

ДОНИШГОҲИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН

Ба ҳуқуқи дастнавис

ТДУ 51:681.3+004
ТКБ 22.1+73
С-20



Саидзода Исроил Маҳмад

АМСИЛАСОЗИИ МАТЕМАТИКИИ МАРҲИЛАҲОИ ҲАЁТ ВА ТАҲҚИҚИ КОМПЮТЕРИИ ДИНАМИКАИ СОЛОНАИ ПОПУЛЯТСИЯИ ОИЛАИ ЗАНБҮРИ АСАЛ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмӣи доктори илмҳои
физикаю математика аз рӯи ихтисоси 05.13.18 – Амсиласозии
математикӣ, усулҳои ададӣ ва комплекси барномаҳо

Душанбе-2025

Диссертатсия дар кафедраи информатикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон омода шудааст

- Мушовири илмӣ:** **Комилиён Файзалӣ Саъдулло** – доктори илмҳои физикаю математика, профессори кафедраи информатикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон
- Муқарризони расмӣ:** **Кабилوف Маруф Маҳмудович** – доктори илмҳои физикаю математика, мудири шуъбаи математикаи амалӣ ва механикаи Институти математикаи ба номи А. Чураеви АМИТ;
Начмидиниён Асадулло Мирзо – доктори илмҳои физикаю математика, дотсент, вакили Маҷлиси намояндагони Маҷлиси Олии Ҷумҳурии Тоҷикистон;
Мухсинов Ёдгор Мирзоевич – доктори илмҳои физикаю математика, профессори кафедраи Ҷанубии риёзӣ ва табиатшиносии муосири Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ, бизнес ва сиёсати Тоҷикистон.
- Муассисаи пешбар:** Донишгоҳи давлатии молия ва иқтисоди Тоҷикистон

Ҷимояи диссертатсия «8» апрели соли 2026, соати 14⁰⁰ дар шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-011 назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ки дар суроғаи: 734025, шаҳри Душанбе, кӯчаи Буни-Ҳисорак, бинои 17, аудиторияи 203 ҷойгир аст, баргузор мешавад.

Е-mail: alisher_gaforov@mail.ru; рақами телефони котиби илмӣ: +992900766603.

Бо диссертатсия ва автореферати он тавассути сомонаи [http:// www.tnu.tj](http://www.tnu.tj) ва дар китобхонаи илмӣ Донишгоҳи миллии Тоҷикистон шинос шудан мумкин аст.

Автореферат ғиристода шудааст «__» «__» соли 2026

Котиби илмӣ шӯрои
диссертатсионии 6D.KOA-011,
номзади илмҳои физикаю математика



Ғафоров А.Б.

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. Барои иқлими Тоҷикистон соҳаи занбӯриасалпарварӣ яке аз шуғлҳои созгор, муфид, камхарҷ ва даромадноку муҳимми хоҷагидорӣи аҳолии мамлакат ба ҳисоб рафта, дар таъмини амнияти озукавории кишвар нақши муассир дорад, зеро дар кишвари мо барои рушди соҳаи занбӯриасалпарварӣ пойгоҳи мувофиқ ва бузурги ғизои занбӯри асал мавҷуд аст. Тоҷикистон кишвари кӯҳсор аст, зиёда аз 93% масоҳати онро кӯҳҳо ташкил медиҳанд. Дар ноҳияҳои кӯҳӣ, наздикӯҳӣ ва водӣҳои ин мамлакати офтобӣ гулу гиёҳҳо ва дарахтону буттаҳои шахдбори гуногунрангу гуногунтаъм хеле фаровон мерӯянд, ки аз онҳо занбӯрони асал метавонанд дар тамоми мавсимҳои мувофиқи сол гард ва шахди гул чамъ оваранд. Тибқи маълумотҳои омӯрӣ, имрӯз майдони заминҳои занбӯриасалпарварӣ дар ҷумҳурии тақрибан ба 5 миллион гектар баробар аст. Ин миқдор замин имкон медиҳад, ки истеҳсоли асал дар як сол то 30-40 ҳазор тонна афзоиш дода шавад. Инчунин, теъдоди зиёди дарахтону гиёҳҳои шахдбор шароит фароҳам меоранд, ки дар кишвар аз 500 то 600 ҳазор оилаи занбӯри асал парвариш карда шуда, ба воситаи онҳо натавонанд асал, балки миқдори зиёди дигар маҳсулоти ғизоӣ ва табобатӣ, ба мисли мум, прополис, гард ва захри занбӯри асал низ истеҳсол карда шавад [1-М].

Парвариши занбӯри асал барои тоҷикон ба як ҷузъи фарҳанги миллий табдил ёфта, дорони таърихи хеле куҳан мебошад. Занбӯриасалпарварӣ дар кишвари мо натавонанд барои ба даст овардани асал ва дигар маҳсулоти занбӯри асал, балки гардолудкунии зироатҳо низ ба таври васеъ истифода мешавад. Хусусиятҳои шифобахшии маҳсулоти занбӯри асал барои тоҷикон қайҳо боз маълуманд. Ҳанӯз тақрибан 1000 сол муқаддам олим, шоир ва табиби машҳури олам Абуалӣ ибни Сино дар асари худ «Қонуни тиб» дар бораи манфиатҳои асал ва захри занбӯри асал ба саломатии инсон қайдҳои зиёд кардааст. Дар Тоҷикистон аз асал ҳамчун маводи бебаҳои табобатӣ натавонанд дар тибби халқӣ, балки дар тибби муосирӣ илмӣ низ дар табобати бемориҳои гуногун истифода мебаранд.

Хоҳиши одамон, ҳосса муҳакиққони соҳаи занбӯриасалпарварӣ, барои бештар фаҳмидан ва донишҷӯи аҳамият ва таъсири маҳсули кори занбӯри асал рӯз аз рӯз афзуда истодааст, зеро онҳо хуб дарк кардаанд, ки истеъмоли асал барои фаъолияти организм муфид буда,

тавони онро барқарор месозад, ба он қувват мебахшад, вазъи руҳии инсонро болида гардонида, масунияти баданро баланд мебардорад. Гиппократ дар амалияи тиббӣ асалро васеъ истифода мебурд ва тавсия меод, ки аз он ҳар рӯз истифода баранд [3-М].

Хусусияти судмандтарини асал дар таъсири зиддибактериявӣ, зиддимикробӣ ва зиддивирусии он нуҳуфтааст. Дар таркиби асал миқдори зиёди калий мавҷуд аст, ки дорои хосияти баланди маҳв сохтани бактерияҳо мебошад. Инчунин, дар таркиби он ба миқдори муайян омехтаи металҳои оҳан ва мис вучуд доранд, ки дар табobati бемории камхунӣ ва ба эътидол овардани сатҳи гемоглобини хун маводҳои беҳамто ба ҳисоб мераванд [3-М].

Гарчанде чихати аз нуқтаи назари илмӣ ба роҳ мондани рушди соҳаи занбӯриасалпарварӣ дар ҷумҳурии мо ва дигар мамлакатҳои дунё вобаста ба хосиятҳои табобатии физоии он ва тарзи қору фаъолияти дастаҷамъонаи оилаи занбӯри асал якҷанд таҳқиқотҳои таҷрибавию биологӣ гузаронида шуда, барои ба занбӯрпарварон ёрии таҳассусӣ расонидан ҷанде дастурҳои тавсиявӣ методӣ ба нашр расонида шуда бошанд ҳам, мутаассифона, дар пояи илмӣ, бо истифода аз усулҳои амсиласозии математикию компютерӣ ба роҳ мондани раванди ҷамъоварии гарду шахди гул аз тарафи занбӯрони қорӣ ва дар қанду (қуттӣ) ба асал табдил додани онҳо ҳанӯз таҳқиқотҳои қофӣ анҷом дода нашудаанд [3-М, 6-М].

Аз ин рӯ, мо дар таҳқиқоти диссертатсионӣ тасмим гирифтём, ки дар ин самти рӯзмарра ва ба талаботи муносири ҳукумати ҷумҳурӣ хеле мувофиқ роҷеъ ба таъмини амнияти озуқавории мамлакат ва «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)» саҳми арзандаи худро гузорем. Ин гуфтаҳо аз мубрам ва актуалӣ будани мавзӯи диссертатсионӣ гувоҳӣ медиҳанд.

Дараҷаи қорқарди илмии проблемаи мавриди омӯзиши. Вақти он расидааст, ки муҳаққиқон ба масъалаи амсиласозии математикии ва компютери соҳаи занбӯриасалпарварӣ ва арзёбии марҳилаҳои ҳаёту тарзи фаъолияти занбӯри асал (*Apis Mellifera*) таваҷҷуҳи махсус зоҳир намојанд. Ба андешаи мо, пеш аз ҳама, онҳоро мебојад бо татбиқи амсиласозии математикию компютерӣ ба таҳқиқи динамикаи афзоиши оилаҳои занбӯри асал, раванди зимистонгузаронии онҳо ва дигар ҷабҳаҳои ҳаёти оилаҳои занбӯри асал машғул шаванд.

Ҳангоми таҳлил ва таҳқиқи ҷанбаҳои биологӣ, физиологӣ ва муайянсозии омилҳои таъсиррасон ба марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал мо асосан, ба дастури амалии О.А. Затолокин «Занбӯрпарварӣ» [5], дастури таълимии В.И. Комлатский, С.В. Логинов, С.А. Плотников «Занбӯрпарварӣ» [6], монографияи Ф.А. Лаврехин, С.В. Панкова «Биологияи занбӯри асал» [8], васоити таълимии А.С. Нурдин «Асосҳои занбӯриасалпарварӣ» [10], таҳқиқоти диссертатсионии Ҳ.Н. Чурабоева «Таъсири омилҳои экологияи биологӣ ба тухмгузорию модарзанбӯр ва маҳсулнокии оилаҳои занбӯрони асал дар шароити ноҳияи Кӯшонӣни Вилояти Хатлон» [13], дастури таълими А. Шарипов «Занбӯриасалпарвар» [14], таҳқиқоти диссертатсионии А.Р. Шарипов «Хусусиятҳои биологияи хоҷагидорӣ зотҳои занбӯрони асал дар шароити Тоҷикистони шимолӣ» [15] ва дигарон таъям намудем.

Дар раванди амсиласозии консептуалӣ, математикӣ ва компютерӣ марҳилаҳои ҳаёти занбӯри асал бошад, ба таҳқиқотҳои илмӣ ба соҳаи моҳипарварӣ бахшидаи Ф.С. Комилиён (Комилов) бо шогирдонаш, ки баъзе хусусиятҳои амсиласозии математикӣ ин соҳа ба соҳаи занбӯриасалпарварӣ хеле наздик аст, таҳқиқоти диссертатсионии А.В. Кудржов «Амсиласозии ҳосилнокии шахддиҳандаҳои экосистема» [7], таҳқиқоти бунёдии В.В. Меншуткин «Санъати амсиласозӣ (экология, физиология, эволюция)» [9], монографияи А.Ф. Рибочкин, И.С. Захаров «Системаҳои компютерӣ дар занбӯриасалпарварӣ» [11], мақолаи илмӣ В.В. Чудинов «Амсилаи математикӣ динамикаи рушди оилаи занбӯри асал» [12], таҳқиқотҳои илмӣ М.Қ. Юнусӣ ва дигарон рӯ овардем.

Дар ҷараёни таҳқиқот, дар маҷмӯъ, ба таҳқиқотҳои олимони ватанӣ ва хориҷӣ, ки фарогири хусусиятҳои биологӣ, физиологӣ, амсиласозии математикӣ ва компютерӣ фаъолияти оилаи занбӯри асал мебошанд ва ё ба ин самт наздикӣ доранд, рӯ овардем, ки онҳо ҷанбаҳои методологияи диссертатсияро ташкил мекунанд:

– *дар самти амсиласозии математикӣ ва компютерӣ*: Ф.С. Комилиён, М.Қ. Юнусӣ, З.Қ. Усмонов, С.Ҳ. Мирзоев, Р.Н. Одинаев, И.Д. Нуров, Н. Шерматов, Ф. Мирзоахмедов, Д.С. Шарапов, И.Л. Қосимов, Х.М. Чалилов, Ф.Т. Шамсов, М.Р. Ёров, Н.Д. Морозкин, В.В. Чудинов О.В. Гилева, В.В. Меншуткин, Л.С. Ибрагимова, М.Г. Юмагулов, А.Р. Ишбирдин, М.М. Ишмуратова, А.В. Кудряков, С.

Dreller, R.E. Page, M.K. Fondrk, H. Sharma, M. Agrahari, S.K. Singh, M. Firoj, R.K. Mishra, H. Vries, J.C. Biesmeijer ва дигарон;

– *дар самти биология, экология ва кишоварзӣ*: А. Шарипов, М.Н. Давлатов, К. Зубайдов, Б. Тешаева, А.Р. Шарипов, Ҳ.Н. Чурабоева, Ф.А. Лаврехин, С.В. Панкова, В.А. Гайдар, В.П. Плипенко, О.Ф. Гробов, А.М. Смирнов, Е.Т. Попов, Н.Е. Земскова, В.Н. Сатаров, В.Р. Туктаров, О.Л. Конусова, Г.П. Островерхова, Ю.Л. Погорелов, А.О. Нечипуренко, Е.В. Жуйкова, С.В.Оскин, Д.А. Овсянников, Н.С. Чернов, А. Kviessis, V. Komasilovs, O. Komasilova, A. Zacepins ва дигарон.

Ҳамин тавр, аз таҳлили адабиётҳои соҳавӣ бармеояд, ки ба масъалаҳои ҷузъӣ ва алоҳидаи амсиласозии математикӣ ва компютери фаъолияти оилаи занбӯри асал баъзе муҳаққиқон машғул шудаанд. Аммо, мутаассифона, то имрӯз аз ҷониби ягон муҳаққиқ тамоми паҳлуҳои фаъолияти оилаи занбӯри асал амсиласозӣ нашудааст. Аз ин рӯ, мо масъалаи мазкурро дар таҳқиқоти диссертатсионии худ ҳамчун ҳадафи асосӣ қарор додем. Зеро таҳқиқотҳои математикӣ ва компютерӣ набояд танҳо бо ҳисобкунҳои одии шумораи умумии занбӯрони асал, миқдори тухми баборовардаи модарзанбӯр ва муқоисаи онҳо бо маълумоти мавҷуда маҳдуд гардад, балки дар онҳо бояд дастгоҳ ва амсилаҳои мукаммале таҳия карда шаванд, ки фаъолияти оилаҳои занбӯрони асалро ба пуррагӣ фарогир бошанд.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо), мавзӯҳои илмӣ.

Таҳқиқоти диссертатсионӣ фарогири маҷмуи васеи барномаҳо ва мавзӯҳои илмӣ марбут ба самтҳои рушди минбаъдаи усулҳои амсиласозии математикӣ ва компютерӣ, пажӯҳиш ва арзёбии устувории вазъи биологӣ экосистемаҳо ва ёфтани ҳалли оптималии масъалаҳои соҳаи кишоварзӣ мебошад, ки аз ҷониби Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон қабул шудаанд.

Диссертатсия ба талаботҳои меъёрии барномаҳои зерин мувофиқат мекунад: «Барномаи барқарорсозӣ ва рушди соҳаи занбӯрпарварӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2006-2010» [1], «Барномаи рушди соҳаи занбӯрпарварӣ барои солҳои 2011-2016» [2], «Барномаи маҷмуавии рушди соҳаи чорводорӣ, парандапарварӣ, моҳипарварӣ ва занбӯриасалпарварӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2023-2027» [3], «Барномаи рушди илмҳои табиатшиносӣ, риёзӣ ва техникаи барои солҳои 2010-2020» [4] ва қорҳои илмӣ-таҳқиқотии кафедраи

информатикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон дар самти «Коркард ва таҳқиқи амсилаҳои риёзӣ-компютерии экосистемаи обанборҳо, мамнуъгоҳҳо ва системаи маориф» (дар Маркази миллии патенту интилоот таҳти № 0116ТJ00657 ба қайд гирифта шудааст).

