ij} = Y_{ij}, a_{ij} = \frac{\tau}{2h_2^2}\frac{r_{j+\frac{1}{2}}}{r_j}K\left(\overline{Y}_{ij+\frac{1}{2}}\right), f_{ij} = \overline{Y}_{ij},$$

$$b_{ij}=\frac{\tau}{2h_2^2}\frac{r_{j-\frac{1}{2}}}{r_j}K\left(\overline{Y}_{ij-\frac{1}{2}}\right), C_{ij}=a_{ij}+b_{ij}+1,$$

$$i=\overline{1,N_1}, j=\overline{j_0+1,N_2}, \overline{a}_{0j}=1, \overline{b}_{0j}=1, \overline{a}_{N_1+1j}=0, \overline{b}_{\rightleftarrows N_1+1j}=1,$$

$$\overline{C}_{0j}=1+\frac{h_1^2}{2\tau K\left(\overline{Y}_{0j}\right)}, \overline{C}_{N_1+1j}=1+\frac{h_1^2}{2\tau K\left(\overline{Y}_{N_1+1j}\right)},$$

$$\overline{f}_{0j}=\frac{h_1^2}{2\tau K\left(\overline{Y}_{0j}\right)}\overline{Y}_{0j}, \overline{f}_{N_1+1j}=\frac{h_1^2}{2\tau K\left(\overline{Y}_{N_1+1j}\right)}\overline{Y}_{N_1+1j},$$

$$j=\overline{j_0,N_2+1}, a_{ij_0}\equiv 1, b_{ij_0}\equiv 1, C_{ij_0}=1+\frac{h^2}{2\tau K\left(\overline{Y}_{ij_0}\right)}+\frac{\alpha^{h_1}h_2}{K\left(\overline{Y}_{ij_0}\right)},$$

$$a_{iN_2+1}\equiv 0, C_{iN_2+1}=1+\frac{h_2^2}{2\tau K\left(\overline{Y}_{iN_2+1}\right)}, b_{iN_2+1}=1,$$

$$f_{iN_2+1}=\frac{h_2^2}{2\tau K\left(\overline{Y}_{iN_2+1}\right)}\overline{Y}_{iN_2+1}, f_{ij_0}=\frac{h_2^2}{2\tau K\left(\overline{Y}_{ij_0}\right)}\overline{Y}_{ij_0}+\frac{\alpha_i^{h_1}h_2}{K\left(\overline{Y}_{ij_0}\right)}\overline{T}_i^{h_1},$$

ва $i=\overline{0,N_1+1}$ ҷой дорад.

Равиши ҳалли масъалаи дар боло овардашудаи (2.6.1)-ро бо усули қадам ба қадам дар намуди зерин меҷӯем:

$$\begin{cases}\overline{Y}_{ij}=\overline{\mu}_{i+1j}\overline{Y}_{i+1j}+\overline{\partial}_{i+1j}, t'=t+{}^{\tau}/_{2},\\ Y_{ij}=\mu_{ij+1}Y_{ij+1}+\partial_{ij+1}, t'=t+\tau,\\ \overline{Y}_{ij}\big|_{t=0}=Y_{0ij},\end{cases} \tag{2.6.2}$$

ки дар ин ҷо

$$\begin{cases}\overline{\mu}_{i+1j}=\dfrac{\overline{b}_{ij}}{\overline{C}_{ij}-\overline{\mu}_{ij}\overline{a}_{ij}}, \overline{\partial}_{i+1j}=\dfrac{\overline{b}_{ij}\overline{\partial}_{ij}+\overline{f}_{ij}}{\overline{C}_{ij}-\overline{\mu}_{ij}\overline{a}_{ij}},\\ \mu_{ij+1}=\dfrac{b_{ij}}{C_{ij}-\mu_{ij}a_{ij}}, \partial_{ij+1}=\dfrac{b_{ij}\partial_{ij}+f_{ij}}{C_{ij}-\mu_{ij}a_{ij}},\end{cases}$$

$$i=\overline{0,N_1+1}, j=\overline{j_0,N_2+1}$$

мебошад.

Леммаи 1. Ҷараёни ҳисобкунӣ аз рӯйи системаи (2.6.2) устувор аст.

Исбот. Барои исботи лемма кифоя аст, ки шартҳои зерин:

1) $0<\overline{\mu}_{ij}<1$,

2) $0 < \mu_{ij} < 1$, $i = \overline{1, N_1 + 1}$, $j = \overline{j_0 + 1, N_2 + 1}$ иҷро гарданд.

Бояд исбот намуд, ки $\overline{\mu}_{ij}$ дар $0 < \overline{\mu}_{ij} < 1$ мехобад. Методи индуксияро истифода менамоем. Дар мавриди $i = 0$ аз шартҳои канорӣ $\overline{\mu}_{0j} = 1$-ро ҳосил менамоем ва дар натиҷа,

$$0 < \overline{\mu}_{1j} = \frac{\frac{\tau}{2h_1^2} K_{\frac{1}{2}j}}{\left(\left(K_{\frac{3}{2}j} + K_{\frac{1}{2}j}\right)\frac{\tau}{2h_1^2} + 1 - \frac{\tau}{2h_1^2} K_{\frac{3}{2}j} \overline{\mu}_{0j}\right)} =$$

$$= \frac{\frac{\tau}{2h_1^2} K_{\frac{1}{2}j}}{\left[\left(1 - \overline{\mu}_{0j}\right)\frac{\tau}{2h_1^2} K_{\frac{3}{2}j} + 1 + \frac{\tau}{2h_1^2} K\left(Y_{\frac{1}{2}j}\right)\right]} < 1 - \text{ро}$$

ҳосил мекунем.

Фарз мекунем, ки $0 < \overline{\mu}_{ij} < 1$ барои ҳамаи $i = \overline{1, N_1}, j = \overline{j_0, N_2 + 1}$ нобаробари ҷой дорад, он гоҳ

$$0 < \overline{\mu}_{N_1+1j} = \frac{\frac{\tau}{2h_1^2} K\left(Y_{N_1+\frac{1}{2}j}\right)}{\frac{\tau}{2h_1^2}\left(1 - \overline{\mu}_{N_1 j}\right) K\left(Y_{N_1+\frac{3}{2}j}\right) + 1 + \frac{\tau}{2h_1^2} K\left(Y_{N_1+\frac{1}{2}j}\right)} < 1.$$

мешавад. (Шарти дуюм бо ҳамин тавр монанд исбот карда мешавад).

Натиҷаҳои ҳосилшуда исбот мекунанд, ки формулаи 2.6.2 устувор мебошад.

Тавре мебинем, коэффитсиентҳои масъалаи (2.2.4) – (2.2.8)-и § 2.2 аз ҳал вобастагӣ доранд, он гоҳ дар 2.6.2 вобаста аз вақти t итератсия кардан лозим аст. Ҷараёни итератсиякунонӣ то замоне давом дода мешавад, ки яке аз ин шартҳо

$$\|Y^{S+1} - Y^S\|_{C(Q^h)} \leq \varepsilon_0, \quad \|Y^{S+1} - Y^S\|_{W_2'(Q^h)} \leq \varepsilon_1,$$

иҷро гарданд ($\varepsilon_0, \varepsilon_1$- баъзе ададҳои мусбати додашуда мебошанд).

2.7. Хулосаи боби 2-юм

Яке аз натиҷаҳои муҳимтарини боби дуюми диссертатсия омӯзиши низоми экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) дар ҳолатҳои статсионарӣ ва ғайристатсионарӣ ба ҳисоб меравад. Дар асоси таҳлили адабиёти илмӣ ва натиҷаҳои таҳқиқоти мавҷуда нишон дода шудааст, ки агар потенсиали биологии популятсияҳои олами ҳайвоноти системаи экологӣ аз воҳид хурд бошад ва матритсаи зиндамонӣ мусбат бошад, пас мувофиқи қонуни Ляпунов ҳолати статсионарии система аз ҷиҳати асимптотикӣ устувор мегардад. Аз ин рӯ, барои арзёбии вазъи экосистема, ташкил ва гузаронидани мониторинги доимӣ, инчунин таҳияи тадбирҳои муназзамсозии низоми экологӣ, сохтани амсилаҳои математикӣ бо дарназардошти вақт, синну сол ва тақсимоти фазоии намудҳои биологӣ аҳамияти муҳим дорад.

Дар доираи боби мазкур амсилаи математикии мураккаб, ки аз 16 муодилаи дифференсиалӣ иборат мебошад, таҳия ва асоснок карда шудааст. Дар ин амсила тағйирёбандаҳои вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ ворид гардида, масъалаи ҳифзу нигаҳдории намудҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳ ҳам дар ҳолати статсионарӣ ва ҳам дар ҳолати ғайристатсионарӣ мавриди омӯзиш қарор гирифтааст. Амсилаи пешниҳодшуда имконият медиҳад, ки хусусиятҳои асосии инкишофи популятсияҳо ва қонуниятҳои тағйирёбии онҳо дар шароити гуногуни муҳити зист ба таври мукаммал таҳлил карда шаванд.

Бо истифода аз схемаҳои фарқӣ усули муайян намудани коэффитсиентҳои номаълуми системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) дар шароити гуногуни шиддатнокии муносибатҳои трофикӣ пешниҳод ва асоснок карда шудааст. Ин усул имконият медиҳад, ки параметрҳои асосии таъсири байниҳамдигарии намудҳои гуногуни биологӣ муайян гардида, хусусиятҳои фаъолияти экосистема бо саҳеҳии зарурӣ арзёбӣ карда шаванд.

Тавассути теоремаҳои дар боб овардашуда ва исботи шартҳои зарурӣ ва кифоягии онҳо имконият фароҳам оварда шудааст, ки шартҳои устуворан наздикшавии ҳалли масъалаҳои канории фарқӣ ба ҳалли масъалаҳои дифференсиалӣ муайян карда шаванд. Ҳамзамон, мавҷудият ва ягонагии ҳалли масъалаҳои канории фарқӣ аз ҷиҳати назариявӣ асоснок гардида, шароитҳои татбиқи онҳо барои системаҳои экологӣ муайян карда шудаанд.

Дар боб инчунин масъалаи наздикшавии равандҳои итератсионӣ барои масъалаҳои ғайрихаттии фарқӣ таҳқиқ гардидааст. Нишон дода шудааст, ки истифодаи усулҳои итератсионӣ имкон медиҳад, ки ҳалли масъалаҳои мураккаби ғайрихаттӣ бо саҳеҳии зарурӣ ба даст оварда шуда, устувории раванди ҳисоббарорӣ таъмин гардад.

Натиҷаҳои бадастомадаи боби дуюм аҳамияти назариявӣ ва амалӣ дошта, барои сохтани алгоритмҳои ададии самаранок заминаи боэътимод фароҳам меоранд. Бо истифода аз алгоритмҳои таҳияшуда муайян намудани коэффитсиентҳои номаълуми матритсаи захираҳо ва баҳодиҳии ҳолати воқеии системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» имконпазир мегардад. Ин натиҷаҳо метавонанд барои пешгӯии динамикаи популятсияҳо, арзёбии сатҳи устувории экосистема ва таҳияи тадбирҳои илмӣ-амалӣ оид ба ҳифзу нигаҳдории намудҳои нодир ва нестшавандаи ҳайвонот мавриди истифода қарор гиранд.

Дар боби дуюми диссертатсия заминаҳои назариявӣ ва ҳисоббарории омӯзиши системаи экологии мамнӯъгоҳ бо дарназардошти хусусиятҳои синнусолӣ ва тақсимоти фазоии намудҳо таҳия гардида, масъалаҳои асосии устуворӣ, мавҷудияти ҳалли масъалаҳо ва муайян намудани параметрҳои номаълум ҳалли илмии худро пайдо намудаанд, ки барои рушди минбаъдаи таҳқиқот дар соҳаи моделсозии математикӣ ва экологияи назариявӣ аҳамияти муҳим доранд.

БОБИ III. АМСИЛАСОЗИИ МАТЕМАТИКИИ ҲИФЗИ ПОПУЛЯТСИЯҲОИ БИОЛОГИИ ЭКОСИСТЕМАИ «БЕШАИ ПАЛАНГОН» (ҚИСМАТИ ҚАМИШИЮ БИЁБОНӢ)

Боби сеюм ба гузориш ва таҳқиқи масъалаҳои ҳифзи популятсияҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) бахшида мешавад. Моҳияти масъала иборат аз таъмин намудани устуворӣ ва раванди инкишофи экосистема мебошад, ки дар нигаҳдории он теъдоди намудҳои махсусан қиматбаҳо (аз ҷумла, намудҳои нодир ва нестшаванда) дар порчаи қобили қабул бояд нигоҳ дошта шавад. Дар гузориши масъала шумораи навъи «нодир» ва (ё навъҳои нестшаванда) дода мешавад, барои навъҳои боқимондаи экосистема бояд қимати тағйирёбии теъдодӣ ёфта мешавад, ки устуворӣ ва сифатан устувории мамнӯъгоҳ боқӣ монад. Масъалаи ҳифзу устувории мамнӯъгоҳ дар мавридҳое ҳалу фасли худро меёбад, ки экосистема дар реҷаи статсионарӣ ё ғайристатсионарӣ қарор дошта, шумораи популятсияҳо вобаста аз синну сол ва фазои тақсимшавӣ ба назар гирифта мешавад.

3.1. Масъалаи умумии ҳифзи популятсияҳо

Барои сохтани амсилаи математикии системаи экологии «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) ба мо зарур аст, ки аз гипотезаи В. Волтерро истифода барем. Муодилаи балансро барои ду популятсия истифода мебарем. Дар қадами навбатӣ, системаи муодилаҳои дискретии ҳосилшударо ба Δt тақсим намуда, дар вақти $\Delta t \to 0$ ба ҳудуд мегузарем ва дар натиҷа амсилаи математикии даранда ва сайдро дар намуди системаи муодилаҳои дифференсиалии тартиби 1-уми квазихаттӣ ҳосил мекунем [7-М;8-М]:

$$\frac{dN_1}{dt} = \delta N_1 - \alpha N_1 N_2$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -mN_2 + k\alpha N_1 N_2$$

Бо осонӣ дида метвонем, ки системаи муодилаҳои додашударо бо усули Эйлер ҳал намудан имконпазир аст. Барои ин аппроксиматсияи зеринро

$$\frac{dN_j}{dt}|t = ih \approx \frac{N_j(t_i + h) - N_j(t_i)}{h} = \frac{N_{ji+1} - N_{ji}}{h}$$

истифода бурда, формулаҳои реккурентии зеринро ҳосил мекунем:

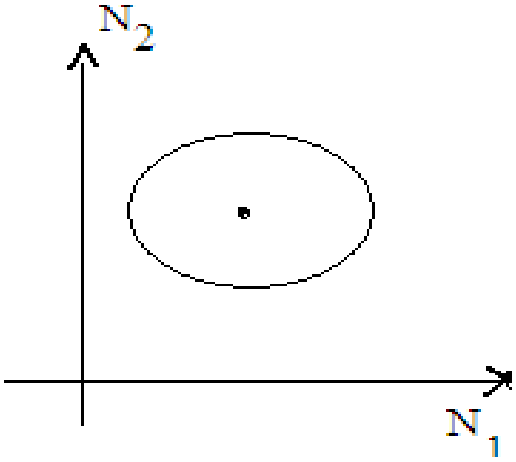
$$N_{1i+1} = h(\delta N^{`}_{1i} - \alpha N_{1i} N_{2i}) + N_{1i}$$

$$N_{2i+1} = h(-mN_{21i} + k\alpha N_{1i} N_{2i}) + N_{2i}$$

Дар асоси системаи муодилаҳои дифференсиалии тартиби якуми дар боло овардашуда ба таври геометрӣ амсилаи «даранда ва сайди ӯ»-ро тасвир мекунем.

Қайд кардан лозим аст, ки ҳолати умумии амсилаҳои омӯхташаванда чунин аст [8-М]:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = \delta N_1 - \mu(N_1) \cdot N_2 \\ \frac{dN_2}{dt} = -mN_2 + k\mu(N_1) \cdot N_2 \end{cases}$$



Расми 3.1.1.Тасвири геометрии амсилаи «даранда ва сайди ӯ».

Қайд кардан лозим аст, ки ҳолати умумии амсилаҳои омӯхташаванда чунин аст [6-М;9-М]:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = \delta N_1 - \mu(N_1) \cdot N_2 \\ \frac{dN_2}{dt} = -mN_2 + k\mu(N_1) \cdot N_2 \end{cases}$$

$\frac{d\mu}{dN} > 0,\ \mu(N) = \frac{\mu_0 \cdot N^p}{\mu_1 + N^p},\ \mu(N_1)$ - функсияи трофикӣ ва m-коэффитсиенти мурриши табиӣ мебошанд.

«Акнун ба сохтани амсилаи системаи экологии 3-сатҳаи трофикӣ, ки аз берун захираи N_0 бо суръати Q ворид мегардад, баррасӣ менамоем.

Дар ҳолати статсионарӣ биомассаи сесатҳаи трофикии $N_i\ (i = 1,2,3) -$ ро бо муодилаҳои Волтерра тавсиф мекунем (N_1 – биомассаи растаниҳо, N_2 –

шумораи ҳайвоноти алафхӯр ва N_2 – шумораи дарандагон)» [8-М, 9-М, 10-М, 15-19, 74]:

$$\begin{cases} \frac{dN_0}{dt} = Q - f_0(N_0)N_1 \\ \frac{dN_1}{dt} = N_1 f_1(N_0 N_1 N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} = N_2 f_2(N_1 N_2 N_3) \\ \frac{dN_3}{dt} = N_3 f_3(N_2 N_3), \end{cases} \tag{3.1.1}$$

$$N_i(0) = N_i^0.$$

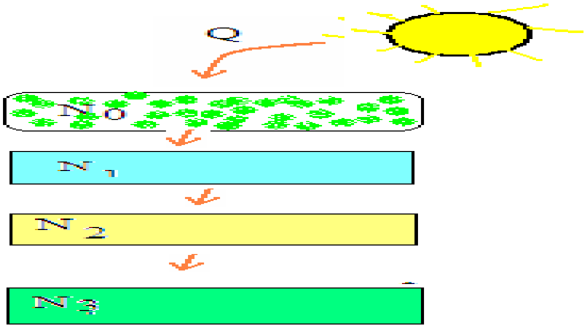
Равандро идома дода барои ҳосил намудани амсилаи 3.1.1 муодилаҳои балансро барои ҳар як сатҳи трофикӣ дар порчаи Δt сохта, баъд дарозии ин порчаро ба 0 майл кунонда

$$N_0(t + \Delta t) - N_0(t) = Q\Delta t - f_0(N_0)N_1 \cdot \Delta t,$$

ҳосил мекунем.

Дар системаи 3.1.1. шартҳои зерин, ки муносибати байни популятсияҳоро ифода мекунад, бояд иҷро гарданд:

$$\frac{\partial f_i}{\partial N_i} = \begin{cases} \leq 0, i < ji = 1,2,3, \\ = 0, i = jj = 1,2,3, \\ \geq 0, i > j, \end{cases}$$



Расми 3.1.2. Тасвири ҳифзи популятсияҳо дар ҳолати статсионарӣ.

3.2. Масъалаҳои ҳифзи популятсияҳо дар ҳолати статсионарӣ

«Акнун амсилаи математикии системаи экологии муайянеро дида мебароем, ки иборат аз се сатҳи трофикӣ буда, аз ягон манбаи беруна N_0 бо суръати Q ворид мешаванд. Дар намуди умумӣ биомассаи намудҳои биологиро дар сатҳи трофикии мувофиқ ба воситаи N_i, $i = 1,2,3$ ишора намуда, зарур мешуморем, ки дар низоми мувозинати қаноаткунанда бошад» [10-М, 55-65]:

$$\begin{cases} Q + F_0(N_0, N_1) = 0, \\ N_1 \cdot F_1(N_0, N_1, N_2) = 0, \\ N_2 \cdot F_2(N_1, N_2, N_3) = 0, \\ N_3 \cdot F_3(N_2, N_3) = 0, \end{cases} \qquad (3.2.1)$$

дар ин ҷо $F_i = F_i(.)$, $i = \overline{0,3}$ суръати мушаххаси трофикии $i -$ ум мебошад ва

$$\frac{\partial F_i}{\partial N_i} \le 0,$$

$$\frac{\partial F_i}{\partial N_j} \le 0, \quad \text{ҳангомӣ} \quad i \le j,$$

$$\frac{\partial F_i}{\partial N_j} \ge 0, \quad \textit{ҳангомӣ} \quad i > j\,. \qquad (3.2.2)$$

Системаи (3.2.1)-(3.2.2) динамикаи ҳайвонҳои нодир ва нестшавандаро ифода мекунад, бо $N_i^\tau -$ қимати миёнаи онҳоро дар интервали τ ишора мекунем:

$$N_i^\tau = \frac{1}{r}\int_0^\tau N_i(t)dt.$$

Акнун ба масъалаи ҳифзи ҳайвонҳои нодир ва нестшаванда шуруъ мекунем. Бо N_i^{min} ва N_i^{max} қиматҳои сарҳадии шумораи ҳайвонҳои нодир ва нестшавандаи намуди i-умро ишора намуда, зарур мешуморем, ки шарти зерин иҷро гардад:

$$N_i^{min} \le N_i^\tau \le N_i^{max}. \qquad (3.2.3)$$

«Мо ҳолатеро дида мебароем, ки дар мамнӯънгоҳ ҳамаи намудҳои биологӣ иштирок мекунанд. Ин маънои онро дорад, ки шумораи онҳо ҳама вақт мусбат мебошад, яъне $N = (N_1, N_2, N_3) > 0.$ Он гоҳ аз системаи (3.2.1) ҳосил мекунем» [55-65]:

$$\begin{cases} Q - \alpha_0 N_0 N_1 = 0, \\ -m_1 + k_0\alpha_0 N_0 - \alpha_1 N_2 = 0, \\ -m_2 + k_1\alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_3 = 0, \\ -m_3 + k_2\alpha_2 N_2 - \varepsilon N_3 = 0. \end{cases} \qquad (3.2.4)$$

Таъриф 3.2.1. Масъалаи ёфтани қиматҳои бузургиҳои N_i^{min} ва N_i^{max} аз (3.2.3), ки иҷрои нобаробарии (3.2.1) ва (3.2.3) масъалаи нигаҳдории ҳайвонҳои нодир ва зери хатари нестшавии намуди i-юми системаи экологиро дар низоми статсионарӣ номида мешавад.

Мисоли 1. Бигузор дар системаи сеқабатаи трофикии «***набототҳайвоноти алафхӯр-дарандаҳо***» дода шуда бошад ва ба сифати намуди нодир ва нестшаванда «***ҳайвонҳои алафхӯр***» ҳисобида шавад, N_2^{min} ,N_2^{max} (i=2 алафхӯрҳо) бошад, яъне N_2^{min} ,N_2^{max}дода шуда бошад ва пас зарур аст, ки шарти зерин

$$N_2^{min} \le N_2 \le N_2^{max}$$

иҷро гардад.

Параметрҳои N_1^{min}, N_1^{max}, N_3^{min}, N_3^{max} дар ҳолати умумӣ мисли мисоли дар боло овардашуда муайян карда мешаванд. Акнун қиматҳои ин параметрҳоро ҳангоми «шиддатнок» будани муносибати байни пайвастагиҳои трофикӣ меёбем.

Дар ин маврид фосилаи матлуби тағйирёбии биомассаи навъҳо бояд ба сатҳҳои трофикии мувофиқ тааллуқ доранд ва дар ҳолати мувозинат системаи муодилаҳои алгебравиро қаноат кунонад (3.2.1).

Дар ин ҷо нобаробарии (3.2.3) ҷой дошта, аз се муодилаи аввали системаи (3.2.2) ҳосил мекунем:

$$\begin{gathered}\frac{k_0\alpha_0 Q}{\alpha_1 N_2^{\max} + m_1} \le N_1 \le \frac{k_0\alpha_0 Q}{\alpha_1 N_2^{\min} + m_1},\\ \frac{k_0\alpha_0 k_1\alpha_1 Q}{\alpha_2(\alpha_1 N_2^{\max} + m_1)} + \frac{m_2}{\alpha_2} \le N_3 \le \frac{k_0\alpha_0 k_1\alpha_1 Q}{\alpha_2(\alpha_1 N_2^{\min} + m_1)} + \frac{m_2}{\alpha_2}.\end{gathered} \tag{3.2.5}$$

Аз нобаробарии (3.2.3) ва муодилаи охирони (3.2.1) ҳосил мекунем:

$$\frac{k_2\alpha_2}{\varepsilon} N_2^{\min} + \frac{m_3}{\varepsilon} \le N_3 \le \frac{k_2\alpha_2}{\varepsilon} N_2^{\max} + \frac{m_3}{\varepsilon} \ . \tag{3.3.6}$$

Дар натиҷа барои қиматҳои буҳронии аз (3.6) ва (3.7) бармеояд

$$N_3^{\min} = \max\left\{ \frac{1}{\alpha_2}\left(\frac{k_0\alpha_0 k_1\alpha_1 Q}{\alpha_1 N_2^{\max} + m_1} + m_2 \right), \quad \frac{1}{\varepsilon}\left(k_2\alpha_2 N_2^{\min} + m_3\right) \right\},$$

$$N_3^{\max} = \min\left\{ \frac{1}{\alpha_2}\left(\frac{k_0\alpha_0 k_1\alpha_1 Q}{\alpha_1 N_2^{\min} + m_1} + m_2 \right), \quad \frac{1}{\varepsilon}\left(k_2\alpha_2 N_2^{\max} + m_3\right) \right\}$$

Ба таври схемавӣ ин вобастагӣ дар расми 3.2.2.-3.2.3. оварда шудааст.

Мисоли 2. Бигзор дар системаи экологӣ навъи нодир ва нестшаванда «растаниҳо» ба ҳисоб равад, яъне қиматҳои N_1^{min} , N_1^{max} дода шуда бошад, ки нобаробарии (3.2.3)-ро қаноат кунонад. Талаб карда мешавад, ки қимати N_j^{min}, N_j^{max}, j=*2,3* барои баъзе навъҳо нобаробарии зеринро:

$$N_j^{\min} \le N_j \le N_j^{\max}, \qquad j=2,3$$

қаноат кунонад.

Зеро $Q - \alpha_0 N_0 N_1^{min}$, яъне $Q \ge \alpha_0 N_0 N_1^{min}$ ва $N_0 \le \frac{Q}{\alpha_0 N_1^{min}}$. Аз муодилаи дуюми системаи (3.2.4) бармеояд

$$N_2 \le \frac{k_0 Q}{\alpha_1 N_1^{\min}} - \frac{m_1}{\alpha_1} = N_2^{\max}.$$

Ҳамин тавр,

$$i \neq j, \ i=1,2,3 \, N_2 \ge \frac{k_0 Q}{\alpha_1 N_1^{\max}} - \frac{m_1}{\alpha_1} = N_2^{\min}.$$

Аз ин рӯ $N_2^{\min} = \frac{k_0 Q}{\alpha_1 N_1^{\max}} - \frac{m_1}{\alpha_1}$ ва $N_2^{\max} = \frac{k_0 Q}{\alpha_1 N_1^{\min}} - \frac{m_1}{\alpha_1}$ қиматҳои буҳронии популятсияи ҳайвонҳои алафхӯр ҳисобида мешавад. Дар асоси муодилаи 3-юми системаи (3.2.4) ҳосил мекунем:

$$k_1\alpha_1 N_1^{\min} - \alpha_2 N_3 - m_2 \le 0,$$

яъне

$$N_3 \ge \frac{k_1\alpha_1}{\alpha_2} N_1^{\min} - \frac{m_2}{\alpha_2} = \overline{N}_3^{\min}.$$

Ҳамин тавр,

$$N_3 \le \frac{k_1\alpha_1}{\alpha_2} N_1^{\max} - \frac{m_2}{\alpha_2} = \overline{N}_3^{\max}.$$

Аз муодилаи охирони системаи (3.5) бо тарзи анъанавӣ ҳосил мекунем:

$$N_3 \geq \frac{k_2\alpha_2}{\varepsilon} N_2^{\min} - \frac{m_3}{\varepsilon} = \overline{\overline{N}}_3^{\min}, \quad N_3 \leq \frac{k_2\alpha_2}{\varepsilon} N_2^{\max} - \frac{m_3}{\varepsilon} = \overline{\overline{N}}_3^{\max}.$$

Ҳамин тавр, қиматҳои буҳронии дарандагон бо тарзи зерин муайян карда мешаванд:

$$N_3^{\min} = \max\left\{\overline{N}_3^{\min}, \quad \overline{\overline{N}}_3^{\min}\right\},$$
$$N_3^{\max} = \min\left\{\overline{N}_3^{\max}, \quad \overline{\overline{N}}_3^{\max}\right\}.$$

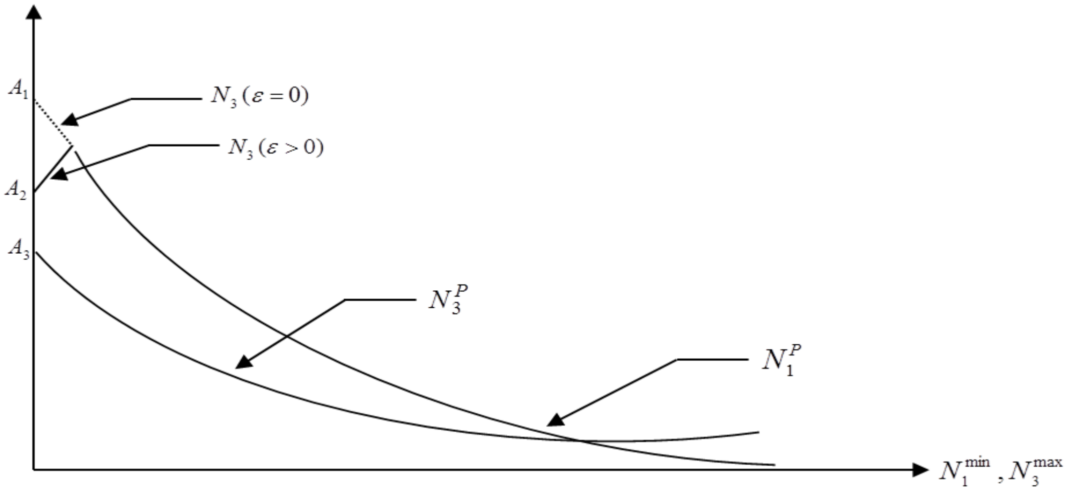
Мисоли 3. Барои татбиқи амсилаи математикӣ дар системаи экологии «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) ва гирифтани натиҷа бо қиматҳои додашудаи умумии зерин [60, 71, 79, 121].

$$Q = 22891, \quad k_0 = 0.462, \quad k_1 = 0.484, \quad k_2 = 0.1925,$$
$$m_1 = 6 \cdot 830/r, \quad m_2 = 32.56/r, \quad m_3 = 4 \cdot 20/r,$$
$$\alpha_0 = 1.0956/r^2, \quad \alpha_1 = 1.0516/r^2, \quad \alpha_2 = 1.39/r^2,$$

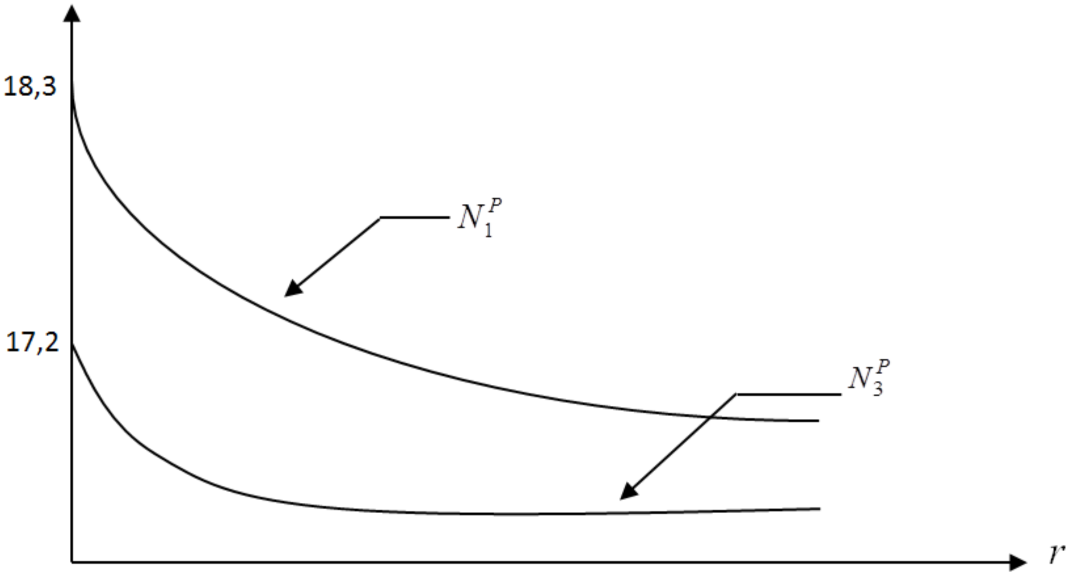
ки дар он сатҳи биомасса бо грамм вазни хушк ифода карда мешавад ва ҷараёни энергия бо килокалория r омили миқёси гузариш аз биомасса *г/м*^{2} ба «биомасса» ба *ккал/м*^{2} мувофиқ мебошад, дида мебароем.

Фарз мекунем, ки $\varepsilon = 0$, $N_2^{max} = 66$, $N_2^{min} = 22$ он гоҳ $N_1^{min} = 1145/(62 + 9r)$, $N_3^{max} 480/(28 + 11r)$.

2. Агар дар системаи экологӣ ба сифати намуди нодир ва нестшаванда «***растанӣ***» ҳисобида шавад, он гоҳ N_1^{min}, N_1^{max} дода мешавад ва дар ин маврид фосилаҳо барои шумораи гиёҳхӯрҳо N_2^{min} , N_2^{max} ва қиматҳои буҳронии дарандаҳо N_3^{min}, N_3^{max} муайян карда мешаванд.



Расми 3.2.1. Тағйирёбии қиматҳои бухронӣ барои ҷомеаи алафхӯрҳо ва дарандагон N_1^p.



Расми 3.2.2. Вобастагии қиматҳои бухронии N_1^p, N_3^p.

Мисоли 4. Мо биосистемаи «растаниҳо, оҳуи бухороӣ, гург»-ро барои мамнӯъгоҳи Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) бо додаҳои зерин дида мебароем [7-М, 55-65]:

$$Q = 450000, \quad k_0 = 0.9, \quad k_1 = 0.75, \quad k_2 = 0.3,$$

$$\alpha_0 = 0.3, \quad \alpha_1 = 0.45, \quad \alpha_2 = 1.2, \quad m_1 = 10{,}5$$

$$m_2 = 15, \quad m_3 = 7, \quad \varepsilon = 0.0001$$

Дар асоси қиматҳои додашуда ва натиҷаи ҳисобкунӣ қиматҳои ниҳоиро барои растаниҳо ва гургҳо ҳосил мекунем: $N_1^{min} = 17000$, $N_3^{max} = 27$ $N_1^{\min} = 15000$, $N_3^{\max} = 32$. Ададҳои ҳосилшуда сарҳади тағйирёбии навъи оҳуи бухороиро барои зиндагии муътадил нишон медиҳад.