Аз номгӯи барномаҳо ва мавзӯҳои илмӣ-таҳқиқотии зикршуда айён аст, ки мавзуи диссертатсионӣ ба самтҳои афзалиятноки илмӣ ва ҳадафҳои аз ҷониби Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон гузошташуда мувофиқ мебошад.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИКОТ

Таҳқиқоти диссертатсионӣ фарогири масъалаҳои мебошад, ки онҳо, аз як тараф, ба рушди илмҳои табиӣ, математикӣ ва дақиқ мусоидат карда, аз тарафи дигар, имкон фароҳам меоранд, ки дар ҳоҷаҳои занбӯриасалпарварӣ роҳҳои самараноки таҳлили фаъолияти оилаҳои занбӯри асал ва равишҳои баланд бардоштани маҳсулнокии онҳо дар заминаи усулҳои амсиласозӣ роҳандозӣ карда шаванд.

Мақсади таҳқиқот аз таҳияи амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерие иборат мебошад, ки дар заминаи онҳо ҷанбаҳои биологӣ ва хусусиятҳои ҷинсии оилаҳои занбӯри асал мавриди пажӯиш ва таҳлил қарор дода шуда, дараҷаи таъсири бемориҳо, зараррасонҳо, омилҳои биотикӣ, абиотикӣ ва антропогенӣ ба фаъолият ва рушди онҳо муайян карда шуда, равишҳои баланд бардоштани маҳсулнокии онҳо арзёбӣ карда мешаванд.

Вазифаҳои таҳқиқот дар заминаи мақсади таҳқиқот муайян шуда, ҷанбаҳои асосии онро масъалаҳои зерин дар бар мегиранд:

1. Омӯзиш, таҳқиқ ва таҳлили ҷанбаҳои биологӣ ва экологии раванди парвариши занбӯри асал аз нуктаи назари амсиласозӣ: омилҳои таъсиррасон (антропогенӣ, биотикӣ ва абиотикӣ), манбаъҳои ғизӣ ва шахддиҳанда, таъсири бемориҳо, зараррасонҳо ва омилҳои дигар, тақмили таснифоти онҳо;
2. Таҳияи амсилаҳои концептуалӣ ва математикии марҳилаҳои ҳаётии динамикаи популятсияи оилаи занбӯри асал;
3. Коркарди амсилаи компютерии марҳилаҳои ҳаётии оилаи занбӯри асал бо татбиқи усули Рунге-Кутти тартиби чорум;
4. Таҳлили математикии амсилаи марҳилаҳои ҳаётии оилаи занбӯри асал аз рӯи хусусиятҳои ҷинсӣ;

5. Таҳлили компютери хусусиятҳои ҷинсии оилаи занбӯри асал вобаста ба марҳилаҳои ҳаётӣ;

6. Таҳияи амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютери таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо ба фаъолият ва рушди оилаи занбӯри асал аз рӯйи хусусиятҳои ҷинсӣ;

7. Муайянсозии таъсири нақши ҳарорат ва намнокии ҳаво ба фаъолияти оилаи занбӯри асал ва амсиласозии компютери онҳо;

8. Баҳисобгирии таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ дар амсилаҳои гипотезӣ ва математикии фаъолияти оилаи занбӯри асал;

9. Коркарди комплекси барномавӣ (афзори таҳқиқотӣ) барои омӯзиш, таҳқиқ ва таҳлили фаъолият ва иқтидори истеҳсолӣ ва арзёбии компютери маҳсулнокии оилаи занбӯри асал;

10. Гузаронидани озмоишҳои компютерӣ бо комплекси барномаҳои таҳияшуда чӣхати муайянсозии маҳсулнокии оилаҳои занбӯри асал вобаста ба амалишавии омилҳои гуногуни табиӣ антропогенӣ ва қисми натиҷаҳои ҳосилшуда бо маълумоти таҷрибавии шароити иқлимӣ Тоҷикистон;

11. Таҳлили натиҷаҳои озмоишҳои сценариявӣ ва дар заминаи онҳо таҳия намудани ҳулосаҳои ҷамъбасти ва коркарди пешниҳоди тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо дар шароити хоҷагиҳои занбӯриасалпарварии минтақаҳои гуногуни Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Объекти таҳқиқот хоҷагиҳои занбӯриасалпарварии минтақаҳои гуногуни Ҷумҳурии Тоҷикистон мебошад.

Мавзӯи таҳқиқот амсиласозии математикии марҳилаҳои ҳаёт ва фаъолияти оилаи занбӯри асал ва таҳқиқи компютери динамикаи солони популятсия ва арзёбии маҳсулнокии он маҳсуб меёбад.

Навгони илмӣ таҳқиқот:

1. Дар натиҷаи омӯзиш, таҳқиқ ва таҳлили ҷанбаҳои биологӣ ва экологии раванди парвариши занбӯри асал аз нуқтаи назари амсиласозӣ тамоми омилҳои таъсиррасон (антропогенӣ, биотикӣ ва абиотикӣ), манбаъҳои ғизоӣ ва шахддиҳанда, бемориҳо ва зараррасонҳои занбӯр ба таври умумӣ гурӯҳбандӣ карда шуд;

2. Бори аввал ба таври комплексӣ марҳилаҳои биологии ҳаёти (гузариш аз як марҳилаи ҳаётӣ ба марҳилаи дигар) популятсияи оилаи занбӯри асал мавриди таҳқиқ қарор дода шуда, дар заминаи он амсилаҳои концептуалӣ ва математикии мувофиқ сохта шуд;

3. Дар заминаи амсилаи математикии марҳилаҳои ҳаёти популятсияи оилаи занбӯри асал (дар намуди системаи хаттии 5 муодилаи дифференсиалии одӣ) бо истифода аз усули Рунге-Кутти тартиби чорум технологияи амсиласозии компютери динамикаи тағйирёбии миқдори популятсияи занбӯр ҳангоми гузариши он аз як марҳилаи инкишофи синнусолӣ ба марҳилаи дигар қор қарда баромада шуда, барномаи компютери амсила тавассути забони барномасозии объектгарои C++ сохта шуд;

4. Бори аввал бо истифода аз усули амсиласозии концептуалӣ марҳилаҳои синнусолии сегонаи пурраи индивидҳои оилаи занбӯри асал (модарзанбӯр, занбӯрони қорӣ ва нарзанбӯрҳо) тарҳрезӣ гардида, кулли индивидҳои оила ба ду гурӯҳи ҷинсӣ ҷудо қарда шудаанд;

5. Вобаста ба тақсимои гурӯҳӣ ва хусусиятҳои ҷинсии занбӯри асал амсилаи математикии аз системаи 10 муодилаи дифференсиалии одии хаттӣ бо шартҳои аввала иборатбуда таҳия гардида, ҳалҳои аналитикии амсила ва шартҳои мувофиқ барои идентификатсияи коэффитсиентҳои он ёфта шуд;

6. Бар пояи амсилаи математикии марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯри асал (модарзанбӯр, занбӯрони қорӣ – 98%, нарзанбӯрҳо – 2%), ки дар он хусусиятҳои ҷинсии занбӯр дар алоқамандӣ бо равандҳои синнусолии индивидҳои оила мавриди тарҳрезӣ ва таҳлили математикӣ қарор гирифтаанд, дар забони барномасозии объектгарои C++ амсилаи компютери тақмилёфта таҳия шуд;

7. Идентификатсия ва верификатсияи амсилаи компютери марҳилаҳои ҳаёти занбӯри асал дар вобастагӣ ба хусусиятҳои ҷинсӣ дар заминаи маълумотҳои таҷрибавӣ (воқеи) соли 2017 барои занбӯрони асали зотҳои «қарпатӣ» ва «бакфаст»-и дар шароити минтақаҳои шимолӣ Тоҷикистон парваришёбанда гузаронида шуд;

8. Бори нахуст амсилаи концептуалии муқаммалӣ марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯри асал дар вобастагӣ ба хусусиятҳои ҷинсӣ ва таъсири бемориву зараррасонҳо таҳия қарда шуд;

9. Дар асоси амсилаи концептуалии таҳиягардида амсилаи математикии марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯри асал дар робита ба хусусиятҳои ҷинсӣ ва таъсири бемориву зараррасонҳо дар намуди системаи 14 муодилаи дифференсиалии одии ғайрихаттӣ бо шартҳои аввала қор қарда баромада шуд;

10. Дар заминаи амсилаи математикии таҳияшуда бо истифода аз усулҳои алгоритмсозӣ ва барномасозии объектгарой (забони барномасозии C++ Builder XE7) барои идоракунии раванди таъсири бемориҳои сироятӣ ва организмҳои зараррасон ба фаъолияти оилаи занбӯри асал амсилаи компютери мувофиқ (афзори таҳқиқотӣ, идоракуний ва пешбинӣ) сохта шуд;

11. Барои баҳодихӣ ба рушди марҳилаҳои ҳаётии индивидҳои оилаи занбӯри асал дар вобастагӣ ба таъсири ҳарорат ва намнокии ҳаво мувофиқан функсияҳои математикии ҳароратӣ ва намнокии ҳаво сохта шуда, бо истифода аз барномаи компютери таҳияшуда натиҷаҳои қиёсии дурустии онҳо бо ёрии маълумоти таҷрибавӣ санҷида шуд;

12. Дар намуди умумӣ амсилаи гипотетикии низоми парвариши занбӯри асал таҳия гардидааст, ки дар он тамоми вобастагиҳои асосии фаъолияти занбӯри асал аз омилҳои табиӣ ва антропогенӣ инъикоси худро ёфтаанд;

13. Раванди ҷамъоварии шахд ва гарди гул аз ҷониби занбӯрони корӣ ба шакли формулаҳои математикӣ дароварда шуда, дар заминаи маълумотҳои эксперименталӣ функсияҳои эмпирикии идоракунии раванди таъмини ғизои иловагӣ сохта шуд ва бар пояи функсияҳои мазкур амсилаи математикии мавҷудаи рушд ва фаъолияти индивидҳои оилаи занбӯри асал тақмили минбаъдаи худро ёфт;

14. Дар шакли комплекси барномаҳои компютерӣ аввалин маротиба афзори мукаммали таҳқиқотӣ сохта шудааст, ки бо ёрии он марҳилаҳои ҳаётии оилаи занбӯри асал, таъсири омилҳои биотикӣ, абиотикӣ ва антропогениро ба фаъолияти оила ва маҳсулнокии он мавриди омӯзиш, таҳқиқ, таҳлил, идора ва ояндабинӣ қарор додан мумкин аст;

15. Бо ёрии афзори таҳқиқотии таҳияшуда (амсилаи тақлидӣ) ва ҷалби маълумоти таҷрибавии аз хоҷагиҳои занбӯриасалпарвари минтақаҳои гуногуни кишвар дастрасшуда озмоишҳои амсилавӣ гузаронида шуда, дар заминаи онҳо маҳсулнокии оилаҳои занбӯри асал арзёбӣ карда шуд;

16. Таҳлили натиҷаҳои амсилавии бадастомада, озмоишҳои сенариявӣ ва қиёси онҳо бо маълумоти таҷрибавӣ собит сохтанд, ки амсилаи компютери таҳияшударо ҳамчун афзори тақлидӣ ва идоракуний барои арзёбии фаъолияти оилаҳои занбӯри асал дар

шароити иқлими Ҷумҳурии Тоҷикистон ва кишварҳои ҳамсоя истифода бурдан мумкин аст.

Аҳаммияти назариявии таҳқиқот дар он зоҳир мегардад, ки он доираи васеи донишхоро дар соҳаҳои экологияи математикӣ, биологияи занбӯри асал, равишҳои рушд додани соҳаи кишоварзӣ ва принсипу усулҳои амсиласозии математикию компютерӣ фаро мегирад. Таҳқиқоти диссертатсионӣ ба донишҳои бунёдии марҳилаҳои ҳаёт, рафтор ва хусусиятҳои биологӣ физиологӣ оилаҳои занбӯри асал асос ёфта, дар он усулҳои муосири амсиласозии компютерӣ истифода шудаанд. Натиҷаҳо ва ҳулосаҳои таҳқиқотӣ барои таҳлил ва дарки бештари фаъолияти оилаҳои занбӯри асал ва баландбардории маҳсулнокии кори оилаҳои он бо истифода аз усулҳои амсиласозӣ заминаи илмӣ фароҳам меорад.

Аҳаммияти амалии таҳқиқот аз он зоҳир мегардад, ки тавассути амсилаҳои математикию компютерӣ таҳияшуда афзори тақлиди таҳқиқотие рӯйи қор омадааст, ки бо ёрии он равандҳои мураккаби марҳилаҳои ҳаётии фаъолият ва динамикаи популятсияи оилаи занбӯри асалро мавриди омӯзиш ва таҳлил қарор дода, хусусиятҳои ҷинсияи синнусолӣ, таъсири омилҳои табиӣ ва антропогениро ба фаъолият, маҳсулноки ва дурнамои рушди вазъи оилаи занбӯр арзёбӣ ва идора қардан мумкин аст.

Нуктаҳои ба ҷимоя пешниҳодшаванда:

1. Нақшаҳои таснифотии аз нуктаи назари амсиласозӣ гурӯҳбандишудаи омилҳои таъсиррасони табиӣ ва антропогенӣ, манбаъҳои ғизоӣ ва шахддиҳанда, бемориҳо ва зараррасонҳо, ки дар натиҷаи омӯзиш ва таҳлили таҳқиқотҳои биологӣ ва экологӣ ба раванди парвариши занбӯри асал бахшидашуда рӯйи қор омадаанд;

2. Комплекси амсилаҳои концептуалӣ ва математикии марҳилаҳои биологӣ ҳаёти популятсияи оилаи занбӯри асал;

3. Алгоритм ва барномаи татбиқи усули Рунге-Кутти тартиби чорум дар амсилаи компютерӣ динамикаи тағйирёбии популятсияи оилаи занбӯри асал, ки дар асоси амсилаи математикии марҳилаҳои ҳаёти занбӯр сохта шудааст;

4. Комплекси такмилёфтаи амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерӣ марҳилаҳои синнусолии сегонаи пурраи индивидҳои оилаи занбӯри асал (модарзанбӯр, занбӯрони қорӣ ва нарзанбӯрҳо) тибқи тақсмоти гурӯҳӣ ва хусусиятҳои ҷинсӣ;

5. Натиҷаҳои идентификатсионӣ ва верификатсионии амсилаи компютерии марҳилаҳои ҳаёти занбӯри асал, ки бо назардошти тақсимои гурӯҳӣ ва хусусиятҳои ҷинсии занбӯр дар заминаи маълумоти таҷрибавӣ ҳосил шудаанд;

6. Комплекси аз нав такмилёфтаи амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерии марҳилаҳои синнусолии сегонаи пурраи индивидҳои оилаи занбӯри асал, ки тибқи тақсимои гурӯҳӣ, хусусиятҳои ҷинсӣ ва таъсири бемориву зараррасонҳо таҳия шудаанд;

7. Рӯнамоии технологияи истифодаи афзори мукаммали таҳқиқотӣ барои омӯзиш, таҳлил, ояндабинӣ ва идоракунии фаъолияти популятсияи оилаи занбӯри асал бо назардошти тақсимои гурӯҳӣ, хусусиятҳои ҷинсӣ ва баҳисобгирии таъсири ҳарорати муҳити атроф, намнокии ҳаво, омилҳои табиӣ, антропогенӣ, бемориҳои сироятӣ ва организмҳои зараррасон, ки бо мақсади ҷамъоварии шахд ва гарди гул аз тарафи занбӯрони корӣ таҳия гардидааст;

8. Пешниҳоди тавсияҳои методӣ ба хоҷагиҳои занбӯриасалпарварии минтақаҳои гуногуни Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба истифодаи самараноки натиҷаҳои таҳлили таҳқиқоти диссертатсионӣ.

Дарҷаи эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсия ба амалӣ гаштани таҳқиқи комплекси масъалаҳои зерини илмӣ-техникӣ, пойгоҳӣ-таتبикӣ, нармафзорӣ-сахтафзорӣ ва таҷрибагузаронии компютерӣ-ҳисоббарорӣ алоқаманд аст, ки дар раванди таҳқиқот истифода, ҳосил ва ё ҳал шудаанд:

– дақиқан асоснок будани методологияи таҳқиқот, ки бо истифода аз технологияҳои муосири амсиласозии концептуалӣ, математикӣ ва компютерии фаъолияти оилаи занбӯри асал ба даст омада, дастрасӣ ба натиҷаҳои бозътимоди илмию таҳлилиро таъмин карда метавонад;

– дар раванди идентификатсия ва верификатсияи амсилаҳои таҳияшуда истифода шудани маълумотҳои таҷрибавӣ дақиқ, маълум ва эътимоднок;

– таҳлили натиҷаҳои компютерии амсилаҳои таҳияшуда ва санҷиши мувофиқати онҳо бо натиҷаҳои эксперименталии аз адабиёти илмӣ ва хоҷагиҳои занбӯриасалпарварӣ дастрасшуда барои арзёбии равандҳои воқеии динамикаи популятсияи оилаҳои занбӯри асал,

истеҳсоли асал, интихоби дурусти тағйирёбандаҳо ва параметрҳои амсилави;

– асоснок ва муътамад будани мазмуну муҳтавои диссертатсия, хулосаҳои дар он шаклгирифта ва тавсияҳои методӣ ба хоҷагиҳои занбӯриасалпарварии мамлакат;

– арзёбии натиҷаҳои диссертатсионӣ дар конференсияҳо ва семинарҳои илмӣ, таҷрибаи шахсии муаллиф дар соҳаҳои амсиласозӣ ва занбӯриасалпарварӣ, наشري натиҷаҳои таҳқиқот дар маҷаллаҳои бонуфузи илмӣ ва баҳодиҳии онҳо аз ҷониби мутахассисони соҳа.

Мутобикати диссертатсия бо шиносномаи ихтисоси илмӣ.

Диссертатсия ва мазмуну мундариҷаи он фарогири соҳаҳои таҳқиқотии шиносномаи ихтисоси 05.13.18 – «Амсиласозии математикӣ, усулҳои ададӣ ва комплекси барномаҳо» буда, ба бандҳои зерини ихтисос мутобикат мекунад:

– банди 1. Коркарди методҳои нави математикии амсиласозии объектҳо, системаҳо, равандҳо ва падидаҳо;

– банди 3. Коркард ва асосноккунии методикаҳо ва қоидаҳои мутобиктавии амсилаҳои компютерӣ, истифодаи самараноки онҳо ҳангоми пешгӯии таҳаввулоти объектҳо, системаҳо, равандҳо ва падидаҳо;

– банди 4. Коркард, асосноккунӣ ва санҷиши методҳои ҳисобкунӣ бо истифодаи технологияҳои муосири компютерӣ;

– банди 5. Амсиласозии методҳои самараноки ададӣ ва алгоритмҳо дар намуди маҷмааҳои ба ҳалли проблема равонашудаи барномаҳо барои роҳандозии таҷрибаи ҳисобкунӣ;

– банди 6. Таҳқиқоти маҷмаавии проблемаҳои илмӣю техникӣ ва бунёдию амалӣ бо истифодаи технологияи муосири амсиласозии математикӣ ва таҷрибаи ҳисобкунӣ;

– банди 9. Коркарди системаҳои амсиласозии компютерӣ ва тақлидӣ.

Саҳми шахсии докталаби дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот аз иштироки мустақим дар интихоби мавзӯ, баррасии адабиёти соҳавӣ ва таҳлили онҳо, ҷамъоварӣ, захиракунӣ, гурӯҳбандӣ ва таҳлили маълумоти таҷрибавӣ, тарҳрезии методологияи таҳқиқот, мустақилона амалӣ гардонидани кулли пажӯҳишҳои илмӣ, таҳияи комплекси амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерӣ, идентификатсия ва верификатсия намудани афзори таҳқиқотӣ, таҳлили натиҷаҳои

ҳисоббарориҳои компютерӣ, санчиши эътимоднокии онҳо, коркарди хулосаҳои ҷамъбасти, пешниҳоди тавсияҳои методӣ ва таҳияи матни диссертатсия ифода ёфтааст.

Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои таҳқиқоти диссертатсионӣ дар семинарҳои муштаракӣ кафедраҳои «Информатика», «Моделсозии математикӣ ва компютерӣ», «Технологияҳои иттилоотӣ ва иртиботӣ» ва «Математикаи ҳисоббарорӣ ва механика»-и Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (ДМТ) баррасӣ ва мавриди муҳокима қарор гирифта, дар конференсияҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмиллалӣ солҳои 2020-2024 дар шаҳрҳои Душанбе, Кӯлоб ва ноҳияи Рашти Ҷумҳурии Тоҷикистон мустақиман ва дар Ҷумҳурии Белоруссия (Гродно), Федератсияи Россия (Москва, Рязан), Ҷумҳурии Халқии Хитой (Пекин), Аморати Муттаҳидаи Араб (Дубай) ва Ҷумҳурии Қазоқистон (Алмаато) аз тақриқи онлайн баргузор шудаанд, ба тасвиб расидаанд. Аз ҷумла: конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-назариявӣ дар мавзӯи «Масъалаҳои актуалии илми риёзӣ ва методҳои таҳқиқоти онҳо» бахшида ба эълон гардидани солҳои 2020-2040 бистсолаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (Кӯлоб, ДДК, 2023), конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалӣ дар мавзӯи «Технологияҳои иттилоотию коммуникатсионӣ – омили муҳими рушд дар ҷаҳони муосир» (Душанбе, ДБССТ, 2022), конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Таҳлили компютерии масъалаҳои илм ва технология» бахшида ба «Солҳои 2020-2040 эълон гардидани 20-солаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» ва «75-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон» (Душанбе, ДМТ, 2023), конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалӣ дар мавзӯи «Масъалаҳои мубрами математикаи муосир» бахшида ба «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ» эълон шудани солҳои 2020-2040 ва 50-солагии кафедраи математикаи олии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (Душанбе, ДМТ, 2022), конгресси байналмилалӣ байнидонишгоҳӣ (Москва, 2024), конференсияи IX байналмилалӣ илмию амалӣ «Илм ва технология» (Алмаато, Қазоқистон, 2024), конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ «Проблемаҳои актуалии экология» (Гродно, Белоруссия, 2023), конференсияи умумирусиягии байналмилалӣ донишҷӯён ва олимони ҷавон «Ояндаи рақамии тибби муосир» (Рязан, 2024), конференсияи

илмӣ-амалии байналмилалии «Масъалаҳои мубрами илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар замони муосир» (Рашт, ДОТ, 2023), конференсияи байналмилалии илмӣ-назариявӣ дар мавзӯи «Саҳми математика дар рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ» бахшида ба эълон гардидани «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи маориф (солҳои 2020-2040)» (Душанбе, ДОТ, 2023), конференсияи байналмилалии илмию амалӣ бахшида ба 75-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (Душанбе, ДМТ, 2023), Proceedings of the International University Scientific Forum «Practice Oriented Science: UAE-RUSSIA-INDIA» (АМА-Россия-Ҳиндустон, 2024), Scientific research of the SCO countries: synergy and integration: Proceedings of the International Conference (Пекин, 2023) ва ғайра.

Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия. Натиҷаҳои асосии таҳқиқоти диссертатсионӣ дар 44 интишороти гуногун [1-М-44-М], аз ҷумла 1 монография, 26 мақолаи илмӣ, аз ҷумла 20 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи Ҷумҳурии Тоҷикистон (10 мақола дар алоҳидагӣ) ба нашр расонида шуда, боқимондари мақолаҳои дар нашрияҳои шомили пойгоҳи eLIBRARY.ru ва маводҳои конференсияҳои байналмилалию ҷумҳуриявӣ бачопрасида ташкил додаанд. Инчунин, таҳқиқоти диссертатсионӣ дорои чор санади татбиқӣ ва шаҳодатномаи ҳукуки муаллифӣ оид ба барномаи компютери «Баҳодиҳии фаъолияти занбӯри асал вобаста ба таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо», ки дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳти № 165 аз 11.07.2023 ба қайд гирифта шудааст, мебошад.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Таҳқиқоти диссертатсионӣ аз бахшҳои «Муқаддима», «Тавсифи умумии таҳқиқот», панҷ боб бо зербобҳо, бахши «Хулосаҳо» бо зербобҳои «Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия» ва «Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо», «Адабиёт» бо зербобҳои «Феҳристи сарчашмаҳои истифодашуда» ва «Феҳристи интишороти илмӣ докталаби дарёфти дараҷаи илмӣ» ва бахши «Замимаҳо» иборат мебошад.

Диссертатсия дар ҳаҷми 321 саҳифаи матни компютерӣ бо ёрии протсессори матнии Microsoft Word 2016 омода шуда, аз 28 ҷадвал ва 82 расм иборат мебошад. Рақамгузори расму ҷадвалҳо барои ҳар як боб дар алоҳидагӣ сурат гирифтааст. Рӯйхати адабиёт 322 номгӯй ва

фехристи интишороти илмий довталаби дараҷаи илмӣ 44 номгӯйро дарбар мегиранд.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Дар муқаддимаи диссертатсия мубрамияти мавзуи таҳқиқотӣ, ҷанбаҳои методологӣ, дараҷаи таҳқиқ ва робитаи мавзӯ бо барномаҳои давлатӣ, мақсад, вазифаҳо, объект, пойгоҳ, ҷанбаҳои назариявӣ ва амалии таҳқиқот, навгониҳои илмӣ ва нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда, инчунин, мутобиқати диссертатсия бо шиносномаи ихтисос, интишорот аз рӯйи мавзӯ, сохтор ва ҳаҷми диссертатсия дарҷ гардидаанд.

Боби якуми таҳқиқоти диссертатсионӣ ба шарҳи адабиёти соҳавӣ ва илмӣ оид ба ғаёлият ва рушди оилаи занбӯри асал ва масъалаҳои амсиласозии он бахшида шудааст. Дар он таҳлили ҷанбаҳои биологӣ, физиологӣ, физикӣ ва таъсири омилҳои беруна ба ғаёлияти оилаи занбӯри асал гузаронида шуда, масъалаҳои амсиласозии аллакай ҳалшуда ва ҳанӯз ҳалношудаи ғаёлияти оилаи занбӯр мавриди баррасӣ қарор гирифтааст.

Таҳлилҳои баргузоршуда собит намуданд, ки соҳаи занбӯриасалпарварӣ яке аз самтҳои афзалиятноки иқтисодиёти миллӣ ба ҳисоб меравад. Дар ҳолати дуруст роҳандозӣ намудани он соҳа рушд ёфта, ба инкишоф ва солимии экосистемаҳои муҳити атроф таъсири мусбат расонида мешавад ва хоҷагиҳои занбӯрпарвар аз ҷиҳати иқтисодӣ фоидаи зиёд ба даст меоранд.

Аз таҳлили параграфи якуми боби мазкур бармеояд, ки барои рушди соҳаи занбӯриасалпарварӣ, пеш аз ҳама, ба масъалаи интиҳоби зоти занбӯр, растаниҳои шахддиханда, манбаи ғизои иловагӣ ва татбиқи технологияҳои муосир аҳамияти аввалиндараҷа додан зарур аст. Масъалаи муҳиме, ки зимни ташкили хоҷагиҳои занбӯрпарварӣ пеш меояд, бо таври дақиқ муайян намудани мавсими асалгундорӣ ва баҳисобгирии фосилаҳои ҳолати оромӣ ва рушди оилаҳои занбӯр доништа шудааст. Ҳалли масъалаи мазкур бояд аз тарафи занбӯрпарварон доимо таҳти назорат гирифта шавад, зеро дониستاني тақвими шахдчудокунии растаниҳо, оғози ғаёлияти кории оила ва марҳилаҳои рушди он гавари пешравии ғаёлияти хоҷагӣ мебошад.

Натиҷаи асосии параграфи якум аз таҳияи ҷадвали тақвими ғаёлияти солонаи оилаи занбӯри асал иборат мебошад, ки он дар

заминаи таҳлили таҳқиқотҳои муҳаққиқони соҳа рӯйи кор омадааст. Зимни арзёбии маҳсулнокии оилаҳои занбӯри асал бо истифода аз усулҳои амсиласозии математикӣ ва компютерӣ ба инобат гирифтани фосилаҳои ҳолати оромӣ ва рушди дар чадвали тақвимии мазкур овардашудаи популятсияи оилаҳо нақши бағоят муҳим мебозад.

Дар параграфи дуюми боб диққати асосӣ ба таҳқиқотҳои мутахассисони соҳаи амсиласозии математикӣ ва компютерӣ равона гардидааст, ки онҳо фарогири ҷабҳаҳои гуногуни фаъолияти оилаҳои занбӯри асал мебошанд. Таҳлили далелҳо ва андешаҳои мутахассисони амсиласоз моро мутмаъин гардониданд, ки усулҳои амсиласозии математикӣ ва компютерӣ дар баҳодихии сатҳи фаъолият ва вазъи популятсияи оилаҳои занбӯри асал воситаи басо муҳим ба ҳисоб мераванд. Зеро маҳз бо истифода аз усулҳои амсиласозӣ таъсири мутақобилаи байни табақаҳои гуногуни индивидҳои оилаи занбӯри асалро вобаста ба таъсири омилҳои берунию дохилӣ арзёбӣ намудан имконпазир аст.

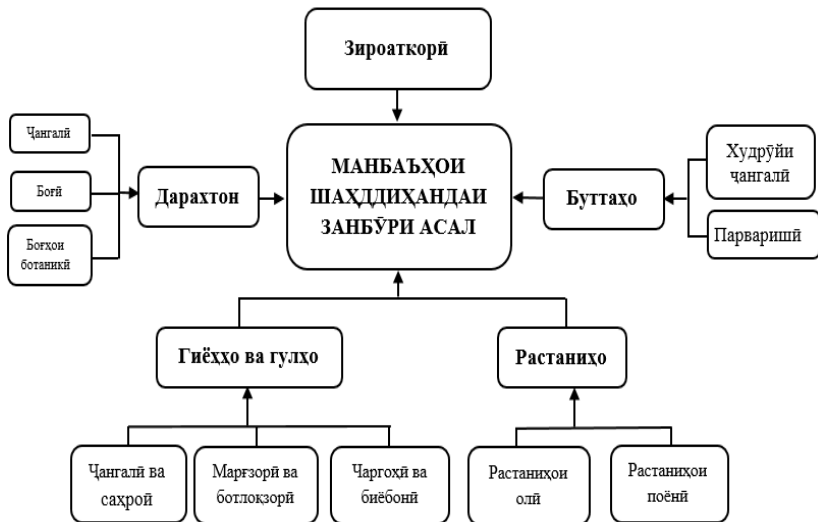
Аз таҳлили маводҳо ва андешаҳои дар боби якуми диссертатсия овардашуда хулоса бармеояд, ки масъалаи баланд бардоштани маҳсулнокии занбӯри асал муносибати комплекси тоқозо дорад: интиҳоби дурусти зоти занбӯр, муҳайё намудани шароити муносиб барои ҷойи зисти оилаҳои занбӯр, бурдани назорати мунтазам оид ба солимии оилаҳо, истифодаи технологияҳои муосир дар идоракунии фаъолияти оилаҳо ва ғайра. Барои расидан ба ин ҳадафҳо меболад ба масъалаи амсиласозии математикӣ ва компютерӣ фаъолияти оилаҳои занбӯри асал диққати махсус дода шавад.

Боби дуюми диссертатсия ба таҳқиқи ҷанбаҳои биологӣ ва экологии парвариши занбӯри асал бахшида шуда, се бахши таҳлилиро дар бар гирифтааст. Дар он қайд гардидааст, ки масъалаи парвариши занбӯри асал ва рушд додани соҳаи занбӯрпарварӣ ба гурӯҳи масъалаҳое дохил мешавад, ки ҳалли он имрӯз барои Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳам аз ҷиҳати иқтисодӣ ва ҳам аз ҷиҳати экологӣ аҳамияти ғавқулода афзалиятнок дорад. Зеро занбӯрпарварӣ натавонанд барои истехсоли асал, балки барои коркарди мум ва захри занбӯр ва инчунин гардолудкунии растаниҳои муҳити атроф низ нақши муҳим мебозад.