Бигузор дар системаи экологӣ зарурати нигоҳ доштани шумораи дарандаҳо N_3 дар ҳудуди $[N_3^{min}, N_3^{max}]$ ба миён ояд, он гоҳ қиматҳои буҳронии биомассаи растаниҳо ва ҳайвоноти гиёҳхӯрро мувофиқан дар ҳудудҳои $[N_1^{min}, N_1^{max}]$ ва $\left[N_2^{min}, N_2^{max}\right]$ муайян кардан лозим аст.

Аз рӯйи шартҳои N_i^{min}, N_i^{max} ва бо истифода аз муодилаи (3.4) меёбем:

$$\frac{m_2}{k\alpha_1} + \frac{\alpha_2}{k_1\alpha_1} N_3^{\min} \le N_1 = \frac{m_2}{k_1\alpha_1} + \frac{\alpha_2}{k_1\alpha_1} N_3 \le \frac{m_2}{k_1\alpha_1} + \frac{\alpha_2}{k_1\alpha_1} N_3^{\max},$$

$$N_1^{\min} = \frac{m_2}{k\alpha_1} + \frac{\alpha_2}{k_1\alpha_1} N_3^{\min},$$

$$N_1^{\max} = \frac{m_2}{k_1\alpha_1} + \frac{\alpha_2}{k_1\alpha_1} N_3^{\max}.$$

Аз муодилаи (3.2.4) N_2 –ро меёбем:

$$N_1 = \frac{m_3}{k_2\alpha_2} + \frac{\varepsilon}{k_2\alpha_2} N_3,$$

$$N_2^{\min} \le N_2 \le N_2^{\max}$$

$$N_2 \ge \frac{\varepsilon N_3^{\min} + m_3}{k_2\alpha_2} = \overline{\overline{N}}_2^{\min}$$

$$N_2 \le \frac{\varepsilon N_3^{\max} + m_3}{k_2\alpha_2} = \overline{\overline{N}}_2^{\max}$$

Аз муодилаи (3.2.6) захираро муайян мекунем:

$$N_0 \le \frac{m_1}{k\alpha_0} + \frac{\alpha_1}{k_0\alpha_0} N_2$$

$$\frac{m_1}{k\alpha_0} + \frac{\alpha_1}{k_0\alpha_0}\left(\frac{m_3}{k_2\alpha_2} + \frac{\varepsilon}{k_2\alpha_2} N_3^{\min}\right) \le N_0 \le \frac{m_3}{k_2\alpha_2} + \frac{\varepsilon}{k_2\alpha_2}(\frac{m_3}{k_2\alpha_2} + \frac{\varepsilon}{k_2\alpha_2} N_3^{\max},$$

$$N_0^{\max} = \frac{m_3}{k_2\alpha_2} + \frac{\varepsilon}{k_2\alpha_2}(\frac{m_3}{k_2\alpha_2} + \frac{\varepsilon}{k_2\alpha_2} N_3^{\max},$$

$$N_0^{\min} = \frac{m_1}{k\alpha_0} + \frac{\alpha_1}{k_0\alpha_0}(\frac{m_3}{k_2\alpha_2} + \frac{\varepsilon}{k_2\alpha_2}N_3^{\min}) \quad ,$$

$$N_0^{\min} \le N_0 \le N_0^{\max} \ .$$

Аз муодилаи (3.2.1) ҳосил мешавад:

$Q = \alpha_0 N_o N_1$ ва

$\alpha_o N_0^{\min} N_1^{\min} \le \alpha \le \alpha_0 N_0^{\max} N_1^{\max}$.

Мисоли 5. Акнун биосистемаи навъи «харгӯш, гург, хуки ваҳшӣ» мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ)-ро бо қиматҳои додашуда дида мебароем [8-М;11-М, 55-62]:

$$Q = 4875, \quad k_0 = 1.35, \quad k_1 = 0.75, \quad k_2 = 0.43,$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 1, \quad m_1 = m_2 = m_3 = 0.01, \quad \varepsilon = 0.001$$

Аз сабаби он ки дар мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) ҳамагӣ 70 хуки ваҳшӣ зиндагӣ мекунад, барои ин лозим аст, ки шумораи онҳо дар ҳудуди аз 57 то 72 нигоҳ дошта шавад. Барои он ки дар ин шумора хукҳои ёбоиро нигоҳ дорем, зарур аст, ки сарҳади шумораи харгӯш ва гургҳо чунин бошад [14, 27, 45]:

$$N_1^{min} = 1266, N_1^{max}\text{=}9376.$$

$$N_2^{min} = 428, N_2^{max} = 2304.$$

Барои ҳолатҳои ғайристатсионарӣ ин масъала низ ба осонӣ ҳал мешавад. Аз муодилаи (3.2.1) меёбем:

$$-m_1 + k_0\alpha_0 N_0 - \alpha_1 N_2 = \frac{d}{dt}(ln\, N_1) \quad \text{ва}$$

$$-m_2 + k_1\alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_3 = \frac{d}{dt}(ln\, N_2).$$

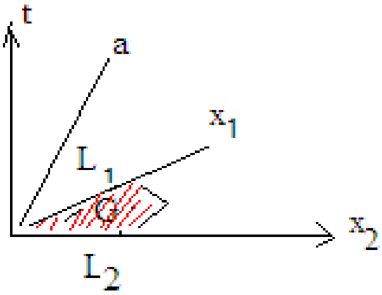
Ин муодилаҳоро нисбат ба t меинтегронем ва ба τ тақсим мекунем:

$$-m_1 + k_0\alpha_0 N_0^\tau - \alpha_1 N_2^\tau = \frac{1}{\tau} ln \frac{N_1(\tau)}{N_1^0};$$

$$-m_2 + k_1\alpha_1 N_1^\tau - \alpha_2 N_3^\tau = \frac{1}{\tau} ln \frac{N_2(\tau)}{N_2^0}.$$

Эзоҳ. Агар мо масъалаи ҳифзи ҳайвоноти нодир ва нестшавандаро бо дарназардошти синну сол нависем барои мо зарур аст, ки шартҳои зеринро ба эътибор гирем:

$$N_i^{\tau} = \frac{1}{\tau}\int_0^{\tau}\int_0^{\infty} N_i(a,t)dadt$$



$$N_i^{\tau} = \frac{1}{\tau}\int_0^{\tau}\int_0^{\infty}\int_G N_i(x,a,t)dxdadt$$

$G \in E^2$ –ҳамворӣ.

Дар ҳолате, ки G-росткунҷа аст, ҳосил мекунем:

$$N_i^{\tau} = \frac{1}{\tau}\int_0^{\tau}\int_0^{\infty}\int_0^{L_1}\int_0^{L_2} N_i(x_1x_2,a,t)dx_1dx_2dad\,t.$$

3.3. Масъалаҳои ҳифзи популятсияҳо дар ҳолати ғайристатсионарӣ

Акнун амсилаи системаи экологии зеринро дида мебароем [60, 75, 81, 115]:

$$\begin{cases} \dot{N}_0 = Q + F_0(N_{0,}N_1), \\ \dot{N}_1 = N_1 \cdot F_1(N_0, N_1, N_2), \\ \dot{N}_2 = N_2 \cdot F_2(N_{1,}N_2, N_3), \\ \dot{N}_3 = N_3 \cdot F_3(N_2, N_3). \end{cases} \qquad (3.3.1)$$

Дар амсилаи овардашудаи (3.3.1) муносибати мутақобила байни навъҳои мамнӯъгоҳ таҳти қонуни Волтерра қарор гирифта, функсияи $F_i(\cdot)$ ба ёрии формулаи зерин

$$F_0=-\alpha_0N_0N_1,\ \ F_1=k_0\alpha_0N_0 - \alpha_1N_2 - m_1,$$
$$F_2= k_1\alpha_1N_1 - \alpha_2N_3 - m_2,\ \ F_3=k_2\alpha_2N_2 - \varepsilon N_3 - m_3,$$

муайян карда мешавад. Шарти зарурӣ ва кофиягии мавҷудияти ҳалли ҳифзи ҳайвонҳои нодир ва нестшавандаро месозем. Таърифи мафҳуми биомассаи миёнаи растаниҳо ва шумораи миёнаи навъҳоро вобаста аз вақт τ бо истифода аз формула пешниҳод кунем: [116-117]:

$$N_i^{\tau} = \frac{1}{\tau}\int_0^{\tau} N_i(t)dt, \quad i = 1,2,3, \quad \tau > 0 \qquad (3.3.2)$$

Акнун ба масъалаи ҳифзи ҳайвонҳои нодир ва нестшаванда дар ҳолати ғайристатсионарӣ шуруъ мекунем. Бо N_i^{min} ва N_i^{max} қиматҳои сарҳадии шумораи ҳайвонҳои нодири намуди i-умро ишора намуда, зарур мешуморем, ки шарти зерин иҷро гардад:

$$N_i^{min} \le N_i^{\tau} \le N_i^{max},\ i = 1{,}2{,}3 \tag{3.3.3}$$

Масъалаи ҳифзи популиятсияи i-ум дар ёфтани қиматҳои N_i^{min} ва N_i^{max} мебошад, ки иҷроиши шартҳои (3.10) ва ҳангома $j \ne i$ нобаробарии зерин

$$N_i^{min} \le N_i^{\tau} \le N_i^{max}, i = 1{,}2{,}3$$

(3.3.4) ҳақ бошад.

Мисол, агар $i=1$, а $j=2,3$ бошад, он гоҳ мо масъалаи ҳифзи биомассаи растаниҳоро ҳосил мекунем. Дар ин маврид, қабул кардан мумкин аст, ки $N_2^{min} = 0, N_3^{max} = \infty, N_1^{max} = \infty$ шавад ва ба ҷои масъалаи (3.3.3), (3.3.4) масъалаи зеринро ҳосил мекунем:

Чунин қиматҳои N_2^{max}, N_3^{min} ёфта шавад, ки нобаробарии зеринро қаноат кунонад:

$$N_1^{\tau} \ge N_1^{min}$$
$$N_2^{\tau} \le N_2^{max}$$
$$N_3^{\tau} \ge N_3^{min}\ ,$$

дар ин ҷо N_1^{min} дода мешавад ва қиматаш ба порчаи зерин $\left[\overline{N}_1^{\min},\ \overline{\overline{N}}_1^{\min}\right]$ тааллуқ дорад. Дар идома бояд таъсири мутақобилаи байни намудҳои системаи экологӣ таҳти қонуни Волтерра қарор гиранд.

Теоремаи 3.3.1. Бигузор $N_0(0) = \dfrac{Q}{\alpha_0 N_1^{\min}}$. Он гоҳ барои дилхоҳ $\tau > 0$ ҷой дошта бошад $N_1^{\tau} \ge N_1^{\min},\quad N_1^{\min} \in \left[\dfrac{m_2}{k_1\alpha_1} + \dfrac{1}{\alpha_1\tau}\ln\dfrac{N_2(\tau)}{N_2(0)},\quad \dfrac{k_0 Q}{m_1 + \dfrac{\alpha_1}{\tau}\ln\dfrac{N_1(\tau)}{N_1(0)}}\right],$

зарур ва кифоя аст, ки нобаробариҳои зерин ҷой дошта бошанд

$$N_0(t) \le \frac{Q}{\alpha_0 N_1^{\min}},\quad t \ge 0\,,$$

$$N_2^{\tau} \le N_2^{\max}, \quad N_2^{\max} = \frac{k_0 Q}{\alpha_1 N_2^{\min}} - \frac{m_1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_1 \tau} \ln \frac{N_1(\tau)}{N_1(0)},$$
$$N_3^{\tau} \ge N_3^{\min}, \quad N_3^{\min} = \frac{k_1 \alpha_1}{\alpha_2} N_1^{\min} - \frac{m_2}{\alpha_2} - \frac{1}{\alpha_2 \tau} \ln \frac{N_2(\tau)}{N_2(0)}.$$

Аз исботи теоремаҳои дигари дар боло овардашуда маълум мегардад, ки исботи теоремаи мазкур мушкилие эҷод намекунад.

Ҳамин тавр, ҳолатеро мебинем, ки *i=2, j=1,3*, дар ин маврид навъи нодир ва нестшаванда ҳайвонҳои алафхӯр ба ҳисоб рафта, ҳангоми *i=3, j=1,2* будан навъи нодир ва нестшаванда дарандаҳо ба ҳисоб меравнд. Ба осонӣ дида мешавад, ки системаи экологӣ дар ҳолати ба намуди Волтера овардан намуди зеринро доро мешавад:

$$\begin{cases} N_0(t) = N_0(0) e^{-\alpha_0 \int\limits_0^t N_1(\xi) d\xi} + Q \int\limits_0^t e^{-\alpha_0 \int\limits_{\xi}^t N_1(n) dn} d\xi, \\ \frac{k_0 \alpha_0}{t} \int\limits_0^t N_0(\xi) d\xi - \frac{\alpha_1}{t} \int\limits_0^t N_2(\xi) d\xi = m_1 + \frac{1}{t} \ln \frac{N_1(t)}{N_1(0)}, \\ \frac{k_1 \alpha_1}{t} \int\limits_0^t N_1(\xi) d\xi - \frac{\alpha_2}{t} \int\limits_0^t N_3(\xi) d\xi = m_2 + \frac{1}{t} \ln \frac{N_2(t)}{N_2(0)}, \\ N_3(t) = \dfrac{N_3(0)}{e^{-\int\limits_0^t (-m_3 + k_2 \alpha_2 N_2) d\xi} + \varepsilon N_3(0) \int\limits_0^t e^{-\int\limits_{\xi}^t (-m_3 + k_2 \alpha_2 N_2) dn} d\xi} \end{cases} \tag{3.3.5}$$

Ҳамин тавр, масъалаи ҳифзи ҳайвонҳои нодир ва нестшавандаро дида мебароем:

$$N_2^{\min} \le \frac{1}{\tau} \int\limits_0^{\tau} N_2(\xi) d\xi \le N_2^{\max}, \tag{3.3.6}$$

дар ин ҷо N_2^{min} ва N_2^{max}- фосилаи тағйирёбии шумораи ҳайвонҳои нодири алафхӯр буда, қимати онҳо дода мешавад. Он гоҳ дар асоси (3.3.5) ва (3.3.6) ҳосил мекунем:

$$N_3(t) \le \frac{N_3(0)}{\exp(m_2 t - k_2\alpha_2 N_2^{\min} t) + \frac{\varepsilon N_3(0)}{m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\min}}\left[1 - e^{(m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\min})t}\right]}$$

$$N_3(t) \ge \frac{N_3(0)}{e^{(m_2-k_2\alpha_2N_2^{\max})t+\frac{\varepsilon N_3(0)}{m_2-k_2\alpha_2N_2^{\min}}\left[1-e^{(m_2-k_2\alpha_2N_2^{\max})t}\right]}}$$

ва бинобар ин,

$$\frac{N_3(0)}{\frac{\varepsilon N_3(0)}{m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\max}} + \left(1 - \frac{\varepsilon N_3(0)}{m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\max}}\right)e^{(m_2-k_2\alpha_2N_2^{\max})t}} \le N_3(t) \le$$

$$\le \frac{N_3(0)}{\frac{\varepsilon N_3(0)}{m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\min}} + \left(1 - \frac{\varepsilon N_3(0)}{m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\min}}\right)e^{(m_2-k_2\alpha_2N_2^{\min})t}}.$$

Бигузор $m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\min} \ge 0, \quad m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\max} \le 0,$

$$1 - \frac{\varepsilon N_3(0)}{m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\min}} \ge 0, \qquad 1 - \frac{\varepsilon N_3(0)}{m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\max}} \ge 0,$$

бошад, он гоҳ

$$\frac{k_2\alpha_2 N_2^{max} - m_2}{\varepsilon} \le N_3(0) \le \frac{m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{min}}{\varepsilon}.$$

Ин нобаробарӣ иҷроиши баробарии додашударо қаноат мекунонад

$$\lim_{\tau\to\infty} \int_0^\tau N_3(\xi)d\xi \le \frac{m_2 - k_2\alpha_2 N_2^{\min}}{\varepsilon},$$

ғайр аз ин $\frac{1}{2}(N_2^{\min} + N_2^{\max}) \le \frac{m_2}{k_2\alpha_2}$.

Ҳамин тавр, аз (3.3.5) бо осонӣ барои биомассаи олами растаниҳо ҳосил мекунем:

$$\lim_{\tau\to\infty} \frac{1}{t}\int_0^t N_1(\xi)d\xi \ge \frac{m_2}{k_1\alpha_1}.$$

Хулоса, мо метавонем раванди амсиласозиро такрор намуда, барои нигаҳдории ҳайвонҳои нодир ва нестшаванда низ татбиқ намоем. Аз сабаби он ки раванди амсиласозӣ такрор меёбад, мо онро намеорем.

3.4. Шарти зарурӣ ва кифоягии мавҷудияти ҳалли масъалаи ҳифзи популятсияҳои ҷудокардашуда дар ҳолати умумӣ

Бигузор N_i^{min} ва N_i^{max} – ададҳои мусбат бошанд, ки тағйирёбии ҳудуди мавриди ниёзи баъзе популятсияи ҳайвонотро дар назар дошта бошанд ва функсияи $N = N(x,a,t)$ – шумораи ин популятсия дар нуқтаи $x \in \overline{G}$, синну соли a, $0 \le a < \infty$ ва лаҳзаи t $(0 \le t \le t_k)$ бошад. Дар ин ҷо $\bar{G} = G + S$, $G = \{(x_1, x_2):\ 0 < x_i < L_i,\ i = \overline{1,2}\}$, S сарҳади соҳаи G ба ҳисоб меравад.

«Фарз мекунем, ки шумораи популятсияҳо муодилаи зеринро қаноат кунонад:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial a} + \sum_{i=1}^{2} V_i \frac{\partial N}{\partial x_i} = F_0(a)N + \sum_{i=1}^{2} D_i \frac{\partial^2 N}{\partial x_i^2}, \qquad (3.4.1)$$

$$x \in \overline{G},\ 0 < a < \infty,\ 0 < t \le t_k.$$

бо шартҳои аввала ва сарҳадии

$$\begin{cases} N(x,a,0) = N_0(x,a), \quad x \in \overline{G}, \quad 0 \le a < \infty \\ N(x,0,t) = \int_0^{\infty} B_0(\xi) N(x,\xi,t) d\xi\,, \\ \left.\frac{\partial N}{\partial x_i} - \alpha_i N\right|_{x_i=0} = 0, \quad \left.\frac{\partial N}{\partial x_i} - \alpha_i N\right|_{x_i=L_i} = 0. \end{cases} \qquad (3.4.2)$$

Дар ин ҷо V_i ва D_i – ададҳои мусбати додашуда, $\alpha_i = V_i/(2D_i)$, $i = 1,2$; N_0, B_0, F_0 - функсияҳои додашудаи миқдорӣ буда, мувофиқан қимати коэффитсиентҳои таваллуд ва фавтро нишон медиҳад» [55-65].

Шарти масъала. Масъалаи нигаҳдории популятсияҳо аз пайдо намудани шартҳое иборат мебошад, ки нобаробарии зеринро қаноат кунонанд:

$$N^{min} \le \widetilde{N}(x,t) \le N^{max}, x \in \overline{G}, \quad 0 < t \le t_k \qquad (3.4.3)$$

ва ё

$$N^{min} \leq \int_G \tilde{N}(x,t)dx \leq N^{max}, \qquad t > 0 \tag{3.4.4}$$

дар ин ҷо

$\tilde{N}(x,t) = \int_0^\infty P(a)N(x,a,t)da, \quad P(a)$ - функсияи вазнӣ мебошад.

Ба тарзи дигар,

$$P(a) \geq 0, \quad 0 \leq a < \infty, \quad \int_0^\infty P(a)da = 1.$$

Таърифи 3.4.1. Ҳолати устувории мувозинатии шумораи ҳайвонот дар системаи экологӣ ҷой дошта метавонад, агар аз чунин шумораи мусбати ҳайвонҳо N_i^{min}, N_i^{max} ва функсияи вазнии *P(a)* вуҷуд дошта башад, ки N саршумори миёнаи популятсияҳо шартҳои амсилаи (3.4.3)-ро қонеъ кунад.

Теоремаи 3.4.1. Бигузор ҳосилаҳои хусусии зерин мавҷуд бошанд:

$\frac{\partial \tilde{N}_0}{\partial x_i}, \quad \frac{\partial^2 \tilde{N}_0}{\partial x_1 \partial x_2}, \quad i = 1,2,$ ки дар он ҷо $\tilde{N}_0(x) = \int_0^\infty P(\xi)N_0(x,\xi)d\xi.$

Он вақт барои устувории популятсияи амсилаҳои (3.4.1)−(3.4.2) зарур ва кифоя аст, ки решаи ҳақиқии максималии муодилаи

$$\int_0^\infty B_0(\xi)e^{\int_0^\xi F_0(\eta)d\eta - \delta\xi}d\xi = 1 \tag{3.4.5}$$

баробари адади $\delta_0 = \sum_{i=1}^{2} \frac{V_i^2}{4D_i}$, бошад, яъне $\delta^{max} = \delta^0$ шавад.

Исботи кифоягӣ. Муодилаи (3.4.5)-ро ба функсияи вазнии *P(a)* зарб карда, аз рӯйи $a \in [0,\infty)$ меинтегронем. Қоидаи дифференсиронии интегралро, ки аз параметрҳо вобастааст, мавриди истифода қарор дода, қоидаи интегрониро бошад, аз рӯйи ҳиссаҳо татбиқ ва ба функсияи вазнии *P(a)* шарти зеринро илова намуда, ҳосил мекунем:

$$\begin{cases} \frac{dp}{da} = -[\delta + F_0(a)]P(a) + B_0(a)P(0), \quad 0 \leq a < \infty \\ P(\infty) = 0, \end{cases} \tag{3.4.6}$$

Дар натиҷа масъалаи зеринро нисбат ба саршумори миёна ба даст меорем:

$$\begin{cases}\frac{\partial \widetilde{N}}{\partial t} + \sum_{i=1}^{2} V_i \frac{\partial \widetilde{N}}{\partial x_i} = \delta \widetilde{N} + \sum_{i=1}^{2} D_i \frac{\partial^2 \widetilde{N}}{\partial x_i^2}, \quad x \in G, \quad 0 < t \le t_k \\ \widetilde{N}(x,0) = \widetilde{N}_0(x), \quad x \in \bar{G}, \\ \frac{\partial \widetilde{N}}{\partial x_i} - \alpha_i \widetilde{N} = 0 \qquad \text{при} \qquad x_i = 0, \quad x_i = L_i, \quad i = 1,2 \end{cases} \tag{3.4.7}$$

Дар идомаи кор тағйирёбандаҳоро иваз намуда масъалаи (3.4.7) -ро дар шакли зерин

$$\widetilde{N}(x,t) = \quad U(x,t) e^{\sum_{i=1}^{2} \frac{V_i x_i}{2D_i} - \sum_{i=1}^{2} \frac{V_i x_i}{2D_i} + \delta t} \tag{3.4.8}$$

ва масъалаи (3.4.8)-ро ба таври зайл менависем:

$$\begin{cases}\frac{\partial U}{\partial t} = \sum_{i=1}^{2} D_i \frac{\partial^2 U}{\partial x_i^2}, \quad x \in \bar{G}, \quad 0 < t \le t_k \\ U(x,0) = U_0(x), \quad U_0(x) = \widetilde{N}_0(x) e^{-\sum_{i=1}^{2} \frac{v_i x_i}{2D_i}} \quad , \\ \left.\frac{\partial u}{\partial x_i}\right|_{x_i = 0} = 0, \quad \left.\frac{\partial u}{\partial x_i}\right|_{x_i = L_i} = 0\,, \qquad i = 1,2. \end{cases} \tag{3.4.9}$$

Ба осонӣ дидан мумкин аст, ки функсияи

$$P(a) = P(0) \int_{\alpha}^{\infty} B_0(\xi) e^{\int_a^{\xi} F_0(\eta) d\eta - \delta(\xi - a)} d\xi\,,$$

$$P(0) = 1 / \int_0^{\infty} \int_{\alpha}^{\infty} B_0(\xi) e^{\int_a^{\xi} F_0(\eta) d\eta - \delta(\xi - a)} d\xi da$$

масъалаи (3.4.6) ва шартҳоро барои функсияи вазнии додашударо қонеъ мегардонад.

Чун $P(a)\big|_{a=0} = P(0)$ аст пас аз формулаи охирин муодилаи (3.4.5)-ро ба даст меоварем. Методи Фурйеро барои масъалаи (3.4.9) истифода намуда, ҳосил мекунем:

$$U(x,t) = \frac{2}{\sqrt{L_1 L_2}} \sum_{n_1, n_2 = 0}^{\infty} T_{n_1 n_2}^{\circ} e^{-\lambda_{n_1 n_2} t} cos \frac{\pi n_1 x_1}{L_1} cos \frac{\pi n_2 x_2}{L_2}\,,$$

ки дар ин ҷо

$$\lambda_{n_1 n_2} = \sum_{i=1}^{2} D_i \left(\frac{\pi n_i}{L_i}\right)^2,$$

$$T^0_{n_1 n_2} = \int_0^{L_1}\int_0^{L_2} \widetilde{N}_0(x)\, cos\frac{\pi n_1 x_1}{L_1} cos\frac{\pi n_2 x_2}{L_2} dx_1 dx_2.$$

Пас, ҳалли масъалаи (3.4.7) шакли зеринро мегирад:

$$\widetilde{N}(x,t) =$$

$$= \frac{2}{\sqrt{L_1 L_2}} e^{\sum_{i=1}^{2}\frac{V_i x_i}{2D_i} - \sum_{i=1}^{2}\frac{V_i^2 t}{4D_i} + \delta t} \sum_{n_1,n_2=0}^{\infty} T^{\circ}_{n_1 n_2} e^{-\lambda n_1 n_2 t}\, cos\frac{\pi n_1 x_2}{L_1} cos\frac{\pi n_2 x_2}{L_2} \qquad (3.4.10)$$

Бигузор решаи максималии муодилаи (3.4.10) $\delta_{max} = \sum_{i=1}^{2}\frac{v^2}{4D_2}$ бошад, он гоҳ шартҳои

$$N^{\min} = \int_0^{L_1}\int_0^{L_2} N_0(x) dx_1 dx_2,$$

$$N^{\max} = e^{\sum_{i=1}^{2}\frac{V_i L_i}{2D_i}} N^{\min}$$

-ро ворид намуда, аз формула (3.4.10) ҳангоми ба таври кофӣ калон будани t_k, нобаробарии (3.4.3)- ро ба даст меоварем.

Исботи шарти зарурӣ. Бигузор барои ба ҳисоби миёна даровардани саршумори популятсия нобаробарии (3.4.3) мавҷуд бошад. Нишон медиҳем, ки муодилаи (3.4.5) решаи максималии баробар ба $\sum_{i=1}^{2}\frac{V_i^2}{4D_2} = \delta_0$-ро дорад. Фарз мекунем, ки $\delta^{max} < \delta_0$ бошад, он гоҳ (3.4.10) ҳангоми $t \to \infty$ $\widetilde{N}(x,t) \to 0$ ҷой дорад. Агар $\delta^{max} > \delta_0$ бошад, он гоҳ ҳангоми $t \to \infty$ $\widetilde{N}(x,t) \to \infty$.

Эзоҳи 1. Агар масъалаи гузоштаи мо хаттӣ бошад, яъне функсияи $F_0 = F_0(N)$, $B_0 = B_0(N)$, он гоҳ барои функсияи $M = N - N^*$, $M = M(x,a,t)$, дар ин ҷо $N = N^*(a)$ – якҷинса вобаста аз фазои тағйирёбандаҳои ҳалли статсионарӣ масъалаи

$$\frac{dN^*}{da} = F_0(N^*), \quad N^*(0) = \int_0^{\infty} B_0(N^*(\xi)) d\xi,$$

масъалаи наздиккунии намуди (3.4.1), (3.4.2)-ро мегирад. Дар ин ҳолат доимии N^{min} мумкин аст ба сифр баробар шавад.

Теоремаи 3.4.2. Бигузор ҳосилаи умумӣ вуҷуд дошта бошад $\frac{\partial N_0}{\partial x_i}$, $\frac{\partial^2 N_0}{\partial x_1 \partial x_2}$, $\frac{\partial^2 N_0}{\partial a \partial x_i}$, $\frac{\partial^3 N_0}{\partial a \partial x_1 \partial x_2}$, $i = 1,2$. Он гоҳ ҳалли масъалаи (3.4.1),-(3.4.2) намуди зеринро мегирад:

$$N(x,a,t)=\frac{2}{\sqrt{L_1L_2}}e^{\int_0^{\alpha}F_0(\xi)d\xi-\sum_{i=1}^{2}\frac{V_i^2a}{4D_i}+\sum_{i=1}^{2}\frac{V_ix_i}{2D_i}}\sum_{n_1,n_2=1}^{\infty}M_{n_1n_2}(t-a)e^{-\lambda n_1n_2a}\cos\frac{\pi n_1x_1}{L_1}\cos\frac{\pi n_2x_2}{L_2}, \quad (3.4.11)$$

Дар ин ҷо $\lambda_{n_1n_2} = \sum_{i=1}^{2} D_i \left(\frac{\pi n_i}{L_i}\right)^2$, функсияи $M_{n_1n_2}(t)$ – ҳалли муодилаи интегралии барқароршаванда мебошад.

$$M_{n_1n_2}(t) = \int_0^{\infty} B_{n_1n_2}(\xi)M_{n_1n_2}(t-\xi)d\xi \; B_{n_1n_2}(a) =$$

$$B_0(a)e^{\int_0^{\alpha} F_0(\xi)d\xi-\sum_{i=1}^{2}\frac{V_i^2a}{4D_i}-\lambda_{n_1n_2}a}, \quad 0 \le a < \infty \qquad (3.4.12)$$

Исбот. Дар қадами аввал тағйирёбандаҳоро иваз менамоем

$$t=a+\tau, \quad \varphi(x,a,\tau)=N(x,a,t), \quad \varphi(x,a,\tau)=U(x,a,\tau)\exp\left(\int_0^{\alpha}F_0(\xi)d\xi-\sum_{i=1}^{2}\frac{V_i^2a}{4D_i}+\sum_{i=1}^{2}\frac{V_ix_i}{2D_i}\right).$$

Дар натиҷа муодилаи (3.4.1) ва шарти (3.4.2) намуди зеринро мегирад [88]:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial a} = \displaystyle\sum_{i=1}^{2} D_i \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2}, \quad x \in G, \quad 0 < a < \infty, \\ U(x,0,\tau) = \displaystyle\int_0^{\infty} \tilde{B}(\xi)u(x,\xi,\tau)d\xi\,, \quad x \in \overline{G} \\ \left.\dfrac{\partial u}{\partial x_i}\right|_{x_i=0} = 0, \quad \left.\dfrac{\partial u}{\partial x_i}\right|_{x_i=L_i} = 0, \end{cases}$$

дар ин ҷо $\widetilde{N}(a) = B_0(a)e^{\int_0^{\alpha} F_0(\xi)d\xi-\sum_{i=1}^{2}\frac{V_i^2a}{4D_i}}$

Ҳалли масъалаи охиронро бо ёрии усули тақсимкунии тағйирёбандаҳо дар намуди зерин

$$u(x,a,\tau)=T(a,\tau)X(x_1,x_2)$$

ҷустуҷӯ мекунем. Усули ҳалро монанд ба кори идома дода ҳосил мекунем [116]:

$$u(x,a,\tau) = \sum_{n_1,n_2=0}^{\infty} T_{n_1n_2}(0,\tau) C_1^{n_1n_2} e^{-\lambda n_1 n_2^a} cos\frac{\pi n_1 x_1}{L_1} cos\frac{\pi n_2 x_2}{L_2},$$

Коэффитсиентҳои $C_1^{n_1n_2}$ бо тарзи зерин муайян карда мешаванд

$$\left(\mathrm{C}_1^{n_1n_2}\right)^2 \int_0^{L_1}\int_0^{L_2} cos^2\frac{\pi n_1 x_1}{L_1} cos^2\frac{\pi n_2 x_2}{L_2} dx_1 dx_2 = 1,$$

яъне $\mathrm{C}_1^{n_1n_2} = \frac{2}{\sqrt{L_1L_2}}$.

Аз сабаби он ки $t = a + \tau$ аст бо ворид кардани функсияи $M_{n_1n_2}(t) = T_{n_1n_2}(0,t)$ бо дарназардошти муодилаи таваллуд муодилаҳои (3.4.11) ва муодилаи интегралии (3.4.12)-ро ҳосил мекунем. Муодилаи интегралии (3.4.12)-ро дар намуди зерин аз нав менависем:

$$M_{n_1n_2}(t) = \int_0^t B_{n_1n_2}(\xi) M_{n_1n_2}(t-\xi) d\xi + f(t), \tag{3.4.13}$$

дар ин ҷо $f(t) = \int\limits_t^{\infty} B_{n_1n_2}(\xi) M_{n_1n_2}(t-\xi) d\xi$ функсияи маълум мебошад. Дар ҳақиқат, агар *t=0* бошад, он гоҳ аз (3.4.1) ҳосил мекунем

$$N_0(x,a) = \frac{2}{\sqrt{L_1L_2}} e^{\int\limits_0^{\alpha} F_0(\xi)d\xi - \sum\limits_{i=1}^{2} \frac{V_i^2 a}{4D_i} + \sum\limits_{i=1}^{2} \frac{V_i x_i}{2D_i}} \sum_{n_1,n_2=0}^{\infty} M_{n_1n_2}(-a) e^{-\lambda_{n_1n_2} a} \cos\frac{\pi n_1 x_1}{L_1} \cos\frac{\pi n_2 x_2}{L_2} \quad (^{**})$$

Аз ин ҷо бармеояд

$$M_{n_1n_2}(-a) = e^{-\int\limits_0^{a} F_0(\xi)d\xi + \sum\limits_{i=1}^{2} \frac{V_i^2 a}{4D_i}} \int\limits_0^{L_1}\int\limits_0^{L_2} N_0(x,a)\, e^{-\sum\limits_{i=1}^{2} \frac{V_i x_i}{2D_i}} \cos\frac{\pi n_1 x_1}{L_1} \cos\frac{\pi n_2 x_2}{L_2} dx_1 dx_2 .$$

Бо осонӣ дида мешавад, ки қатори (**) ва инчунин барои ҳосилаҳои $\frac{\partial N}{\partial t}$, $\frac{\partial N}{\partial x_i}$, $\frac{\partial N}{\partial a}$, $\frac{\partial^2 N}{\partial x_i^2}$ қаторҳо бо таври баробар аз (x,a,t) наздикшаванда мешаванд. Ҳамин тариқ, функсияи $N(x,a,t)$ муодилаи (3.4.1) ва шарти (3.4.2)-ро қаноат мекунонад.

Вуҷуд доштани ҳосилаи умумикардашудаи аз функсияи $N_0(x,a)$ барои исботи баробар наздикшавии қатори (3.4.11) ҳангоми *t=0*, *a=0* истифода карда мешавад.

Шарҳи 2. Муодилаи интегралии (3.4.13) ҳалли ягонаи намуди зеринро доро мешавад.

$$M_{n_1n_2}(t) = \sum_{i=1}^{\infty} C^i_{n_1n_2} e^{\delta^i_{n_1n_2}t}.$$

Дар ин ҷо $\delta^i_{n_1n_2}$ решаҳои муодилаи характеристикии зерин

$$\int_0^{\infty} B_{n_1n_2}(\xi)e^{-\delta\xi}d\xi = 1 \text{ мебошад.}$$

Шарҳи 3. Теоремаи 3.4.1 ва 3.4.2 эътибор доранд, агар

$$F_0 = F_0(a,t) \in C([0,\infty) \times [0,t_k])$$

$$B_0 = B_0(a,t) \in C([0,\infty) \times [0,t_k])$$

$$|F_0| \le f_0, \quad |B_0| \le b_0, \quad f_0, \quad b_0 = const > 0$$

бошад.