Гардолудкунии растаниҳо, ки аз ҷониби занбӯри асал анҷом дода мешавад, ба ҳосилнокии онҳо таъсири мусбат расонида, муҳити атрофро аз ҷиҳати экологӣ тоза нигоҳ медорад. Арзиши маҳсулоати

иловагие, ки истехсолаш дар натиҷаи гардолудкунии растаниҳо ба даст меояд, аз даромади фуруши маҳсулоти худӣ занбӯри асал 10-12 маротиба бештар мебошад.

Дар баҳши якуми боби мазкур вобаста ба шароити иқлимии Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки дар кӯҳҳо ва талу теппаҳои он растаниҳои шахддихандаи зиёде мерӯянд, манбаъҳои ғизой, шахддиханда ва омилҳои таъсиррасони оилаи занбӯри асал муайян ва гурӯҳбандӣ карда шуданд (расми 1).



Расми 1 – Манбаъҳои шахддихандаи занбӯри асал (коркарди муаллиф)

Дар асоси омӯзиш ва таҳқиқи ин омилҳо натиҷаҳои хулосавии зерин ҳосил шудаанд:

- шароити иқлимии кишвари мо барои парвариш ва рушд додани соҳаи занбӯриасалпарварӣ хеле мувофиқ аст;
- барои рушди устувори соҳаи занбӯриасалпарварӣ ва баланд бардоштани маҳсулнокии оилаҳои занбӯри асал манбаъҳои ғизой, шахдҷудокунанда ва масофаи байни онҳо то кандуи оилаҳо омилҳои муҳим ва аввалиндараҷа ҳисобида шудаанд;
- дар раванди таҳқиқот бори нахуст барои шароити иқлимии Тоҷикистон маҷмуи ҳамаи шахддихандаҳо (дарахтон, буттаҳо, растаниҳо ва гулу гиёҳҳо) дар шакли блокҳои нақшавӣ таснифбандӣ карда шуданд;

- номгӯйи тамоми набототи шахддихандаи кишвар ва маҳсулнокии миёнаи онҳо аз 1 га дар шакли ҷадвал ба низом оварда шудааст.

Дар баҳши дуҷуми боб доир ба таъсири омилҳои антропогенӣ, биотикӣ ва абиотикӣ ба фаъолият ва рушди оилаҳои занбӯри асал таҳқиқот гузаронида шудааст. Аз ҷумла қайд гардидааст, ки таъсири антропогенӣ (муносибати инсон) ба фаъолияти оилаҳои занбӯри асал дар тамоми фаслҳои сол амалӣ карда мешавад. Зеро таҷрибаҳо собит сохтаанд, ки бе иштироки фаъолонаи инсон соҳаи занбӯрпарвариро рушд додан ғайриимкон аст. Масалан, чӣ гуна раванди зимистонгузаронии занбӯрро бе иштироки мустақим ва идоракунии инсон анҷом додан ё паҳншавии бемориҳои сироятиро дар оилаҳои занбӯри асал пешгирӣ намудан мумкин аст?

Дар натиҷаи таҳлил ва таҳқиқи адабиёти илмӣ соҳавӣ ва омӯзиши таҷрибаи хоҷагӣҳои занбӯриасалпарварӣ дар баҳши мазкур маҷмуи омилҳои биотикӣ, абиотикӣ ва антропогенӣ ба фаъолияти оилаи занбӯри асал таъсиррасонандаро ба низом оварда шуда, дар шакли блок-нақша (расми 2) тасвир шудаанд.



Расми 2 – Омилҳои биотикӣ, абиотикӣ ва антропогенӣ ба фаъолияти оилаи занбӯри асал таъсиррасонанда (коркарди муаллиф)

Далелҳо ва андешаҳои дар баҳши мазкур баёншуда муаллифро водор сохтанд, ки доир ба нигоҳубини системавии оилаҳои занбӯр ва парвариши самараноки занбӯри асал дар хочагиҳои занбӯриасалпарварӣ андешидани баъзе чораҳои махсусро пеш гузорад. Аз ҷумла, ба ақидаи муаллиф барои рушд ёфта тавонистани соҳаи занбӯриасалпарварӣ бояд фаъолияти оилаҳои занбӯри асал бо назардошти таъсири омилҳои биотикӣ, абиотикӣ ва антропогенӣ зери назорати доимӣ қарор дода шаванд.

Сабаби асосии ба низоми овардани омилҳои мазкурро муаллиф дар он донистааст, ки зимни таҳияи амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерии марҳилаҳои ҳаёт ва фаъолияти индивидҳои оилаи занбӯри асал ин омилҳо ҳамчун ҷузъҳои асосӣ ва идоракунандаи равандҳои гуногун дар ин амсилаҳо ба ҳисоб гирифта мешаванд. Бо ворид сохтани омилҳои берунаи таъсиррасон ба ин амсилаҳо раванди омӯзиш ва таҳқиқи динамикаи популятсияи оилаҳои занбӯри асал мукамал ва осон гашта, арзёбии дақиқи дурнамои рушди онҳо имконпазир мегардад.

Баҳши сеюми боби дуюм ба омӯзиш, таҳқиқ, таҳлил ва гурӯҳбандии бемориҳо ва зараррасонҳои оилаи занбӯри асал бахшида шудааст. Тавассути таҳлили таҳқиқотҳои илмӣ муайян карда шудааст, ки ҷомеаи занбӯри асал дар асоси принципҳои гуногунсохт муносибат ва фаъолият менамояд.

Дар таҳқиқҳои баҳши мазкур муайян карда шудааст, ки бемориҳои занбӯри асал бо сабабҳои гуногун, масалан, аз рӯйи синну сол, вақти пайдоиш, вобаста ба мавсими сол, нишонаҳои зоотехникӣ, тағйироти патологӣ ва ғайра метавонанд инкишоф ва авҷ гиранд. Барои визуализатсияи нави бемориҳо онҳо ба ду гурӯҳ – сироятӣ ва ғайрисироятӣ – тақсим карда шуда, дар шакли блок-нақша (расми 3) тасвир карда шудаанд. Ҳамин гуна таҳқиқот нисбат ба рафтор, фаъолият ва таъсири манфии зараррасонҳои занбӯри асал низ анҷом дода шуда, гурӯҳбандии онҳо низ дар шакли блок-нақша тарҳрезӣ гаштааст.

Хулосабардорӣ шудааст, ки бемориҳо ва зараррасонҳои занбӯри асал омилҳои табиӣеро ташкил медиҳанд, ки рушд, вазъ ва фаъолияти оилаҳои занбӯр аз таъсири онҳо вобастагии амиқ дорад. Дар раванди таҳлилҳо муайян карда шудааст, ки омилҳои таъсиррасон боиси заифшавӣ ва ғайри маҷбурии индивидҳои оилаҳои занбӯри асал шуда

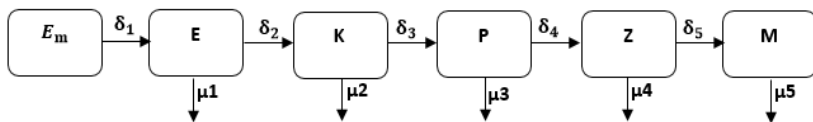
метавонанд. Бинобар он, зимни амсиласозиҳои математикӣ ва компютерӣ ба ҳисоб гирифтани таъсири ин омилҳо амри зарурӣ доништа шудааст.



Расми 3 – Гурӯҳбандии зараррасонҳо ва бемориҳои занбӯри асал
(коркарди муаллиф)

Боби сеюми диссертатсия боби асосии таҳқиқот ба ҳисоб рафта, аз чор баҳши таҳқиқотию таҳлилий иборат мебошад. Дар ин боб технологияи муосир ва мукаммали амсиласозии фаъолияти оилаи занбӯри асал вобаста ба гузаришҳои марҳилавии ҳаёти занбӯр ва хусусиятҳои чинсию гурӯҳии тақсимои меҳнат дар байни аъзои оилаи он рӯйи кор омадааст.

Дар баҳши якуми боби мазкур тамоми марҳилаҳои рушди оилаи занбӯри асал, аз пайдоиши тухм то ба занбӯри болиғ мубаддал гаштани он, мавриди амсиласозӣ қарор гирифтааст. Амсилаҳои концептуалӣ (расми 4) ва математикӣ (системаи 1), ки ифодагари системаи 5 муодилаи дифференсиалии одӣ мебошанд, вазъи объекти омӯхташавандаро ба пуррагӣ инъикос карда метавонанд. Дар ин ҷо бо системаи муодилаҳо дар ҳолатҳои статсионарӣ ва динамикӣ таҳлилҳои математикӣ гузаронида шуда, барои тағйирёбандаҳои амсила таносубҳои аналитикии мувофиқ ва барои коэффитсиентҳои он шартҳои мувофиқи қиматқабулкунӣ ёфта шудаанд.



Расми 4 – Тасвири графикии амсилаи концептуалии марҳилаҳои ҳаёти занбӯри асал (коркарди муаллиф)

$$\begin{cases} \frac{dE}{dt} = \delta_1 E_m(t) - \delta_2 E(t) - \mu_1 E(t), \\ \frac{dK}{dt} = \delta_2 E(t) - \delta_3 K(t) - \mu_2 K(t), \\ \frac{dP}{dt} = \delta_3 K(t) - \delta_4 P(t) - \mu_3 P(t), \\ \frac{dZ}{dt} = \delta_4 P(t) - \delta_5 Z(t) - \mu_4 Z(t), \\ \frac{dM}{dt} = \delta_5 Z(t) - \mu_5 M(t). \end{cases} \quad (1)$$

Дар системаи (1) бо бузургҳои $E_0 = E(t_{0_E})$, $K_0 = K(t_{0_K}) = E(t_{n_E})$, $P_0 = P(t_{0_P}) = K(t_{n_K})$, $Z_0 = Z(t_{0_Z}) = P(t_{n_P})$, $M_0 = M(t_{0_M}) = Z(t_{n_Z})$ – шартҳои аввалии масъалаи Коши (яъне, қиматҳои аввалии тағйирёбандаҳои амсила $E = E(t)$, $K = K(t)$, $P = P(t)$, $Z = Z(t)$, $M = M(t)$), бо ёрии коэффитсиенти μ_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) – ҳиссаи хоҳишбандаи миқдори популятсияи марҳилаи i -юми синнусолиии оилаи занбӯри асал тавассути фавти табиӣи фардҳои он, бо ёрии коэффитсиенти δ_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) – ҳиссаи афзоюндаи популятсияи марҳилаи $(i+1)$ -уми синнусолий аз ҳисоби гузариши ҳамин миқдор популятсияи марҳилаи i -юми синнусолий ба он ишора шудаанд [1-М, 3-М, 24-М].

Бо ёрии $E_m(t)$ – миқдори умумии тухмҳои дар як шабонарӯз баборовардаи модарзанбӯр ишора карда шудааст. Он бо истифода аз амсилаи маъруфи Малтус ва формулаи эмпирӣкии В. Рикер, ки таҷрибаҳои худро соли 1954 зимни ҳисоб намудани динамикаи тағйирёбии миқдори популятсияи гулмоҳии (лососи) кӯлҳои Колумбия гузаронидааст [9], таҳия шудааст. Онро барои раванди тухмҳосилкунии модарзанбӯр дар намуди функсияи зерин тасвир менамоем:

$$E_m(t) = \kappa \alpha W e^{\beta t}, \quad (2)$$

$$0 < k \leq 1, \quad k = k_1 + k_2 \quad (k_1 = 0,98; k_2 = 0,02),$$

ки дар ин ҷо W – миқдори аввалии тухмҳои баборовардаи модарзанбӯрро ифода намуда, коэффитсиентҳои α ва β бо тарзи эксперименталӣ муайян карда мешаванд.

Вобаста ба ҳалли системаи (1) ду теорема исбот карда шудааст.

Теоремаи 1. *Бигуздор дар системаи муодилаҳои дифференциалии (1) барои коэффитсиентҳои он шартҳои $\delta_i > 0$, $\mu_i \geq 0$ ($i = 1, 2, 3, 4, 5$); $\delta_i > \mu_i$ ($i = 1, 2, 3, 4$); $\delta_2 - \delta_3 > \mu_2$, $\delta_3 - \delta_4 > \mu_3$, $\delta_4 - \delta_5 > \mu_4$, $\delta_5 < \mu_5$ иҷро шаванд. Он гоҳ системаи муодилаҳои (1), ки амсилаи математикии популятсияи оилаи занбӯри асалро ифода мекунад, дар ҳолати статсионарӣ дорои ҳалли аналитикӣ аст.*

Теоремаи 2. *Бигуздор барои системаи (1) шартҳои теоремаи 1 иҷро гарданд. Он гоҳ ҳалли умумии ин масъала дар намуди ошкор ба воситаи формулаҳои мушаххас ифода карда мешавад.*

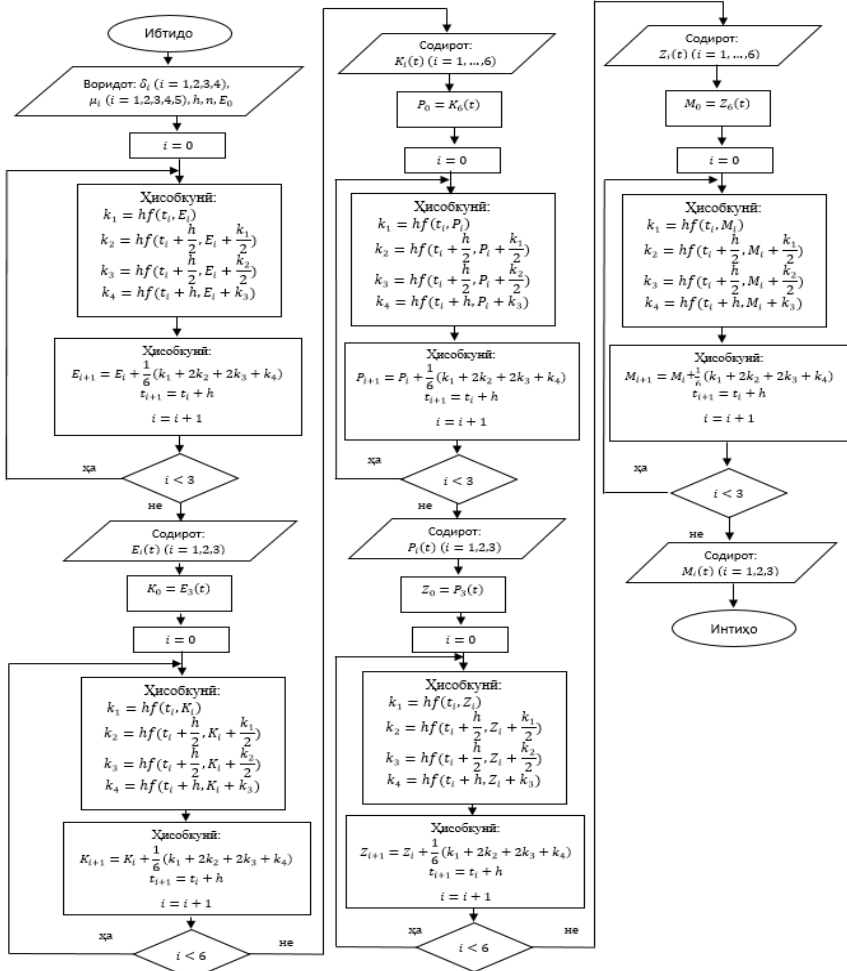
Баҳши таҳқиқотии дуҷуми боб асосан ба махсусиятҳои татбиқи усули ададии Рунге-Кутти тартиби чорум (расми 5) дар амсилаи математикии таҳияшуда баҳшида шуда, тавассути технологияи амсиласозии компютерӣ бо истифода аз забони объектгарои C++ мавриди барномасозӣ қарор гирифтааст. Озмоишҳои компютерӣ собит сохтанд, ки усули Рунге-Кутт дар амалӣ намудани ҳисоббарориҳои таҳқиқотӣ ва бо саҳеҳии эътимоднок анҷом додани онҳо комилан афзори басанда мебошад.

Муаллиф барои амалӣ намудани амсилаи компютерӣ чадвалҳои махсуси идентификатсионӣ ва верификатсионӣ сохтааст, ки онҳо муқоисаи натиҷаҳои воқеии қори амсиларо бо усули Рунге-Кутт тибқи рӯзҳои мушаххаси баҳисобгирии таҷрибаҳои саҳроӣ дар соли 2017 ба роҳ мемонанд.

Ҳар як натиҷаи адабии чадвал ифодагари натиҷаи амалқарди пурраи амсила таҳти идораи усули Рунге-Кутт бо шартҳои аввала (миқдори тухмҳои баборовардаи модарзанбӯри оила) дар рӯзи мушаххаси мавсими парвариши занбӯр мебошад. Қиёси натиҷаҳои қори барномаи компютерӣ ва натиҷаҳои таҷрибавии дар чадвал бақайдгирифташуда баръало нишон медиҳад, ки фарқи байни онҳо бузургии ҳеле ночизро ташкил медиҳанд.

Тибқи экспертизаи натиҷаи таҷрибаҳои саҳроии дар солҳои 2017-2018 бо оилаҳои занбӯрҳои асал дар минтақаҳои шимолӣ Тоҷикистон гузаронидашуда, аз давраи тухмгузори модарзанбӯр то ба занбӯри

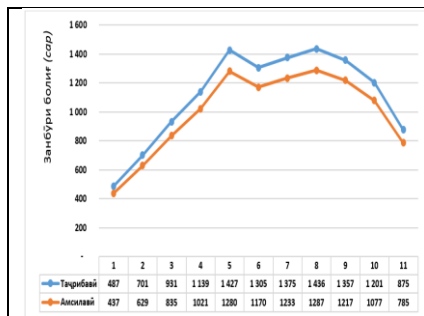
болиғ табдил ёфтани тухмҳо (21 шабонарӯз), дар маҷмӯъ, 13% занбӯри зоти «карпатӣ» ва 15% занбӯри зоти «бакфаст» талаф меёбанд. Маҳз ҳамин нишондиҳандаҳои экспертии занбӯрони навъҳои зикршударо ба ҳисоб гирифта, кимати коэффитсиентҳои системаи муодилаҳои дифференсиалии муайян ва қабул карда шудаанд.



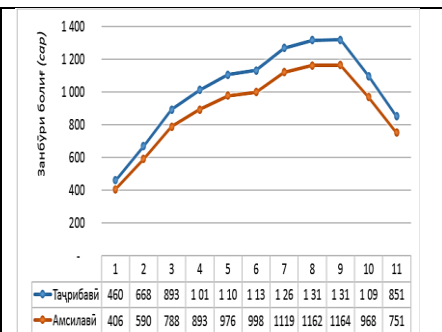
Расми 5 – Нақшаи татбиқи усули Рунге-Кутт дар амсилаи компютерӣ (коркарди муаллиф)

Мукоисаи графикҳои амсилави бо ёрии чадвали электрони MS Excel 2016 сохташуда ва графикҳои таҷрибавии динамикаи тағйирёбии миқдори популятсияи оилаи занбӯри нишон дод, ки амсилаи компютерӣ натиҷаҳои таҷрибаҳои сахроиро бо саҳеҳии хеле дақиқ такрор карда метавонад ва он барои пешбурди корҳои илмӣ истифодашуда пурра омода мебошад (расмҳои 6 ва 7).

Бахшҳои сеюм ва чоруми боби мазкур ба таҳлили математикии марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал аз рӯи хусусиятҳои ҷинсӣ ва таҳлили компютерӣ хусусиятҳои ҷинсии оилаи занбӯри асал вобаста ба марҳилаҳои ҳаёт бахшида шудаанд.



Расми 6 – Натиҷаи идентификатсияи амсилаи компютерӣ аз рӯи динамикаи популятсияи оилаи занбӯри зоти «карпатӣ» бо маълумоти таҷрибавии соли 2017

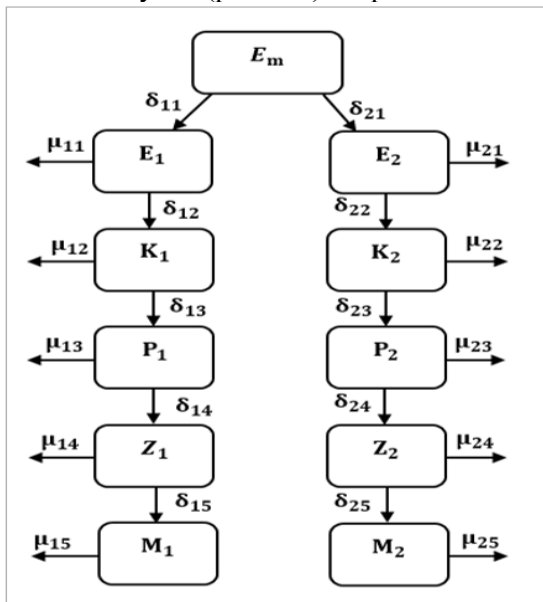


Расми 7 – Натиҷаи верификатсияи амсилаи компютерӣ аз рӯи динамикаи популятсияи оилаи занбӯри зоти «бакфаст» бо маълумоти таҷрибавии соли 2017

Бо ёрии $E_m(t)$ миқдори умумии тухмҳои дар як шабонарӯз баборовардаи модарзанбӯро ишора карда, фарз мекунем, ки вазъи индивидҳои популятсияи оилаи занбӯри асал ва ҳолати гузариши онҳо аз як марҳилаи ҳаётӣ ба марҳилаи дигар дар ҳар як лаҳзаи вақти додашудаи $t \in [t_0; t_n]$, $n \in N$ ба воситаи 10 тағйирёбандаи зерин тасвир ва муайян карда мешавад: $E_1(t)$ – миқдори тухмҳое, ки аз онҳо занбӯрони корӣ ба дунё меоянд, $E_2(t)$ – миқдори тухмҳое, ки аз онҳо наранзанбӯрҳо ба дунё меоянд, $K_1(t)$ – миқдори кирминаҳои занбӯри корӣ, $K_2(t)$ – миқдори кирминаҳои наранзанбӯр, $P_1(t)$ – миқдори индивидҳои пешаззочавии занбӯри корӣ, $P_2(t)$ – миқдори индивидҳои пешаззочавии

нарзанбӯр, $Z_1(t)$ – миқдори зочаҳои занбӯри корӣ, $Z_2(t)$ – миқдори зочаҳои нарзанбӯр, $M_1(t)$ – миқдори занбӯрҳои болиғи корӣ ва $M_2(t)$ – миқдори нарзанбӯрҳои болиғ [4-М, 24-М].

Аз ишораҳои дар таҳқиқоти [1-М, 2-М] овардашуда истифода бурда, бо ёрии μ_{ij} ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4, 5$) – коэффитсиентҳои фавти табиӣи индивидҳои гурӯҳҳои чинсии (i) популятсияи оилаи занбӯри асалро дар марҳилаҳои додашудаи (j) ҳаёташон ва бо ёрии δ_{ij} ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4, 5$) – ҳиссаҳои (коэффитсиентҳои) аз як марҳила ба дигар марҳилаи ҳаётӣ гузаштани ин индивидҳоро ишора кардем ва тақсимои гурӯҳии популятсияи оилаи занбӯри асалро аз рӯи хусусиятҳои чинсӣ ба шакли амсилаи консептуалӣ (расми 8) овардем.



Расми 8 – Амсилаи консептуалии марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал дар робита ба хусусиятҳои чинсӣ (коркарди муаллиф)

Дар заминаи амсилаи мазкур (расми 5) амсилаи математикии ин равандро сохта шудааст, ки асоси онро системаи 10 муодилаи дифференсиалии одии ҳаётӣ (3) бо шартҳои аввала ташкил медиҳад. Муодилаҳои система суръати лаҳзавии тағйирёбии миқдори индивидҳои марҳилаҳои гуногуни ҳаёти популятсияи оилаи занбӯри асалро дар шакли вобастагҳои математикии равандро афзоиш ва

фавти индивидҳои чомеаи оила тасвир намуда, механизми гузариши онҳоро аз як марҳилаи ҳаёт ба марҳилаи дигар амалӣ менамоянд. Дар ҳолати статсионарӣ бо системаи муодилаҳои дифференсиалӣ таҳлили математикӣ гузаронида шуда, қимати тағйирёбандаҳои амсила, коэффитсиентҳои амсилави ва таносубҳои миёни онҳо ёфта шуданд.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dE_1}{dt} = \delta_{11}k_1E_m(t) - \delta_{12}E_1(t) - \mu_{11}E_1(t), \\ \frac{dE_2}{dt} = \delta_{21}k_2E_m(t) - \delta_{22}E_2(t) - \mu_{21}E_2(t), \\ \frac{dK_1}{dt} = \delta_{12}E_1(t) - \delta_{13}K_1(t) - \mu_{12}K_1(t), \\ \frac{dK_2}{dt} = \delta_{22}E_2(t) - \delta_{23}K_2(t) - \mu_{22}K_2(t), \\ \frac{dP_1}{dt} = \delta_{13}K_1(t) - \delta_{14}P_1(t) - \mu_{13}P_1(t), \\ \frac{dP_2}{dt} = \delta_{23}K_2(t) - \delta_{24}P_2(t) - \mu_{23}P_2(t), \\ \frac{dZ_1}{dt} = \delta_{14}P_1(t) - \delta_{15}Z_1(t) - \mu_{14}Z_1(t), \\ \frac{dZ_2}{dt} = \delta_{24}P_2(t) - \delta_{25}Z_2(t) - \mu_{24}Z_2(t), \\ \frac{dM_1}{dt} = \delta_{15}Z_1(t) - \mu_{15}M_1(t), \\ \frac{dM_2}{dt} = \delta_{25}Z_2(t) - \mu_{25}M_2(t). \end{array} \right. \quad (3)$$

$$E_{i0} = E(t_{0_{Ei}}), K_{i0} = K(t_{0_{Ki}}), P_{i0} = P(t_{0_{Pi}}), Z_{i0} = Z(t_{0_{Zi}}),$$

$$M_{i0} = M(t_{0_{Mi}}), i = 1, 2.$$

Барои системаи муодилаҳои дифференсиалӣ шартҳои зарурӣ муайян карда шудаанд, ки дар раванди идентификатсияи қимати коэффитсиентҳои амсила иҷрои онҳо ҳатмӣ доништа мешаванд:

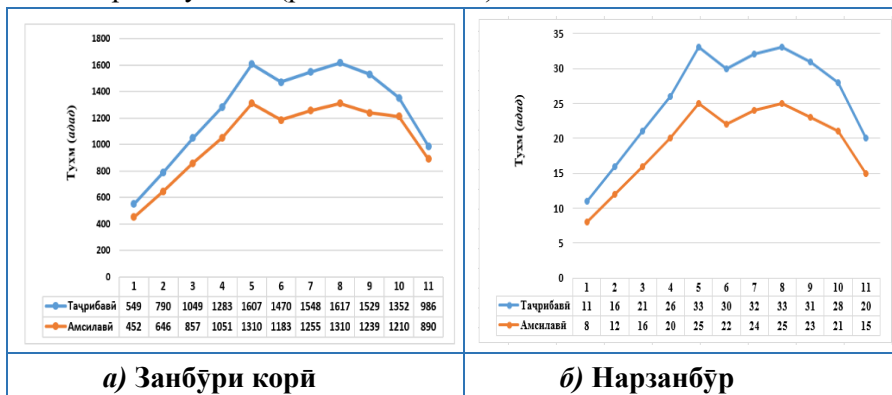
- a) $\delta_{ij} > 0, \mu_{ij} \geq 0 \ (i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4, 5);$
- b) $\delta_{ij} > \mu_{ij} \ (i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4);$
- c) $\delta_{12} - \delta_{13} > \mu_{12}, \delta_{22} - \delta_{23} > \mu_{22}, \delta_{13} - \delta_{14} > \mu_{13}, \delta_{23} - \delta_{24} > \mu_{23},$
 $\delta_{14} - \delta_{15} > \mu_{14}, \delta_{24} - \delta_{25} > \mu_{24}, \delta_{15} < \mu_{15}, \delta_{25} < \mu_{25}.$

Вобаста ба ҳалли системаи (3) низ ду теорема исбот карда шудааст:

Теоремаи 3. Бигузур барои коэффитсиентҳои системаи муодилаҳои дифференсиалии (3) шартҳои $\delta_{ij} > 0$, $\mu_{ij} \geq 0$ ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4, 5$); $\delta_{ij} > \mu_{ij}$ ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4$); $\delta_{12} - \delta_{13} > \mu_{12}$, $\delta_{22} - \delta_{23} > \mu_{22}$, $\delta_{13} - \delta_{14} > \mu_{13}$, $\delta_{23} - \delta_{24} > \mu_{23}$, $\delta_{14} - \delta_{15} > \mu_{14}$, $\delta_{24} - \delta_{25} > \mu_{24}$, $\delta_{15} < \mu_{15}$, $\delta_{25} < \mu_{25}$ иҷро шаванд. Он гоҳ, системаи муодилаҳои (3), ки амсилаи математикии популятсияи оилаи занбӯри асал аз рӯйи хусусиятҳои чинсиро ифода мекунад, дар ҳолати статсионарӣ дорои ҳалли аналитикӣ мебошад.

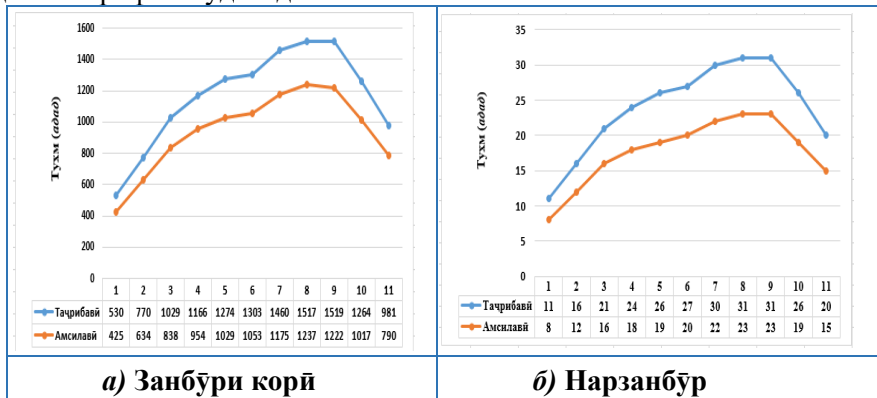
Теоремаи 4. Бигузур дар системаи муодилаҳои (3) шартҳои теоремаи 3 ҷой дошта бошанд. Он гоҳ ҳалли умумии он дар намуди ошкор муайян карда мешавад.

Бар пояи амсилаи математикии марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯри асал, ки дар он хусусиятҳои чинсии занбӯр дар алоқамандӣ бо равандҳои синнусолии индивидҳои оила мавриди тарҳрезӣ ва таҳлили математикӣ қарор гирифтааст, амсилаи компютерӣ бунёд ёфтааст. Асоси амсилаи компютериро барномаи ҳисоббарории дар забони барномасозии объектгарои C++ таҳияшуда ташкил медиҳад. Дар барнома қимати тағйирёбандаҳои системаи муодилаҳои дифференсиалии одӣ бо усули адабии Рунге-Кутти тартиби чорум ҳисоб карда шудаанд (расмҳои 9 ва 10).