3.5. Ҳалли масъалаи ҳифзи нигаҳдории ҳайвонҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» вобаста аз синну сол ва тақсимоти фазоӣ

Дар ин зербоби масъалаи ҳифзи намудҳои нодири биологии экосистемаи мамнӯъгоҳ бо дарназардошти синну сол, ҳайат ва тақсимоти фазоӣ баррасӣ мешавад. Амсилаи системаи экологиро дида мебароем [3-М,19-М, 17, 18, 83]:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial N}{\partial t} + \dfrac{\partial N}{\partial a} + \sum\limits_{i=1}^{2} v_i \dfrac{\partial N}{\partial x_i} = F_0(a)N + \sum\limits_{i=1}^{2} D_i \dfrac{\partial^2 N}{\partial x_i^2}, \quad x \in \overline{G}, \quad 0 < a < \infty, \quad 0 < t \le t_k \\ N(x,a,0) = N_0(x,a), \quad x \in G, \quad 0 \le a < \infty \\ N(x,0,t) = \int\limits_0^{\infty} B_0(\xi)N(x,\xi,t)d\xi, \quad x \in \overline{G}, \quad 0 \le t < t_k \\ N\big|_s = 0, \end{cases} \tag{3.5.1}$$

дар ин ҷо $N = (N_1,\ N_2,\ \dots,\ N_m)$, $\bar{G} = G + S$, $\quad G = \{(x_1, x_2): 0 < x_i < L_i,\ i = 1{,}2\}$ ва S – сарҳади соҳаи G мебошад.

$$F_0(a) = \begin{pmatrix} F_{11}(a) & \dots & F_{1m}(a) \\ \dots & \dots & \dots \\ F_{m1}(a) & \dots & F_{mm}(a) \end{pmatrix}, \quad B_0(a) = \begin{pmatrix} b_{11}(a) & \dots & b_{1m}(a) \\ \dots & \dots & \dots \\ b_{m1}(a) & \dots & b_{mm}(a) \end{pmatrix},$$

$$v_i = \begin{pmatrix} v_{i1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & v_{i2} & \cdots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \cdots & v_{im} \end{pmatrix}, \quad D_i = \begin{pmatrix} d_{i1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & d_{i2} & \cdots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \cdots & d_{im} \end{pmatrix}, \quad i = 1,2$$

«Бигузор N_i^{min} ва N_i^{max} – векторҳои мусбат бошанд (як қисми компонентҳои ин векторҳо барои баъзе намудҳо дода мешаванд, қисми дигари онҳо дар натиҷаи ҳалли масъала ёфта мешаванд). Ёфтани шартҳое талаб карда мешавад, ки барои экосистемаи амсилавии (3.5.1) иҷро шудани нобаробарии зеринро таъмин менамоянд» [15, 55-65]:

$$N^{\min} \le N(x,a,t) \le N^{\max}. \tag{3.5.2}$$

Ҳалли масъалаи (3.5.1) барои қимати дилхоҳи m ≥ 1 дар намуди зерин ифода карда мешавад:

$$N(x,a,t) = \frac{2}{\sqrt{L_1 L_2}} Z(a) \sum_{n_1 n_2 = 1}^{\infty} E_{n_1 n_2}^{\lambda}(a) M_{n_1 n_2}(t-a) \cdot \sin\frac{\pi n_1 x_1}{L_1} \sin\frac{\pi n_2 x_2}{L_2} E_{DV}(x), \tag{3.5.3}$$

дар ин ҷо

$$Z(a) = \sum_{i=0}^{\infty} Z_i(a), \quad Z_{i+1}(a) = \int_0^a F_0(\xi) Z_i(\xi) d\xi,$$
$$Z_0(a) = 1,$$
$$E_{n_1 n_2}^{\lambda}(a) = \begin{pmatrix} e^{-\lambda_{n_1 n_2}^1 a} & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & e^{-\lambda_{n_1 n_2}^m a} \end{pmatrix},$$
$$E_{DV}(x) = \begin{pmatrix} e^{\sum_{i=1}^{2} \frac{v_{i1} x_i}{2 D_{i1}}} & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & e^{\sum_{i=1}^{2} \frac{v_{im} x_i}{2 D_{im}}} \end{pmatrix},$$

$M_{n_1 n_2}(t)$ – ҳалли муодилаи зерини интегралии навъи барқароршавӣ мебошад:

$$M_{n_1 n_2}(t) = \int_0^t \tilde{B}(\xi,t) M_{n_1 n_2}(t-\xi) d\xi + f(t),$$
$$M_{n_1 n_2}(t) = \int_0^{\infty} B(\xi) M_{n_1 n_2}(t-\xi) d\xi, \tag{3.5.4}$$

дар ин ҷо $B(\xi) = B_0(\xi)Z(\xi)E^{\lambda}_{n_1n_2}(\xi)$ матритсаи зиндамонии ҷомеаҳои вобаста аз синну сол ва тақсимоти фазоӣ мебошад.

Ҳалли (3.30)-ро дар намуди зерин ҷустуҷӯ мекунем:

$$M_{n_1n_2}(t) = C \cdot exp(\,\delta t),$$

дар ин ҷо C – вектори манфӣ, $\delta = const$. Барои муайян кардани қимати δ муодилаи зеринро ҳосил мекунем

$$f(\delta) = det(I - \int_0^{\infty} B(\xi)e^{-\delta\xi}d\xi) = 0, \tag{3.5.5}$$

ки ба муодилаи дар зер овардашуда баробарқувва аст

$$f(\delta) = \det(I - \int_0^{\infty} B(a)e^{-\delta a}da) = 0,$$

$$det(\,I - \overline{B}) = 0$$

ё ин ки

$$det\left(I - \frac{\delta}{2}\tilde{\vartheta}_2 + \frac{\delta^2}{3!}\tilde{\vartheta}_3 + \cdots\right) = 0, \tag{3.5.6}$$

дар ин ҷо

$$\overline{B} = \int_0^{\infty} B(\xi)d\xi, \quad \tilde{\vartheta}_j = (I - \overline{B})^{-1}\vartheta_j, \quad \vartheta_j = \int_0^{\infty} a^j dB, \quad j = 1,2,\cdots$$

Ҳамин тавр, агар қисми решаҳои (3.5.5) ва (3.5.6) манфӣ бошанд, он гоҳ ҳангоми $t \to \infty$ $M_{n_1n_2} \to 0$ майл мекунад. Бинобар ин, вобаста аз наздикшавии (3.5.3) ва (3.5.4) ҳосил мекунем

$$N(x, a, t) \rightrightarrows 0, \quad t \to \infty$$

Ин маънои онро дорад, ки ҳалли нулии масъалаи (3.5.1) асимптотӣ устувор мебошад.

Акнун ба ҳалли нигаҳдории навъҳои системаи экологӣ шуруъ мекунем, яъне шартеро ҷустуҷӯ мекунем, ки иҷрошавии нобаробарии (3.5.7)-ро қаноат кунонад.

Пай бурдан мумкин аст, ки барои масъалаи хаттии (3.5.1) дар (3.5.2) вектори N_i^{min} ба сифр баробар шуда наметавонад.

Теоремаи 3.5.1. *Барои он ки нобаробарии (3.5.2) ҷой дошта бошад, зарур ва кифоя аст, ки шартҳои* $b_{ij}(a) > 0, \tilde{b}_{ij}(\delta) < \infty, \sum_{i=1}^{m} \overline{b_{ij}} = 1, h = 1$ *иҷро шаванд, яъне адади 1 калонтарин қимати хоси матритсаи умумии зиндамонии* $\overline{B}$ *мебошад.*

<u>Шарти кифоягӣ.</u> Бигзор нобаробарии (3.5.2) ҷой дошта бошад ва $\delta_0 > 0$ решаи оддии муодилаи характеристикии (3.5.5) бошад. Онгоҳ $M_{n_1 n_2}(t) \to \infty$ ҳангоми $t \to \infty$ ва аз ин рӯ, функсияи $N(x, a, t)$, ки баробарии (3.5.3) муайян мекунад нобаробариро (3.5.2) қонеъ намекунонад, яъне мо ба зиддият дучор мешавем.

Шарти зарурӣ. Бигзор $\delta_0 > 0$ решаи одии муодилаи характеристикии (3.5.5) бошад ва решаҳои боқимондаи ҳақиқии он манфӣ бошанд. Он гоҳ ҳангоми $t \to \infty$, $M_{n_1 n_2}(t) \to C_{n_1 n_2} > 0$ ва бо сабаби наздикшавандагии қатори (3.5.3) гуфта метавонем, ки $N(x, a, t)$ шарти (3.5.2)-ро қаноат мекунонад. Ба ҳайси компонентаҳои векторҳои N^{min} ва N^{max} мумкин аст қиматҳои минималӣ ва максималии векторҳои тарафи чапи (3.5.3) ҳангоми $t \to \infty$ гирифта шавад.

Тавзеҳи 4. «Дар ҳолати амсилаи ғайрихаттӣ, яъне $F_0 = F_0(N)$, $B_0 = B_0(N)$, бо ворид намудани функсияи $M(x, a, t) = N(x, a, t) - N^*(a)$, ки дар ин ҷо $N^* = N^*(a)$ – ҳалли нисбат ба координатҳои фазои якҷинсаи масъалаи

$$\frac{dN^*}{da} = F_0(N^*(a)), \quad 0 < a < \infty, \quad N^*(0) = \int_0^{\infty} B_0(N^*(\xi))d\xi,$$

ё

$$\tilde{N}(x,0) = \int_0^{\infty} B_0(\tilde{N}(\xi, x), \xi)d\xi, \quad x \in \overline{G}, \quad \tilde{N}\Big|_S = 0, \quad \left(\frac{\partial \tilde{N}}{\partial x}\bigg|_S - \alpha\tilde{N}\Big|_S = 0 \right)$$

аст, ишораи $\tilde{N}^*(a) = \widetilde{max}\, N\,(x, a)$, $\quad (\tilde{N}^*(a) \le N^*(a))$ -ро дохил намуда, барои функсияи $M = M(x, a, t)$ масъалаи навъи (3.5.1)-ро ҳосил мекунем. Ҳамин тавр, (3.5.1) наздикшавии якуми амсилаи ғайрихаттӣ буда, матритсаи зиндамонӣ намуди $\overline{B} = \int_0^\infty \tilde{B}(a)da$-ро дорад, ки дар ин ҷо $\tilde{B}(a) = \left.\frac{\partial B_0}{\partial N}\right|_{N^*} Z(a)E_{n_1n_2}^{\lambda}(a), \quad \frac{\partial Z}{\partial a} = \left.\frac{\partial F_0}{\partial N}\right|_{N^*} Z, \quad Z|_{a=0} = 1$ аст.

Дар масъалаҳои ҳифзи намудҳои нодир ва нестшаванда барои амсилаҳои ғайрихаттӣ ба сифати N^{min} вектори сифриро гирифтан мумкин аст. Дар ин маврид теоремаи 3.5.2 шакли зеринро мегирад» [80, 55-65].

Теоремаи 3.5.2. Барои он ки (3.5.2) ҷой дошта бошад, зарур ва кифоя аст, ки шартҳои зерин иҷро гарданд:

$$b_{ij}(a) > 0, \quad \tilde{b}_{ij}(\delta) < \infty, \quad \sum_j \overline{b_{ij}} \leq 1 \quad (h \leq 1)$$

Теоремаи 3.5.2 ба монанди теоремаи 3.5.1 исбот карда мешавад.

3.6. Масъалаи нигоҳдории ҳайвонҳои нодир ва нестшаванда бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ дар ҳолати ғайрихаттӣ

«Ин зербоб ба масъалаи ҳифзи навъҳои нодир ва нестшавандаи системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» бо дарназардошти синну сол, ҳайат ва тақсимоти фазоӣ дар ҳолати ғайрихаттӣ бахшида мешавад.
Барои ҳалли масъали мазкур амсилаи математикии системаи экологии зеринро дида мебароем»[15-19, 55-65]:

$$\begin{cases} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial a} + \sum_{i=1}^{2} v_i \frac{\partial N}{\partial x_i} = F(N) + \sum_{i=1}^{2} D_i \frac{\partial^2 N}{\partial x_i^2}, \quad x \in G, \quad 0 < a < \infty, \quad 0 < t \leq t_k, \\ N(x,a,0) = N_0(x,a), \quad x \in \overline{G}, \quad 0 \leq a < \infty, \\ N(x,0,t) = \int_0^\infty B(N(x,\xi,t))d\xi \quad x \in \overline{G}, \quad 0 \leq t < t_k \\ N|_S = 0, \quad \left(\frac{\partial N}{\partial n} - \alpha N|_S = 0\right), \end{cases} \tag{3.6.1}$$

дар ин ҷо $N = (N_1,...,N_m), \quad N_i = N_i(x,a,t), \quad i = \overline{1,m},$

$$F=\begin{pmatrix} F_{11}(N) & ... & F_{1m}(N) \\ ... & ... & ... \\ F_{m1}(N) & ... & F_{mm}(N) \end{pmatrix}, \quad B_0(N)=\begin{pmatrix} B_{11}(N) & ... & B_{1m}(N) \\ ... & ... & ... \\ B_{m1}(N) & ... & B_{mm}(N) \end{pmatrix},$$

$$v_i=\begin{pmatrix} v_{i1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & v_{i2} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & v_{im} \end{pmatrix}, \quad D_i=\begin{pmatrix} d_{i1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & d_{i2} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & d_{im} \end{pmatrix}.$$

Бузурги $\Delta N = N(x,a,t) - N^*(a)$ дохил мекунем, ки дар ин ҷо $N^*(a)$: $\frac{dN^*}{da} = F(N^*), \quad N^*(0) = \int_0^\infty B(N^*)da$ ва барои ҳалли масъалаи ғайрихаттӣ ҳосил мекунем

$$\begin{cases} \frac{\partial \Delta N}{\partial t} + \frac{\partial \Delta N}{\partial a} + \sum_{j=1}^{2} v_j \frac{\partial \Delta N}{\partial x_j} = \Delta F + \sum_{j=1}^{2} D_j \frac{\partial^2 \Delta N}{\partial x_j{}^2} \end{cases} \tag{3.6.2}$$

Вобаста ба гузориши масъалаи (3.6.1) гузориши масъалаи ҳифзкуниро месозем. Бигузор N_i^{min} ва N_i^{max}- векторҳои мусбат бошанд (қисме аз ин векторҳо барои баъзе навъҳо дода мешаванд ва қисми дигарашон ҳангоми ҳалли масъала ёфта мешаванд). Талаб карда мешавад, ки шарте барои амсилаи системаи экологии (3.6.1) ёфт карда шавад, ки нобаробарии зеринро қаноат кунонад:

$$N^{\min} \le \Delta N(x,a,t) \le N^{\max}. \tag{3.6.3}$$

Ба осонӣ метавон дид, ки ҳалли масъалаи (3.6.2) ҳангоми $m \ge 1$ намуди зеринро мегирад:

$$\Delta N(x,a,t) = \frac{2}{\sqrt{L_1 L_2}} Z(a) \sum_{n_1 n_2 = 1}^{\infty} E_{n_1 n_2}^{\lambda}(a) M_{n_1 n_2}(t-a) \cdot \sin\frac{\pi n_1 x_1}{L_1} \sin\frac{\pi n_2 x_2}{L_2} E_{DV}(x), \tag{3.6.4}$$

дар ин ҷо

$$Z(a) = \sum_{j=0}^{\infty} Z_j(a), \quad Z_{j+1}(a) = \int_0^a F_0(\xi) Z_j(\xi) d\xi,$$

$$Z_0(a) = 1, \quad j = 0,1,2,\dots$$

$$E^{\lambda}_{n_1n_2}(a) = \begin{pmatrix} e^{-\lambda^1_{n_1n_2}a} & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & e^{-\lambda^m_{n_1n_2}a} \end{pmatrix},$$

$$E_{DV}(x) = \begin{pmatrix} e^{\sum\limits_{i=1}^{2} \frac{v_{i1}x_i}{2D_{i1}}} & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & e^{\sum\limits_{i=1}^{2} \frac{v_{im}x_i}{2D_{im}}} \end{pmatrix},$$

$M_{n_1n_2}(t)$ – ҳалли муодилаи зерини интегралии навъи барқароршавӣ мебошад

$$M_{n_1n_2}(t) = \int_0^{\infty} \tilde{B}(\xi) M_{n_1n_2}(t-\xi) d\xi, \qquad (3.6.5)$$

дар ин ҷо $\tilde{B}(a) = B_0(a)Z(a)E^{\lambda}_{n_1n_2}(a)$ – матритсаи зистан мебошад.

Ҳалли (3.6.5)-ро дар намуди $M_{n_1n_2}(t) = C \cdot e^{\delta t}$ ҷустуҷӯ мекунем.

C – вектори ғайриманфӣ, $\delta = const$ буда, барои ҳосил намудани қимати δ муодилаи зеринро ҳосил мекунем

$$f(\delta) = \det(I - \int_0^{\infty} B(\xi) e^{-\delta\xi} d\xi) = 0, \qquad (3.6.6)$$

ки ба муодилаи

$$\det(I - \overline{B}) = 0$$

баробаркувва буда, мо метавонем онро дар шакли зерин нависем:

$$det\left(I - \frac{1}{2!}\tilde{\vartheta}_2\delta + \frac{1}{3!}\tilde{\vartheta}_3\delta^2 + \dots\right) = 0, \qquad (3.6.7)$$

ин ҷо

$$\overline{B} = \int_0^{\infty} B(\xi) d\xi, \quad \tilde{\vartheta}_j = (I - \overline{B})^{-1}\vartheta_j,$$

$$\vartheta_j = \int_0^{\infty} a^j dB(a), \quad j = 1,2,\dots$$

Ба ин тартиб агар қисми решаҳои ҳақиқии (3.6.5) ва (3.6.6) манфӣ бошанд, он гоҳ ҳангоми $t \to \infty$ $M_{n_1 n_2} \to 0$ майл мекунад. Бинобар ин, вобаста аз наздикшавии (3.6.5) ва (3.6.6) ҳосил мекунем

$$\Delta N(x, a, t) \to 0, \quad t \to \infty.$$

Дар натиҷа ба хулосае меоем, ки ҳалли сифрии масъалаи (3.6.1) асимптотӣ устувор аст.

Ҳалли нигаҳдории навъҳои системаи экологиро меёбем, яъне шартеро меёбем, ки иҷрошавии нобаробарии (3.6.1)-ро қаноат кунонад.

Фаҳмидан мумкин аст, ки барои масъалаи хаттии (3.6.1) дар (3.6.3) вектори N_i^{min} ба сифр баробар буда наметавонад.

Теорема 3.6.1. Барои он ки нобаробарии (3.6.3) ҷой дошта бошад, зарур ва кифоя аст, ки шарти зерин иҷро гардад

$$B(a) > 0, \quad 0 \le a < \infty, \quad \tilde{B}(\delta) = \int_0^\infty e^{-\delta a} B(a) da < \infty,$$
$$\det(I - \overline{B}) = 0, \quad (h = 1),$$

яъне 1 қимати хоси максималии матритсаи популятсияҳо $\overline{B}$ (ё ин ки $\delta_0 = 0$ решаи одии муодилаи характеристикии (3.6.5) буда, қисми дигари решаҳои он манфӣ) бошад.

Шарти зарурӣ. Бигузор нобаробарии (3.6.3) ҷой дошта бошад ва $\delta_0 > 0$ решаи одии муодилаи характеристикии (3.6.5) бошад. Дар ин ҳолат $M_{n_1 n_2}(t) \to \infty$ ҳангоми $t \to \infty$ намуда, аз сабаби он ки фунсияи $N(x, a, t)$ тавассути баробарии (3.6.4) муайян мешавад, дар навбати худ нобаробарии (3.5.3)-ро қаноат намекунонад, яъне натиҷа ба зиддият дучор мешавад.

Шарти кифоягӣ. Бигузор $\delta_0 = 0$ решаи муодилаи характеристикии (3.6.5) бошад ва қисми дигари решаҳои он манфӣ бошанд. Он гоҳ

$M_{n_1 n_2}(t) \to C_{n_1 n_2} > 0$ ҳангоми $t \to \infty$ ва ҷой доштани наздикшавии қатори (3.6.4) функсияи $N(x, a, t)$ шартҳои (3.6.3)-ро қаноат мекунонад. Ба ҳайси N_i^{min} ва N_i^{max} мумкин аст қиматҳои минималӣ ва максималии вектори хоси тарафи (3.6.4)-ро ҳангоми $t \to \infty$ гирем. Онҳоро низ бо истифода аз принсипи максимум барои масъалаҳои дигар низ муайян намудан мумкин аст.

Фарз мекунем, ки $\widetilde{N}^*(a) = \max \widetilde{N}(x,a)$, буда, дар назар мегирем, ки барои фунсияи $M = M(x,a,t)$ масъалаи (3.6.3)-ро доро мешавем. Дар натиҷа (3.6.3) амсилаи аввалини наздикшавандаи ғайрихаттӣ ба ҳисоб рафта, матритсаи захираҳо намуди зеринро мегирад

$$\overline{B} = \int_0^\infty \widetilde{B}(a)da,$$

дар ин ҷо

$$B(a) = \frac{\partial B_0}{\partial N}|N^*(a)Z(a)E^{\lambda}_{n_1 n_2}(a), \quad \frac{\partial Z}{\partial a} = \frac{\partial F_0}{\partial N}|N^*(a)Z, \quad Z(0) = 1.$$

Дар шарти масъалаи нигаҳдории намудҳои нодир ва нестшаванда барои амсилаҳои ғайрихаттӣ қимати N_i^{min}-ро аз теоремаи як гирифтан мумкин аст, ки он намуди зеринро мегирад:

Теорема 3.6.2. Барои он ки (3.6.3) ҷой дошта бошад, зарур ва кифоя аст, ки

$$B(a) > 0, \quad 0 \leq a < \infty, \quad \tilde{B}(\delta) < \infty, \quad h \leq 1.$$

Дар ин маврид қиматҳои векторҳои N_i^{min} ва N_i^{max} ба воситаи компонентаҳои вектори $N^* = N^*(a)$ ва параметрҳои ин соҳа муайян мешаванд.

Исботи теоремаи 3.6.2.-ро мо метавонем монанд ба теоремаи 3.6.1 исбот намоем.

3.7. Хулосаи боби 3-юм

Дар боби сеюми диссертатсия масъалаи ҳифзу нигаҳдории намудҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳ бо дарназардошти синну сол, ҳайат ва тақсимоти фазоӣ ба таври муфассал мавриди омӯзиш қарор гирифта, барои он моделҳои мувофиқи математикӣ таҳия ва асоснок карда шудаанд. Зимни гузориши масъала, бо мақсади таъмини нигоҳдории шумораи намудҳои нодир ва нестшаванда, ҳудудҳои иҷозатдодашудаи

$[N^{min}, N^{max}]$ муайян гардида, дар асоси онҳо параметрҳои асосии низоми экологӣ ва шартҳои устувории он муқаррар карда шудаанд.

Ҳангоми таҳияи амсилаи ҳифзи популятсияҳо аз гипотеза ва ғояҳои пешниҳоднамудаи В. Волтер истифода гардида, бо такя ба муодилаи баланс барои ду намуди популятсия – дарранда ва сайд – амсилаи математикии мувофиқ сохта шудааст. Ин амсила имкон медиҳад, ки хусусиятҳои таъсири мутақобилаи намудҳои гуногуни ҳайвонот ва қонуниятҳои тағйирёбии шумораи онҳо дар муҳити зист таҳлил карда шаванд.

Дар диссертатсия масъалаи омӯзиши низоми системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) бо дарназардошти сохтори синнусолӣ, ҳайат ва тақсимоти фазоии намудҳои биологӣ мавриди таҳқиқ қарор гирифта, дар амсилаи (3.4.1) тавсиф ва асоснок карда шудааст. Бо истифода аз ин амсила имкониятҳои пешгӯии динамикаи популятсияҳо, муайян намудани ҳолатҳои мувозинатӣ ва арзёбии таъсири омилҳои беруна ба фаъолияти низоми экологӣ баррасӣ гардидаанд.

Масъалаи ҳифзу нигаҳдории ҳайвоноти нодир ва нестшаванда бо дарназардошти синну сол ва тақсимоти фазоӣ ҳам дар ҳолати хаттӣ ва ҳам дар ҳолати ғайрихаттӣ омӯхта шуда, барои як қатор ҳолатҳои амалӣ амсилаҳои нуқтагӣ пешниҳод ва таҳлил карда шудаанд. Натиҷаҳои ҳосилгардида бо маълумоти ибтидоӣ ва қонуниятҳои воқеии инкишофи популятсияҳо мувофиқат намуда, аз эътимоднокӣ ва асоснокии натиҷаҳои бадастомада шаҳодат медиҳанд.

Илова бар ин, дар боб масъалаҳои вобаста ба нигоҳ доштани тавозуни биологӣ, пешгирии коҳишёбии шумораи намудҳои нодир ва истифодаи оқилонаи захираҳои табиӣ мавриди баррасӣ қарор гирифтаанд. Натиҷаҳои бадастомада метавонанд барои таҳияи тадбирҳои илмӣ-амалӣ оид ба ҳифзи гуногунии биологӣ ва такмили низоми идоракунии экосистемаҳои мамнӯъгоҳҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон истифода шаванд.

Ҳамин тавр, масъалаи ҳифзу нигаҳдории намудҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» ҳам дар реҷаи статсионарӣ ва ҳам дар реҷаи ғайристатсионарӣ таҳқиқ гардида, барои он усулҳои мувофиқи таҳлил ва ҳалли масъала пешниҳод шудаанд. Натиҷаҳои асосии таҳқиқот дар доираи боби сеюм ҳалли назариявӣ ва амалӣ пайдо намуда, барои омӯзиши минбаъдаи низомҳои экологӣ ва пешгӯии вазъи онҳо аҳамияти муҳими илмӣ ва амалӣ доранд.

БОБИ IV. УСУЛИ МУАЙЯН НАМУДАНИ КОЭФФИТСИЕНТҲОИ НОМАЪЛУМ ВА ИҶРОИ НАТИҶАҲОИ ТАҲҚИҚОТ БАРОИ МАМНӮЪГОҲИ «БЕШАИ ПАЛАНГОН»

Дар боби 4-ум усули муайянсозии коэффитсиентҳои номаълуми амсилаи математикии равандҳои динамикии экосистемаи мамнӯъгоҳ мавриди таҳлил ва омӯзиш қарор дода мешавад. Коэффитсиентҳо, ки рақобат, афзоиш ва камшавии шумораи популятсияҳоро муайян месозад, барои дақиқсозии амсилаи математикӣ аҳамияти хоса доранд. Таҳлили мазкур дар асоси маълумоти воқеии мониторинги биологӣ такя намуда, бо дарназардошти хусусиятҳои экологии минтақа, муносибатҳои байниҳамдигарӣ ва таъсири муҳити зист ба популятсияҳо амалӣ мегардад.

Бо мақсади муайянсозии параметрҳои номаълум, равишҳои таҳлили ҳисоббарорӣ ва муназзамсозӣ истифода шудаанд. Ин раванд бо истифода аз маълумоти эмпирикӣ ва алгоритмҳои такрорӣ (итеративӣ) амалӣ гардида, имкон медиҳад, ки арзишҳои оптималии коэффитсиентҳо дар амсилаи пешниҳодшуда муайян карда шаванд. Дар натиҷа, мувофиқати назарраси байни натиҷаҳои амсила ва маълумоти мушоҳидавӣ ба даст оварда мешавад, ки нишонгари қобили эътимод будани усули истифодашуда мебошад.

Инчунин қайд кардан ба маврид аст, ки қисме аз натиҷаҳои муайяни таҷрибаҳои ҳисоббарории анҷомёфта дар шакли ҷадвалӣ ва графикӣ низ пешниҳод мегарданд.

4.1. Сохтани алгоритм оид ба муайян намудани қимати коэффитсиентҳои номаълуми амсилаи математикӣ барои мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон»

«Акнун барои муайян намудани коэффитсиентҳо амсилаи математикии зерини биологиро дида мебароем:

$$\frac{dN_i}{dt} = N_i\left(b_i + \sum_{j=1}^{m} a_{ij}N_j\right) + Q_i(t), \; i = \overline{1,m} \qquad (4.1.1)$$

Дар амсилаи математикии (4.1.1) N_i – биомассаи навъи i –юм (ё ки сатҳи N_i – юми трофикӣ), b_i – коэффитсиенти фавт (ё коэффитсиенти таваллудшавӣ бо аломати баръакс) навъи i –юм, $Q_i(t)$ – функсияе, ки таъсироти берунаро ба навъи i –юм ифода мекунад, $A = (a_{ij})$ – бошад матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ намудҳои биологии экосистемаро тавсиф менамояд. Поёнтар яке аз алгоритмҳои муайян кардани элементҳои ин матритсаро дар асоси мушоҳидаҳо ва натиҷаҳои дар боло овардашуда, мавриди баррасӣ қарор медиҳем» [15-19, 55-65, 21-М].

«Бигузор маълумоти таҷрибавӣ дар экосистема вобаста аз лаҳзаи вақти t_{k-} дода шуда бошанд, ки $k = 1,2,\cdots n_\tau$, мустақил буда, аз пайдо шудани монеаҳои лағжиши тасодуфӣ вобаста набошад» [21-М, 15-19]:

$$N_{ij} = N_i\,(t_j) + \xi_{ij},$$

дар ин ҷо ξ_{ij} – хатоҳои назаррас буда, зарур аст шартҳои зеринро қонеъ кунонад:

$M[\xi_i,\ \xi\ _j] = \Lambda^{-1}(t_j)$, $M\ [\xi_{ij}]=O$, $M\ [\bar{\xi}_i, \xi_j]=\Lambda^{-1}(t)$, бо M-интизорияти математикӣ ва ба воситаи Λ – матритсаи дисперсионии вектори хатоиҳо ишора шудааст, $\xi_i = \left(\xi_{ij},\ \ldots\ \xi_{mj}\right)$.

Коэффитсиенти матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ A дар натиҷаи ҳалли масъалаи минимизатсияи зерин муайян карда мешавад:

$$I(A^*)=\min I(A), \quad A\in\Omega.$$

Дар формулаи овардашуда Ω – мутаалиқ ба ягон соҳаи фазои R^m буда, бо далели омилҳои воқеӣ интихоб мешавад. Ҳамин тариқ, ҳалли системаи муодилаҳои дифференсиалӣ ба воситаи константи N^{max} маҳдуд карда мешавад:

$$\left|N_i\,(t)\right| < N^{max},\ i=1,\ldots,m.$$

Масалан, N^{max} адади максималие шуда метавонад, ки мо онро ба воситаи компютер ворид намуда, дар натиҷа алгоритми пешниҳодшуда татбиқи худро меёбад.

$I(A)$ функсионал буда, ба тариқи зайл муайян карда мешавад:

$$I(A)=\sum_{k=1}^{n_\tau} P_k\left[N_k - N(t_k,A)\right]^T \Lambda(t_k)\left[N_k - N(t_k,A)\right]. \qquad (4.1.2)$$

Баробарии (4.1.2)-ро дар шакли васеъкардашуда менависем:

$$I(A)= \sum_{k=1}^{n_\tau} P_k \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\lambda_{i,j}\left[\tilde{N}_{ik}-N_i(t_k,A)\right]\quad\left[\tilde{N}_{jk}-N_j(t_k,A)\right]$$

Дар ин ҷо $P_k -$ функсияи вазн $\left(\sum_{k=1}^{n_\tau}P_k=1\right)$ буда, $P_k \geq 0$, λ_{ij} – элементҳои матритсаи $\Lambda^{-1}(t_k)$, $\tilde{N}_{ik}$ – натиҷаи мушоҳида барои навъи i-юми экосистема дар лаҳзаи вақти t_k ва N_i (t_k, A) ҳалли системаи матрисаи додашудаи A мебошанд. Барои ёфтани қимати минимуми функсионал пайдарпайи наздикшавандаро барои матритсаи $\mathrm{A}^{s}\}$ бо методи пастшавии градиентӣ месозем.