Расми 9 – Натиҷаи идентификатсияи амсилаи компютерӣ аз рӯйи динамикаи миқдори тухмҳои баборовардаи оилаи занбӯри асали зоти карпатӣ бо истифода аз маълумоти таҷрибавии соли 2017

Барои санчиши дурустӣ ва устувории кори барномаи таҳияшуда бо амсилаи компютерӣ ду озмоиши сенариявӣ гузаронида шудааст. Дар ин озмоишҳо натиҷаҳои ададии қонёқунандаи равандҳои идентификатсионӣ ва верификатсионии барнома ва маҳдудиятҳои мантиқию шартии зимни таҳлили математикии амсила ҳосилшуда ба ҳисоб гирифта шудаанд

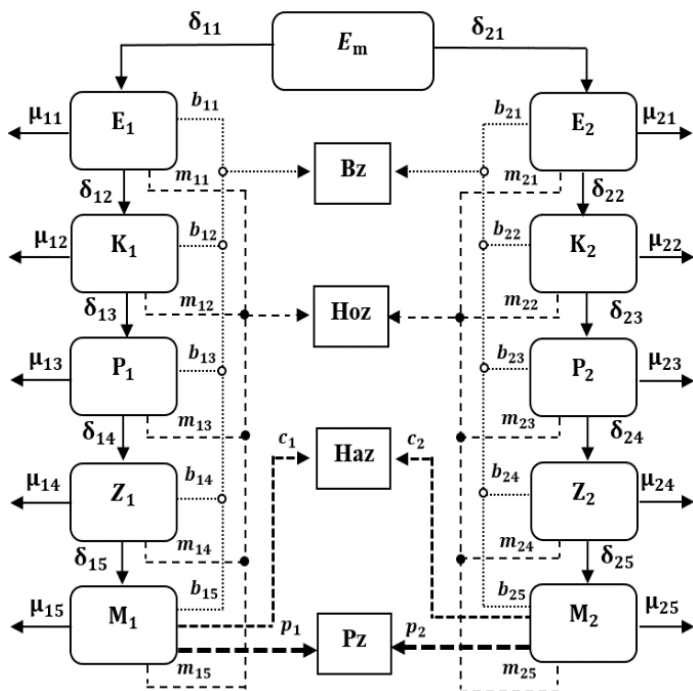


Расми 10 – Натиҷаи верификатсияи амсилаи компютерӣ аз рӯи динамикаи миқдори тухмҳои баборвардаи оилаи занбӯри асали зоти бакфаст бо истифода аз маълумоти таҷрибавии соли 2017

Натиҷаҳои сенариявии бадастомада собит сохтанд, ки ҳангоми иҷро шудани шартҳои мантиқӣ амсилаи компютерӣ воқеияти табиӣи раванди занбӯриасалпарвариро дуруст инъикос карда, дар пешбурди корҳои илмӣ истифодаи истифодаи шуда метавонад.

Боби чоруми диссертатсия ба амсиласозии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо ба фаъолияти оилаи занбӯри асал бахшида шуда, аз се бахши таҳлилий иборат аст. Дар он аз ҷумла қайд гардидааст, ки бо пешрафт ва рушди илми муносири компютерӣ рӯз то рӯз имконияти коркарди усулҳо ва равишҳои нави амсиласозӣ барои тасвир ва таҳқиқи равандҳои гуногуни табиӣ, техникӣ, иқтисодӣ ва иҷтимоӣ бештар гашта, ҳамзамон, талабот нисбат ба татбиқи онҳо дар истеҳсолот ва дигар ҷабҳаҳои ҳаёт зиёд гашта истодааст. Махсусан бо истифода аз амсилаҳои компютерӣ, ки бар пояи технологияҳои иттилоотӣ сохта мешаванд, равандҳои истеҳсолиро тарҳрезӣ, барномасозӣ, таҳқиқ ва таҳлил кардан ва дурнамои вазъи рушди онҳоро аз нуқтаи назари илмӣ арзёбӣ кардан имконпазир гаштааст.

Дар бахши якуми боби мазкур бо ҳисобгирии хусусиятҳои ҷинсии занбӯри асал амсилаи концептуалии марҳилаҳои асосии ҳаёти популятсияи оилаи он, ки фаъолияти индивидҳои алоҳидааш мунтазам ё тасодуфан зери таъсири бемориҳо (вирусҳо, микробҳо, паразитҳо, микроорганизмҳои сирояткунанда ва ғайра) ва зараррасонҳои бузургҷисм (парандаҳо, ҳазандаҳо, хояндаҳо, обҳокиҳо ва ғайра) қарор гирифта метавонанд, кор карда баромада шудааст (расми 11).



Расми 11 – Амсилаи концептуалии марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асали зери таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо фаъолиятдошта (коркарди муаллиф)

Омӯзиш ва таҳлили адабиёти илмӣ рӯшан сохт, ки бемориҳои номбурда метавонанд ба тамоми марҳилаҳои ҳаёти занбӯри асал (аз тухм то занбӯри болиғ) таъсир расонанд. Аз ин рӯ, ҷангоми амсиласозӣ мо таъсири кулли бемориҳоро ба оилаи занбӯри асал бо ёрии тағйирёбандаи умумии $Bz(t), t \in [t_0; t_n], n \in N$ ишорат намуда, коэффитсиентҳои мувофиқи фавти индивидҳои занбӯри асалро аз

ҳисоби таъсири ин бемориҳо барои ҳар як марҳилаи ҳаёти онҳо ба воситаи b_{ij} ($i = 1,2; j = 1,2,3,4,5$) ишорат кардем [10-М, 24-М].

Мутахассисони соҳаи занбӯрпарварӣ *зараррасонҳои* занбӯри асалро ба якчанд гурӯҳҳо ҷудо кардаанд: хояндаҳо, хазандаҳо, парандаҳо ва дигар намудҳои организмҳои сутунмуҳрадор ва бесутунмуҳра. Дараҷаи зарароварии ҳар кадоми ин гурӯҳҳо гуногун аст. Масалан, агар муш тасодуфан ба дохили қуттии занбӯри асал ворид шавад, тамоми манбаи ғизои занбӯр ва индивидҳои оилаи онро хароб менамояд ва бо ин рафтори худ ба оилаи занбӯр талафоти калони ҷонию ғизой мерасонад.

Хояндаҳо, ки яке аз зараррасонҳои занбӯри асал ба ҳисоб мераванд, ба оилаи ширхӯрон дохил мешаванд. Дар табиат садҳо намуд хояндаҳоро вохӯрдан мумкин аст: муш, сағур, чайра ва ғайра. Хояндаҳо ба оилаи занбӯри асал танҳо ба таври тасодуфӣ зарар расонида метавонанд. Онҳо дар ҳолате метавонанд ба занбӯр ҳамла кунанд, ки агар ба дохили қуттии занбӯр роҳ ёбанд.

Дар амсилаи концептуалӣ миқдори умумии хояндаҳо бо ёрии тағйирёбандаи $Hoz(t), t \in [t_0; t_n], n \in N$ ва коэффитсиентҳои мувофиқи зарари онҳо (ё ҳиссаи талафоти оилаи занбӯр аз ҳисоби зараррасонии хояндаҳо) барои ҳар як марҳилаи ҳаёти занбӯри асал ба воситаи m_{ij} ($i = 1,2; j = 1,2,3,4,5$) ишорат шудааст [1-М, 5-М].

Таҷрибаи мутахассисони хоҷагиҳои занбӯрпарварӣ ва таҳқиқотҳои илмӣ собит сохтаанд, ки оилаҳои *хазандаҳо* ва *обҳокиҳо* низ ба зараррасонҳои занбӯри асал дохил мешаванд. Ин намуди зараррасонҳо низ танҳо ба таври эҳтимолӣ метавонанд ба оилаи занбӯр зарар расонанд.

Хазандаҳо ва обҳокиҳо бештар занбӯрҳои болиғи оиларо дар аснои чамъоварии шахд, гарди гул, оббиёри ва ғайра сайд мекунанд. Хазандаҳо, инчунин, дар баромадгоҳи қуттиҳои оилаҳо камин гирифта, занбӯрҳоеро, ки барои чамъоварии шахд ба берун баромаданӣ мешаванд, туъмаи худ мегардонанд.

Дар амсилаи концептуалӣ миқдори умумии хазандаҳо ва обҳокиҳо дар якҷоягӣ бо ёрии тағйирёбандаи $Haz(t), t \in [t_0; t_n], n \in N$ ва

мувофиқан коэффитсиентҳои фавти ҳарду чинси занбӯрҳои болиғ зимни истеъмоли онҳо аз тарафи зараррасонҳои мазкур ба воситаи c_1 ва c_2 ишорат шудаанд.

Занбӯри асал бо сабаби ҳашароти хурди парвозӣ будан дар бисёр мавридҳо туъмаи парандаҳои бузургтари муҳити атроф мегардад, ки ин боиси расонидани зарари ҷиддӣ ба хоҷагиҳои занбӯрпарвар ва миқдори популятсияи занбӯр мегардад. Яке аз парандаҳои маъмули зараррасон занбӯрхӯр ба ҳисоб меравад. Таҳқиқотҳои илмӣ собит сохтаанд, ки агар як занбӯрхӯр танҳо аз шикори занбӯр сер шавад, дар як шабонарӯз метавонад аз 700 то 1000 занбӯрро ба ҳалокат расонад. Дар 2-3 моҳи тобистон бошад, як занбӯрхӯр ба ҳисоби миёна то 20000 занбӯри асалро нобуд месозад.

Дар амсилаи концептуалӣ миқдори умумии парандаҳо бо ёрии тағйирёбандаи $Pz(t), t \in [t_0; t_n], n \in N$ ва коэффитсиентҳои фавти ҳарду чинси занбӯрҳои болиғ зимни истеъмоли онҳо аз тарафи ин парандаҳо ба воситаи p_1 ва p_2 ишорат шудаанд [1-M-5-M, 10-M].

Амсилаи концептуалии таҳияшуда ба қадри кофӣ омилҳои таъсиррасони оилаи занбӯри асал ва раванди гузариши миқдории индивидҳои онро аз як марҳилаи ҳаёт ба марҳилаҳои дигар тасвир карда, бар пояи он сохтани амсилаҳои математикӣ ва компютерии популятсияи оилаи занбӯри асал дар алоқамандӣ бо таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо имконпазир гаштааст.

Коркарди амсилаи математикии таъсири бемориҳои сирояткунанда ва организмҳои зараррасон ба рушд ва фаъолияти индивидҳои оилаи занбӯри асал ва гузариши миқдории онҳо аз як марҳилаи ҳаёт ба марҳилаҳои дигар дар заминаи амсилаи концептуалӣ роҳандозӣ шуда, мазмуну мундариҷаи бахши дуҷуми боби мазкурро ташкил додааст.

Асоси амсилаи математикии рушди индивидҳои оилаи занбӯри асалро, ки зери таъсири бемориҳои сирояткунанда ва организмҳои зараррасон фаъолият доранд, системаи 14 муодилаи дифференсиалии одии ғайрихаттӣ (4) бо шартҳои аввала ташкил додааст.

$$\begin{aligned}
\frac{dE_1}{dt} &= \delta_{11}k_1E_m(t) - (\delta_{12} + \mu_{11})E_1(t) - b_{11}E_1(t)B_z(t) - \\
&\quad - m_{11}E_1(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dE_2}{dt} &= \delta_{21}k_2E_m(t) - (\delta_{22} + \mu_{21})E_2(t) - b_{21}E_2(t)B_z(t) - \\
&\quad - m_{21}E_2(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dK_1}{dt} &= \delta_{12}E_1(t) - (\delta_{13} + \mu_{12})K_1(t) - b_{12}K_1(t)B_z(t) - \\
&\quad - m_{12}K_1(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dK_2}{dt} &= \delta_{22}E_2(t) - (\delta_{23} + \mu_{22})K_2(t) - b_{22}K_2(t)B_z(t) - \\
&\quad - m_{22}K_2(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dP_1}{dt} &= \delta_{13}K_1(t) - (\delta_{14} + \mu_{13})P_1(t) - b_{13}P_1(t)B_z(t) - \\
&\quad - m_{13}P_1(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dP_2}{dt} &= \delta_{23}K_2(t) - (\delta_{24} + \mu_{23})P_2(t) - b_{23}P_2(t)B_z(t) - \\
&\quad - m_{23}P_2(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dZ_1}{dt} &= \delta_{14}P_1(t) - (\delta_{15} + \mu_{14})Z_1(t) - b_{14}Z_1(t)B_z(t) - \\
&\quad - m_{14}Z_1(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dZ_2}{dt} &= \delta_{24}P_2(t) - (\delta_{25} + \mu_{24})Z_2(t) - b_{24}Z_2(t)B_z(t) - \\
&\quad - m_{24}Z_2(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dM_1}{dt} &= \delta_{15}Z_1(t) - \mu_{15}M_1(t) - b_{15}M_1(t)B_z(t) - m_{15}M_1(t)H_{oz}(t) - \\
&\quad - c_1M_1(t)H_{az}(t) - p_1M_1(t)P_z(t); \\
\frac{dM_2}{dt} &= \delta_{25}Z_2(t) - \mu_{25}M_2(t) - b_{25}M_2(t)B_z(t) - \\
&\quad - m_{25}M_2(t)H_{oz}(t) - c_2M_2(t)H_{az}(t) - p_2M_2(t)P_z(t); \\
\frac{dB_z}{dt} &= \alpha_1B_z(t) + [b_{11}E_1(t) + b_{21}E_2(t) + b_{12}K_1(t) + b_{22}K_2(t) + \\
&\quad + b_{13}P_1(t) + b_{23}P_2(t) + b_{14}Z_1(t) + b_{24}Z_2(t) + b_{15}M_1(t) + \\
&\quad + b_{25}M_2(t)]B_z(t) - \beta_1B_z(t); \\
\frac{dH_{oz}}{dt} &= \alpha_2H_{oz}(t) + [m_{11}E_1(t) + m_{21}E_2(t) + m_{12}K_1(t) + \\
&\quad + m_{22}K_2(t) + m_{13}P_1(t) + m_{23}P_2(t) + m_{14}Z_1(t) + m_{24}Z_2 +
\end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
& +m_{15}M_1(t) + m_{25}M_2(t)]H_{oz}(t) - \beta_2H_{oz}(t); \\
\frac{dH_{az}}{dt} &= \alpha_3H_{az}(t) + [c_1M_1(t) + c_2M_2(t)]H_{az}(t) - \beta_3H_{az}(t); \\
\frac{dP_z}{dt} &= \alpha_4P_z(t) + [p_1M_1(t) + p_2M_2(t)]P_z(t) - \beta_4P_z(t).
\end{aligned}$$

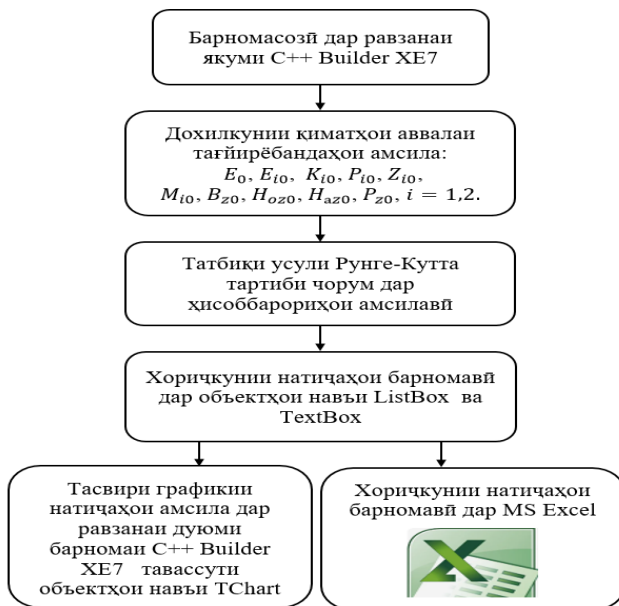
Бо шартҳои аввалин:

$$\begin{aligned}
E_{i0} &= E(t_{0_{E_i}}); t \in [t_{0_{E_i}}; t_{n_{E_i}}], n_{E_i} \in N; i = 1, 2. \\
K_{i0} &= K(t_{0_{K_i}}) = E(t_{n_{E_i}}); t \in [t_{0_{K_i}}; t_{n_{K_i}}], n_{K_i} \in N; i = 1, 2. \\
P_{i0} &= P(t_{0_{P_i}}) = K(t_{n_{K_i}}); t \in [t_{0_{P_i}}; t_{n_{P_i}}], n_{P_i} \in N; i = 1, 2. \\
Z_{i0} &= Z(t_{0_{Z_i}}) = P(t_{n_{P_i}}); t \in [t_{0_{Z_i}}; t_{n_{Z_i}}], n_{Z_i} \in N; i = 1, 2. \\
M_{i0} &= M(t_{0_{M_i}}) = Z(t_{n_{Z_i}}); t \in [t_{0_{M_i}}; t_{n_{M_i}}], n_{M_i} \in N; i = 1, 2. \\
B_{z0} &= B_z(t_0); t \in [t_0; t_n], n \in N. \\
H_{oz0} &= H_{oz}(t_0); t \in [t_0; t_n], n \in N. \\
H_{az0} &= H_{az}(t_0); t \in [t_0; t_n], n \in N. \\
P_{z0} &= P_z(t_0); t \in [t_0; t_n], n \in N.
\end{aligned}$$

Инчунин, дар системаи муодилаҳои (4) ба воситаи α_1 ҳиссаи омилҳои таъсиррасон, ки ба рух задани бемориҳои сироятӣ боис гаштаанд, бо β_1 – дараҷаи таъсири мусбати амали дорудармонӣ ба беҳдошти саломатии индивидҳои оила зимни амалиёти пешгирӣ аз бемориҳои сирояткунанда, бо α_2 – дараҷаи таъсири манфии ҳояндаҳои зараррасон ба популятсияи оилаи занбӯри асал, бо β_2 – ҳиссаи ғавти табиӣ ҳояндаҳо, бо α_3 – дараҷаи таъсири манфии хазандаҳо ва обхокиҳои зараррасон ба занбӯрҳои болиғ, бо β_3 – ҳиссаи ғавти табиӣ хазанда ва обхокиҳо, бо α_4 – дараҷаи таъсири манфии парандаҳои зараррасон ба занбӯрҳои болиғи оила ва бо β_4 – ҳиссаи ғавти табиӣ парандаҳо ишора шудаанд.

Бахши сеюми боб ба барномасозии компютери фаъолияти занбӯри асал вобаста ба таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо бахшида шудааст. Нақшаи умумии амалишавии кори барнома – алгоритми

худкорсози табодули додаҳо байни забони барномасозии объектгарои C++ Builder XE7 ва усули Рунге-Кутт дар расми 12 тасвир ёфтааст.



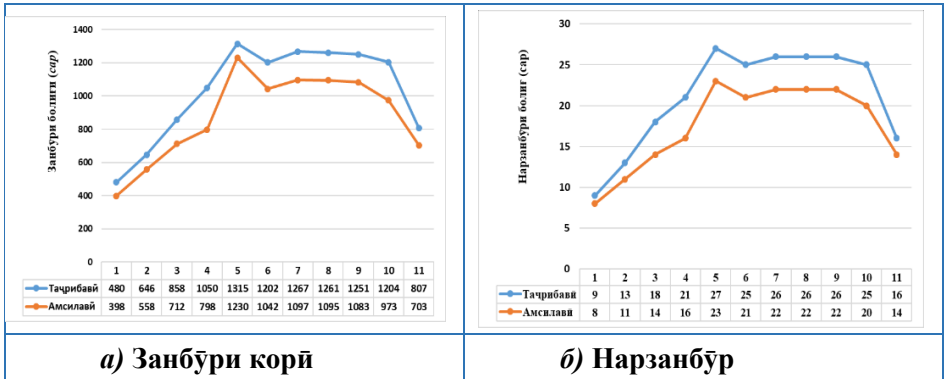
Расми 12 – Нақшаи амалишавии барномаи компютерӣ (коркарди муаллиф)

Дар чараёни татбиқи усули Рунге-Кутт дар барномаи компютерӣ ва зимни ҳисоббарорӣҳои амсилавӣ дар компютер, зарурати ворид намудани қиматҳои аввали тағйирёбандаҳои амсила пеш меояд. Дар раванди идентификатсияи коэффитсиентҳои амсилаи математикӣ аз қиматҳои аввали тағйирёбандаҳои $E_{10}, K_{10}, P_{10}, Z_{10}, M_{10}, i = 1, 2$, аз маълумотҳои соли 2017, барои занбӯри асали зоти карпатии дар шароити минтақаҳои шимолӣ Тоҷикистон парваришёбанда истифода намудем.

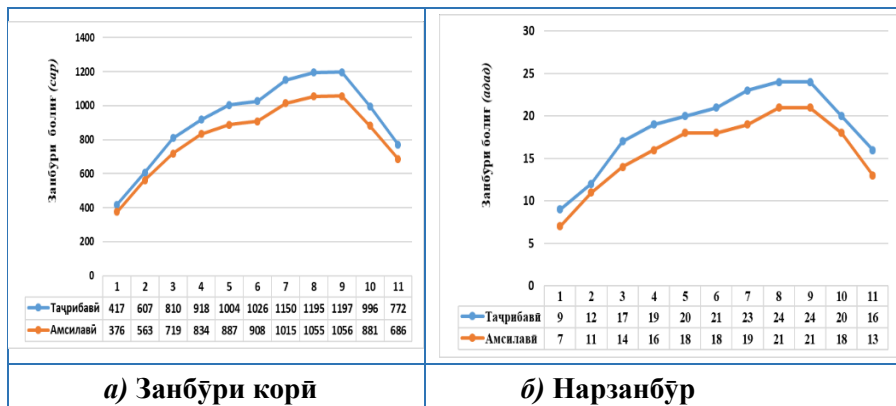
Муқоисаи натиҷаҳои тариқи амсиласозии компютерӣ бадастомада бо маълумотҳои таҷрибавӣ, ки соли 2017 бо оилаҳои занбӯрони асали зотҳои карпатӣ ва бакфаст дар минтақаҳои гуногуни шимолӣ Тоҷикистон гузаронида шудаанд, нишон медиҳанд, ки амсилаи мазкур динамикаи шумораи индивидҳои занбӯри асали ҳар як марҳиларо тибқи тақсимои онҳо аз рӯи хусусиятҳои ҷинсӣ ва таъсири бемориҳои

сироятию организмҳои зараррасон ба таври кофӣ дуруст инъикос карда метавонад.

Дар заминаи амсилаи компютери таҳияшуда идентификатсия ва верификатсияи қимати коэффитсиентҳои амсилаи компютерӣ бо маълумоти таҷрибавӣ гузаронида шуда, дар асоси муқоисаи натиҷаҳои таҷрибавӣ ва амсилавӣ устувории қори барномаи таҳияшуда исбот карда шудааст (расмҳои 13 ва 14).



Расми 13 – Натиҷаи идентификатсияи амсилаи компютерӣ аз рӯйи динамикаи шумораи занбӯрони болиғи оилаи занбӯри асали зоти қарпатӣ бо истифода аз маълумоти таҷрибавии соли 2017



Расми 14 – Натиҷаи верификатсияи амсилаи компютерӣ аз рӯйи динамикаи шумораи занбӯрони болиғи оилаи занбӯри асали зоти бақфаст бо истифода аз маълумоти таҷрибавии соли 2017

Боби панҷуми таҳқиқот, ки боби ҷамъбастии диссертатсия ба ҳисоб меравад, ба амсиласозии таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ ба фаъолияти оилаи занбӯри асал бахшида шуда, таҳлили ҳамачонибаи натиҷаҳои компютерии бадастомадаро оид ба паҳлуҳои гуногуни фаъолияти оилаи занбӯри асал фаро гирифтааст.

Дар бахши якуми боб диққати асосӣ ба омӯзиш ва таҳқиқи таъсири ҳарорат ва намнокии ҳаво ба фаъолияти оилаи занбӯри асал равона гардидааст. Аз ҷумла қайд гардидааст, барои фаъолияти муътадили индивидҳои оилаи занбӯри асал бояд ҳарорат ва намнокии муҳити атроф ва дохили куттии оила ба ҳама равандҳои биофизикӣ ва биохимиявӣ мутобик бошанд.

Махсусан қайд шудааст, ки оилаи занбӯри асал нисбат ба тағйирёбии ҳарорати ҳаво таҳаммулпазир аст ва он метавонад вобаста ба зоташ дар фосилаи ҳарорати солонаи аз -50°C то $+45^{\circ}\text{C}$ зиндагӣ кунад. Дар ҳолати гармии аз меъёр зиёд, хосса дар мавсими асалгундорӣ, оила метавонад тавассути хусусиятҳои биологӣ ва қобилияти оббухоркуниаш ҳарорати дохили куттиро устуворона муътадил гардонад.

Барои дар амсилаи математикӣ ба ҳисоб гирифтани таъсири ин омилҳои табиӣ функсияҳои махсуси математикии ҳароратӣ (5) ва намнокии ҳаво (6) таҳия шуда, эътимоднокии онҳо тавассути барномаи компютерӣ санҷида шудааст. Функсияҳои мазкур дар арзёбии амиқи рушди оилаҳои занбӯр татбиқи амалии худро ёфтаанд, ки он мавзуи таҳқиқоти бахши дуюми боби панҷумро ташкил додааст.

$$f(T) = \begin{cases} -1,4286T^2 + 82,857T - 815,71, & 20 \leq T < 27, \\ -21T^2 + 1366T - 21318, & 27 \leq T < 32, \\ -67,5T^2 + 4607,5T - 77675, & 32 \leq T < 37, \\ -7,25T^2 + 559,5T - 10410, & 37 \leq T \leq 42, \end{cases} \quad (5)$$

ки дар ин ҷо $f(T)$ – функсияи ҳароратии худудгузори рушди оилаи занбӯри асал буда, марҳилаҳои ҳаёти оиларо аз тухмгузории модарзанбӯр то ба занбӯри болиғ табдил ёфтани тухмҳо муайян мекунад, $T = T(t)$ – ҳарорати миёнаи ҳаво мебошад: $t \in [t_0; t_k], k \in N$.

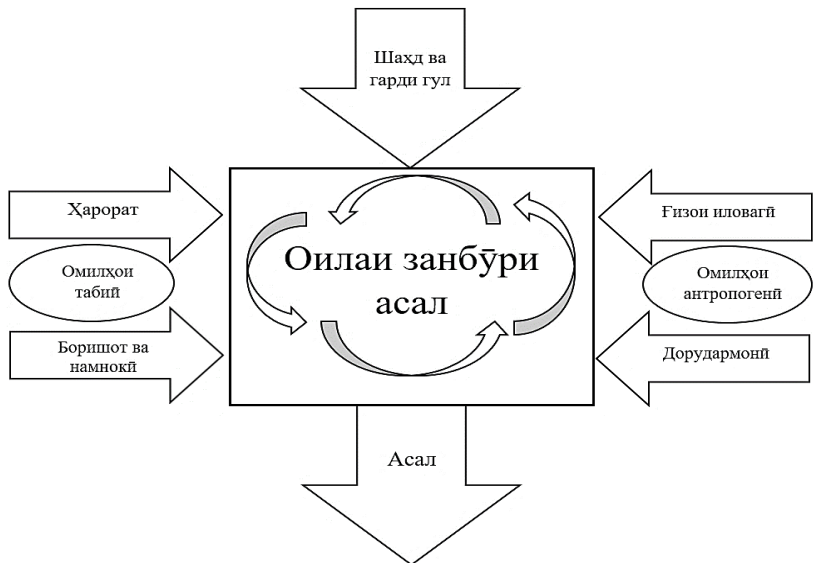
$$g(v) = \begin{cases} -0.3889v^2 + 41,889v - 747,5, & \text{агар } 30 \leq v < 55, \\ -0.4467v^2 + 83,947v - 2978,5, & \text{агар } 55 \leq v \leq 87, \\ 1.0998v^2 - 270,17v + 16338, & \text{агар } 87 < v < 100, \end{cases} \quad (6)$$

ки дар ин ҷо бо ёрии $g(v)$ – функсияи намнокии ҳудудгузори рушду инкишофи индивидҳои популятсияи оилаи занбӯри асал аз марҳилаи тухмгузории модарзанбӯр то марҳилаи ба занбӯри болиғ табил ёфтани тухмҳо ва бо ёрии $v = v(t)$ – намнокии миёнаи шабонарӯзии ҳаво ($t \in [t_0; t_k], k \in N$) ишорат шудаанд.

Дар оғози бахши дуюм таъкид шудааст, ки равандҳои афзоиш, динамикаи тағйирёбӣ ва фанои индивидҳои популятсияи оилаи занбӯри асал, иқтидори истеҳсолии оила ва ҳаҷми асали истеҳсолшаванда аз омилҳои табиӣ ва антропогенӣ саҳт вобаста мебошанд. Ба эътибор нагирифтани ин омилҳо метавонад боиси номукамал рӯйи кор омадани амсилаҳои таҳияшаванда ва носаҳеҳ ташаккул ёфтани натиҷаҳои ҳисобкуниҳои амсилавӣ гарданд.

Барои амалисозии нуктаҳои таъкидшуда дар бахши дуюми боб корҳои зерин анҷом дода шудаанд:

1. Дар заминаи омӯзиш ва таҳлили омилҳои табиӣ ва антропогенӣ амсилаи гипотезии низоми парвариши занбӯри асал таҳия гардидааст (расми 15).



Расми 15 – Амсилаи гипотезии таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ ба равандҳои ташаккул ва рушди индивидҳои оилаи занбӯри асал, иқтидори истеҳсолии оила ва ҳаҷми имконпазири асали истеҳсолшаванда

2. Функсияҳои эмпирикии идоракунии раванди таъмини ғизои иловагӣ ($R_{1i}(t)$) дар мавсими зимистон барои зочаҳои занбӯр ва занбӯрони болиғи ҳарду чинси оилаи занбӯри асал сохта шудааст:

$$R_{1i}(t) = \begin{cases} 0, & \text{агар } (U_i(t) \geq 5 \cup 0 < SG \leq 1) \\ Z_1(t)Q_i(t), & \text{агар } (0 \leq U_i(t) < 5 \cup SG = 0) \\ M_1(t)Q_i(t), & \text{агар } (0 \leq U_i(t) < 5 \cup SG = 0), \end{cases} \quad (8)$$

$U_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, n$ – миқдори захираи ғизои асосии оилаи занбӯри асал барои рӯзи i -юм, $Q_i(t)$ – миқдори ғизои иловашаванда дар рӯзи i -юми мавсими ғизодиҳӣ барои зочаҳо $Z_1(t)$ ва занбӯрони кории болиғи ($M_1(t)$) оилаи занбӯри асал.