Бигузор $a_{d\beta}^{(0)}$ – қимати аввалаи наздикшавандаи элементи матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ бошад, он гоҳ пайдарпайии минималии $a_{d\beta}^{(s)}$ } бо ёрии раванди зерини итератсионӣ сохта мешавад:

$$\alpha_{d\beta}^{(s)}=\alpha_{d\beta}^{(s-1)}-\rho_{s-1}\nabla_{d\beta}\,\left(A^{(s-1)}\right),$$ ки дар ин ҷо $$\nabla_{d\beta}(A)=\left.\frac{\partial I}{\partial\alpha_{d\beta}}\right|_{A}$$

ва $p_s -$ доимӣ буда аз шарти зерин интихоб карда мешавад:

$$\min_{\rho\in[0,1]} I\left(\alpha_{d\beta} - \rho\nabla_{d\beta}\left(A^{(S)}\right)\right).$$

Раванди итератсиониро дар қадами n-ум замоне қатъ менамоем, ки агар саҳеҳии зарурӣ ба даст оварда шавад, яъне агар ду қадами ҳамсояи амсила компоненти вектор-градиент аз рӯи саҳеҳияти муайяншуда қиматаш зиёд намешавад. Бузургии $\nabla_{d\beta}(A^{(s)})$ бо истифодаи функсионали $I(A)$ ба тариқи зайл муайян карда мешавад:

$$\nabla_{\alpha\beta}(A)=-\sum_{k=1}^{n_\tau}P_k\sum_{i,j=1}^{m}\lambda_{ij}\left\{\left[\tilde{N}_{jk}-N_j(t_k,A)\right]\frac{\partial N_i}{\partial a_{\alpha\beta}}+\left[\tilde{N}_{ik}-N_i(t_k,A)\right]\frac{\partial N_j}{\partial a_{\alpha\beta}}\right\}.$$

Дар ин формула N_{jk} ба мисли ҳисобкуниҳои дар боло овардашуда муайян карда мешавад, $N_j(t_k,A)$ – ҳалли системаи муодилаҳои дифференсиалӣ буда, $\frac{\partial N_i}{\partial a_{\alpha\beta}}\Big|_{(t_k,A)}$ ҳамчун ҳалли масъалаи Кошӣ муайян мегардад:

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial N_i}{\partial \alpha_{\alpha\beta}} = \begin{cases} +b_i \dfrac{\partial N_i}{\partial \alpha_{\alpha\beta}} + \sum\limits_{j=1}^{m} a_{ij}\left(N_i \dfrac{\partial N_j}{\partial \alpha_{\alpha\beta}} + N_j \dfrac{\partial N_i}{\partial \alpha_{\alpha\beta}} \right), \quad i \neq \alpha \\ +b_i \dfrac{\partial N_i}{\partial \alpha_{\alpha\beta}} + \sum\limits_{j=1}^{m} a_{ij}\left(\dfrac{\partial N_i}{\partial \alpha_{\alpha\beta}} N_j + \dfrac{\partial N_j}{\partial \alpha_{\alpha\beta}} N_i \right) + N_\alpha N_\beta, i = \alpha \end{cases} \\ \dfrac{\partial N_i}{\partial \alpha_{\alpha\beta}}\Big|_{t=0} = 0, \quad \alpha = \overline{1,m}, \quad \beta = \overline{1,m}, \quad i = \overline{1,m} \end{cases} \tag{4.1.3}$$

Эзоҳи 1. Алгоритми пешниҳодшуда имкон медиҳад, ки бо осонӣ амсилаи вобаста аз синну сол ва ҳайат $N_i=N_i(a,t)$ ба амсилаи вобаста аз вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ $N_i=N_i(x, a, t)$ табдил дода шавад. Барои ба ин мақсад ноил гаштан оператори $\frac{d}{dt}$ дар муодилаи (4.1.1) ба $\frac{\partial}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial \alpha}$ иваз карда шуда $\frac{\partial}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial \alpha}+\sum\left(\vartheta_i \frac{\partial}{\partial_{x\tau}}-\frac{\partial}{\partial_{x\tau}}\left(D_i \frac{\partial}{\partial_{x\tau}}\right)\right)$, дар идома шартҳои аввала ва канорӣ барои системаҳои (4.1.1) ва (4.1.3) навишта мешаванд. Схемаи фарқии ошкори дар боби 2 таҳияшударо барои ҳалли масъалаи (4.1.1) истифода бурда, ҳалли масъалаи дар боло овардашударо аз рӯйи усули локалии якченака бо равишҳои тағйирёбандадор вобаста ба тири вақт дар ҳар як сатҳи ҳисобкунии меёбем [15,1-М]:

$$\begin{cases} \overline{a}_{ij}\overline{Y}_{i+1j} - \overline{C}_{ij}\overline{Y}_{ij} + \overline{b}_{ij}\overline{Y}_{i-1j} = -\overline{f}_{ij}, t' = t + {}^{\tau}/_{2} \\ a_{ij}Y_{ij+1} - C_{ij}Y_{ij} + b_{ij}Y_{ij+1} = -f_{ij}, t' = t + \tau \end{cases}, \tag{4.1.4}$$

$$\overline{a}_{ij} = \frac{\tau}{2h_1^2}D, \overline{b}_{ij} = \frac{\tau}{2h_1^2}D, \overline{C}_{ij} = \overline{a}_{ij} + \overline{b}_{ij},$$

$$\overline{f}_{ij} = Y_{ij}, a_{ij} = \frac{\tau}{2h_2^2}D, f_{ij} = \overline{Y}_{ij},$$

$$a_{iij} = \tfrac{\tau}{2h_2^2}D, b_{ij} = \tfrac{\tau}{2h_2^2}D, C_{ij} = a_{ij} + b_{ij},$$

барои ҳамаи

$$i = \overline{1, N_1}, j = \overline{j_0 + 1, N_2}, \overline{a}_{0j} = 1, \overline{b}_{0j} = 1, \overline{a}_{N_1+1j} = 0, \overline{b}_{\overset{\rightarrow}{\leftarrow}N_1+1j} = 1,$$

$$\overline{C}_{0j} = 1 + \frac{h_1^2}{2\tau D}, \ \overline{C}_{N_1+1j} = 1 + h_1^2 / 2\tau D, \overline{f}_{0j} = \frac{h_1^2}{2\tau D}\overline{Y}_{0j}, \overline{f}_{N_1+1j} = \frac{h_1^2}{2\tau D}\overline{Y}_{N_1+1j}$$

дар ин ҷо $j = \overline{j_0, N_2 + 1}, a_{ij_0} \equiv 1, b_{ij_0} \equiv 1, C_{ij_0} = 1 + \frac{h^2}{2\tau D}$

$a_{iN_2+1} \equiv 0, C_{iN_2+1} = 1 + \frac{h_2^2}{2\tau D}, \ \ f_{iN_2+1} = \frac{h_2^2}{2\tau D}\overline{Y}_{iN_2+1}, f_{ij_0} = \frac{h_2^2}{2\tau D}\overline{Y}_{ij_0},$

$i = \overline{0, N_1 + 1}.$

Системаи (4.1.4) бо усули гузориш ҳал карда мешавад.

Ҳамин тариқ, алгоритми ёфтани коэффитсиенҳои номаълум ба мо имкон медиҳад, ки бо навиштани барномаи компютерӣ дар ягон забони барномасозии сатҳи баланд дар ҳолати реҷаи дақиқ онро коркард намуда, натиҷаҳои мушаххасро ба даст орем.

Формулаҳое, ки дар боби якум барои ҳисоббарории натиҷавӣ ҳосил намуда будем, барои гузаронидани таҷрибаҳои компютерӣ истифода мебарем:

$$N(x, a, t) = Y^h(x, a, t - a)\, exp\left(-\left(\sum_0^k F_0(\xi)h_a\right) - \sum_j \vartheta_j \frac{x_j}{2D_j} + \sum_j \frac{\vartheta_j^2 a}{4D_j}\right).$$

$$a' = a, t' = a + \tau, \phi(x, a, \tau) = N(x, a, a + \tau), Y^h(x, a, \tau) =$$

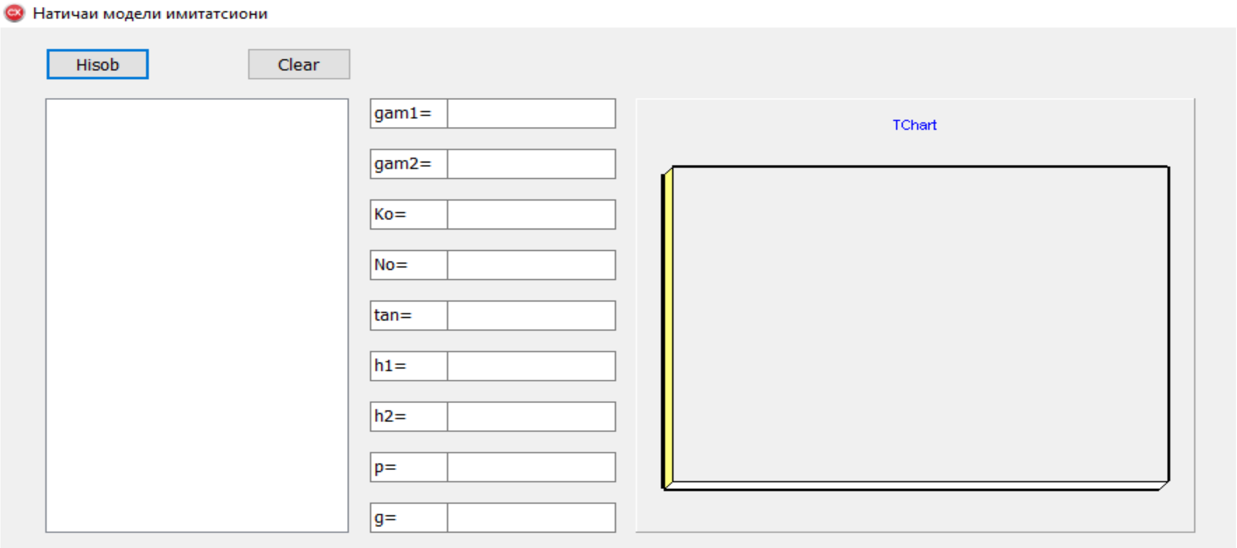
$$= \phi(x, a, \tau)\, exp\left(\sum_0^k F_0(\xi)h_a\right) + \sum_j \vartheta_j \frac{x_j}{2D_j} - \sum_j \frac{\vartheta_j^2 a}{4D_j}.$$

4.2. Даста барномаи амалӣ барои муайян намудани коэффитсиентҳои матритсаи мамнӯъгоҳ

Аз матни барнома метавон ба хулосае омад, ки даста барномаи амалии сохташуда аз якчанд зербарномаҳо иборат буда, ҳар кадоми он ҳадафи мушаххасро дорад. Ин зербарномаҳо барои эълони навъи тағйирёбандаҳо (элементи массивҳо, доимиҳо, функсия ва ғайра), муқаррар намудани ҳолати ибтидоии экосистема, андешидани чора ҳангоми дар ҳолати бухронӣ қарор доштани экосистема ва намоиш додани натиҷаҳо дар муҳити визуалии забони барномасозии C++ Builder пешбинӣ шудаанд [24, 26, 38, 99, 100]. Барнома барои амсилаи математикии (4.1.1) сохта шудааст ва ҳадафи он муайян намудани қиматҳои баланди коэффитсиентҳо, ҳисоб намудани элементҳои матритсаи таъсири байниҳамдигарии навъҳои системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» дар асоси мушоҳидаҳо сохта ва коркард шудааст. Матни пурраи барнома ва натиҷаҳои он дар поён оварда шудааст.

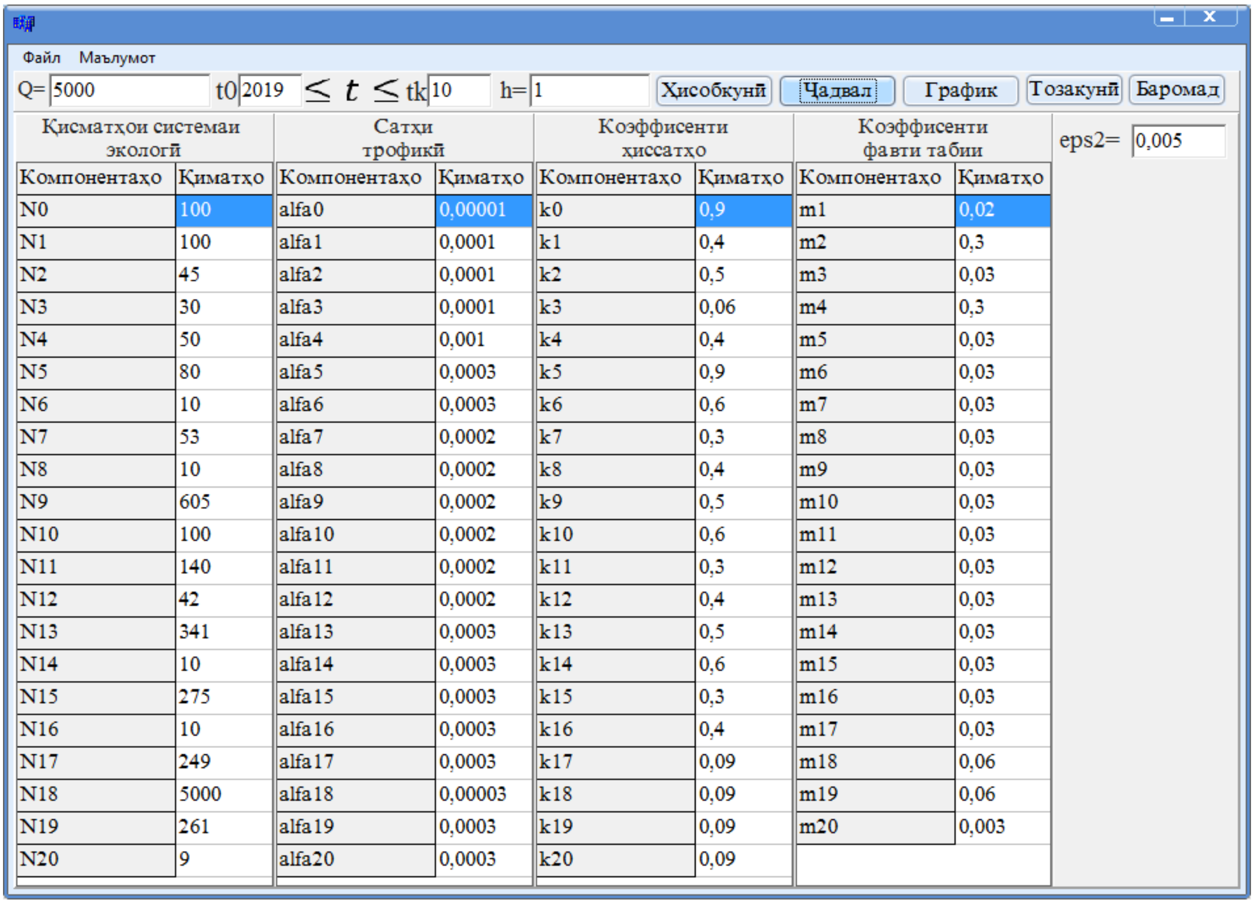
Барномаи корӣ ҳангоми иҷроиши файли иҷрошавандаи **Coefficient.exe**, ки дар суроғаи **D:\ Папка\ Coefitsent.exe** ҷойгир аст, рӯйи кор меояд. Атрибутҳои асосӣ барои рӯйи кор омадани барнома дар компютер насб будани системаи омилӣ ва барномаи платформаи .NET Framework навъи 4.5 мебошад [21,24,51].

1) Дар натиҷаи иҷроиши файли **Coefficient.exe** дар экран формаи зерин пайдо мешавад (расми 4.2.1.) [2-М, 6-М, 10-М, 21-М]:



Расми 4.2.1. – Намуди умумии формаи экранӣ барои дохилкунии додаҳо.

Барнома аз формаи асосӣ, ки дорои ду тугмаи фармонӣ бо номҳои «Hisob» ва «Clear» иборат буда, яке ҳисобкунии барномаро иҷро менамояд ва дуюмаш бошад барои аз сари нав ба кор омода намудани барнома ва пок намудани қиматҳои катакҳоро дар бар мегирад. Сутуни ба таври вертикалӣ ҷойгир шуда бошад натиҷаи кори барномаро нишон медиҳад. Дар назди сутуни қиматҳо, компонентҳои барнома ҷойгир шудааст. Дар объекти TChart натиҷаи графикии барнома тасвир мeёбад. Бо ворид намудани қиматҳо ва пахш кардани тугмаи «Hisob» натиҷа дар экран пайдо мегардад.



Q= 5000 t0 2019 ≤ t ≤ tk 10 h= 1

eps2= 0,005

Қисматҳои системаи экологӣ		Сатҳи трофикӣ		Коэффисенти ҳиссатҳо		Коэффисенти фавти табии	
Компонентаҳо	Қиматҳо	Компонентаҳо	Қиматҳо	Компонентаҳо	Қиматҳо	Компонентаҳо	Қиматҳо
N0	100	alfa0	0,00001	k0	0,9	m1	0,02
N1	100	alfa1	0,0001	k1	0,4	m2	0,3
N2	45	alfa2	0,0001	k2	0,5	m3	0,03
N3	30	alfa3	0,0001	k3	0,06	m4	0,3
N4	50	alfa4	0,001	k4	0,4	m5	0,03
N5	80	alfa5	0,0003	k5	0,9	m6	0,03
N6	10	alfa6	0,0003	k6	0,6	m7	0,03
N7	53	alfa7	0,0002	k7	0,3	m8	0,03
N8	10	alfa8	0,0002	k8	0,4	m9	0,03
N9	605	alfa9	0,0002	k9	0,5	m10	0,03
N10	100	alfa10	0,0002	k10	0,6	m11	0,03
N11	140	alfa11	0,0002	k11	0,3	m12	0,03
N12	42	alfa12	0,0002	k12	0,4	m13	0,03
N13	341	alfa13	0,0003	k13	0,5	m14	0,03
N14	10	alfa14	0,0003	k14	0,6	m15	0,03
N15	275	alfa15	0,0003	k15	0,3	m16	0,03
N16	10	alfa16	0,0003	k16	0,4	m17	0,03
N17	249	alfa17	0,0003	k17	0,09	m18	0,06
N18	5000	alfa18	0,00003	k18	0,09	m19	0,06
N19	261	alfa19	0,0003	k19	0,09	m20	0,003
N20	9	alfa20	0,0003	k20	0,09		

Расми 4.2.2. Ҳисобкунии масъалаи канории фарқӣ барои популятсияҳои мамнӯъгоҳ бо дарназардошти вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ дар забони барномасозии C++ Builder.

Дар идома қиматҳои мувофиқ ворид карда шуда натиҷаи барнома ва идоракунии динамикаи популятсияҳои мамнӯъгоҳ ба даст оварда шудаанд (расмҳои 4.2.3-4.2.28).

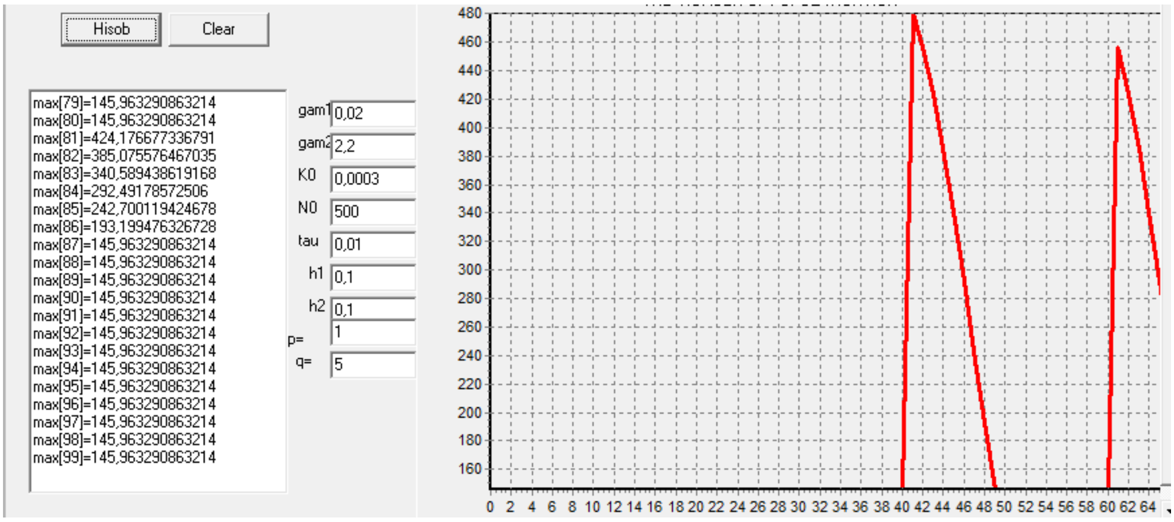
1) Натиҷаҳои ҳисобкунӣ. «Барои ҳисобкуниҳо лозим аст: матритсаи таъсири мутақобилаи экосистема, воридоти захираҳои беруна, ҳарорат, намӣ, коэффитсиентҳои суръати мушаххаси таъсири шикор ё ворид намудани навъҳои камшумор ба экосистема» [2-М, 6-М, 10-М, 21-М, 15-19]:

Варианти I

Бигузор матритсаи таъсири байнмҳамдигарӣ чунин бошад:

$$A=\begin{pmatrix} 0,0 & -0,01 & 0,0 & 0,0 \\ 0,08 & 0,0 & 0,5 & 0,03 \\ 0,0 & 0,4 & 0.0 & -1,3 \\ 0,0 & 0,002 & 0,4 & 0,0 \end{pmatrix}.$$

Бо дар назардошти қимати матритсаи таъсири байнмҳамдигарӣ натиҷаи графикии расми 4.2.3. ҳосил мешавад.



```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

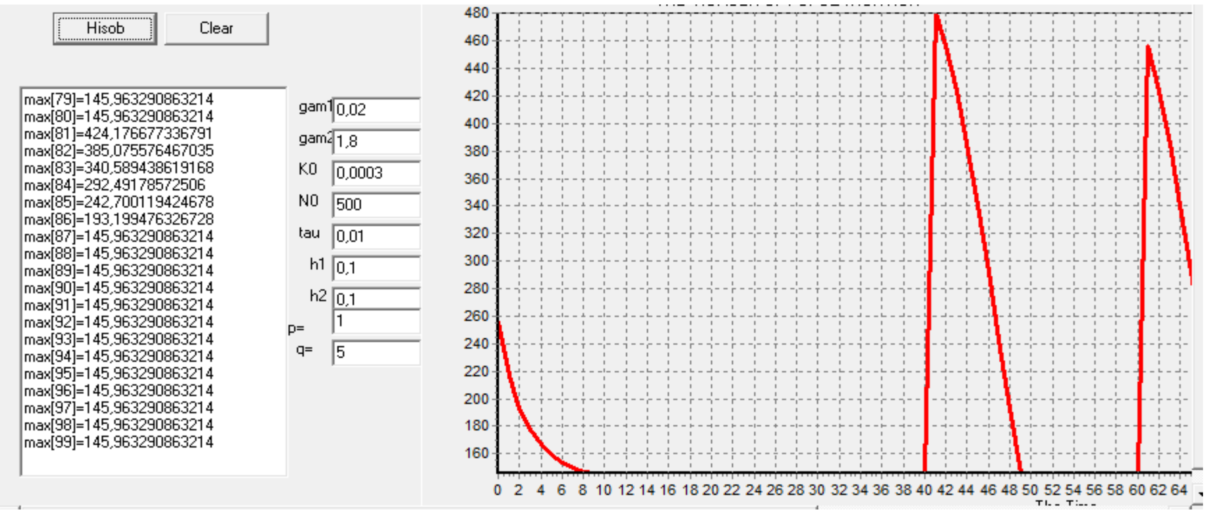
gam1 0,02
gam2 2,2
K0 0,0003
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 1
q= 5

Расми 4.2.3. Ҳангоми gam1=0.02, gam2=2.2, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=5.

Матритсаи таъсири байниҳамдигари дода шудааст:

$$A=\begin{pmatrix} 0,0 & -0,1 & 0,0 & 0,0 \\ 0,09 & 0,0 & 0,6 & 0,01 \\ 0,0 & 0,5 & 0,0 & -1,2 \\ 0,0 & 0,001 & 0,5 & 0,0 \end{pmatrix}$$

Дар асоси матритсаи додашуда ва қиматҳои $\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1, K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1, p = 1$ ва $q = 4$ будан, ҳалли графикии амсила дар расми 4.2.4. нишон дода шудааст.



```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,02
gam2 1,8
K0 0,0003
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 1
q= 5

Расми 4.2.4. Натиҷаи афзори компютерӣ бо додаҳои gam1=0.02, gam2=1.8, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=5.

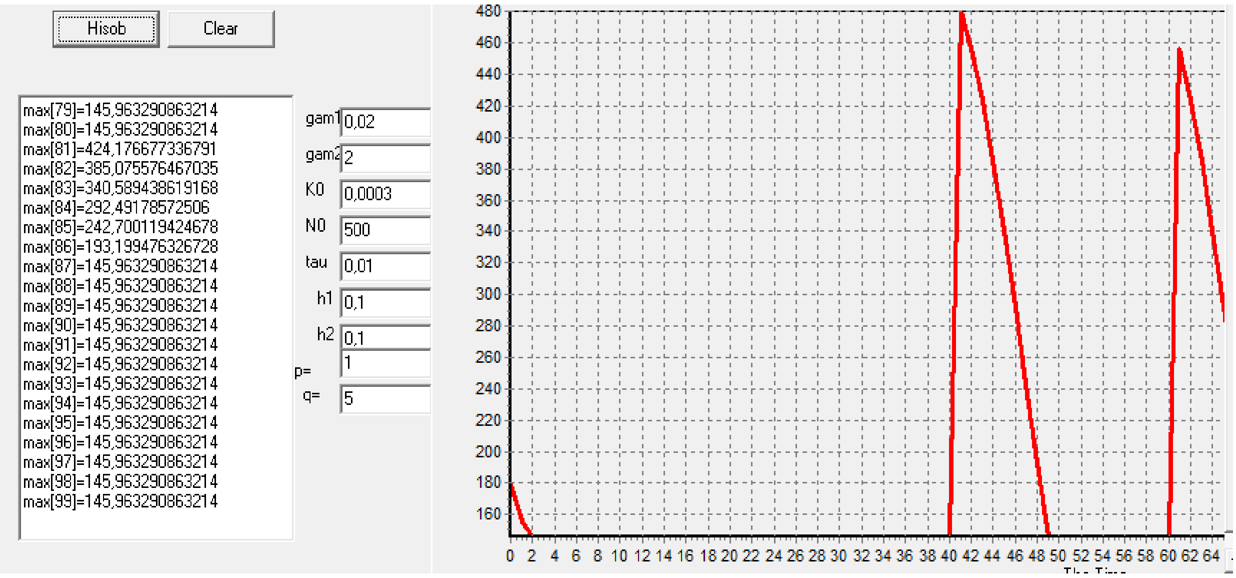
Аз таҳлили гузаронидашуда бармеояд, ки коэффитсиенти шикоркунии ҳайвоноти даранда ба 0,7 баробар буда, дар ин маврид барои муназзамсозии экосистема ҳадди аққал аз 5 то 12 дарандаро бо тарзи шикор кам намудан зурур аст.

Варианти II

Матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0,0 & -0,1 & 0,0 & 0,0 \\ 0,09 & 0,0 & -0,6 & -0,01 \\ 0,0 & 0,5 & 0,0 & -1,2 \\ 0,0 & 0,001 & 0,5 & 0,0 \end{pmatrix}$$

Дар ин маврид суръати воридшавии манбаи беруна $Q = 1000$ коэффитсиентҳои миёнаи фавт ба 0,1, 0,9, 0,8, шумораи ҳайвоноти гиёҳхӯр, даранда ва шикоршаванда мутаносибан ба 12,0, 10,0 ва 2,0 мебошанд. Коэффитсиенти таъсири шикор ба даранда ба 0,7 баробар аст. Сатҳи тахминии шикор ба 5 баробар мебошад. Функсияи «асари шикор» низ дар шакли хаттӣ гирифта шудааст.



```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,02
gam2 2
K0 0,0003
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 1
q= 5

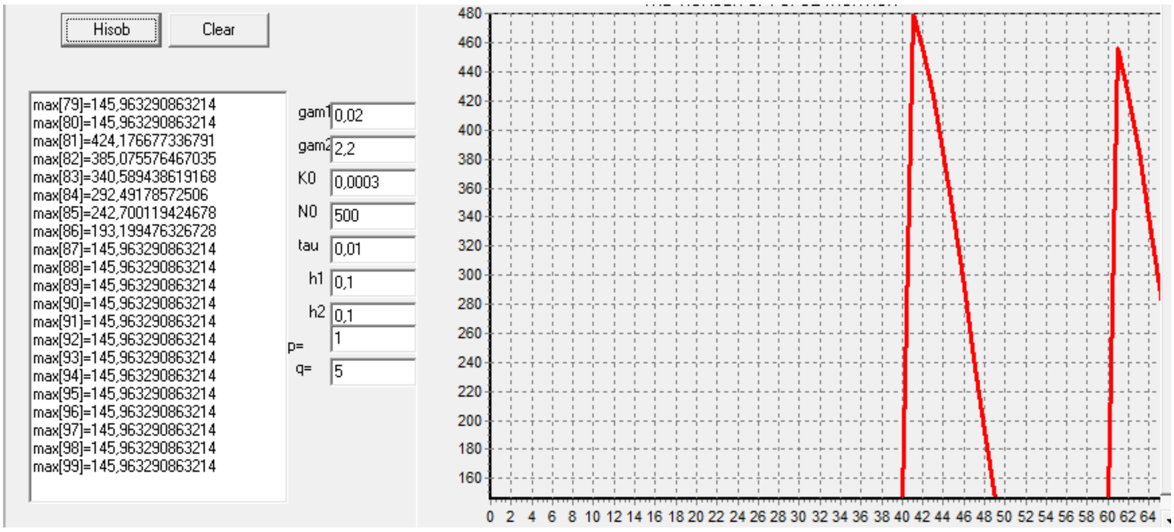
Расми 4.2.5. Ҳангоми gam1=0.02, gam2=2, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=5.

Варианти III

Матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0{,}0 & -0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 \\ 0{,}09 & 0{,}0 & -0{,}6 & -0{,}01 \\ 0{,}0 & 0{,}5 & 0{,}0 & -1{,}9 \\ 0{,}0 & 0{,}001 & 0{,}5 & -0{,}21 \end{pmatrix}$$

Суръати воридшавии манбаи беруна $Q = 1000$, қимати миёнаи коэффитсиенти фавт ба 0,1, 0,9, 0,8, шумораи ҳайвонҳои алафхӯр, шикоршаванда ва даранда ба 12,0, 10,0, 2,0., коэффитсиенти таъсири шикор ба ҳайвонҳои даранда ба 0,7 баробар мешавад. Дар ин ҳолат қимати шикор ба 5 баробар шуда, функсияи «асари шикор» хаттӣ гирифта мешавад.



```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,02
gam2 2,2
K0 0,0003
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 1
q= 5

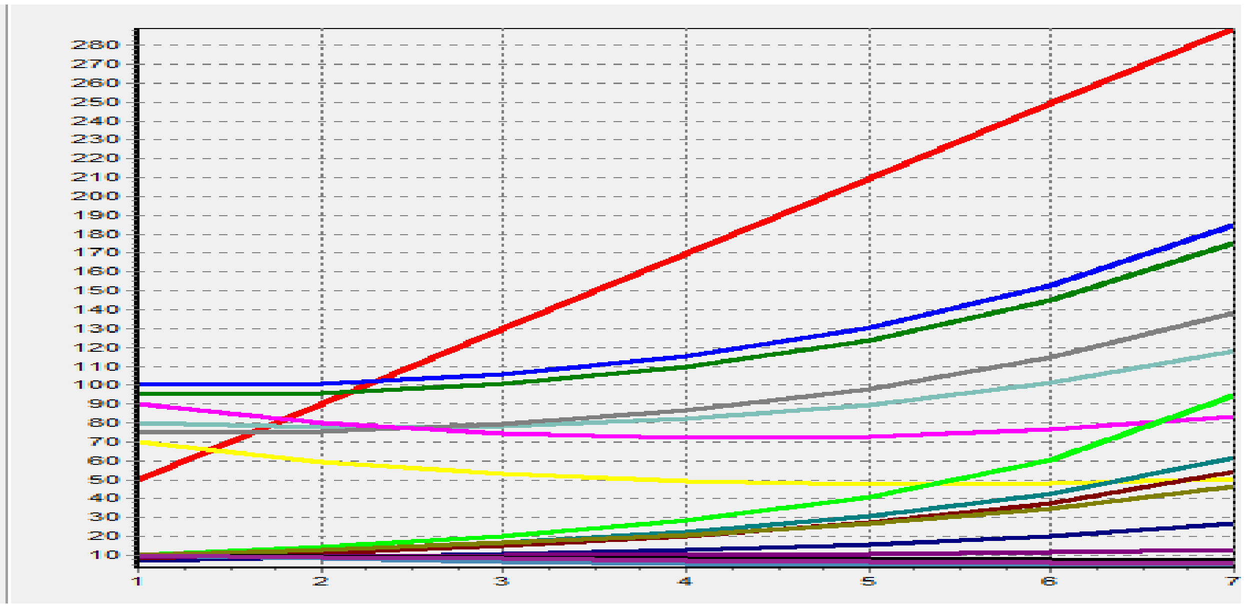
Расми 4.2.6. Ҳангоми gam1=0.02, gam2=2.2, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0.01,h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=5.

Варианти IV

Матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0{,}0 & -\ 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 \\ 0{,}09 & 0{,}0 & -0{,}6 & -\ 0{,}01 \\ 0{,}0 & 0{,}3 & 0{,}0 & -\ 0{,}9 \\ 0{,}0 & 0{,}001 & 0{,}5 & -0{,}23 \end{pmatrix}$$

Дар ин озмоиш суръати воридшавии манбаъи беруна $Q = 1000$, қимати миёнаи коэффитсиенти фавт ба -0,1, 0,9, 0,8 баробар аст. Шумораи ҳайвонҳои алафхӯр, шикоршаванда ва даранда ба 12.0, 100, 2.0 ва коэффитсиенти таъсири шикор ба ҳайвонҳои даранда ба -0,7 баробар мешавад. Пешниҳод намудан мумкин аст, ки қимати шикор -0,5 гирифта шавад, он гоҳ функсияи «асари шикор» шакли хатти логистикиро гирифта, коэффитсиентҳо мутаносибан ба 8 ва 2 гирифта мешавад.



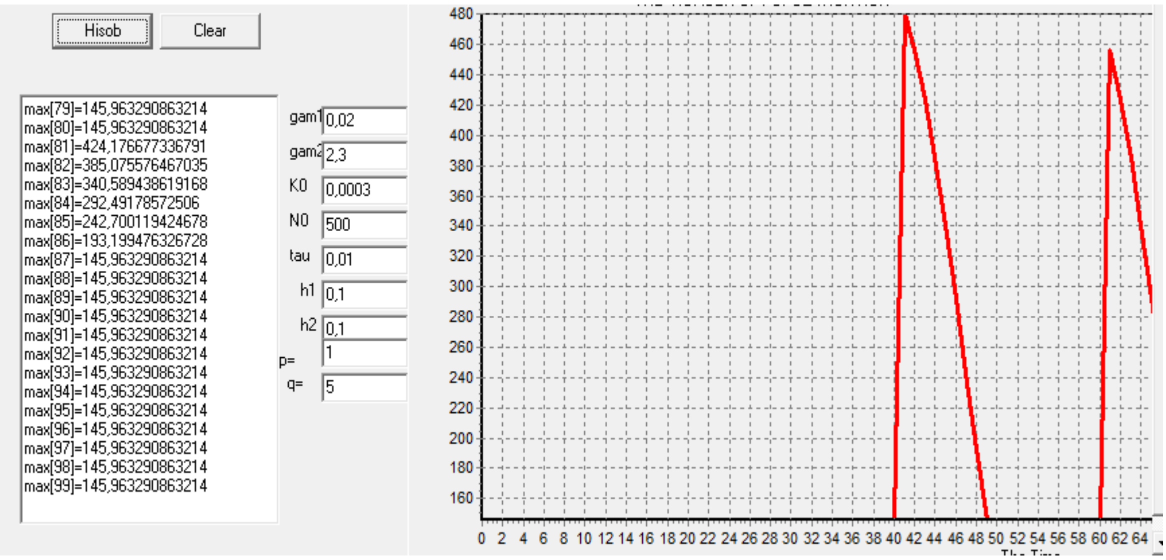
Расми 4.2.7. Ҳангоми gam1=0.04, gam2=2.3, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=6.

Варианти V

Матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0,0 & -0,17 & 0.0 & 0,0 \\ 0,05 & 0,0 & -0,8 & -0,01 \\ 0,0 & 0,6 & 0,0 & -0,7 \\ 0,0 & 0,005 & 0,5 & -0,7 \end{pmatrix}$$

Меъёри захираҳои беруна $Q = 1000$. Сатҳи миёнаи фавт ба 0.1, 0.9 ва 0.8 баробар аст. Шумораи ҳайвоноти алафхӯр, шикоршаванда ва даранда 30, 0, 20, 0 шуда, коэффитсиенти таъсири шикор ба ҳайвоноти даранда ба 0,7 баробар мешавад. Шумораи тахминии шикор - 30,0 ва функсияи «асари шикор» дар шакли хатти логистикӣ бо коэффитсиентҳои 15 ва 3 гирифта шудааст.



```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,02
gam2 2,3
K0 0,0003
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 1
q= 5

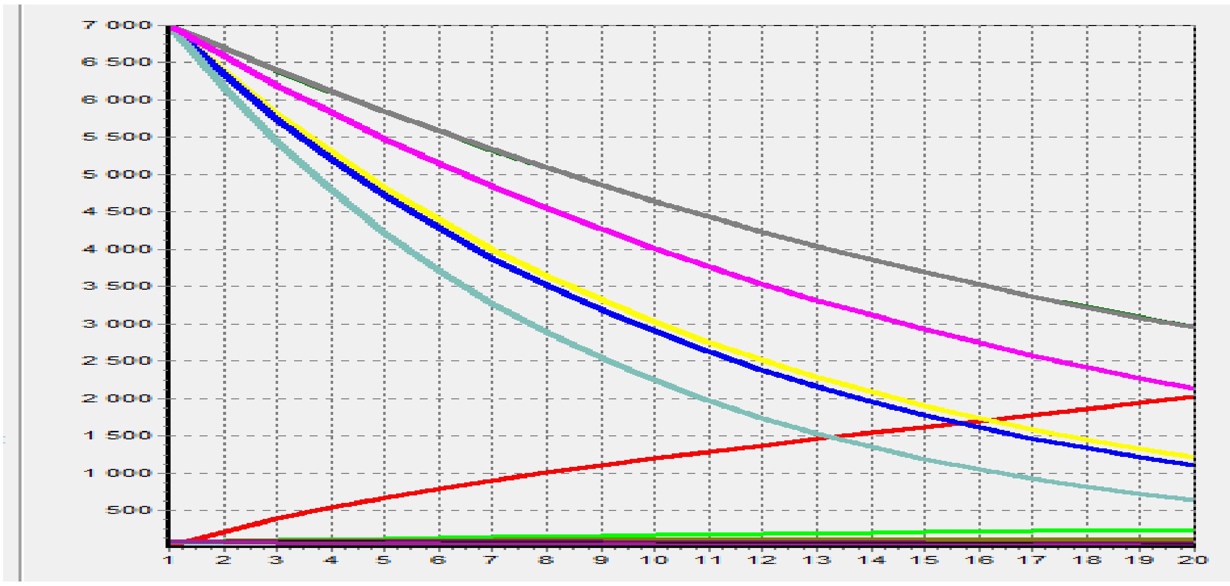
Расми 4.2.8. Ҳангоми gam1=0.02, gam2=2.3, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0.001, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=5.

Варианти VI

Матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} -0{,}1 & -0{,}0 & 0{,}1 & 0{,}0 \\ 0{,}0 & -0{,}7 & 0{,}0 & -0{,}01 \\ 0{,}05 & 0{,}0 & -0{,}8 & -0{,}1 \\ 0{,}0 & 0{,}6 & 0{,}0 & -0{,}7 \end{pmatrix}$$

Меъёри захираҳои беруна $Q = 1000$. Сатҳи миёнаи фавт ба -0,1, 0,9 ва 0,8 баробар мебошад. Қимати шумораи ҳайвонҳои алафхӯр, шикоршаванда ва даранда ба 8,0, 10,0, 2,0 баробар шуда, коэффитсиенти таъсири шикор ба ҳайвоноти даранда -0,7 мешавад. Қимати тақрибии ҳайвонҳои шикоршаванда ба 11,0 баробар шуда, функсияи «асари шикор» дар шакли хати каҷи логистикӣ бо коэффитсиентҳои 12 ва 5 гирифта шудааст.



Расми 4.2.9. Ҳангоми gam1=0.03, gam2=2.3, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=3.

Дар ҷадвали 4.2.1. натиҷаи озмоишҳои гузаронидашуда оварда шудааст:

Ҷадвали 4.2.1. Натиҷаи озмоишҳо

Вариант	***Стратегия***	***Шикор***	***Суръати дохилшавии даранда***
1	**2**	**3**	**4**
1	Шикори дарандаҳо лозим нест	0,0	0,0
2	Шикори дарандаҳо лозим нест	0,0	0,0
3	Шикор лозим аст	0,21132	0,0
4	Шикор лозим аст	1,720222	0,0
5	Варианти омехта	11,636363	1,733764
6	Варианти омехта	7,25	1,782814

Натиҷаҳои кори нармафзор нишон медиҳанд, ки барои намудҳои гуногун ҳам шикор ва ҳам ворид кардани намудҳои нав ба экосистема оптималӣ мебошад.

2) Зербарномаи дигар барои муайян намудани сатҳи биомассаи растанӣ бахшида шудааст. Натиҷаи зербарнома қимати минималии шикори дарандаҳоро муайян намуда, дар асоси он имкони нигаҳдории ҳайвонҳои нодир ва нестшаванда дар экосистема пайдо мегардад.

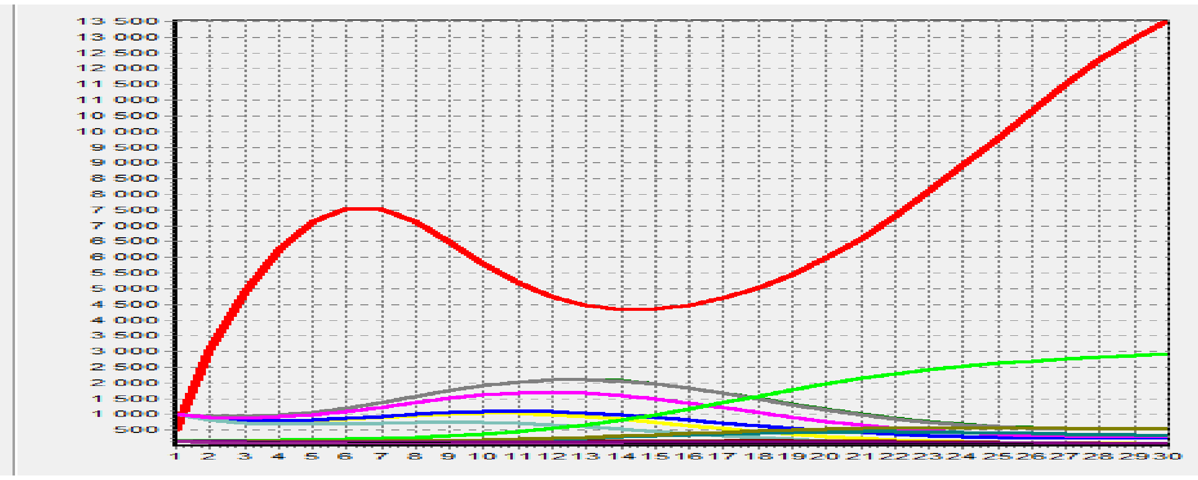
«Барои кори ин зербарнома маълумоти зеринро ворид намудан лозим аст: матритсаи таъсири мутақобилаи экосистемаи мамнӯъгоҳ-А, захираҳои беруна, ҳарорат, намӣ, вобастагии шумораи фавт аз ҳарорат ва намӣ, коэффитсиентҳои шикор ё ворид намудани намудҳои нав ба экосистема. Ҳисобкуниҳо барои матритсаҳои таъсири мутақобилаи гуногуни мамнуъгоҳ, суръати воруди захираҳои беруна ва ба даст овардани нақшаи биомасса гузаронида шудааст»[15-19, 21-М].

Варианти I

Матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0{,}0 & -0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 \\ 0{,}09 & 0{,}0 & -0{,}6 & -0{,}01 \\ 0{,}0 & 0{,}3 & 0{,}0 & -0{,}9 \\ 0{,}0 & 0{,}001 & 0{,}5 & -0{,}23 \end{pmatrix}$$

Суръати воридшавии захираҳои берунӣ 1000. Сатҳи миёнаи фавти табиии растанӣ, ҳайвоноти алафхӯр ва даранда мутаносибан ба 0,1, 0,9 ва 0,8 баробар мебошад. Сатҳи зарурии интихоби нақшавии биомассаи растанӣ ба 28,0 баробар аст.



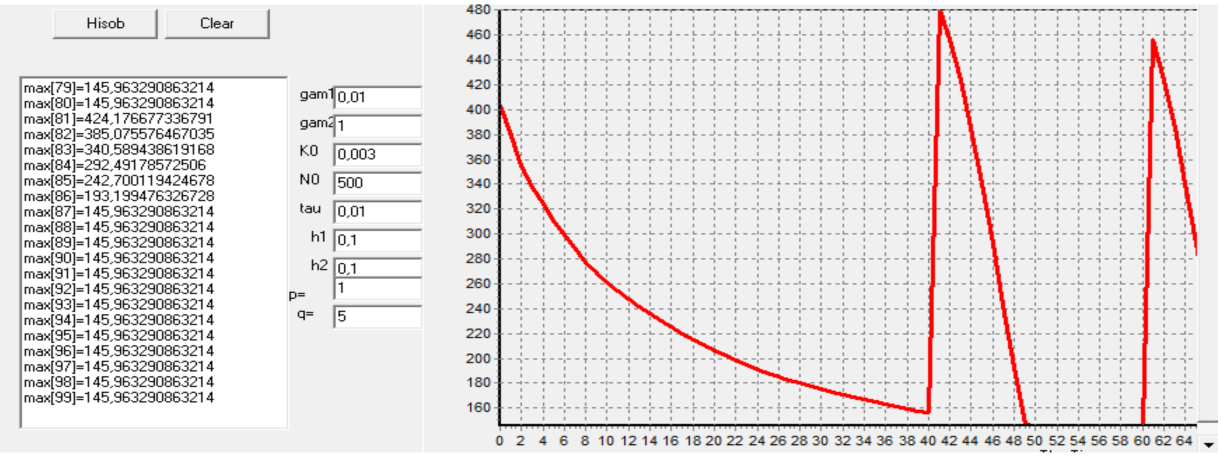
Расми 4.2.10. Ҳангоми gam1=0.021, gam2=2.3, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0,01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=6.

Варианти II

Матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0,0 & -0,6 & 0,0 & 0,0 \\ 0,4 & 0,0 & -0,6 & -0,01 \\ 0,0 & 0,5 & -0,2 & 0,0 \\ 0,0 & 0,0 & 0,6 & -0,8 \end{pmatrix}$$

Суръати воридшавии захираҳои беруна 4000-ро ташкил медиҳад. Коэффитсиенти миёнаи фавти табиии растанӣ, ҳайвоноти алафхӯр ва даранда мутаносибан ба 0,1, 0,9 ва 0,8 баробар мебошад. Сатҳи зарурии ҷамъоварии биомассаи ба нақша гирифташуда 30,0 аст.



```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,003
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 1
q= 5

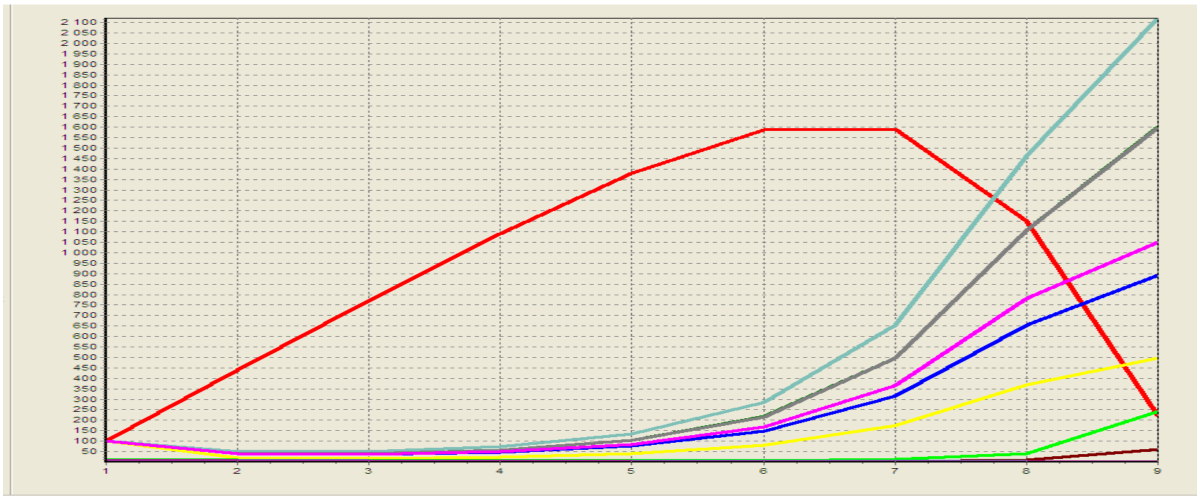
Расми 4.2.11 Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.003, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=5.

Варианти III

Матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0,0 & -0,9 & 0,0 & 0,0 \\ 0,8 & 0,0 & -1,2 & -0,0 \\ 0,0 & 0,9 & 0,0 & -0,6 \\ 0,0 & 0,0 & 0,2 & -0,3 \end{pmatrix}$$

Коэффитсиенти даромади захираҳои берунӣ -149. Сатҳи миёнаи фавти табиии растанӣ, ҳайвоноти алафхӯр ва даранда мутаносибан ба 0.1, 0.9, 0.8 баробар аст. Сатҳи зарурии ҷамъоварии биомассаи ба нақша гирифташуда 22,0 аст.



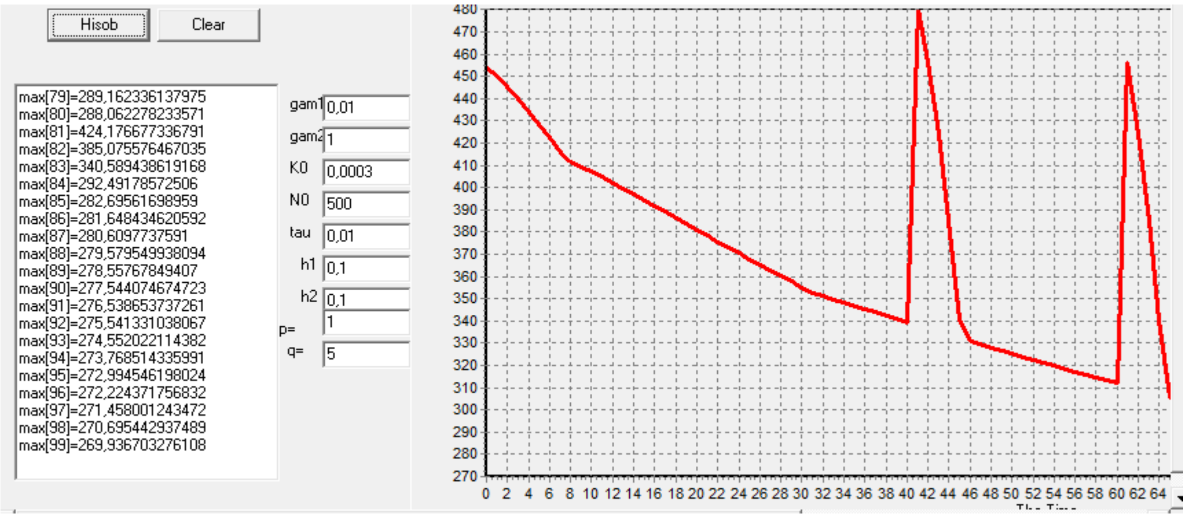
Расми 4.2.12. Ҳангоми gam1=0.02, gam2=3. 3, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=4.

Варианти IV

Матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0,0 & -0,1 & 0,0 & 0,0 \\ 0,09 & 0,0 & -0,6 & -0,01 \\ 0,0 & 0,3 & 0,0 & -0,9 \\ 0,0 & 0,001 & 0,5 & -0,23 \end{pmatrix}$$

Суръати воридшавии захираҳои беруна 725. Коэффитсиенти миёнаи фавти табиии растанӣ, ҳайвоноти алафхӯр ва даранда мутаносибан ба 0,1, 0,9 ва 0,8 баробар мебошад. Сатҳи зарурии ҷамъоварии биомассаи пешбинишуда 40 аст.



```
max[79]=289,162336137975
max[80]=288,062278233571
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=282,69561698959
max[86]=281,648434620592
max[87]=280,6097737591
max[88]=279,579549938094
max[89]=278,55767849407
max[90]=277,544074674723
max[91]=276,538653737261
max[92]=275,541331038067
max[93]=274,552022114382
max[94]=273,768514335991
max[95]=272,994546198024
max[96]=272,224371756832
max[97]=271,458001243472
max[98]=270,695442937489
max[99]=269,936703276108
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,0003
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 1
q= 5

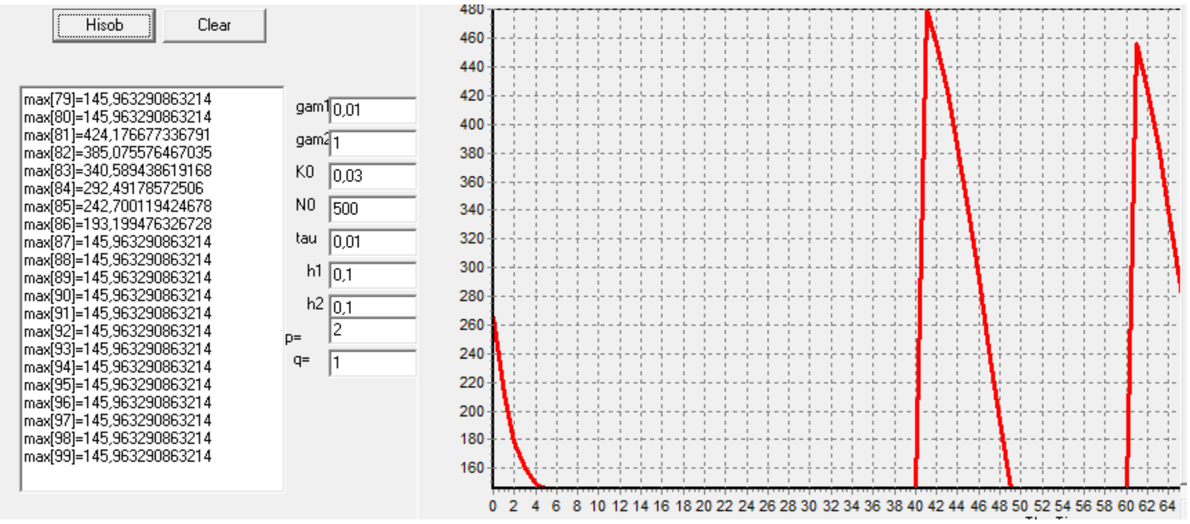
Расми 4.2.13. Ҳангоми gam1= 0.01, gam2=1, K_0=0.0003, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=5.

Варианти V

Матритсаи таъсири байнмҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0{,}0 & -0{,}7 & 0{,}0 & 0{,}0 \\ 0{,}5 & 0{,}0 & -0{,}8 & -0{,}01 \\ 0{,}0 & 0{,}6 & 0{,}0 & 0{,}0 \\ 0{,}0 & 0{,}005 & 0{,}5 & -0{,}7 \end{pmatrix}$$

Қимати захираҳои беруна 1000-ро ташкил медиҳад. Сатҳи миёнаи нобудшавии растаниҳои табиӣ, ҳайвонҳои алафхӯр ва даранда ба 0,1, 0,9, 0,8 баробар мебошад. Сатҳи зарурии ба нақша гирифташудаи ҷамъоварии биомассаи растанӣ ба 38,0 баробар аст.



```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 2
q= 1

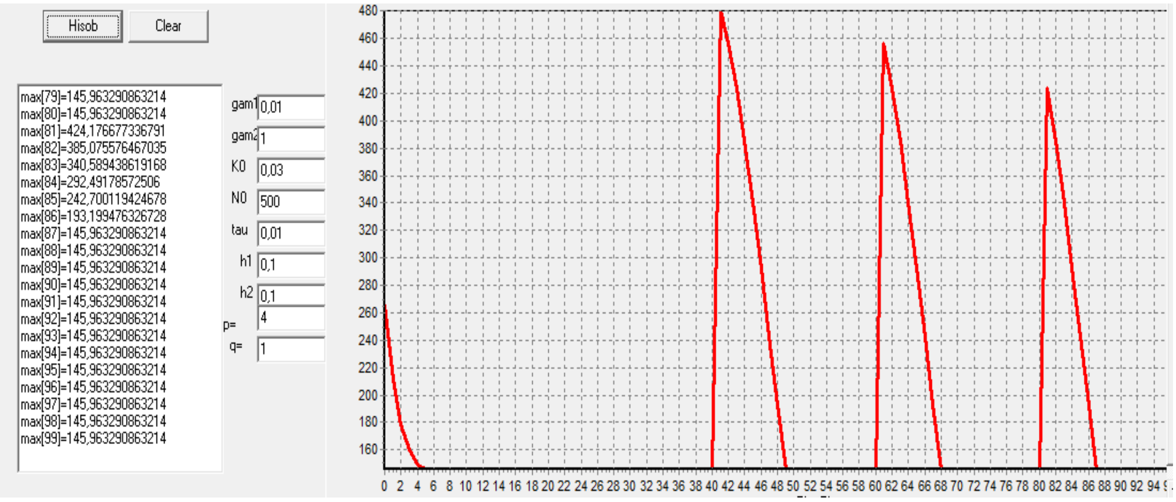
Расми 4.2.14. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=2, q=1.

Варианти VI

Матритсаи таъсири байнмҳамдигарӣ:

$$A=\begin{pmatrix} 0,0 & -0,7 & 0,0 & 0,0 \\ 0,5 & 0,0 & -0,8 & -0,01 \\ 0,0 & 0,6 & 0,0 & -0,7 \\ 0,0 & 0,005 & 0,5 & -0,7 \end{pmatrix}$$

Қимати захираҳои берунӣ $Q = 1000$ буда, сатҳи миёнаи фавти растаниҳои табиӣ, ҳайвонҳои алафхӯр ва даранда ба 0,1, 0,9, 0,8 баробар мебошад. Сатҳи зарурии ҷамъоварии ба нақша гирифташудаи биомассаи растанӣ ба 30,0 баробар аст.



```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 4
q= 1

Расми 4.2.15. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=4, q=1

Натиҷаҳои таҷрибаҳои гузаронидашуда барои ҳар як вариант дар ҷадвали зер оварда шудаанд:

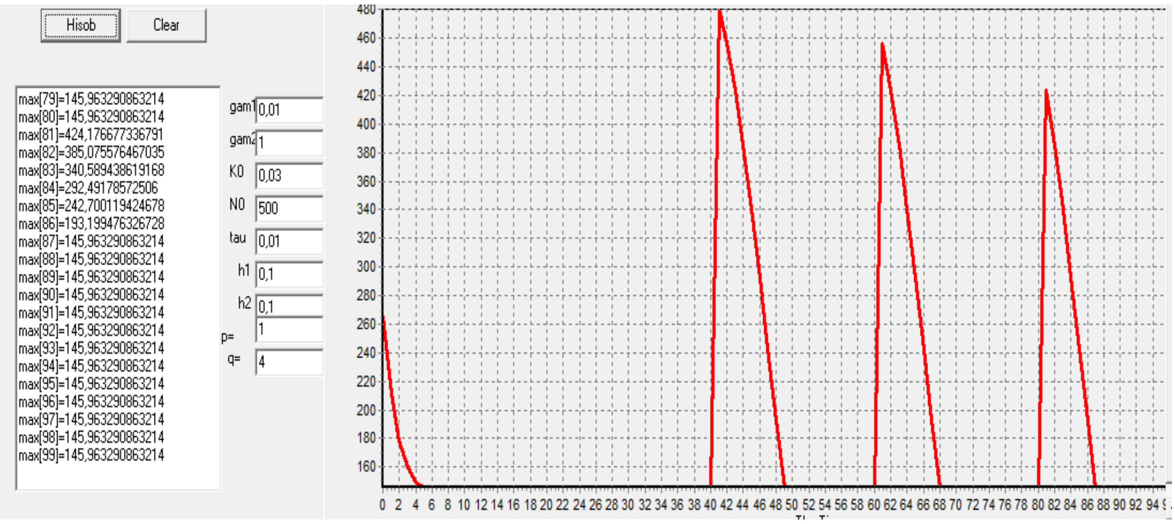
Ҷадвали 4.2.2. Натиҷаҳои таҷрибаҳо

Рақами вариант	*Қимати имконпазири ҳайвонҳои алафхӯр*	*Қимати имконпазири дарандаҳо*
1	**2**	**3**
1	5983	7,333
2	3504	8,14
3	5919	7,889
4	79444	31,83
5	23370	31,29
6	29640	24,43

«Натиҷаи дигари зербарномаи барномаи асосӣ дар расмҳои 4.2.16 - 4.2.26 оварда шудаанд. Аксари таҷрибаҳо барои системаи навъи «даранда-сайд» гузаронида шудаанд, ки сайди он оҳуи бухороӣ ва дарандаҳо душмани табиии он – гурбаи қамишзорӣ ва гург мебошанд (расми 4.2.15, 4.2.26)» [15-19, 21-М].

Дар асоси таҳқиқоти гузаронидашуда, амсилаи математикӣ барои низоми экологии «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) бо дарназардошти навъҳои даранда ва сайд мавриди истифода қарор гирифтааст. Дар амсила ба ҳайси навъи нодир ва нестшаванда -оҳуи бухороӣ ва ҳамчун даранда - гурбаи қамишзор ва гург интихоб шудаанд. Барои таҳлили динамикаи экосистема параметрҳои зерин:

$\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1, K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1, p = 1$ ва $q = 4$ ворид карда шудаанд. Натиҷаи графикии компютерӣ дар расми 4.2.17 оварда шудааст.



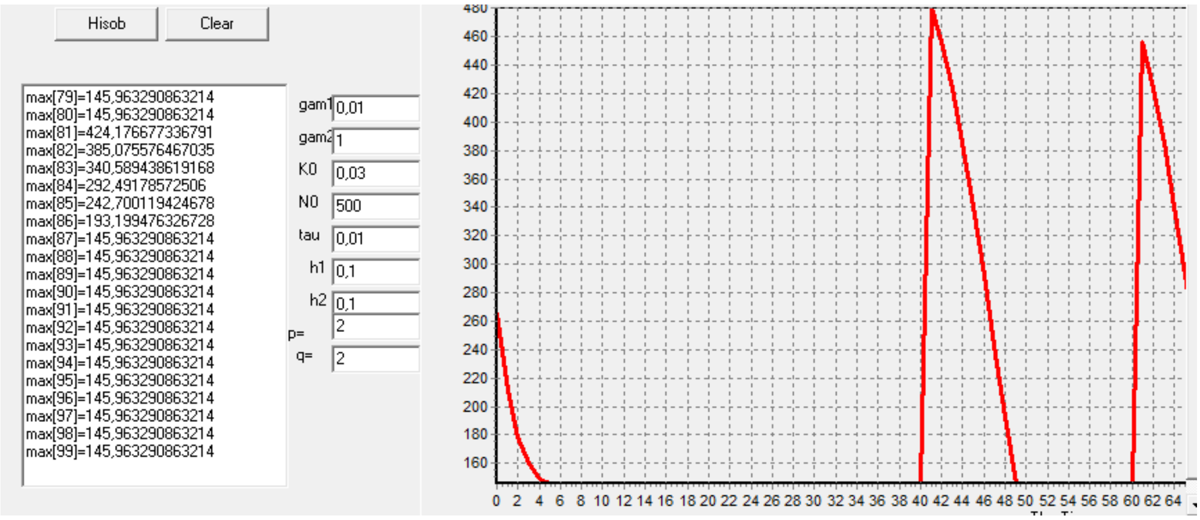
```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 1
q= 4

Расми 4.2.17. Ҳангоми Gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=1, q=4.

Барои омӯзиши ҳолатҳои дигар вазъи мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) аз амсиласозии математикӣ истифода шуда, ба ҳайси «даранда ва сайд» оҳуи бухороӣ ҳамчун навъи нодир ва гурбаи қамишзору гург ба сифати дарандагон мавриди таҳлил қарор гирифтааст. Бо мақсади муайян кардани динамикаи ин низоми экологӣ нишондиҳандаҳои зерин ба асос гирифта шуданд:

$gam_1 = 0.01, gam_2 = 1, K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1, h_2 = 0.1$ ва $q = 2$. Натиҷаи графикии компютерӣ дар расми 4.2.15 оварда шудааст.

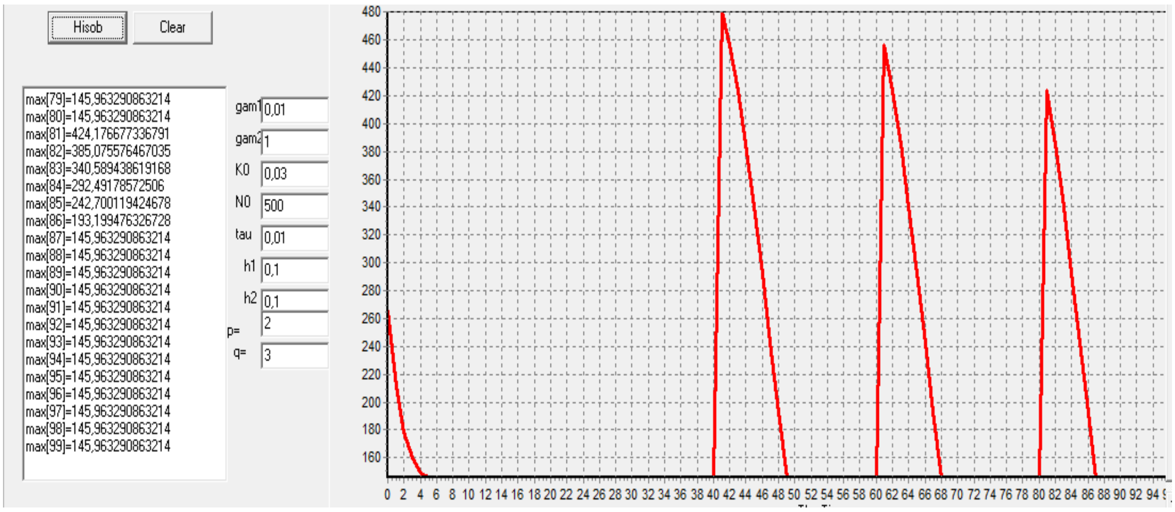


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 2
q= 2

Расми 4.2.18. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=0.2, q=2.

Таҳқиқоти мазкур барои экосистемаи «Бешаи палангон» бо истифодаи амсилаи математикӣ ва ворид намудани параметҳои зерин: $gam_1 = 0.01$, $gam_2 = 1$, $K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1$, $p = 0.2$ ва $q = 3$ натиҷагирӣ шудааст (расми 4.2.18). Қайд кардан зарур аст, ки дар ин обзори компютерӣ робитаи байни оҳуи бухороӣ (навъи зери хатари нестшавӣ) ва дарандагон (гурбаи қамишзор ва гург) ба эътибор гирифта шудааст. Натиҷаи обзори компютерӣ дар расми 4.2.19 оварда шудааст.

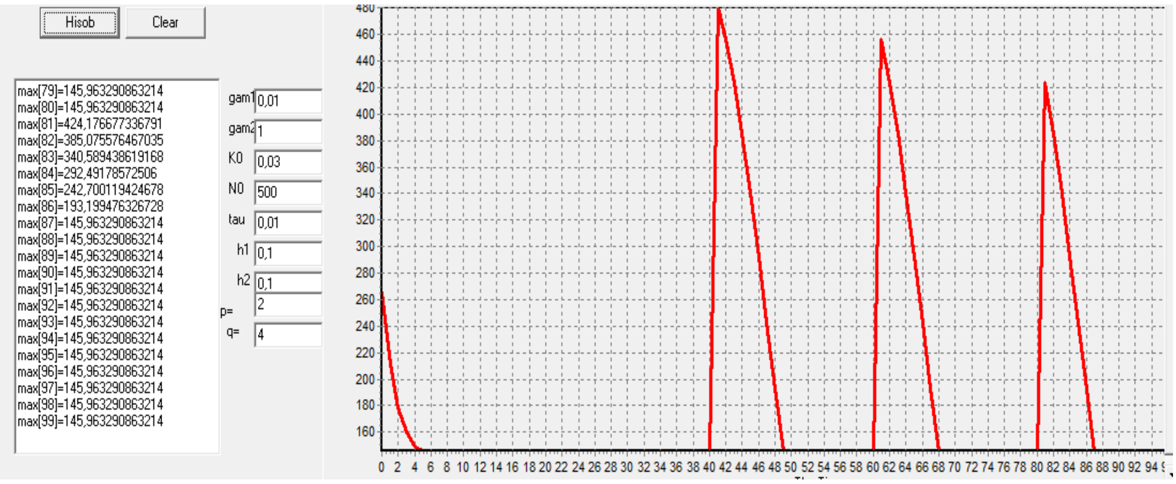


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 2
q= 3

Расми 4.2.19. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=0.2, q=3.

Бо такя ба амсилаи математикии навъи «даранда–сайд» ва бо ворид намудани маҷмуи параметрҳои додашуда, аз ҷумла $\gamma_1 = 0.01$, $\gamma_2 = 1$, $K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1$, $p = 0.2$ ва $q = 2$ раванди тағйирёбии динамикаи экосистемаи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) дар шакли графикӣ пешниҳод гардида, робитаи мутақобилаи байни популятсияҳо ва таъсири параметрҳои интихобшударо ба устувории экосистема равшан инъикос менамоянд (расми 4.2.20).

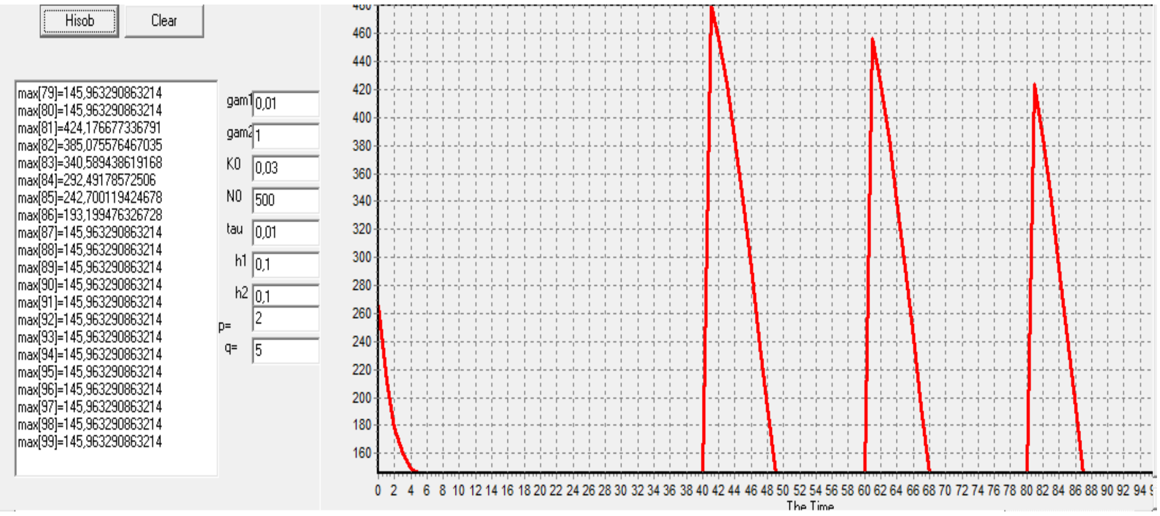


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 2
q= 4

Расми 4.2.20. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=0.2, q=4.

Ҳангоми ворид намудани параметрҳои $\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1,\ K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1,\ p = 0.2$ ва $q = 2$ натиҷаи амсиласозӣ дар шакли графикӣ нишон медиҳад, ки динамикаи популятсияҳои даранда ва сайд хусусияти даврӣ дошта, тағйирёбии шумора ва робитаи байни онҳо равшан инъикос мешавад (расми 4.2.21.).

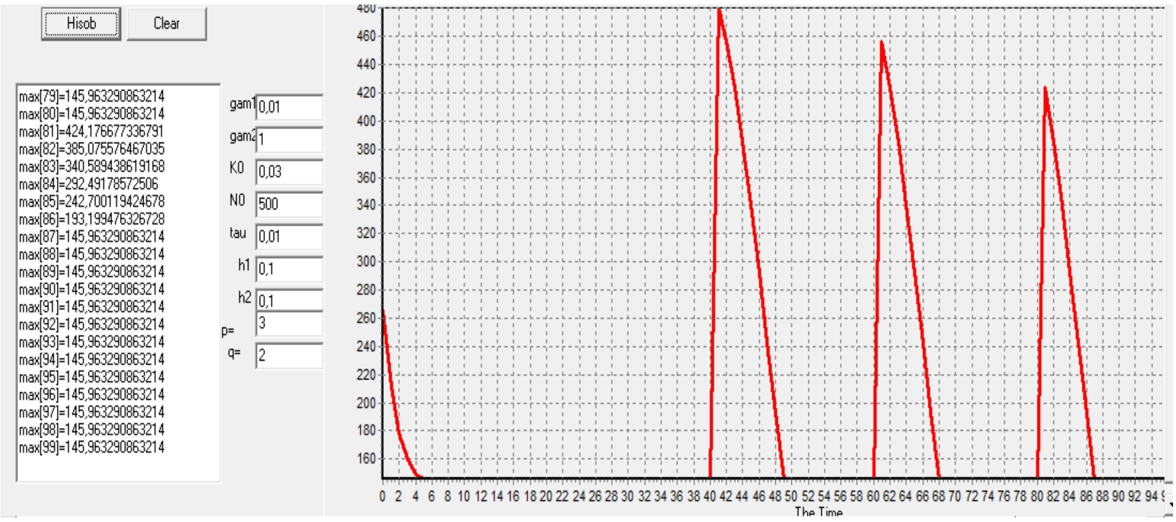


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 2
q= 5

Расми 4.2.21. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=0.2, q=5.

Ҳангоми ворид намудани параметрҳои $\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1,\ K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1,\ p = 0.2\ , q = 2$ ва тағйир додани шумораи навъҳои «даранда – сайд» натиҷаи амсиласозӣ чунин шакли графикӣ мегирад.

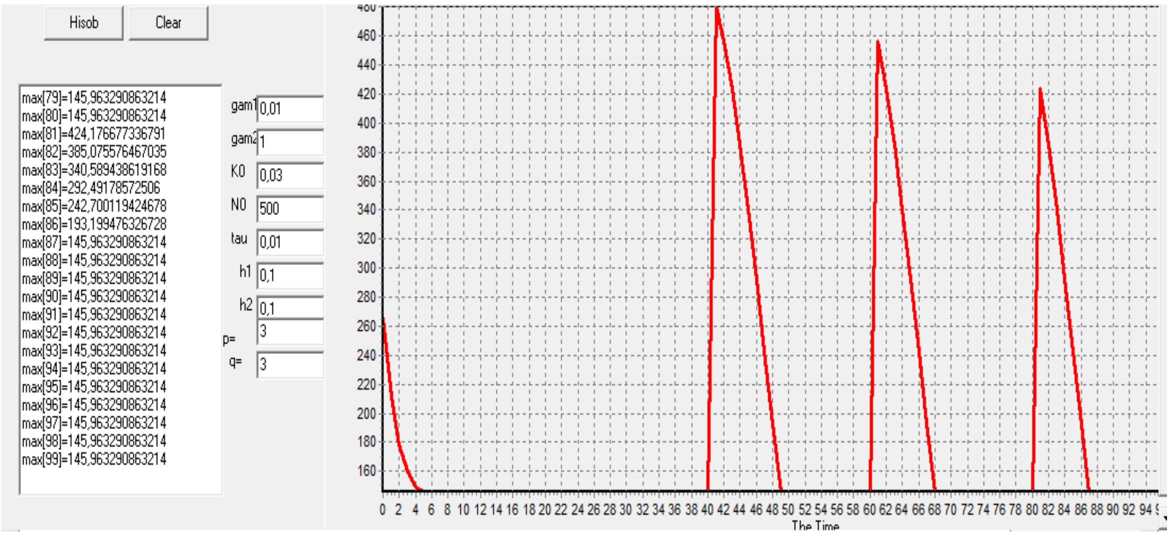


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 3
q= 2

Расми 4.2.22. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=0.3, q=2.

Натиҷаи графикӣ дар асоси матритсаи мутақобилаи навъи даранда ва сайд (бо воридкунии қиматҳои зерин $\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1,\ K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1,\ p = 0.2\,, q = 2)$ дар расми 4.2.23 оварда шудааст.

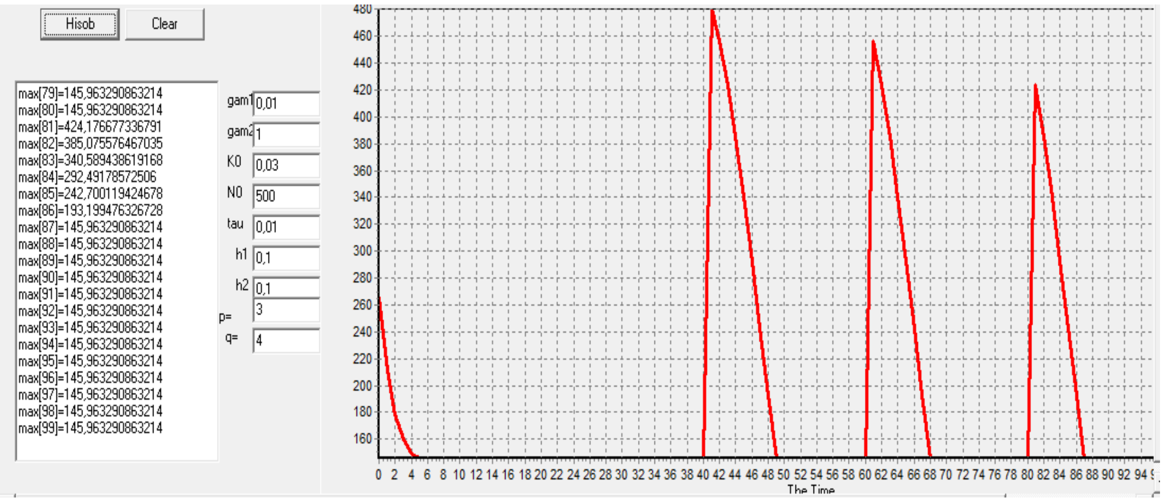


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 3
q= 3

Расми 4.2.23. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.1, h1=0.1, h2=0.1, p=3, q=3.

Бо интихоби чунин параметрҳо $\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1,\ K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1,\ p = 0.2$ ва $q = 3,$ натиҷаи обзори компютерӣ дар шакли графикӣ барои экосистемаи «Бешаи палангон» нишон медиҳад, ки динамикаи популятсияҳои даранда ва сайд хусусияти даврӣ доранд (расми 4.2.24).

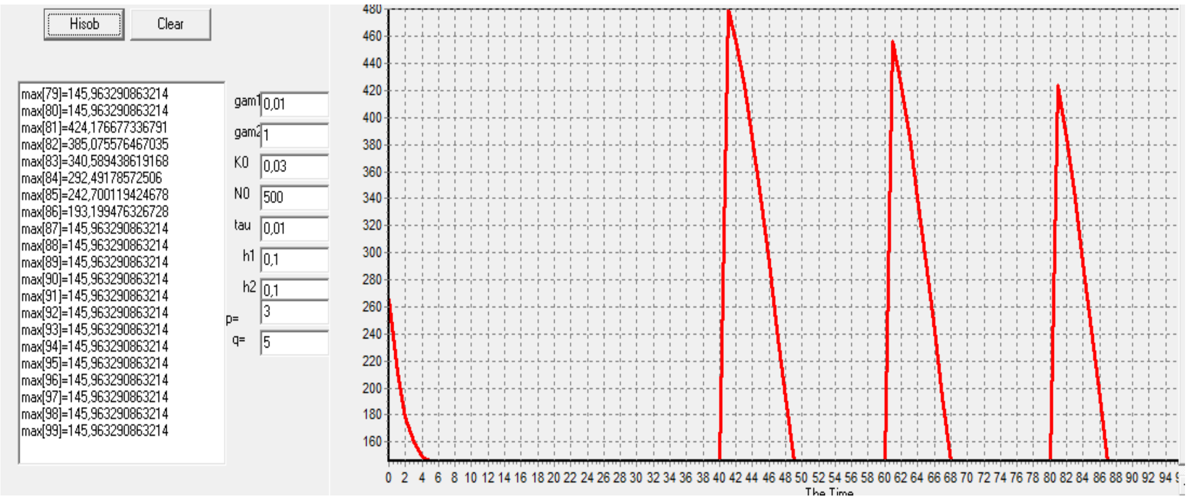


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 3
q= 4

Расми 4.2.24. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=3, q=4.

Ба параметҳои амсила бахшидани қиматҳои зерин: $\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1,\ K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1,\ p = 0.2$ ва $q = 4$ амсилаи компютерӣ натиҷаи графикии зеринро мегирад.

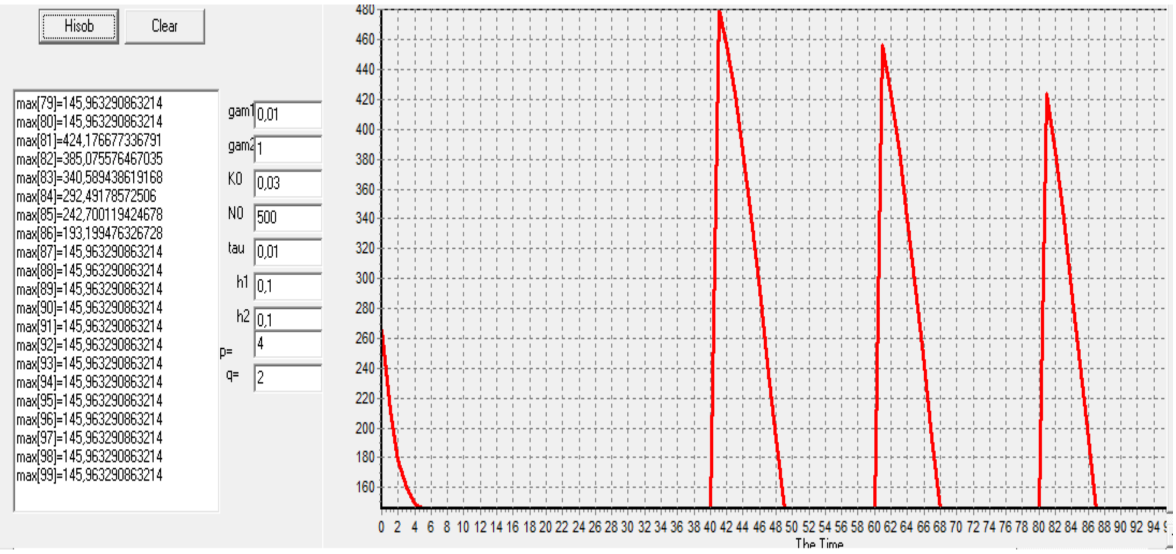


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 3
q= 5

Расми 4.2.25. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=3, q=4.

Бо тағйир додани қиматҳо, яъне $\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1,\ K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1,\ p = 0.2$ ва $q = 5,$ таҳлили графикӣ намуди зеринро мегирад.

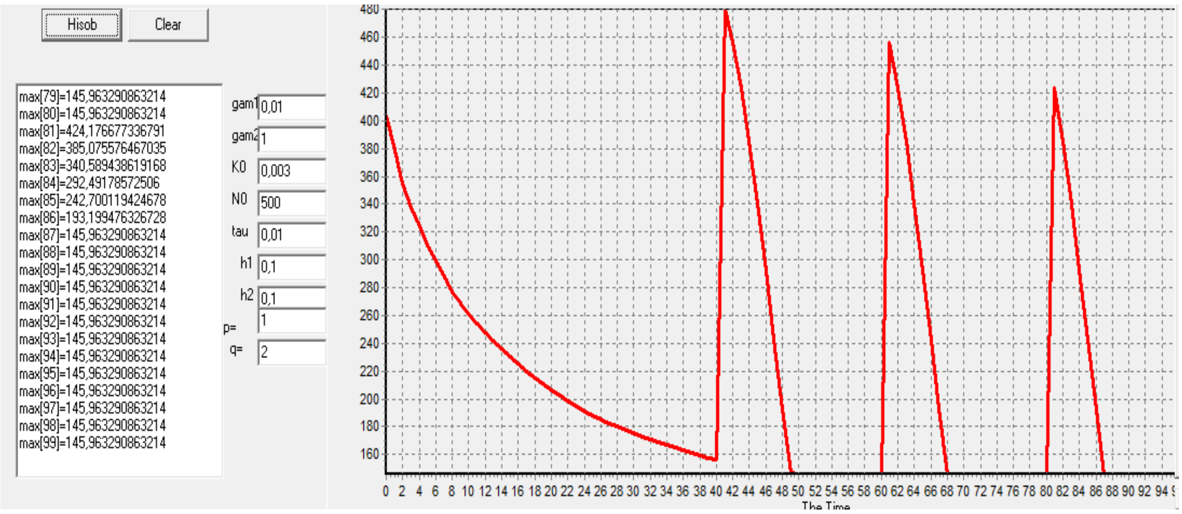


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,03
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 4
q= 2

Расми 4.2.26. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K₀=0.03, N₀=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0,1, p=4, q=2.

Натиҷаи амсила ҳангоми $\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1,\ K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1,\ p = 0.2$ ва $q = 5$ натиҷаи графикӣ нишон медиҳад, ки динамикаи популятсияҳои даранда ва сайд дар экосистемаи «Бешаи палангон» хусусияти давриро соҳиб мешавад (расми 4.2.24).

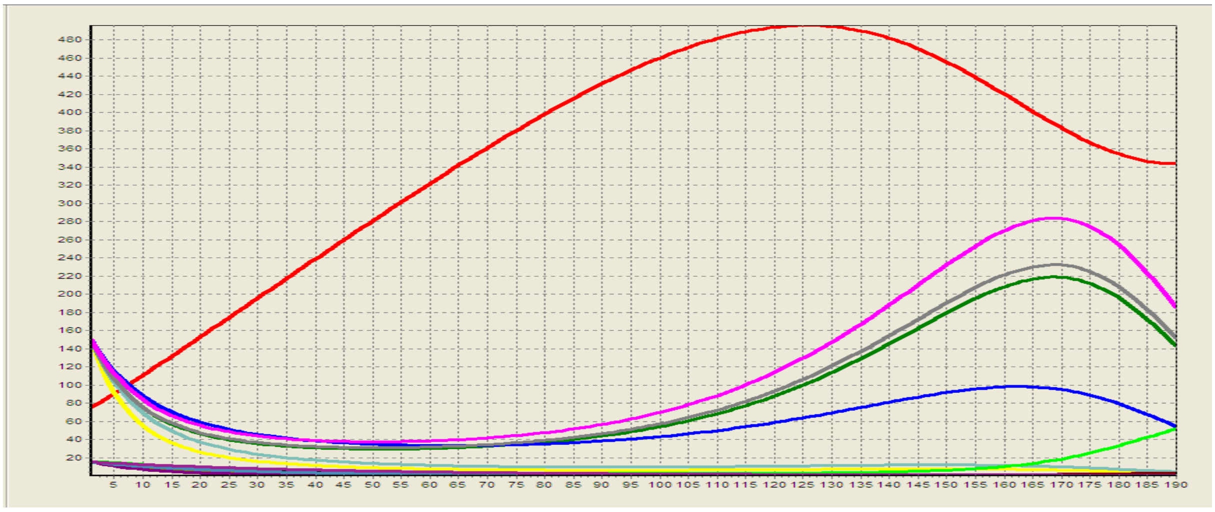


```
max[79]=145,963290863214
max[80]=145,963290863214
max[81]=424,176677336791
max[82]=385,075576467035
max[83]=340,589438619168
max[84]=292,49178572506
max[85]=242,700119424678
max[86]=193,199476326728
max[87]=145,963290863214
max[88]=145,963290863214
max[89]=145,963290863214
max[90]=145,963290863214
max[91]=145,963290863214
max[92]=145,963290863214
max[93]=145,963290863214
max[94]=145,963290863214
max[95]=145,963290863214
max[96]=145,963290863214
max[97]=145,963290863214
max[98]=145,963290863214
max[99]=145,963290863214
```

gam1 0,01
gam2 1
K0 0,003
N0 500
tau 0,01
h1 0,1
h2 0,1
p= 1
q= 2

Расми 4.2.27. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K₀=0.03, N₀=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=0.4, q=3.

Барномаи визуалӣ вобастагии қиматҳоро ҳангоми $\gamma_1 = 0.01,\ \gamma_2 = 1,\ K_0 = 0.03, N_0 = 500, \tau = 0.01, h_1 = 0.1, h_2 = 0.1,\ p = 0.2$ ва $q = 5,$ ба эътибор гирифта чунин натиҷа медиҳад (расми 4.2.28.).



Расми 4.2.28. Ҳангоми gam1=0.01, gam2=1, K_0=0.03, N_0=500, tau=0.01, h1=0.1, h2=0.1, p=0.4, q=3.

Дар асоси натиҷаҳои абзори компютерии таҳияшуда дар забони барномасозии сатҳи баланди C++ барои системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» дар асоси додаҳои воқеӣ нисбат ба динамикаи теъдоди миёнаи солонаи ҳайвонҳои алафхӯр ва дарандаҳои он (гург ва гурбаи қамишзорӣ) санҷида шудааст. Аз натиҷаҳои графикии барнома дида мешавад, ки теъдоди миёнаи солонаи воқеии ҳайвонот хеле наздиканд, яъне ин теъдодро бо саҳеҳии қобили қабул инъикос менамоянд.

4.3. Хулосаи боби 4-ум

Дар боби чоруми диссертатсия масъалаҳои вобаста ба татбиқи амалии амсилаҳои математикии таҳияшуда барои системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ) мавриди омӯзиш қарор гирифта, натиҷаҳои назариявии бадастомада дар мисолҳои мушаххас санҷида ва асоснок карда шудаанд. Дар ин боб масъалаҳои муҳимми марбут ба муайян намудани параметрҳои амсила, гузаронидани таҷрибаҳои ҳисоббарорӣ ва муқоисаи натиҷаҳои назариявӣ бо маълумоти воқеӣ ҳаллу фасли худро ёфтаанд.

Аз ҷумла, барои муайян намудани қимати коэффитсиентҳои номаълуми амсилаи математикӣ, ки ҳолати воқеии системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» (қисмати қамишию биёбонӣ)-ро тавсиф менамоянд, алгоритми махсус таҳия гардидааст. Алгоритми пешниҳодшуда имконият медиҳад, ки параметрҳои амсила бо назардошти маълумоти мушоҳидавӣ ва хусусиятҳои асосии низоми экологӣ муайян карда шаванд.

Дар натиҷаи истифодаи усулҳои оптимизатсионӣ ва минимизатсия қиматҳои коэффитсиентҳои матритсаи таъсири байниҳамдигарии ҷузъҳои экосистема муайян гардидаанд. Коэффитсиентҳои бадастомада имкон медиҳанд, ки таъсири мутақобилаи намудҳои биологӣ ва қонуниятҳои тағйирёбии шумораи онҳо дар шароити гуногуни муҳити зист бо саҳеҳии зарурӣ инъикос карда шаванд.

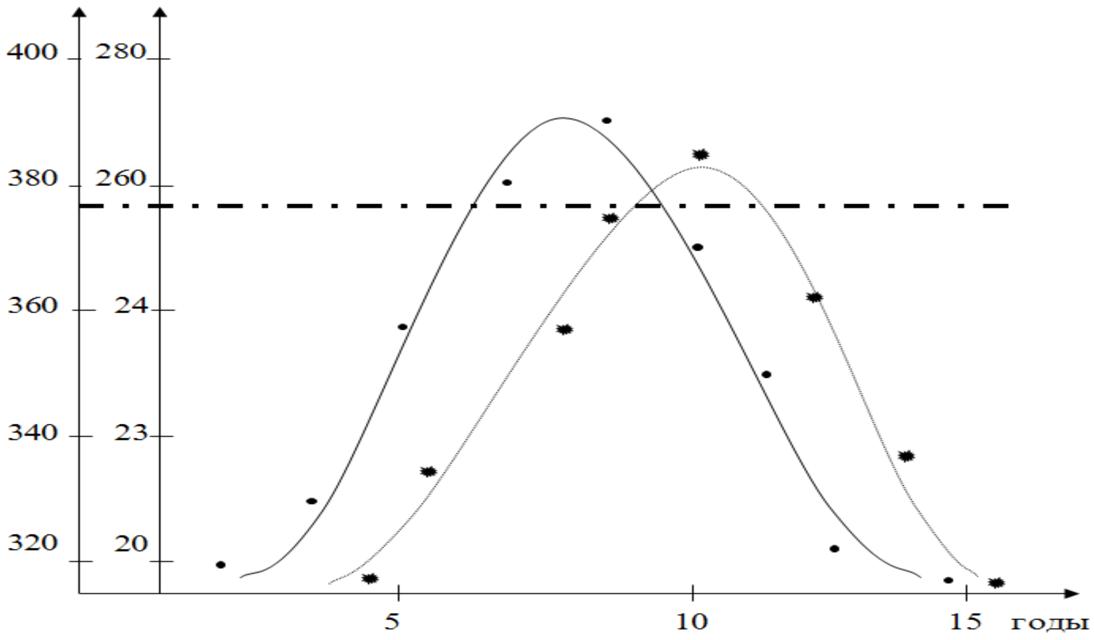
Нишон дода шудааст, ки амсилаи бо дарназардошти синну сол ва ҳайати намудҳо пешниҳодшуда, яъне $Ni=Ni(a,t)$, метавонад ба амсилаи мукаммалтаре, ки аз вакт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ вобаста мебошад, яъне $Ni=Ni(x, a, t)$, табдил дода шавад. Ин имконият фароҳам меорад, ки хусусиятҳои фазоии паҳншавии намудҳои биологӣ ва таъсири омилҳои муҳити зист бо дақиқии бештар таҳлил карда шаванд.

Ҳангоми гузаронидани таҷрибаҳои ҳисоббарорӣ схемаҳои фарқии пешниҳодшуда ва усули локалии якченака бо равишҳои тағйирёбандадор истифода шудаанд. Татбиқи ин усулҳо имконият додааст, ки ҳисобкуниҳо вобаста ба тири вақт бо саҳеҳии зарурӣ анҷом дода шуда, раванди тағйирёбии популятсияҳо дар фосилаҳои гуногуни вақт таҳлил карда шавад.

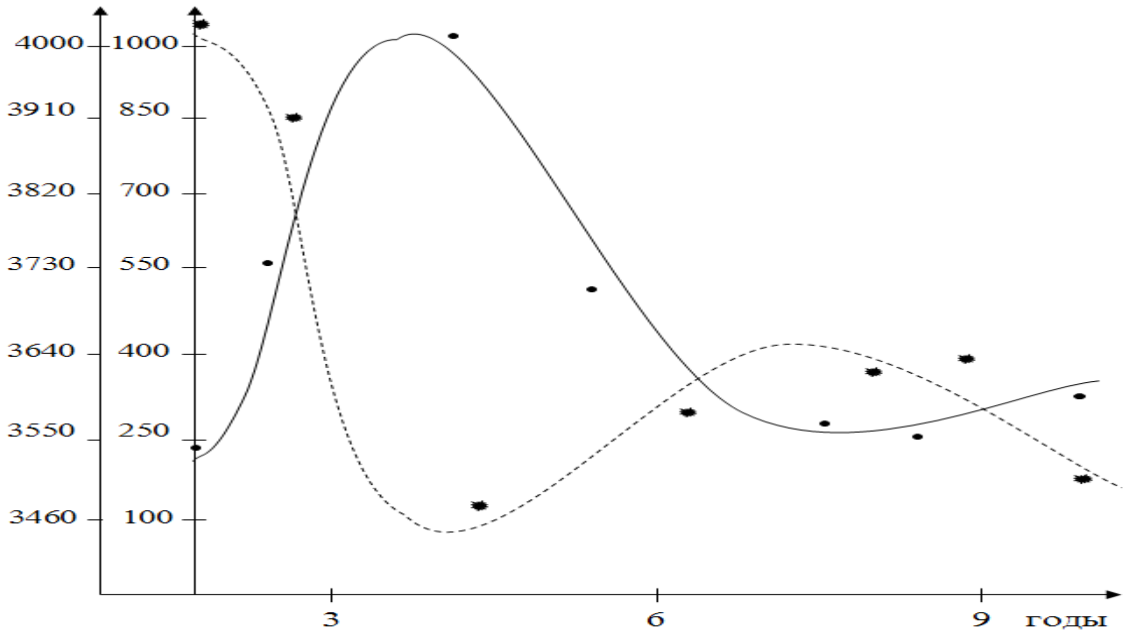
Дар асоси амсилаҳои математикӣ ва алгоритмҳои таҳияшуда дастаи барномаҳои амалии махсус дар забони барномасозии C++ сохта шудааст. Истифодаи абзори компютерии таҳияшуда имкон додааст, ки натиҷаҳои таҳлилӣ ва графикии моделҳо ба даст оварда шуда, онҳо бо маълумоти ибтидоӣ ва маълумоти таҷрибавӣ муқоиса карда шаванд. Верификатсияи амсилаҳои математикӣ нишон дод, ки натиҷаҳои ҳисоббарорӣ бо маълумоти воқеӣ мутобиқати қаноатбахш доранд.

Натиҷаҳои таҳлили графикӣ ва таҷрибаҳои компютерӣ, ки дар расмҳои 4.3.1 ва 4.3.2 оварда шудаанд, нишон медиҳанд, ки динамикаи шумораи миёнаи солонаи оҳуи бухорӣ ва дарандаҳои асосии он, аз ҷумла гург ва гурбаи қамишзорӣ, бо саҳеҳии қобили қабул инъикос карда мешавад. Дар давраи мушоҳидаҳои 9 ва 15-сола тафовути байни маълумоти воқеӣ ва натиҷаҳои моделсозӣ ночиз буда, ин ҳолат аз дурустии амсилаҳои пешниҳодшуда ва самаранокии воситаҳои компютерии таҳияшуда шаҳодат медиҳад.

Дар боби чорум имкониятҳои амалии истифодаи амсилаҳои математикӣ ва воситаҳои барномавии таҳияшуда барои омӯзиш, пешгӯӣ ва идоракунии равандҳои экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» нишон дода шуда, асоснок карда шудааст, ки натиҷаҳои бадастомада метавонанд дар ҳалли масъалаҳои ҳифзу нигаҳдории намудҳои нодир ва нестшавандаи ҳайвонот мавриди истифода қарор гиранд.



Расми 4.3.1. – Динамикаи теъдоди популятсия дар тули 15 сол. Оҳуи бухороӣ (амсилавӣ —, воқеӣ ●●●).



Расми 4.3.2. – Динамикаи теъдоди популятсия дар тули 9 сол. Гург ва гурбаи қамишзорӣ (амсилавӣ ---, воқеӣ *).**

Аз хулосаи овардашуда чунин бармеояд, ки барои идоракунии оптималии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон (қисмати қамишию биёбонӣ)», мамнӯъгоҳҳои минтақавии ба ин монанд ва устувории он масъулинро зарур аст чораҳои зарурӣ андешанд.

Хулосаҳо

1. Натиҷаҳои асосии илмии рисола

Амсилаҳои математикии сохташуда ва дар асоси онҳо навишта шудани даста барномаи амалӣ дар забони C++, озмоишҳои гузаронидашуда ва санҷиши дурусти натиҷаҳо барои ҳифзи навъҳои нодир ва нестшаванда бармеояд, ки зарурияти ҳалли ду масъала лозим аст: омодагӣ ва муназзамсозӣ. Масъалаи омодагӣ барои муайян кардани қиматҳои минималии (ё максималӣ) популятсияҳо, ки дар экосистемаи мамнӯъгоҳ дохиланд, ҳал карда мешавад. Шартҳои овардашуда вақте иҷро мегарданд, ки агар теъдоди ҳайвонҳои ҳифзшаванда (яъне нодир ва зери хатар қарордошта) ба фосилаи даркорӣ тааллуқ надошта бошад, он гоҳ масъалаи муназзамсозӣ («шикори ҳайвонҳо») ё васеъшавии системаи экологӣ, яъне илова кардани навъҳои «нодир ва нестшаванда» ҳал карда мешаванд.

Шартҳои овардашуда замоне иҷрои худро меёбанд, ки агар теъдоди ҳайвоноти муҳофизатшаванда (нодиру нестшаванда) ба ҳудуди даркорӣ тааллуқ надошта бошад, он гоҳ масъалаи гирифтани беҳсозӣ («шикор») ё изофа кардани беҳсозии навъҳои «нодиру нестшаванда» ҳал карда мешаванд.

Аз натиҷаҳои бадастомадаи таҳқиқот дида мешавад, ки баъзеи онҳо характери методӣ дошта, онҳоро метавон ҳангоми лоиҳакашӣ ва ҳифзи навъҳои нодир ва нестшавандаи мамнӯъгоҳҳои минтақавӣ истифода бурд. Ин дастовардҳо имкон медиҳанд, ки дар қадами аввал методи биологии таъсиррасониро ҷоннок намуда, воридкунии намудҳои навро ба роҳ монем ва он метвонад ба таври назаррас ба сохтори биологии системаи экологӣ таъсир расонад. Асосан шикори ҳайвонҳои даранда бештар ба сохтори системаи экологӣ таъсир мерасонад, аммо боиси коҳиш ёфтани теъдоди популятсияи онҳо гашта метавонад. Маълум аст кам шудани дарандагон боиси зиёд шудани баъзе намуди ҳайвонҳои алафхӯр мегарданд.

Дар асоси натиҷаҳои илмии бадастомада лозим аст чорабиниҳо чунон роҳандозӣ карда шаванд, ки бар асари тағйир ёфтани сохтори экосистема хусусиятҳои хоси ин сохтор аз нуқтаи назари устуворӣ ва сифатан устуворӣ дар асоси матритсаи таъсири байниҳамдигарӣ боқӣ монад.

Натиҷаҳои илмӣ ва амалии бадастомадаи кори илмиро метавон ҳангоми муайян кардани реҷаҳои муназзамсозӣ, истифодаи системаҳои табиии экологӣ мавриди истифода қарор дод. Дар айни замон навъҳои биологии муайяни экосистемаро «нодир ва нестшаванда» ҳисобида, бояд кӯшиш кард, ки теъдоди муайяни онҳо дар фосилаҳои муайяни додашуда нигоҳ дошта шаванд. Агар шумораи навъи «нодир ва нестшаванда» барои ба даст овардани моҳият дар фосилаи даркорӣ қарор дошта бошад, пас мо метавонем ин навъро нигоҳ дорем, агар ин навъҳо ба ин шарт ҷавобгӯ набошад, пас мо ба воситаи методи муназзамсозӣ иҷроиши шартҳои вайроншударо таъмин мекунем. Бояд қайд кард, ки методи муназзамсозии теъдоди навъҳои системаи экологӣ бояд чунон ба роҳ монда шаванд, ки тағйироти овардашуда дар сохтор на танҳо мубодилаи вайроншударо барқарор намояд, балки хусусиятҳои ин сохторро аз нуқтаи назарияи устуворӣ ва сифатан устуворӣ беҳтар намояд.

Аз таҳлилҳо ва сохторҳои баррасишудаи системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон (қисмати қамишию биёбонӣ)» ба хулосае омадан мумкин аст, ки натиҷаҳои бадастомада дар беҳсозии системаи экологӣ аҳамият калон дошта, онҳоро метавон барои дигар мамнӯгоҳҳои минтавӣ истифода бурд.

Натиҷаҳои илмии бадастомада аз он шаҳодат медиҳанд, ки мамнӯъгоҳҳо бо дарназардошти ҳамаи навъҳои мавҷуда устувор ва сифатан устувор буда наметавонанд. Аммо аз як тараф, набудани сифатнокии устувори экосистема моро бояд ноумед насозад ва сари он андеша ронем, ки бо кадом роҳҳо устувории онро ба даст орем.

Амсилаҳои математикӣ, схемаҳои фарқии ошкор ва хулосаҳо дар иртибот ба амсилаҳои вобаста аз вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ барои нигаҳдории ҳайвонҳои нодиру нестшаванда, муназзамсозӣ ва мониторинги системаҳои экологӣ хеле зарур мебошанд. Истифодаи хулосаҳои назариявӣ ва амалӣ, имкон медиҳанд, ки ба таври назаррас таҳия ва лоиҳакунонии системаҳои мушаххаси системаҳои экологӣ осон ва босуръат анҷом дода шаванд.

Ҳамин тариқ, натиҷаҳои асосии корро метавон ба таври кӯтоҳ ба тариқи зайл баён кард:

– Амсилаи консептуалии сохташуда (расми 1.1.4) вобаста аз навъҳои умрбасарбарандаи мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон» имкон фароҳам овардааст, ки дар асоси меъёрҳои устуворӣ ва сифатан устуворӣ Ҷеффрис ва Роберт Мэй сохторҳои устувор ва ноустувори мамнӯъгоҳ муайян карда шуда, сохторҳои ноустувор бо истифода аз амсилаҳои муназзамсозӣ танзим карда шаванд [1-М, 6-М];

– Масъалаи математикӣ оид ба нигоҳдории навъҳои нодир ва нестшаванда дар ҳудуди экосистемаҳо дар реҷаи статсионарӣ ва ғайристатсионарӣ вобаста аз тақсимоти синну сол ва фазо таҳия ва асоснок карда шудааст. Амсилаҳои математикӣ ва дар асоси онҳо абзорҳои компютериии сохташударо метавон барои омӯзиш, пешгӯӣ ва идоракунии динамикаи системаҳои экологии минтақавии намунавӣ истифода бурд [4-М, 5-М, 7-М];

– Тарзҳои ёфтани коэффитсиентҳои матритсаи мутақобилаи системаи экологии мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон», қисмати қамишию биёбонӣ дар сурати мутавшанниҷ будани алоқаҳои трофикӣ муайян карда шуданд [3-М, 8-М];

– Дар забони барномасозии сатҳи баланди С++ даста барномаҳои амалӣ татбиқ ва коркард шуда, як қатор озмоишҳо оид ба экосистемаҳои мушаххас гузаронида шуданд. Ҳалли ададии масъалаи ҳифзи навъҳои нодир ва нестшаванда дар фаъолияти мамнӯъгоҳи «Бешаи палангон», қисмати қамишию биёбонӣ дар реҷаҳои гуногун дарёфт карда шуданд [9-М, 12-М].

Тавсияхо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот

1. Натиҷаҳои таҳқиқот метавонанд ҳангоми таҳияи амсилаҳои математикӣ ва компютерии экосистемаҳои минтақавӣ ва системаҳои автоматикунонидашудаи қабули қарорҳо дар идоракунии захираҳои табиӣ истифода шаванд;

2. Амсилаҳои пешниҳодшуда барои таҳлил, пешгӯӣ ва мониторинги ҳолати экосистемаҳо дар шароити тағйирёбии иқлим ва таъсири омилҳои антропогенӣ тавсия карда мешаванд;

3. Натиҷаҳои таҳқиқот метавонанд дар фаъолияти мамнӯъгоҳҳо, заказникҳо, обанборҳо ва дигар объектҳои табиӣ барои назорат ва ҳифзи намудҳои нодир ва нестшаванда истифода шаванд;

4. Воситаҳои алгоритмӣ ва барномаҳои компютерии таҳияшуда метавонанд дар ташкили низомҳои автоматикунонидашудаи идоракунии экосистемаҳо ва қабули қарорҳои асоснок татбиқ гарданд;

5. Натиҷаҳои бадастомада метавонанд дар муассисаҳои илмӣ-тадқиқотӣ ва таҳсилоти олӣ ҳангоми гузаронидани таҳқиқоти минбаъда ва омода намудани мутахассисони соҳаи моделсозии математикӣ ва экология истифода бурда шаванд.

НОМГӮЙИ АДАБИЁТ

1. Феҳристи сарчашмаҳои истифодашуда

1. Auslander D.M., Oster G.P., Huffaker M. Dynamics of interacting populations // Franklin Inst. – 1974. – No 297. – P. 345-376.
2. Blasio G.D., Lamb-errs L. An initial boundary value problem for age-dependent population di f f us Ion // S I AM. J. Appl. Mathem., 1978. – No 35. – P. 593-615.
3. Blasio G.D. Nonlinear age-dependent population diffusion // J. Math. Biology, 1979. – No 8. – P. 265-284.
4. Brokate M. Pontryagins principle for control problems in age dependent population dynamics // Math. Biology. – 1985. – No 23. – P. 75-101.
5. Busenbery S., lannelli M. A class of nonlinear diffusion problems in age-dependent population dynamics // J. Nonlinear Anal. – 1983. – No 7. – P. 501-529.
6. Chipot M. On the equations of age-dependent population dynamics // Lefschevs Center for Dynamical Systems. Report 82-1.
7. Gurtin M.E., MacCamy R.C. Population dynamic with age dependence / ZNonlinear Analysis and Mechanics: Heriot-Watt Symposium III, Pitman. – Boston-London-Melbourn, 1979. – P. 190-199.
8. Gurtin M.E., Murphy. Oon the optimal harvesting of age-strustured population. Some simple models // Math. Biosci. – 1981. – № 55. – P. 115-136.
9. Gushing J.M. Model stability and instability in age structured populat ions // J. Theoreth. Biol. – 1980. – No 86. P. 709-730.
10. MacCamy, R.C. A population model with nonlinear dif-fusion // J. Differential Equations. – 1981. – №39. – P. 52-72.
11. May R.M. Mathematical models in whaling and fisheries management // Some mathematical questions in biology. Providence. Rhode Island, AMS. – 1980. – V. 13, p. 1-64.

12. Абдусаломов, И. Заповедник «Тигровая балка» [Текст] / И. Абдусаломов // Заповедники Советского Союза. – М.: Колос, 1969. – С. 432-437.
13. Абросов, Н.С. Анализ видовой структуры трофического уровня одноклеточных [Текст] / Н.С. Абросов, Б.Г. Ковров. – Новосибирск: Наука, 1977. – 186 с.
14. Агроклиматические ресурсы Таджикской ССР. Часть 1 [Текст] – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 216 с.
15. Азимов, С.Д. Асоснокунии усули омехтаи фарқи барои муайянкунии шумораи амсилавии бо назардошти вақт, синну сол ва мавқеъи фазой дар асоси схемаи якченака ва равишҳои тағйирёбанда / М.Қ. Юнусӣ, С. Азимов, С. Гулов // Вестник Таджикского национального университета (научный журнал). – Душанбе, 2016. – №1/3(200). С. 3-14.
16. Азимов, С.Д. Исследования идентичности структур максимально агрегированных систем региональных заповедников РТ на основе качественой устойчивости на примере заповедника Тигровая балка и Дашти-Джум / С. Одинаева, С. Азимов // Вестник Таджикского национального университета (научный журнал).– Душанбе, 2016. – №1/1(192). – С. 35-49.
17. Азимов, С.Д. Обоснавание численного решения интегро-дифференциальной задачи связанной с моделью популяции с учетом временного возрастного и пространственного распределения / С. Одинаева, С. Азимов // Вестник Таджикского национального университета (научный журнал). – Душанбе, 2016. – №1/3(200). – С. 3-14.
18. Азимов, С.Д. Существование численного решения интегро-дифференциональный задачи связанной с моделью популяции с учетом временного и пространственного распределения / С. Одинаева, С. Азимов // Вестник Таджикского национального университета (научный журнал). – Душанбе, 2016. – №1/1(192). С. 26-31.

19. Азимов, С.Д. Численные расчёты региональных заповедников / С. Одинаева, С. Азимов // Вестник Таджикского национального университета (научный журнал). – Душанбе, 2015. – №1/3(134). С. 33.

20. Алексеев В.В. Человек и биосфера. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 133 с.

21. Арабов М.Қ. Android Studio. Барноманависӣ барои телефонҳои мобилӣ. – Душанбе: ДСРТ, 2018. – 380 с.

22. Арабов М.Қ. Асосҳои барноманависӣ дар забони C++. – Душанбе: ДСРТ, 2018. – 421 с.

23. Арабов М.Қ. Асосҳои барноманависӣ дар забони Pascal ABC.NET. – Душанбе: ДСРТ, 2018. – 302 с.

24. Арабов М.Қ., Ҳабибуллозода К.Ҳ. C++. Барноманависии ба объектҳо нигаронидашуда. – Бохтар ДДБ, 2020. – 276 с.

25. Арабов, М.К. Анализ локальных бифуркаций динамических систем, содержащих негладкие нелинейности [Текст] / М.К. Арабов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2015. – № 1-4. – С. 45-48.

26. Арабов, М.К. Об устойчивости в целом особой точки кусочно-линейных уравнений второго порядка [Текст] / М.К. Арабов, З.И. Шарифзода // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2017. – № 1-1. – С. 37-43.

27. Асоев, Х. Общая характеристика заповедников Таджикистана и их экологическое состояние [Текст] / Х. Асоев, С. Хикматов. – Душанбе, 1999. – 74 с.

28. Ахмедов, Дж.Т. Анализ периодических решений негладкой динамической системы с вынужденным колебанием [Текст] / Дж.Т. Ахмедов, С.Х. Мирзоев, И.Дж. Нуров // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2016. – № 1-3 (200). – С. 14-17.

29. Ахмедов, Дж.Т. Устойчивость и периодичность в задачах с вынужденным колебанием нелинейной системы второго порядка / Дж.Т. Ахмедов, И.Дж. Нуров. // Вестник ТНУ. – 2017. – вып. 1/3. – С. 45-49.
30. Беллман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения. – М.: Мир, 1967. – 548 с.
31. Беллман Р. Введение в теорию матриц. – М.: Наука, 1976. – 351 с.
32. Беляев В.И. Теория сложныхгеосистем. – Киев.: Наукова думка, 1977. – 186 с.
33. Будак Б.И., Васильев Ф.П. Приближенные методы решения задач оптимального управления. – М.: Изд-во МГУ, 1969. – 299 с.
34. Васильев Ф.П. Методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1981. – 400 с.
35. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976. – 286 с.
36. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1967. – 575 с.
37. Гаузе Р.Ф. Исследования над борьбой за существование в смешанных популяциях // Зоологический журнал. – 1935. – Т.2, № 2. – С. 243-270.
38. Гелберт, Ш. С++ Базовый курс. / Ш. Гелберт. – Москва, Санкт-Петербург, Киев, 2015. – 620 с.
39. Грин М.Б., Хартли Г.С., Вест Т.Ф. Пестициды и защита растений. – М.: Колос, 1979. – 384 с.
40. Давлатов А.С. К классификации тугаев «Тигровая балка». // Кн. Ученые записки каф. Ботаники ТГУ. – Душанбе.: ТГУ, 1970. - №2. – С. 65-70.
41. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. – М.: Мир, 1981. – 252 с.
42. Динамическая теория биологических популяций (Под ред. Р.А.Полуэктова). – М.: Наука, 1974. – 455 с.
43. Заповедник «Тигровая балка». – Сталинабад: Дониш, 1959. – 200 с.
44. Зоологические науки Таджикистана за 60 лет. – Душанбе.: Дониш, 1985. – 245 с.

45. Красная книга Таджикской ССР [Текст]. – Душанбе: Дониш, 1988. – 560 с.
46. Кутеминский, В.Я. Почвы Таджикистана [Текст] / В.Я. Кутеминский, Р.С. Леонтьева. – Душанбе: Ирфон. – 1966. – 226 с.
47. Ладыженская О.А., Солонников В.А., Уральцева Н.Н. Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа. – М.: Наука, 1977. – 392 с.
48. Логофет, Д.О. Вопросы качественной устойчивости и регуляризации в динамических моделях агробиоценоза хлопчатника [Текст] / Д.О. Логофет, М.К. Юнусов // Вопросы кибернетики. – 1979. – Вып. 52. – С. 62-74.
49. Логофет, Д.О. Матрицы и графы: проблема устойчивости в математической экологии: автореф. дисс. докт. физ.-мат. наук [Текст] / Д.О. Логофет. – Красноярск, 1986. – 55 с.
50. Логофет, Д.О. Необходимые и достаточные условия знакоустойчивости матриц [Текст] / Д.О. Логофет, Н.Б. Ульянов // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 264. – № 3. – С. 542-546.
51. Майо, Дж. C# Builder. Быстрый старт. – М.: Бином, 2005. – 384 с.
52. Маркус, М. Обзор по теории матриц и матричных неравенств [Текст] / М. Маркус, Х. Минк. – М.: Наука, 1972. – 232 с.
53. Марри, Дж. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии [Текст] / Дж. Марри. – М.: Мир, 1983. – 397 с.
54. Марчук, Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды [Текст] / Г.И. Марчук. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
55. Мирзоев, С.Х. Задача охраны редких видов экосистемы заповедника «Дашти-Джум» с учётом переменной скорости ресурса [Текст] / С.Х. Мирзоев, С. Одинаева // Вестник Таджикского национального университета. – 2010. – Спецвыпуск. – С. 41-45.

56. Мирзоев, С.Х. Исследование системы «хищник-жертва» с учётом возрастного состава [Текст] / С.Х. Мирзоев // Вестник Таджикского национального университета. – 2010. – № 3 (59). – С. 73-78.
57. Мирзоев, С.Х. Математическая модель экосистем заповедника «Дашти-Джум» [Текст] / С.Х. Мирзоев // Вестник Таджикского национального университета. – 2010. – Спецвыпуск. – С. 8-12.
58. Мирзоев, С.Х. Математическое моделирование динамики экосистемы заповедника «Дашти-Джум» / С.Х. Мирзоев. –Душанбе: «Эр-граф», 2018. – 148 с.
59. Мирзоев, С.Х. Математическое моделирование экосистем заповедника «Дашти-Джум» с учетом возрастных структур [Текст] / С.Х. Мирзоев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2018. – № 2. – С. 16-21.
60. Мирзоев, С.Х. О регуляризации неустойчивых структур региональных заповедников, связанных с моделями охраны редких исчезающих видов [Текст] / С.Х. Мирзоев, М. Юнуси // Вестник Таджикского национального университета. – 2011. – № 6 (70). – С. 11-16.
61. Мирзоев, С.Х. О стабильности стационарных состояний экологических систем заповедников [Текст] / С.Х. Мирзоев // Вестник Таджикского национального университета. – 2009. – № 1 (49). – С. 41-45.
62. Мирзоев, С.Х. О стабильности стационарных состояний экологических систем заповедников [Текст] / С.Х. Мирзоев // Доклады Академии наук РТ. – 2002. – Т. 43. – № 4. – С. 70-75.
63. Мирзоев, С.Х. Разработка и исследование компьютерной модели динамики экосистемы рыбоводного пруда / С.Х. Мирзоев, Ф.С. Комилов, Д.С. Шарапов– Душанбе: «Эр-граф», 2018. – 176 с.
64. Мирзоев, С.Х. Способ регуляризации неустойчивых структур сообществ экосистем региональных заповедников Республики Таджикистан [Текст]

/ С.Х. Мирзоев // Вестник Технологического университета. – Казань, 2017. – Т. 20. – № 1. – С. 158-161.

65. Мирзоев, С.Х. Сборник задач для компьютерного программирования / Мирзоев С.Х., Абдукаримов М.Ф., Назаров А.П. // Учебное пособие. – Душанбе, 2019. – 257 с.
66. Моисеев, Н.Н. Концептуальная модель биосферы [Текст] / Н.Н. Моисеев, Ю.М. Свирежев // Вестник АН СССР. – 1979. – № 2. – С. 47-58.
67. Моисеев, Н.Н. Модели экологии и эволюции [Текст] / Н.Н. Моисеев. – Математика, кибернетика. – 1983. – № 10. – 30 с.
68. Мухаббатов, Х. Природные ресурсы горного Таджикистана / Х. Мухаббатов // Москва. – 199. – С. 68-72.
69. Мэрди, Дж. Модели популяций [Текст] / Дж. Мэрди // Математическое моделирование. – М.: Мир, 1979. – С. 109-127.
70. Новосельцев, В.Н. Теория управления и биосистемы [Текст] / В.Н. Новосельцев. – М.: Наука, 1978. – 320 с.
71. Одинаев, А.Х. Математическое моделирование экосистем заповедника «Рамит» с учетом возрастных структур. // Юнуси М.К., Давлатов Д.М. Вестник Таджикского государственного национального ниверситета. Серия естественных наук. – 2018. – № 1. – 2000. – № 2. – С. 66-74.
72. Одинаев, Р.Н. Задача защити растений для точечных моделей и при произвольных трофических функциях. [Текст] // Вестник Таджикского национального университета. – 2012. – №1/3 (85). – С. 28-36.
73. Одинаев, Р.Н. Исследование математической модели задачи защиты растений в нестационарном случае. [Текст] // Р. Одинаев, Ш. Косимов / Вестник Таджикского национального университета. – 2014. – №1/3 (134). – С. 6-10.
74. Одинаев, Р.Н. Исследование математической модели задачи защиты растений. [Текст] /Р.Н. Одинаев, М. Юнуси. / Монография. – Душанбе: Издательство ООО «Сармад-Компания», 2013. – 110 с.

75. Одинаев, Р.Н. Исследование системы типа «Полезные насекомые вредные насекомые» с учетом возрастного состава и пространственного распределения. [Текст] / Р. Одинаев, М. Юнуси / Вестник Таджикского технического университета. – Душанбе, 2012. – 1 (17). – С. 26-32.
76. Одинаев, Р.Н. Компьютерный анализ и алгоритм определения неизвестных параметров в задаче защиты растений. [Текст] / Р.Н. Одинаев // Известия вузов Кыргызстана. – Бишкек, 2018. – №1. – С. 11-14.
77. Одинаев, Р.Н. Математическая модель процесса защиты растений с учетом возрастной структуры насекомых. [Текст] / Р.Н. Одинаев // Известия вузов Кыргызстана. – Бишкек, 2018. – №2. – С. 3-7.
78. Одинаев, Р.Н. Необходимое и достаточное условие существования решения задачи защиты растений. [Текст] / Р.Н. Одинаев / Доклады академии наук Республики Таджикистан, том 58. – Душанбе, 2015. –№10. – С. 879-885.
79. Одинаева, С.А. О регуляризации неустойчивых структур экосистем региональных заповедников с учетом возрастного состава / С.А. Одинаева, М.К. Юнуси // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2016. – № 1-2 (196). – С. 71-77.
80. Одинаева, С.А. Математические модели оценки численности хищников экосистем (на примере заповедника «Дашти-Джум») / С.А. Одинаева // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 1 (65), Душанбе 2011, – С. 7-19.
81. Одинаева С.А. Математическое моделирование оценки численности хищников в экосистемах горных заповедников: на примере заповедника «Дашти-Джум»: диссертация кандидата физико-математических наук: 14.11.2012 / С.А. Одинаева. – Душанбе, 2012. – 105 с.
82. Одинаева С.А. Математическое моделирование оценки численности хищников в экосистемах горных заповедников: на примере заповедника «Дашти-Джум»: автореф. диссертация кандидата физико-

математических наук: 14.11.2012 / С.А. Одинаева. – Душанбе, 2012. – 25 с.

83. Одиназода, С.А. Математическое моделирование процесса охраны биологических популяций в зависимости от времени, возраста и распределений по пространству / С.А. Одиназода // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2022. – № 3. – С. 135-145.

84. Одум, Ю. Основы экологии [Текст] / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 740 с.

85. Олейник, О.А. Задача Коши и краевые задачи для уравнения типа нестационарной фильтрации [Текст] / О.А. Олейник, А.С. Калашников, Чжоу-Юи-Линь // Известия АН СССР. Сер. матем. – 1958. – Т. 22. – № 5. – С. 667-704.

86. Рахимзода, Ф. Алгоритм численного решения одной нелинейной интегро-дифференциальной задачи / М.К. Юнуси, Ф. Рахимзода // Вестник ТНУ. Сер. естественных наук. – 2016. Вып 1/3(200). – С. 20-22.

87. Рахимзода, Ф. Математические моделирование популяционных волн в нелинейных системах с учетом временно-возростьных и пронстранственных распределеный / Ф. Рахимзода // Вестник ТНУ. Сер. естественных наук. – 2021. – № 2. – С. 71-80.

88. Рахимзода, Ф. Представление решения одной неоднородной задачи / Ф.Рахимзода // Доклады НАН Таджикистана. – 2024. Т.67. – №5-6. С. 254-260.

89. Рахимзода, Ф. Решение одной пространственно-одномерной линейной задачи с функциональными условиями / М. Илолов, Ф. Рахимзода // Доклады НАН Таджикистана. – 2023. Т. 66. – №7-8. – С. 400-408.

90. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическое моделирование в биофизике. – М.: Наука, 1975. – 343 с.

91. Самарский, А.А. Режимы с обострением в задачах для квазилинейных параболических уравнений [Текст] / А.А. Самарский, С.П. Курдюмов, В.А. Галактионов, А.Г. Михайлов. – М.: Наука, 1987. – 477 с.
92. Свирежев, Ю.М. Имитационная модель экосистемы оз. Балатон (ВНР) [Текст] / Ю.М. Свирежев, А.А. Воинов, А.П. Тонких. – Рукопись деп. в ВИНИТИ 28.06.84. – № 4443-84 ДЕП. – 85 с.
93. Свирежев, Ю.М. Математическое моделирование биологических систем [Текст] / Ю.М. Свирежев, Е.Я. Елизаров. – М.: Наука, 1972. – 159 с.
94. Свирежев, Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии [Текст] / Ю.М. Свирежев. – М.: Наука, 1987. – 366 с.
95. Свирежев, Ю.М. О математических моделях биологических сообществ и связанных с ними задачах управления и оптимизации [Текст] / Ю.М. Свирежев // Математическое моделирование в биологии. – М.: Наука, 1975. – 365 с.
96. Свирежев, Ю.М. Устойчивость биологических сообществ [Текст] / Ю.М. Свирежев, Д.О. Логофет. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
97. Смит, Дж. Модели в экологии [Текст] / Дж. Смит. – М.: Мир, 1976. – 183 с.
98. Соколов, В.Е. Редкие и исчезающие животные. Млекопитающие [Текст]. – М.: Высшая школа, 1986. – 280 с.
99. Стивен, П. Язык программирования C++ (C++11). Лекции и упражнения, 6-е издание. – М.: «Вильямс», 2012. – 1248 с.
100. Страуструп Б. Язык программирования C++. Специальное издание = The C++ programming language. Special edition. – М.: Бином-Пресс, 2007. – 1104 с.
101. Усманов, З.Д. Моделирование динамики пустынных сообществ заповедника «Тигровая балка» [Текст] / З.Д. Усманов, Г.Н. Сапожников, М.А. Исмаилов, С.И. Черенков, С.Г. Благовещенская, Е.П. Яковлев // доклады ан тадж. ССР, 1982. – Т. 21. – №10. – С. 3-5.

102. Филатов, А.Н. Интегральные неравенства и теория нелинейных колебаний [Текст] / А.Н. Филатов, Л.В. Шарова. – М.: Наука, 1986. – 151 с.
103. Юнуси, М.К. Концептуальная модель садовой экосистемы и ее анализ методами теории качественной устойчивости [Матн] / М.К. Юнуси, Х.С. Махмадалиев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – Душанбе, 2014. – №1/1. – С. 5-14. ISSN 2074 1847.
104. Юнуси, М.К. Исследование садовой модельной экосистемы с учетом возрастного состава и пространственного распределения [Матн] / М.К. Юнуси, Х.С. Махмадалиев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – Душанбе, 2016.
105. Юнуси, М.К. Математические модели борьбы с вредителями агроценоза [Текст] / М.К. Юнуси. – Душанбе: Дониш, 1991. – 142 с.
106. Юнуси, М.К. Математическое моделирование управляемой высокопродуктивной экосистемы рыбоводного пруда. (Сообщение 3) [Текст] / М.К. Юнуси, Ф.С. Комилов, Н.И. Богданов, М.С. Эгамов. – Рукопись деп. в ВИНИТИ 12.03.93. – № 582, В-93. – 11 с.
107. Юнуси, М.К. Условия качественной устойчивости экосистем заповедника «Дашти-Джум» [Текст] / М.К. Юнуси, С.Х. Мирзоев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – Душанбе, 2020.
108. Юнуси, М.К. Оптимальное управление в задачах защиты планируемого урожая, охраняемыми биологическими популяциями и их приложения [Текст] / М. Юнуси. – Душанбе: Сино, 2018. – 288 с.
109. Юнусов, М.К. Математическая модель динамики насекомых-вредителей с учетом их возрастной структуры [Текст] / М.К. Юнусов // Известия АН Тадж. ССР. Отд. физ.-мат. наук. – 1982. – № 1. – С. 103-105.
110. Юнусов, М.К. Математические модели защиты растений и охраны популяций животных [Текст] / М.К. Юнусов. – Душанбе. – 1988. – 290 с.

111. Юнусов, М.К. Математические модели охраняемых популяций [Текст] / М.К. Юнусов. – М: ВЦ АН СССР, 1991. – 29 с.
112. Юнусов, М.К. Математический способ определения критических значений экосистем трех трофических уровней [Текст] / М.К. Юнусов // Журнал общей биологии. – 1982. – Т. 43. – № 6. – С. 836-841.
113. Юнусов, М.К. Некоторые математические вопросы охраны популяций животных [Текст] / М.К. Юнусов // Доклады АН ТаджССР. – 1989. – Т. 32. – № 2. – С. 87-92.
114. Юнусов, М.К. О решении одной оптимальной задачи [Текст] / М.К. Юнусов // Известия АН ТаджССР. Отд. физ.-мат. наук. – 1982. – № 4. – С. 106-108.
115. Юнусов, М.К. Об одном классе нелокальных задач [Текст] / М.К. Юнусов. – М: ВЦ АН СССР, 1991. – 30 с.
116. Юнусов, М.К. Оптимальное управление в биосистеме «хищник-жертва» [Текст] / М.К. Юнусов // Известия АН ТаджССР. Отд. физ.-мат. наук. – 1981. – № 2. – С. 81-85.
117. Юнусов, М.К. Оптимальное управление экосистемой трех трофических уровней [Текст] / М.К. Юнусов // Докл. АН ТаджССР. –1987. – Т. 30. – № 5. – С. 277-281.
118. Юнусов, М.К. Приближенное решение одной интегро-дифференциальной задачи [Текст] / М.К. Юнусов // Докл. АН ТаджССР. – 1985. – Т. 28. – № 9. – С. 504-506.
119. Юнусов, М.К. Решение одного класса интегро-дифференциальных задач и его приложения в биологии [Текст] / М.К. Юнусов. – Душанбе, 1989. – 53 с.
120. Юнусов, М.К. Решение одной интегро-дифференциальной задачи методом Фурье [Текст] / М.К. Юнусов // Доклады АН ТаджССР. –1984. – Т. 27. – № 9. – С. 491-494.

121. Юнусов, М.К. Существование решения одной интегро-дифференциальной задачи [Текст] / М.К. Юнусов // Доклады АН ТаджССР. – 1976. – Т.19. – № 7. – С. 3-6.
122. Юнусов, М.К. Динамика изолированных популяций с учетом возрастного состава и пространственных распределений [Текст] / М.К. Юнусов // Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования. – Ростов-на-Дону, 1988. – С. 118-119.
123. Юнусов, М.К. Об анализе качественной устойчивости некоторых экосистем заповедника «Тигровая балка» [Текст] / М.К. Юнусов, Г. Асимова // Известия АН ТаджССР. Отд. биол. наук. – 1980. – № 4. – С. 86-92.

2. ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРЁФТИ ДАРАҶАИ ИЛМӢ

а) Мақолаҳое, ки дар нашрияҳои тақризшавандаи КОА-и назди Президенти ҶТ чоп шудаанд:

[1-М] **Гулов, С.Ҳ.** Амсилаи математикии ҳифзи популятсияи биологӣ бо истифодаи схемаи фарқӣ барои экосистемаи қамишию биёбонии «Бешаи палангон» [Матн] / **С.Х. Гулов** // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – Душанбе, 2023. – №1. – С. 57-68. – EDN XSICUQ.

[2-М] **Гулов, С.Ҳ.** Усули танзими сохторҳои биологии ноустувори мамнуъгоҳи «Бешаи палангон» [Матн] / **С.Ҳ. Гулов**, С.Ҳ. Мирзоев, С.О. Одиназода // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. – Душанбе, 2022. – №2-3(102). – С. 21-26. – EDN DNTZOJ.

[3-М] **Гулов, С.Ҳ.** Асоскунии усули омехтаи фарқӣ барои муайянкунии шумораи популятсии моделӣ бо назардошти вақт, синну сол ва мақеи географӣ дар асоси схемаҳои фарқии локалии якченака ва равишҳои тағйирёбанда [Матн] / М.Қ. Юнусӣ, С. Азимов, **С.Х. Гулов** // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – Душанбе, 2020. – №3. – С. 105-113. – EDN XLRQHB.

[4-М] **Гулов, С.Х.** Исследование идентичности структур максимально агрегированных систем региональных заповедников РТ на основе качественной устойчивости (на примере заповедников «Тигровая балка» и «Дашти-Джум») [Текст] / С. Одинаева, **С.Х. Гулов**, С. Азимов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – Душанбе, 2016. – №1-1(192). – С. 35-40. – EDN VZSZVT.

[5-М] **Гулов, С.Х.** Некоторые вопросы идентичности экосистем региональных заповедников РТ на основе теории графов и качественной устойчивости (на примере экосистем «Дашти Джум», тигровой балки) [Текст] / **С.Х. Гулов**, С. Азимов // Вестник Таджикского национального университета.

Серия естественных наук. – Душанбе, 2016. – №1-2(196). – С. 17-22. – EDN WROVMN.

[6-М] **Гулов, С.Х.** Математические модели оценки численности хищников экосистем региональных заповедников Республики Таджикистан [Текст] / М.К. Юнуси, С.А. Одинаева, Х.С. Махмадалиев, **С.Х. Гулов** // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. – Бохтар, 2016. – №2-2(38). – С. 34-52. – EDN ZHDLHL.

[7-М] **Гулов, С.Х.** О численных расчетах численности биологических популяций заповедника «тигровая балка» [Текст] / М.К. Юнуси, **С.Х. Гулов** // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – Душанбе, 2015. – №1-2. – С. 42-48. – EDN UVFPHL.

[8-М] **Гулов, С.Х.** О качественной устойчивости экологических систем «Тигровая балка» [Текст] / М.К. Юнуси, **С.Х. Гулов** // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – Душанбе, 2014. – №1-2(130). – С. 51-58. – EDN VBXTHN.

[9-М] **Гулов, С.Х.** Алгоритми муайян кардани коэффитсентҳои амсилаи математикии «Бешаи Палангон» [Текст] / С.Х. Гулов // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. Часть 2. – Бохтар, 2025. – №2/4(129). – С. 16-22.

б) Мақолаҳое, ки дар дигар нашриёҳо ба табъ расидаанд:

[1-М] **Гулов, С.Х.** Концептуальная модель редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных заповедников Республики Таджикистан [Текст] / С.А. Одиназода, С.Х. Мирзоев, **С.Х. Гулов** / Сборник научных статей, посвящённый 125-летию доктора биологических наук Ивана Николаевича Сержанина. ГрГУ им. Янки Купалы. – Минск, 2023. – С. 207-209.

[2-М] **Гулов, С.Ҳ.** Усули муназзамсозии мамнуъгоҳи «Бешаи Палангон» [Матн] / **С.Ҳ. Гулов**, М.Т. Гулова / Маводи конференсияи илмӣ-амалии байналмиллалӣ дар мавзуи «Таҳлили комплексӣ ва тадбиқҳои он» бахшида ба «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф», 75-солагии корманди шоистаи Тоҷикистон, узви вобастаи АМИТ, доктори илмҳои физикаю математика, профессор И.К. Қурбонов ва 70-солагии д.и.ф-м, профессор Ҷ.С. Сафаров. – Бохтар, 2022. – С. 37-39.

[3-М] **Гулов, С.Х.** О применение метода интегральных тождеств по части переменных к задаче сильно анизотропного взрыва типа II [Текст] / **С.Х. Гулов**, М.К. Юнуси, Х.С. Махмадалиев / Материал республиканской научно теоретической конференции посвящённый 80-летию профессора Н. Исмати и 20-летию развития естественных точных математических наук. – Душанбе, 2020. – С. 106-111.

[4-М] **Гулов, С.Х.** Компьютерные эксперименты для идентичных экосистем «Дашти Джум» и «Тигровой Балки» [Текст] / С. Азимов, **С.Х. Гулов**, С. Одинаева, М.К. Юнуси, / Материалы IX – международной научно – теоретической конференции, посвященной 70-летию образования Таджикского национального университета и 70-летию доктора физико-математических наук, профессора Юнуси Махмадюсуф Камарзода (27-28 декабр). – Душанбе, 2018. – С. 35-42.

[5-М] **Гулов, С.Х.** Метод регуляризации неустойчивых структур сообществ экосистем региональных заповедников Республики Таджикистан описываемыми дифференциальными уравнениями в частных производных [Текст] / С. Азимов, **С.Х. Гулов**, М.К. Юнуси / Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Неклассические уравнения математической физики и смежные вопросы анализа» (02 апреля). – Душанбе, 2016. – С. 8-9.

[6-М] **Гулов, С.Х.** О методе регуляризации неустойчивых структур сообществ экосистем региональных заповедников Республики Таджикистан [Текст] / М.К. Юнуси, С. Азимов, **С.Х. Гулов** / Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы металлургии Таджикистана и пути их решения» (29-30 апреля). – Душанбе, 2016. – С. 221-222.

[7-М] **Гулов, С.Х**. Концептуальное исследование заповедников «Дашти Джум» и «Тигровая Балка» на идентичность по стабильности [Текст] / С. Азимов, С.Х. Гулов, М.К. Юнуси, / Материалы республиканской научно-теоретической конференции на тему «Развитие науки и образования в современное время», посвященной 25-летию Государственной Независимости Республики Таджикистан и 50-летию педагогической деятельности доктора педагогических наук, профессора С.Х. Холназаров (21-22 октября). – Курган-тюбе, 2016. – С. 258-260.

[8-М] **Гулов, С.Х.** Анализ региональных экосистем на устойчивость с помощью характеристического уравнения Юнуси [Текст] / С. Азимов, **С.Х. Гулов**, С. Одинаева / 10-ая международная конференция по компьютерному анализу проблем науки и технологии (30-31 декабрь). – Душанбе, 2015. – С. 21-24.

[9-М] **Гулов, С.Х.** Задача защиты растений в виде задачи Юнуси с учетом возрастно-пространственных распределений [Текст] / Ф. Рахимзода, **С.Х. Гулов**, Х. Махмадалиев / 10-ая международная конференция по компьютерному анализу проблем науки и технологии (30-31 декабрь). – Душанбе, 2015. – С. 24-25.

[10-М] **Гулов, С.Х.** ЗОГ-ы региональных экосистем Республики Таджикистан по Юнуси [Текст] / С. Азимов, С. Одинаева, **С.Х. Гулов**, / 10-ая международная конференция по компьютерному анализу проблем науки и технологии (30-31 декабрь). – Душанбе, 2015. – С. 28-30.

[11-М] **Гулов, С.Х.** Математическая модель охраны редкого вида типа модели Юнуси с учетом возрастного состава и пространственного распределения (на примере региональных заповедников Республики Таджикистан) [Текст] / С. Одинаева, А. Одинаев, **С.Х. Гулов**, Ч. Ганиев / 10-ая международная конференция по компьютерному анализу проблем науки и технологии (30-31 декабрь). – Душанбе, 2015. – С. 76-81.

[12-М] **Гулов, С.Х.** Об одном методе регуляризации ачественно неустойчивых структур региональных заповедников [Текст] / **С.Х. Гулов**, М.К. Юнуси / Материалы научно-теоретической конференции «Роль Кулябского государственного университета имени Абуабдуллаха Рудаки в подготовке специалистов», посвященной 70-летию университета (17-18 апрель). – Кулоб, 2014. – С. 275-277.

[13-М] **Гулов, С. Х.** Технология разработки компьютерного инструментария по прогнозированию и управлению динамики типовых региональных экосистем (на примере заповедника Тигровая Балка) / Мирзоев С.Х., Гулов С.Х. / Материалы международной научно-практической конференции на тему «Современные проблемы математики и ее преподавания», посвященной «Двадцатилетию изучения и развитию естественно-математических и точных дисциплин в сферах науки и образования» (2020-2040 годы) и 35-летию Государственной независимости Республики Таджикистан (часть 2). – Бохтар, 2025. – С. 45-48.

Шаҳодатномаи муаллифӣ:

[14-М] Гулов, С.Х. Объектно–ориентированный программный комплекс «Математическое моделирование динамики экосистемы заповедника «Тигровая балка» (для камышовых и пустыных территорий)» Гулов С.Х. // Вазорати Рушди иқтисод ва савдои Ҷумҳурии Тоҷикистон, № 3272600578–06.05.2026.

Замимаҳо

Замимаи 1.

Барномаи компютерии ҳалли масъалаҳои популятсияи биологӣ бо назардошти вақт, синну сол ва тақсимоти фазоӣ

```
//---------------------------------------------------------------------------
#include <vcl. h>
#include <math. h>
#pragma hdrstop
#include "uTurbulence. h"
#include "uProgramma. h"
#include "uRezultat. h"
#include "uGraph. h"
//---------------------------------------------------------------------------
#pragma package(smart_init)
#pragma link "acPNG"
#pragma link "sSkinManager"
#pragma resource "*. dfm"
TfrmRamit *frmRamit;
//---------------------------------------------------------------------------
__fastcall TfrmRamit::TfrmRamit(TComponent* Owner)
   : TForm(Owner)
{
}
Form8->Caption="Натиҷаи амсилаи имитатсионӣ";
Button1->Caption="Hisob";
Button2->Caption="Clear";
Edit1->Text="gam1=";
Edit2->Text="gam2=";
Edit3->Text="Ko=";
Edit4->Text="No=";
Edit5->Text="tan=";
Edit6->Text="h1=";
Edit7->Text="h2=";
Edit8->Text="p=";
Edit9->Text="g=";
```

```
Edit10->Text="";
Edit11->Text="";
Edit12->Text="";
Edit13->Text="";
Edit14->Text="";
Edit15->Text="";
Edit16->Text="";
Edit17->Text="";
Edit18->Text="";
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TfrmRamit::FormCreate(TObject *Sender)
{
SG1->Cells[0][0]="Êîìïîíåíòû";
SG1->Cells[1][0]="Çíà÷åíèÿ";
SG1->Cells[0][1]="N0";
SG1->Cells[0][2]="N1";
SG1->Cells[0][3]="N2";
SG1->Cells[0][4]="N3";
SG1->Cells[0][5]="N4";
SG1->Cells[0][6]="N5";
SG1->Cells[0][7]="N6";
SG1->Cells[0][8]="N7";
SG1->Cells[0][9]="N8";
SG1->Cells[0][10]="N9";
SG1->Cells[0][11]="N10";
SG1->Cells[0][12]="N11";
SG1->Cells[0][13]="N12";
SG1->Cells[0][14]="N13";
SG1->Cells[0][15]="N14";
SG1->Cells[0][16]="N15";
SG1->Cells[0][17]="N16";
SG1->Cells[0][18]="N17";
SG1->Cells[0][19]="N18";
SG1->Cells[1][1]="100";
SG1->Cells[1][2]="100";
```

```
SG1->Cells[1][3]="62";
SG1->Cells[1][4]="31";
SG1->Cells[1][5]="79";
SG1->Cells[1][6]="7";
SG1->Cells[1][7]="10";
SG1->Cells[1][8]="33";
SG1->Cells[1][9]="42";
SG1->Cells[1][10]="35";
SG1->Cells[1][11]="13";
SG1->Cells[1][12]="13";
SG1->Cells[1][13]="18";
SG1->Cells[1][14]="45";
SG1->Cells[1][15]="51";
SG1->Cells[1][16]="32";
SG1->Cells[1][17]="50";
SG1->Cells[1][18]="60";
SG1->Cells[1][19]="55";
SG2->Cells[1][1]="0. 0001";
SG2->Cells[1][2]="0. 0001";
SG2->Cells[1][3]="0. 0001";
SG2->Cells[1][4]="0. 001";
SG2->Cells[1][5]="0. 001";
SG2->Cells[1][6]="0. 0003";
SG2->Cells[1][7]="0. 0003";
SG2->Cells[1][8]="0. 0002";
SG2->Cells[1][9]="0. 0002";
SG2->Cells[1][10]="0. 0002";
SG2->Cells[1][11]="0. 0002";
SG2->Cells[1][12]="0. 0002";
SG2->Cells[1][13]="0. 0002";
SG2->Cells[1][14]="0. 0003";
SG2->Cells[1][15]="0. 0003";
SG2->Cells[1][16]="0. 0003";
SG2->Cells[1][17]="0. 0003";
SG2->Cells[1][18]="0. 0003";
```

```
SG2->Cells[1][19]="0.  0003";
SG3->Cells[0][0]="Êîìïîíåíòû";
SG3->Cells[1][0]="Çíà÷åíèÿ";
SG3->Cells[0][1]="k0";
SG3->Cells[0][2]="k1";
SG3->Cells[0][3]="k2";
SG3->Cells[0][4]="k3";
SG3->Cells[0][5]="k4";
SG3->Cells[0][6]="k5";
SG3->Cells[0][7]="k6";
SG3->Cells[0][8]="k7";
SG3->Cells[0][9]="k8";
SG3->Cells[0][10]="k9";
SG3->Cells[0][11]="k10";
SG3->Cells[0][12]="k11";
SG3->Cells[0][13]="k12";
SG3->Cells[0][14]="k13";
SG3->Cells[0][15]="k14";
SG3->Cells[0][16]="k15";
SG3->Cells[0][17]="k16";
SG3->Cells[0][18]="k17";
SG3->Cells[0][19]="k18";
SG3->Cells[1][1]="0.  3";
SG3->Cells[1][2]="0.  4";
SG3->Cells[1][3]="0.  5";
SG3->Cells[1][4]="0.  6";
SG3->Cells[1][5]="0.  4";
SG3->Cells[1][6]="0.  9";
SG3->Cells[1][7]="0.  6";
SG3->Cells[1][8]="0.  3";
SG3->Cells[1][9]="0.  4";
SG3->Cells[1][10]="0.  5";
SG3->Cells[1][11]="0.  6";
SG3->Cells[1][12]="0.  3";
SG3->Cells[1][13]="0.  4";
```

```
SG3->Cells[1][14]="0.  5";
SG3->Cells[1][15]="0.  6";
SG3->Cells[1][16]="0.  3";
SG3->Cells[1][17]="0.  4";
SG3->Cells[1][18]="0.  5";
SG3->Cells[1][19]="0.  6";
SG4->Cells[0][0]="Êîìïîíåíòû";
SG4->Cells[1][0]="Çíà÷åíèÿ";
SG4->Cells[0][1]="m1";
SG4->Cells[0][2]="m2";
SG4->Cells[0][3]="m3";
SG4->Cells[0][4]="m4";
SG4->Cells[0][5]="m5";
SG4->Cells[0][6]="m6";
SG4->Cells[0][7]="m7";
SG4->Cells[0][8]="m8";
SG4->Cells[0][9]="m9";
SG4->Cells[0][10]="m10";
SG4->Cells[0][11]="m11";
SG4->Cells[0][12]="m12";
SG4->Cells[0][13]="m13";
SG4->Cells[0][14]="m14";
SG4->Cells[0][15]="m15";
SG4->Cells[0][16]="m16";
SG4->Cells[0][17]="m17";
SG4->Cells[0][18]="m18";
SG4->Cells[1][1]="0.  03";
SG4->Cells[1][2]="0.  03";
SG4->Cells[1][3]="0.  03";
SG4->Cells[1][4]="0.  03";
SG4->Cells[1][5]="0.  03";
SG4->Cells[1][6]="0.  03";
SG4->Cells[1][7]="0.  03";
SG4->Cells[1][8]="0.  03";
SG4->Cells[1][9]="0.  03";
```

```
SG4->Cells[1][10]="0. 03";
SG4->Cells[1][11]="0. 03";
SG4->Cells[1][12]="0. 03";
SG4->Cells[1][13]="0. 03";
SG4->Cells[1][14]="0. 03";
SG4->Cells[1][15]="0. 03";
SG4->Cells[1][16]="0. 03";
SG4->Cells[1][17]="0. 03";
SG4->Cells[1][18]="0. 03";
}
//---------------------------------------------------------------------------

void __fastcall TfrmRamit::Button1Click(TObject *Sender)
{
double N0[1000],N1[1000],N2[1000],N3[1000],N4[1000],N5[1000],
   N6[1000],N7[1000],N8[1000],N9[1000],N10[1000],N11[1000],
   N12[1000],N13[1000],N14[1000],N15[1000],N16[1000],N17[1000],N18[1000];

double alpha0,alpha1,alpha2,alpha3,alpha4,alpha5,alpha6,alpha7,alpha8,
   alpha9,alpha10,alpha11,alpha12,alpha13,alpha14,alpha15,alpha16,
   alpha17,alpha18;

double k0,k1,k2,k3,k4,k5,k6,k7,k8,k9,k10,k11,k12,k13,k14,k15,k16,k17,k18;

double m1,m2,m3,m4,m5,m6,m7,m8,m9,m10,m11,m12,m13,m14,m15,m16,m17,m18;

double n,h,t0,tk,Q,eps2,eps5,eps6,eps7,eps8,eps9,eps18;
double b7,b16;
b7=1;
b16=1;
Q=StrToFloat(Edit1->Text);
t0=StrToInt(Edit2->Text);
tk=StrToInt(Edit3->Text);
h=StrToFloat(Edit4->Text);
eps2=StrToFloat(Edit5->Text);
```

```
eps5=StrToFloat(Edit6->Text);
eps6=StrToFloat(Edit7->Text);
eps7=StrToFloat(Edit8->Text);
eps8=StrToFloat(Edit9->Text);
eps9=StrToFloat(Edit10->Text);
eps18=StrToFloat(Edit11->Text);

n=(tk-t0)/h;
N0[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][1]);
N1[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][2]);
N2[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][3]);
N3[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][4]);
N4[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][5]);
N5[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][6]);
N6[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][7]);
N7[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][8]);
N8[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][9]);
N9[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][10]);
N10[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][11]);
N11[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][12]);
N12[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][13]);
N13[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][14]);
N14[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][15]);
N15[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][16]);
N16[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][17]);
N17[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][18]);
N18[0]=StrToFloat(SG1->Cells[1][19]);

alpha0=StrToFloat(SG2->Cells[1][1]);
alpha1=StrToFloat(SG2->Cells[1][2]);
alpha2=StrToFloat(SG2->Cells[1][3]);
alpha3=StrToFloat(SG2->Cells[1][4]);
alpha4=StrToFloat(SG2->Cells[1][5]);
alpha5=StrToFloat(SG2->Cells[1][6]);
alpha6=StrToFloat(SG2->Cells[1][7]);
```

```
alpha7=StrToFloat(SG2->Cells[1][8]);
alpha8=StrToFloat(SG2->Cells[1][9]);
alpha9=StrToFloat(SG2->Cells[1][10]);
alpha10=StrToFloat(SG2->Cells[1][11]);
alpha11=StrToFloat(SG2->Cells[1][12]);
alpha12=StrToFloat(SG2->Cells[1][13]);
alpha13=StrToFloat(SG2->Cells[1][14]);
alpha14=StrToFloat(SG2->Cells[1][15]);
alpha15=StrToFloat(SG2->Cells[1][16]);
alpha16=StrToFloat(SG2->Cells[1][17]);
alpha17=StrToFloat(SG2->Cells[1][18]);

alpha18=StrToFloat(SG2->Cells[1][19]);
k0=StrToFloat(SG3->Cells[1][1]);
k1=StrToFloat(SG3->Cells[1][2]);
k2=StrToFloat(SG3->Cells[1][3]);
k3=StrToFloat(SG3->Cells[1][4]);
k4=StrToFloat(SG3->Cells[1][5]);
k5=StrToFloat(SG3->Cells[1][6]);
k6=StrToFloat(SG3->Cells[1][7]);
k7=StrToFloat(SG3->Cells[1][8]);
k8=StrToFloat(SG3->Cells[1][9]);
k9=StrToFloat(SG3->Cells[1][10]);
k10=StrToFloat(SG3->Cells[1][11]);
k11=StrToFloat(SG3->Cells[1][12]);
k12=StrToFloat(SG3->Cells[1][13]);
k13=StrToFloat(SG3->Cells[1][14]);
k14=StrToFloat(SG3->Cells[1][15]);
k15=StrToFloat(SG3->Cells[1][16]);
k16=StrToFloat(SG3->Cells[1][17]);
k17=StrToFloat(SG3->Cells[1][18]);
k18=StrToFloat(SG3->Cells[1][19]);

m1=StrToFloat(SG4->Cells[1][1]);
m2=StrToFloat(SG4->Cells[1][2]);
```

```
m3=StrToFloat(SG4->Cells[1][3]);
m4=StrToFloat(SG4->Cells[1][4]);
m5=StrToFloat(SG4->Cells[1][5]);
m6=StrToFloat(SG4->Cells[1][6]);
m7=StrToFloat(SG4->Cells[1][7]);
m8=StrToFloat(SG4->Cells[1][8]);
m9=StrToFloat(SG4->Cells[1][9]);
m10=StrToFloat(SG4->Cells[1][10]);
m11=StrToFloat(SG4->Cells[1][11]);
m12=StrToFloat(SG4->Cells[1][12]);
m13=StrToFloat(SG4->Cells[1][13]);
m14=StrToFloat(SG4->Cells[1][14]);
m15=StrToFloat(SG4->Cells[1][15]);
m16=StrToFloat(SG4->Cells[1][16]);
m17=StrToFloat(SG4->Cells[1][17]);
m18=StrToFloat(SG4->Cells[1][18]);

for (unsigned int t=t0; t<=n; t++){
ListBox1->Items->Add(FormatFloat("0. 0",t));
}
unsigned int n1=ListBox1->Items->Count+1;
frmResultat->SG1->RowCount=n1;

for (unsigned int t=t0; t<=n; t++){
N0[t]=N0[t-1]+h*(Q-alpha0*N0[t-1]*N1[t-1]);
N1[t]=N1[t-1]+h*(N1[t-1]*(-m1+k0*alpha0*N0[t-1]-alpha2*N2[t-1]-alpha3*N3[t-1]-
alpha4*N4[t-1]));
N2[t]=N2[t-1]+h*(N2[t-1]*(-m2+k1*alpha1*N1[t-1]-((alpha16*N2[t-1])/(b16+N2[t-
1]))*N16[t-1]-alpha17*N17[t-1]-eps2*N2[t-1]));
N3[t]=N3[t-1]+h*(N3[t-1]*(-m3+k1*alpha1*N1[t-1]-alpha5*N5[t-1]-alpha6*N6[t-1]));
N4[t]=N4[t-1]+h*(N4[t-1]*(-m4+k1*alpha1*N1[t-1]-alpha5*N5[t-1]-alpha7*N7[t-1]));
N5[t]=N5[t-1]+h*(N5[t-1]*(-m5+k3*alpha3*N3[t-1]+k4*alpha4*N4[t-1]-eps5*N5[t-1]));
N6[t]=N6[t-1]+h*(N6[t-1]*(-m6+k3*alpha3*N3[t-1]+k15*alpha15*N15[t-1]-eps6*N6[t-1]));
N7[t]=N7[t-1]+h*(N7[t-1]*(-m7+k1*alpha1*N1[t-1]+k2*alpha2*N2[t-
1]+k10*alpha10*N10[t-1]-eps7*N7[t-1]));
```

```
N8[t]=N8[t-1]+h*(N8[t-1]*(-m8+k3*alpha3*N3[t-1]+k4*alpha4*N4[t-1]+k9*alpha9*N9[t-1]+k12*alpha12*N12[t-1]-alpha7*N7[t-1]-eps8*N8[t-1]));
N9[t]=N9[t-1]+h*(N9[t-1]*(-m9+k13*alpha13*N13[t-1]+k14*alpha14*N14[t-1]-alpha5*N5[t-1]-alpha7*N7[t-1]-eps9*N9[t-1]));
N10[t]=N10[t-1]+h*(N10[t-1]*(-m10+k2*alpha2*N2[t-1]+k17*alpha17*N17[t-1]-alpha7*N7[t-1]));
N11[t]=N11[t-1]+h*(N11[t-1]*(-m11+k14*alpha14*N14[t-1]+k15*alpha15*N15[t-1]-alpha5*N5[t-1]-alpha7*N7[t-1]));
N12[t]=N12[t-1]+h*(N12[t-1]*(-m12+k1*alpha1*N1[t-1]+k14*alpha14*N14[t-1]-alpha5*N5[t-1]-alpha6*N6[t-1]));
N13[t]=N13[t-1]+h*(N13[t-1]*(-m13+k1*alpha1*N1[t-1]+k2*alpha2*N2[t-1]-alpha7*N7[t-1]-alpha8*N8[t-1]));
N14[t]=N14[t-1]+h*(N14[t-1]*(-m14+k1*alpha1*N1[t-1]+k2*alpha2*N2[t-1]-alpha5*N5[t-1]-alpha6*N6[t-1]-alpha8*N8[t-1]));
N15[t]=N15[t-1]+h*(N15[t-1]*(-m15+k1*alpha1*N1[t-1]-alpha5*N5[t-1]-alpha6*N6[t-1]-alpha7*N7[t-1]));
N16[t]=N16[t-1]+h*(N16[t-1]*(-m16+k1*alpha1*N1[t-1]+k2*alpha2*N2[t-1]-alpha6*N6[t-1]-alpha7*N7[t-1]-alpha9*N9[t-1]));
N17[t]=N17[t-1]+h*(N17[t-1]*(-m17+k1*alpha1*N1[t-1]+k2*alpha2*N2[t-1]-alpha7*N7[t-1]-alpha10*N10[t-1]-alpha18*N18[t-1]));
N18[t]=N18[t-1]+h*(N18[t-1]*(-m18+k2*alpha2*N2[t-1]+k16*alpha16*N16[t-1]-alpha10*N10[t-1]-alpha11*N11[t-1]-eps18*N18[t-1]));

frmResultat->SG1->Cols[0]->Add(FormatFloat("0.  0",t));
if (N0[t]>=0){

frmResultat->SG1->Cols[1]->Add(FormatFloat("0.  0",N0[t-1]));
frmGraphik->Series1->AddXY(t,N0[t-1]);
frmGraphik->Series1->LinePen->OnChange;
}
else{
N0[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[1]->Add(FormatFloat("0.  0",N0[t-1]));
frmGraphik->Series1->AddXY(t,N0[t-1]);
}
```

```
if (N1[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[2]->Add(FormatFloat("0. 0",N1[t-1]));
frmGraphik->Series2->AddXY(t,N1[t-1]);
}
else{
N1[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[2]->Add(FormatFloat("0. 0",N1[t-1]));
frmGraphik->Series2->AddXY(t,N1[t-1]);
}
if (N2[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[3]->Add(FormatFloat("0. 0",N2[t-1]));
frmGraphik->Series3->AddXY(t,N2[t-1]);
}
else{
N2[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[3]->Add(FormatFloat("0. 0",N2[t-1]));
frmGraphik->Series3->AddXY(t,N2[t-1]);
}
if (N3[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[4]->Add(FormatFloat("0. 0",N3[t-1]));
frmGraphik->Series4->AddXY(t,N3[t-1]);
}
else{
N3[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[4]->Add(FormatFloat("0. 0",N3[t-1]));
frmGraphik->Series4->AddXY(t,N3[t-1]);
}
if (N4[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[5]->Add(FormatFloat("0. 0",N4[t-1]));
frmGraphik->Series5->AddXY(t,N4[t-1]);
}
else{
N4[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[5]->Add(FormatFloat("0. 0",N4[t-1]));
frmGraphik->Series5->AddXY(t,N4[t-1]);
```

```
}
if (N5[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[6]->Add(FormatFloat("0.  0",N5[t-1]));
frmGraphik->Series6->AddXY(t,N5[t-1]);
}
else{
N5[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[6]->Add(FormatFloat("0.  0",N5[t-1]));
frmGraphik->Series6->AddXY(t,N5[t-1]);
}
if (N6[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[7]->Add(FormatFloat("0.  0",N6[t-1]));
frmGraphik->Series7->AddXY(t,N6[t-1]);
}
else{
N6[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[7]->Add(FormatFloat("0.  0",N6[t-1]));
frmGraphik->Series7->AddXY(t,N6[t-1]);
}
if (N7[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[8]->Add(FormatFloat("0.  0",N7[t-1]));
frmGraphik->Series8->AddXY(t,N7[t-1]);
}
else{
N7[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[8]->Add(FormatFloat("0.  0",N7[t-1]));
frmGraphik->Series8->AddXY(t,N7[t-1]);
}
if (N8[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[9]->Add(FormatFloat("0.  0",N8[t-1]));
frmGraphik->Series9->AddXY(t,N8[t-1]);
}
else{
N8[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[9]->Add(FormatFloat("0.  0",N8[t-1]));
```

```
frmGraphik->Series9->AddXY(t,N8[t-1]);
}
if (N9[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[10]->Add(FormatFloat("0. 0",N9[t-1]));
frmGraphik->Series10->AddXY(t,N9[t-1]);
}
else{
N9[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[10]->Add(FormatFloat("0. 0",N9[t-1]));
frmGraphik->Series10->AddXY(t,N9[t-1]);
}
if (N10[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[11]->Add(FormatFloat("0. 0",N10[t-1]));
frmGraphik->Series11->AddXY(t,N10[t-1]);
}
else{
N10[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[11]->Add(FormatFloat("0. 0",N10[t-1]));
frmGraphik->Series11->AddXY(t,N10[t-1]);
}
if (N11[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[12]->Add(FormatFloat("0. 0",N11[t-1]));
frmGraphik->Series12->AddXY(t,N11[t-1]);
}
else{
N11[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[12]->Add(FormatFloat("0. 0",N11[t-1]));
frmGraphik->Series12->AddXY(t,N11[t-1]);
}
if (N12[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[13]->Add(FormatFloat("0. 0",N12[t-1]));
frmGraphik->Series13->AddXY(t,N12[t-1]);
}
else{
N12[t]=0;
```

```
frmResultat->SG1->Cols[13]->Add(FormatFloat("0.  0",N12[t-1]));
frmGraphik->Series13->AddXY(t,N12[t-1]);
}
if (N13[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[14]->Add(FormatFloat("0.  0",N13[t-1]));
frmGraphik->Series14->AddXY(t,N13[t-1]);
}
else{
N13[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[14]->Add(FormatFloat("0.  0",N13[t-1]));
frmGraphik->Series14->AddXY(t,N13[t-1]);
}
if (N14[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[15]->Add(FormatFloat("0.  0",N14[t-1]));
frmGraphik->Series15->AddXY(t,N14[t-1]);
}
else{
N14[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[15]->Add(FormatFloat("0.  0",N14[t-1]));
frmGraphik->Series15->AddXY(t,N14[t-1]);
}
if (N15[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[16]->Add(FormatFloat("0.  0",N15[t-1]));
frmGraphik->Series16->AddXY(t,N15[t-1]);
}
else{
N15[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[16]->Add(FormatFloat("0.  0",N15[t-1]));
frmGraphik->Series16->AddXY(t,N15[t-1]);
}
if (N16[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[17]->Add(FormatFloat("0.  0",N16[t-1]));
frmGraphik->Series17->AddXY(t,N16[t-1]);
}
else{
```

```
N16[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[17]->Add(FormatFloat("0.  0",N16[t-1]));
frmGraphik->Series17->AddXY(t,N16[t-1]);
}
if (N17[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[18]->Add(FormatFloat("0.  0",N17[t-1]));
frmGraphik->Series18->AddXY(t,N17[t-1]);
}
else{
N17[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[18]->Add(FormatFloat("0.  0",N17[t-1]));
frmGraphik->Series18->AddXY(t,N17[t-1]);
}
if (N18[t]>=0){
frmResultat->SG1->Cols[19]->Add(FormatFloat("0.  0",N18[t-1]));
frmGraphik->Series19->AddXY(t,N18[t-1]);
}
else{
N18[t]=0;
frmResultat->SG1->Cols[19]->Add(FormatFloat("0.  0",N18[t-1]));
frmGraphik->Series19->AddXY(t,N18[t-1]);
}
}
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TfrmRamit::FormShow(TObject *Sender)
{
 AnsiString m="Skins";
 sSkinManager1->SkinDirectory=m.  c_str();
 sSkinManager1->SkinName="Air";
 sSkinManager1->Active=true;
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TfrmRamit::N5Click(TObject *Sender)
{
```

```
frmProgramma->ShowModal();
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TfrmRamit::Button2Click(TObject *Sender)
{
frmResultat->ShowModal();
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TfrmRamit::Button3Click(TObject *Sender)
{
frmGraphik->CheckBox1->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox2->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox3->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox4->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox5->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox6->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox7->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox8->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox9->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox10->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox11->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox12->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox13->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox14->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox15->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox16->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox17->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox18->Checked=true;
frmGraphik->CheckBox19->Checked=true;
frmGraphik->ShowModal();
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TfrmRamit::Button4Click(TObject *Sender)
{
unsigned int Row=frmResultat->SG1->RowCount;
```

```
for (unsigned int i=1; i<=Row; i++){
frmResultat->SG1->Rows[i]->Clear();
}
frmResultat->SG1->RowCount=2;
ListBox1->Items->Clear();
frmGraphik->Series1->Clear();
frmGraphik->Series2->Clear();
frmGraphik->Series3->Clear();
frmGraphik->Series4->Clear();
frmGraphik->Series5->Clear();
frmGraphik->Series6->Clear();
frmGraphik->Series7->Clear();
frmGraphik->Series8->Clear();
frmGraphik->Series9->Clear();
frmGraphik->Series10->Clear();
frmGraphik->Series11->Clear();
frmGraphik->Series12->Clear();
frmGraphik->Series13->Clear();
frmGraphik->Series14->Clear();
frmGraphik->Series15->Clear();
frmGraphik->Series16->Clear();
frmGraphik->Series17->Clear();
frmGraphik->Series18->Clear();
frmGraphik->Series19->Clear();
}
//---------------------------------------------------------------------------
void __fastcall TfrmRamit::Button5Click(TObject *Sender)
{
Close();
}
//---------------------------------------------------------------------------
```

Замимаи 2

«ТАСДИҚ МЕКУНАМ»
Ректори ДДБ ба номи Н. Хусрав,
профессор ____________ Қурбонзода М.Р.
«____» ________ соли 2025

САНАД
оид ба татбиқи натиҷаҳои асосии таҳқиқотӣ аз рӯйи кори диссертатсионии Гулов Самандар Хасанович дар мавзуи «Амсиласозии математикии динамикаи экосистемаи мамнуъгоҳи «Бешаи Палангон» (барои қисмати қамишию биёбонӣ)

Проблемаҳои экологӣ сол то сол ниёз ба омӯзиш пайдо карда истодаанд. Истифодаи аз ҳад зиёди сарватҳои табиӣ дар дунё ба он оварда расонидааст, ки қисме аз онҳо дар ҳолати бебозгашт ва барқарорнашаванда қарор доранд. Дар системаҳои экологӣ баъзе намуди ҳайвоноти нодир ва наботот камшумор гашта, баъзеашон дар сарҳади нестшавӣ қарор доранд.

Яке аз самтҳои муҳимми истифодаи барномаҳои компютерӣ ин ҷамъоварӣ ва идоракунии маълумот оид ба минтақаҳои муҳофизатшаванда, аз қабили мамнуъгоҳҳо мебошад. Дар ҳудуди чунин минтақаҳо имкон вуҷуд дорад, ки мониторинги мукаммали олами растаниҳо, ҳайвонҳои алафхӯр, дарандагон ва намудҳои нодир ва нестшаванда тарҳрезӣ карда шаванд.

Бо ин санад тасдиқ карда мешавад, ки натиҷаҳои асосие, ки аз тарафи Гулов Самандар Хасанович дар рисолаи илмии худ таҳти «Амсиласозии математикии динамикаи экосистемаи мамнуъгоҳи «Бешаи Палангон» (таҳти роҳбарии доктори илмҳои физикаю математика, профессор М.К. Юнусӣ ва доктори илмҳои техникӣ, профессор С.Ҳ. Мирзоев) ба даст омадаанд, барои ташаккули дарки мукаммали мушкилоти экологии дорои характери комплекси дошта, барои донишҷӯён зарур мебошад.

Дар айни замон, таҳқиқоти рисолаи С.Х. Гулов аз ҷониби донишҷӯёни курси 4-уми ихтисоси «Информатика ва системаҳои автоматикунонидашуда» дар Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав дар шакли курси махсуси «Таҳияи абзорҳои компютерӣ барои омӯзиш, таҳқиқ ва пешгӯии динамикаи экосистемаҳои минтақавӣ дар мисоли системаи экологии Бешаи Палангон, қисмати қамишию биёбонӣ» бо ҳаҷми 64 соат хонда мешавад.

Натиҷаҳои илмии бадастомада дар конференсияҳои байналмилалӣ, ҷумҳуриявӣ ва дохилидонишгоҳӣ, инчунин дар семинарҳои илмии донишгоҳ (солҳои 2018–2025) муаррифӣ ва баррасӣ шудаанд.

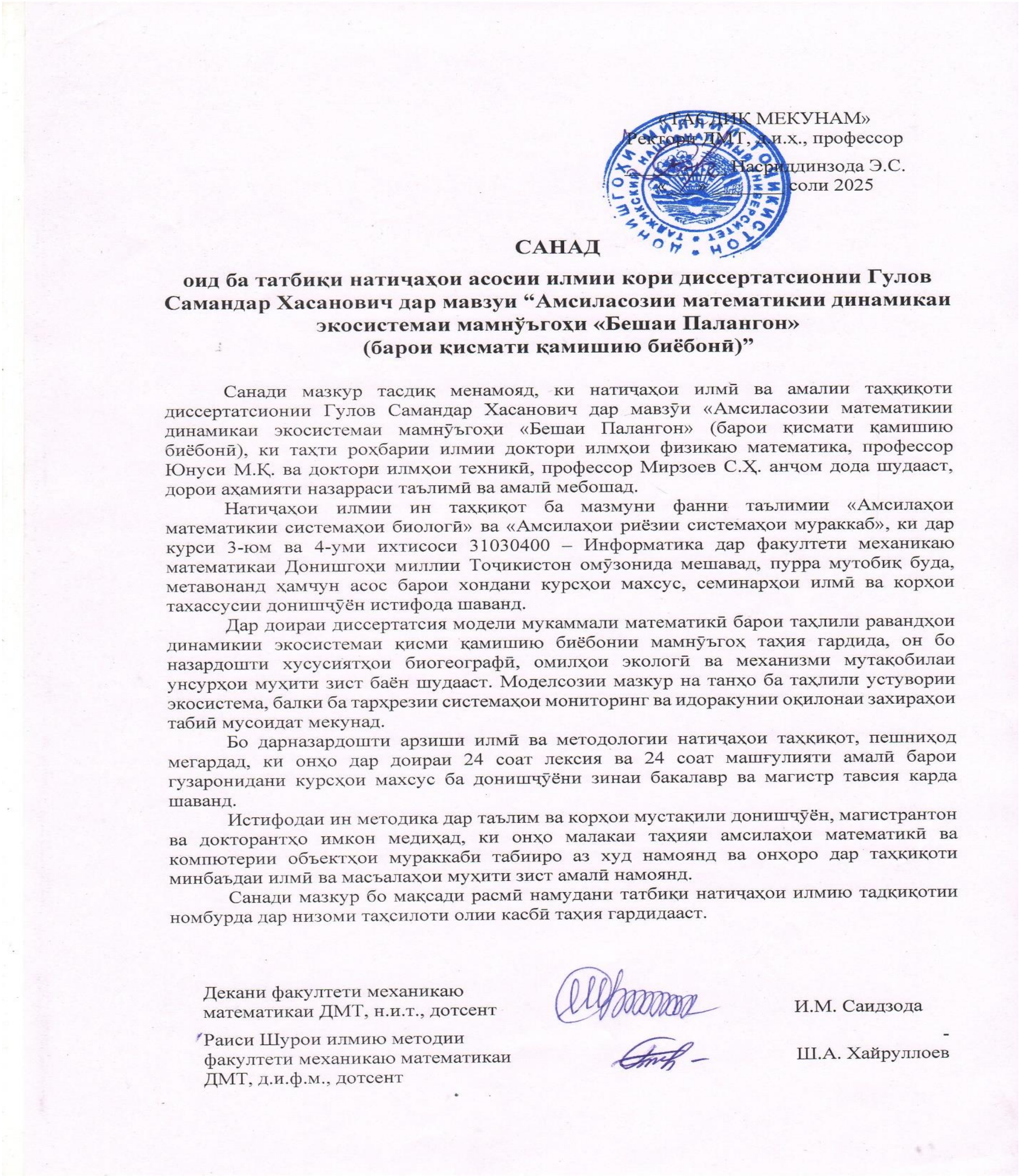
Дар рисолаи номзадӣ дастовардҳои муосири соҳаи информатика, математикаи амалӣ ва амсиласозии равандҳои экологӣ истифода шудаанд. Навоварии илмии рисола инҳо мебошанд:

- амсилаи консептуалии экосистемаи намунавии «Бешаи Палангон» қисмати қамишию биёбонӣ таҳия шудааст;
- амсилаи математикӣ барои нигоҳдории ҳайвонҳои нодир ва нестшавандаи системаи экологии «Бешаи Палангон» навишта шуда, дар мисолҳои мушаххас татбиқи худро ёфтаанд;
- амсилаи математикӣ барои муайянкунии устувори экосистемаҳо ва муназзамсозии онҳо дар ҳолатҳои ногувор пешниҳод шудааст;
- абзори компютерии намунавӣ барои омӯзиш, пешгӯӣ ва идоракунии динамикаи экосистемаи «Бешаи Палангон» ва дигар экосистемаҳои экологии Осиёи Марказӣ эҷод гардидааст.

Декани факултети
технологияҳои рақамӣ ва ҳифзи
иттилооти ДДБ ба номи
Н. Хусрав, н.и.т., дотсент Ҳасанов Д.Р.

Мудири кафедраи ТИ ва МТИ
факултети технологияҳои рақамӣ
ва ҳифзи иттилооти ДДБ ба номи
Н. Хусрав, н.и.ф.м. Маҳмадалиев Ҳ.С.

Замимаи 3



«ТАСДИҚ МЕКУНАМ»
Ректори ДМТ, д.и.х., профессор
__________ Насриддинзода Э.С.
«___» __________ соли 2025

САНАД

оид ба татбиқи натиҷаҳои асосии илмии кори диссертатсионии Гулов Самандар Хасанович дар мавзуи “Амсиласозии математикии динамикаи экосистемаи мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон» (барои қисмати қамишию биёбонӣ)”

Санади мазкур тасдиқ менамояд, ки натиҷаҳои илмӣ ва амалии таҳқиқоти диссертатсионии Гулов Самандар Хасанович дар мавзӯи «Амсиласозии математикии динамикаи экосистемаи мамнӯъгоҳи «Бешаи Палангон» (барои қисмати қамишию биёбонӣ), ки таҳти роҳбарии илмии доктори илмҳои физикаю математика, профессор Юнуси М.Қ. ва доктори илмҳои техникӣ, профессор Мирзоев С.Ҳ. анҷом дода шудааст, дорои аҳамияти назарраси таълимӣ ва амалӣ мебошад.

Натиҷаҳои илмии ин таҳқиқот ба мазмуни фанни таълимии «Амсилаҳои математикии системаҳои биологӣ» ва «Амсилаҳои риёзии системаҳои мураккаб», ки дар курси 3-юм ва 4-уми ихтисоси 31030400 – Информатика дар факултети механикаю математикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон омӯзонида мешавад, пурра мутобиқ буда, метавонанд ҳамчун асос барои хондани курсҳои махсус, семинарҳои илмӣ ва корҳои тахассусии донишҷӯён истифода шаванд.

Дар доираи диссертатсия модели мукаммали математикӣ барои таҳлили равандҳои динамикии экосистемаи қисми қамишию биёбонии мамнӯъгоҳ таҳия гардида, он бо назардошти хусусиятҳои биогеографӣ, омилҳои экологӣ ва механизми мутақобилаи унсурҳои муҳити зист баён шудааст. Моделсозии мазкур на танҳо ба таҳлили устувории экосистема, балки ба тарҳрезии системаҳои мониторинг ва идоракунии оқилонаи захираҳои табиӣ мусоидат мекунад.

Бо дарназардошти арзиши илмӣ ва методологии натиҷаҳои таҳқиқот, пешниҳод мегардад, ки онҳо дар доираи 24 соат лексия ва 24 соат машғулияти амалӣ барои гузаронидани курсҳои махсус ба донишҷӯёни зинаи бакалавр ва магистр тавсия карда шаванд.

Истифодаи ин методика дар таълим ва корҳои мустақили донишҷӯён, магистрантон ва докторантҳо имкон медиҳад, ки онҳо малакаи таҳияи амсилаҳои математикӣ ва компютерии объектҳои мураккаби табииро аз худ намоянд ва онҳоро дар таҳқиқоти минбаъдаи илмӣ ва масъалаҳои муҳити зист амалӣ намоянд.

Санади мазкур бо мақсади расмӣ намудани татбиқи натиҷаҳои илмию тадқиқотии номбурда дар низоми таҳсилоти олии касбӣ таҳия гардидааст.

Декани факултети механикаю математикаи ДМТ, н.и.т., дотсент — И.М. Саидзода

Раиси Шурои илмию методии факултети механикаю математикаи ДМТ, д.и.ф.м., дотсент — Ш.А. Хайруллоев

Замимаи 4

ВАЗОРАТИ РУШДИ ИҚТИСОД ВА САВДОИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
МУАССИСАИ ДАВЛАТИИ «МАРКАЗИ МИЛЛИИ ПАТЕНТУ ИТТИЛООТ»
МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАТЕНТНО- ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР»

ШАҲОДАТНОМА

дар бораи бақайдгирии давлатии захираи иттилоотӣ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации информационного ресурса

Номгуй
Наименование **Объектно-ориентированный программный комплекс «Математическое моделирование динамики экосистемы заповедника «Тигровая Балка» (для камышовых и пустынных территорий)»**

Сарзамин
Страна **Республика Таджикистан**

Доранда
Владелец **Гулов Самандар Хасанович**

Таҳиягар
Разработчик **Гулов Самандар Хасанович**

№ қайди давлатӣ
№ государственной регистрации **№ 3272600578**

Ба Феҳристи давлатии захираҳои иттилоотии Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил карда шудааст
Внесен в Государственный реестр информационных ресурсов Республики Таджикистан **6 мая 2026 г.**

Директор **Исмоилзода М.Х**