3. Бар пояи функсияҳои эмпирикӣ амсилаи математикии рушд ва фаъолияти оилаи занбӯри асал тақмили минбаъдаи худро ёфтааст (9)-(10).

$$\frac{dE_1}{dt} = f(T)[\delta_{11}k_1E_m(t) - (\delta_{12} + \mu_{11})E_1(t) - b_{11}E_1(t)B_z(t) - m_{11}E_1(t)H_{oz}(t)]g(v);$$

$$\frac{dE_2}{dt} = f(T)[\delta_{21}k_2E_m(t) - (\delta_{22} + \mu_{21})E_2(t) - b_{21}E_2(t)B_z(t) - m_{21}E_2(t)H_{oz}(t)]g(v);$$

$$\frac{dK_1}{dt} = f(T)[\delta_{12}E_1(t) - (\delta_{13} + \mu_{12})K_1(t) - b_{12}K_1(t)B_z(t) - m_{12}K_1(t)H_{oz}(t)]g(v);$$

$$\frac{dK_2}{dt} = f(T)[\delta_{22}E_2(t) - (\delta_{23} + \mu_{22})K_2(t) - b_{22}K_2(t)B_z(t) - m_{22}K_2(t)H_{oz}(t)]g(v);$$

$$\frac{dP_1}{dt} = f(T)[\delta_{13}K_1(t) - (\delta_{14} + \mu_{13})P_1(t) - b_{13}P_1(t)B_z(t) - m_{13}P_1(t)H_{oz}(t)]g(v);$$

$$\frac{dP_2}{dt} = f(T)[\delta_{23}K_2(t) - (\delta_{24} + \mu_{23})P_2(t) - b_{23}P_2(t)B_z(t) - m_{23}P_2(t)H_{oz}(t)]g(v);$$

$$\frac{dZ_1}{dt} = f(T)[\delta_{14}P_1(t) + U_i(t)Z_1(t) - (\delta_{15} + \mu_{14})Z_1(t) - b_{14}Z_1(t)B_z(t) - m_{14}Z_1(t)H_{oz}(t)]g(v) + R_{1i}(t);$$

$$\begin{aligned}
\frac{dZ_2}{dt} &= f(T)[\delta_{24}P_2(t) + U_i(t)Z_2(t) - (\delta_{25} + \mu_{24})Z_2(t) - \\
&\quad - b_{24}Z_2(t)B_z(t) - m_{24}Z_2(t)H_{oz}(t)] g(v) + R_{2i}(t); \quad (9) \\
\frac{dM_1}{dt} &= f(T)[\delta_{15}Z_1(t) + U_i(t)M_1(t) - \mu_{15}M_1(t) - \\
&\quad - b_{15}M_1(t)B_z(t) - m_{15}M_1(t)H_{oz}(t) - c_1M_1(t)H_{az}(t) - \\
&\quad - p_1M_1(t)P_z(t)] g(v) + M_1(t)SG(t) + R_{1i}(t); \\
\frac{dM_2}{dt} &= f(T)[\delta_{25}Z_2(t) + U_i(t)M_2(t) - \mu_{25}M_2(t) - \\
&\quad - b_{25}M_2(t)B_z(t) - m_{25}M_2(t)H_{oz}(t) - c_2M_2(t)H_{az}(t) - \\
&\quad - p_2M_2(t)P_z(t)]g(v) + R_{2i}(t); \\
\frac{dB_z}{dt} &= \alpha_1B_z(t) + [b_{11}E_1(t) + b_{21}E_2(t) + b_{12}K_1(t) + b_{22}K_2(t) + \\
&\quad + b_{13}P_1(t) + b_{23}P_2(t) + b_{14}Z_1(t) + b_{24}Z_2(t) + b_{15}M_1(t) + \\
&\quad + b_{25}M_2(t)]B_z(t) - \beta_1B_z(t); \\
\frac{dH_{oz}}{dt} &= \alpha_2H_{oz}(t) + [m_{11}E_1(t) + m_{21}E_2(t) + m_{12}K_1(t) + m_{22}K_2(t) + \\
&\quad + m_{13}P_1(t) + m_{23}P_2(t) + m_{14}Z_1(t) + m_{24}Z_2 + m_{15}M_1(t) + \\
&\quad + m_{25}M_2(t)]H_{oz}(t) - \beta_2H_{oz}(t); \\
\frac{dH_{az}}{dt} &= \alpha_3H_{az}(t) + [c_1M_1(t) + c_2M_2(t)]H_{az}(t) - \beta_3H_{az}(t); \\
\frac{dP_z}{dt} &= \alpha_4P_z(t) + [p_1M_1(t) + p_2M_2(t)]P_z(t) - \beta_4P_z(t).
\end{aligned}$$

Бо шартҳои аввалин:

$$\begin{aligned}
E_{i0} &= E(t_{0_{E_i}}); \quad t \in [t_{0_{E_i}}; t_{n_{E_i}}], \quad n_{E_i} \in N; \quad i = 1, 2. \\
K_{i0} &= K(t_{0_{K_i}}) = E(t_{n_{E_i}}); \quad t \in [t_{0_{K_i}}; t_{n_{K_i}}], \quad n_{K_i} \in N; \quad i = 1, 2. \\
P_{i0} &= P(t_{0_{P_i}}) = K(t_{n_{K_i}}); \quad t \in [t_{0_{P_i}}; t_{n_{P_i}}], \quad n_{P_i} \in N; \quad i = 1, 2. \\
Z_{i0} &= Z(t_{0_{Z_i}}) = P(t_{n_{P_i}}); \quad t \in [t_{0_{Z_i}}; t_{n_{Z_i}}], \quad n_{Z_i} \in N; \quad i = 1, 2. \quad (10) \\
M_{i0} &= M(t_{0_{M_i}}) = Z(t_{n_{Z_i}}); \quad t \in [t_{0_{M_i}}; t_{n_{M_i}}], \quad n_{M_i} \in N; \quad i = 1, 2. \\
H_{oz0} &= H_{oz}(t_0); \quad t \in [t_0; t_n], \quad n \in N.
\end{aligned}$$

$$H_{az0} = H_{az}(t_0); \quad t \in [t_0; t_n], n \in N.$$

$$P_{z0} = P_z(t_0); \quad t \in [t_0; t_n], n \in N.$$

$$B_{z0} = B_z(t_0); \quad t \in [t_0; t_n], n \in N.$$

Ҳамин тариқ, дар раванди таҳқиқоти боби панҷум омилҳои табиӣ ва антропогенӣ ба равандҳои ташаккул ва рушди марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал таъсиркунанда мавриди омӯзиш, таҳлил ва таҳқиқ қарор дода шуда, дар ин замина амсилаи гипотезии низоми парвариши занбӯри асал таҳия гардидааст.

Таҳқиқотҳои илмӣ собит намуданд, ки таъсири ҳарорат ва намнокии ҳаво ба рушду инкишофи индивидҳои оилаи занбӯри асал (аз тухм то занбӯри болиғ) хеле зиёд буда, дар раванди амсиласозӣ ба инобат гирифтани онҳо ҳатмӣ мебошад.

Дар бахши сеюми боби панҷум сохтори комплекси барномавии амсилаи компютерӣ барои арзёбии фаъолияти оилаи занбӯри асал рӯйи кор омада, бо истифода аз технологияҳои муосир, хусусан бо ёрии барномаҳои компютерӣ арзёбӣ намудани фаъолияти хоҷагиҳои занбӯриасалпарварӣ манфиатнок доништа шудааст.

Таҷрибаи солҳои охир нишон медиҳад, ки бо истифода аз технологияҳои муосир, хусусан барномаҳои компютерӣ, арзёбӣ намудани фаъолияти хоҷагиҳои занбӯриасалпарварӣ манфиатовар мебошад. Барномаҳои компютериро дар раванди арзёбии таъсири ҳарорати ҳаво, намнокӣ, бемориҳо ва зараррасонҳо, муайянсозии манбаҳои ғизӣ ва ғайра татбиқ намудан мумкин аст. Масалан, тавассути барномаҳои компютерӣ дар хоҷагиҳои занбӯриасалпарварӣ чунин масъалаҳо ҳал намудан мумкин аст:

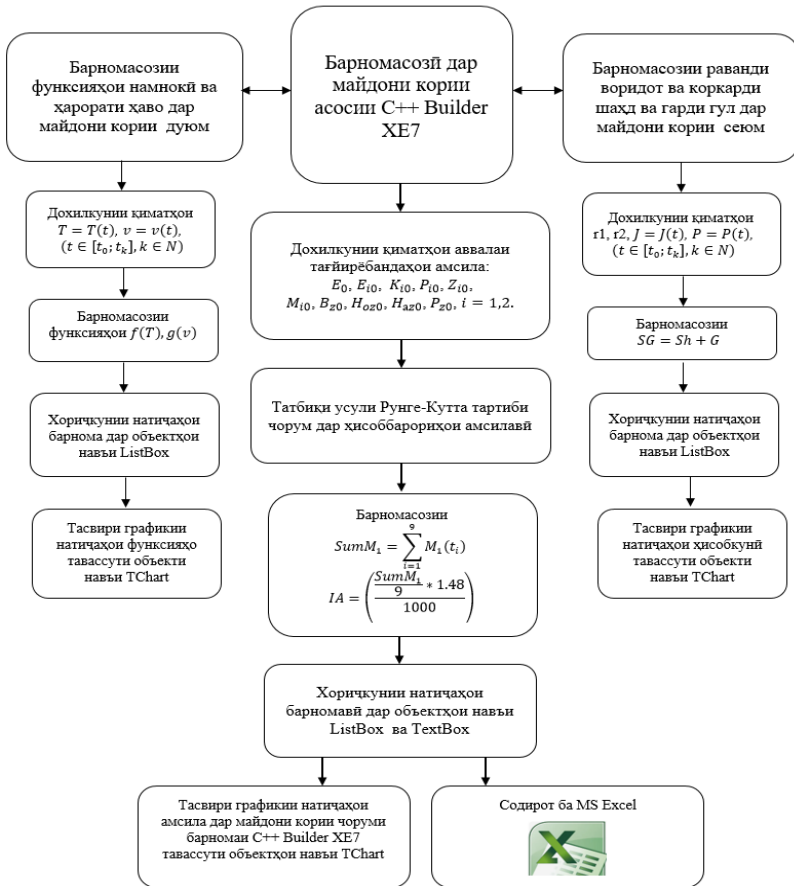
1. Арзёбии динамикаи популятсияи занбӯрҳои дохили канду (кутгӣ) ва муайян намудани дурнамои вазъи онҳо.

2. Дар вобастагӣ аз омилҳои табиӣ, аз қабili ҳарорат, намнокӣ, боришот ва ғайра муайян намудани вазъи кунунии оилаҳо ва баҳодиҳӣ ба онҳо.

3. Арзёбии манбаҳои ғизӣ ва маҳсулнокии оилаҳо дар вобастагӣ аз шартҳои ҳамаҷониба ва ғайра.

Аз ин рӯ, метавон хулосабарорӣ намуд, ки барномаҳои компютерӣ метавонанд дар ҳама равандҳои ташкил намудани хоҷагиҳои занбӯриасалпарварӣ татбиқ шаванд, зеро бо татбиқи барномаҳо эҳтимолияти ба даст овардани самаранокии бештари фаъолияти хоҷагиҳо имконпазир аст.

Нақшаи амалишавии раванди ҳисобкуниҳо дар комплекси барномавӣ дар расми 16 пешниҳод шудааст.



Расми 16 – Нақшаи умумии амалишавии сохтори комплекси барномавӣ дар забони барномаасозии C++ Builder XE7 (коркарди муаллиф)

Дар баҳши чоруми боби мазкур иқтидори истеҳсоли оилаи занбӯри асал ва арзёбии компютери маҳсулнокии он баррасӣ ва мавриди таҳқиқ қарор гирифтааст, зеро масъалаи ҷамъоварии асал ҳадафи асосии дилхоҳ хоҷагии занбӯрпарварӣ мебошад.

Дар ин баҳш бо назардошти натиҷаҳои идентификатсионӣ ва верификатсионии қонёқунанда бо амсилаи компютерӣ дар робита ба

таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ 5 сценарияи таҳлилий гузаронида шуда, маҳсулнокии оилаҳои занбӯр ҳисоб карда шудааст.

Натиҷаҳои асосии баҳши мазкури таҳқиқот инҳоянд:

1. Бо истифода аз формулаҳои математикии махсус таҳияшуда иқтидори миёнаи истеҳсоли барои як индивиди занбӯри корӣ муайян карда шудааст (ҷадвали 1).

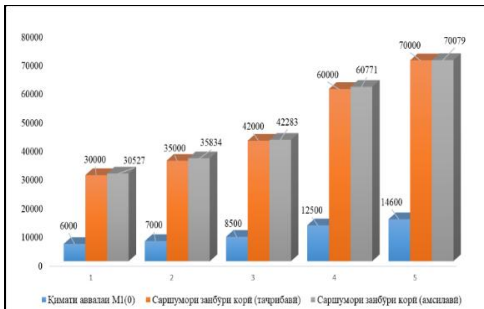
Ҷадвали 1 – Иқтидори истеҳсолии оилаи занбӯри асал дар мавсими ҷамъоварии шაҳд ва гарди гул

№	Шумораи занбӯри оила (сар)	Миқдори асали истеҳсолшуда (кг)	Иқтидори як занбӯр (г)
1	80000	156	1,95
2	60000	95	1,58
3	42000	65	1,54
4	35000	42	1,2
5	30000	34	1,13
Бо ҳисоби миёна	49400	78,4	1,48

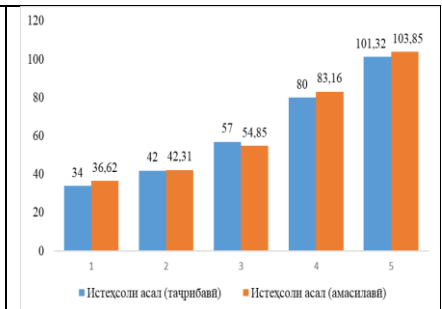
Ҷадвали 1 дар асоси чунин ҳисоббарориҳо сохта шудааст: масалан, агар як оилаи 39 ҳазораи занбӯри асал дар мавсими асалгундории сол ба ҳисоби миёна иқтидори 52 кг асал истеҳсол карданро дошта бошад, он гоҳ иқтидори асалистеҳсолкунии як занбӯрро ба осонӣ муайян кардан мумкин аст: $52 \text{ кг} / 39000 \text{ сар} = 52000 \text{ г} / 39000 \text{ сар} = 1,33 \text{ г/сар}$.

2. Механизми барномавии ҳисобкунии миқдори умумии асали истеҳсолӣ аз рӯи саршумори занбӯрони кории оилаи занбӯр кор карда баромада шудааст (расмҳои 17-18).

3. Зимни баргузории таҷрибаҳои саҳроӣ ва пурсишҳои сотсиологӣ дар чанде аз хоҷагиҳои занбӯрпарварии водии Рашт муайян карда шуд (расми 19), ки дар ҳолати мусоид омадани обу ҳаво занбӯрпарварони баъзе ноҳияҳои ин водӣ аз ҳар як оилаи занбӯр то 50-60 кг асали аълосифат истеҳсол карда тавонистаанд. Ҳол он ки маҳсулнокии оилаҳои занбӯри асал дар ин водӣ ба ҳисоби миёна 17-25 кг-ро ташкил медиҳад. Инчунин, таҷрибаҳои саҳроӣ нишон дод, ки маҳсулнокии оилаҳои занбӯри асал дар минтақаҳои гуногуни вилояти Суғд ба ҳисоби миёна 20-26 кг ва дар вилояти Хатлон 15-22 кг-ро ташкил меодааст [10-М-14-М].

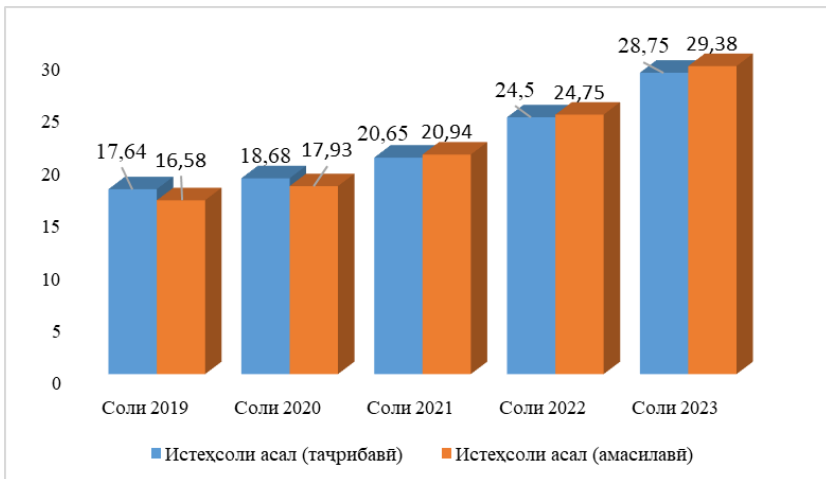


Расми 17 – Диаграммаи муқоисавии марҳилаҳои рушди саршумори таҷрибавӣ ва амслиавии занбӯри қорӣ оилаи занбӯри асал



Расми 18 – Диаграммаи муқоисавии истеҳсоли воқеӣ ва амслиавии асал

4. Бо ҳисобгирии факту рақамҳои овардашуда ва бо истифода аз таҷрибаи ғании аз амсиласозии математикӣ оид ба фаъолият ва зиндагии оилаҳои занбӯри асал ҳосилнамудаамон барномаи компютериро дар намуди умумӣ ба сифати афзори муқаммалӣ таҳқиқотӣ барои шароити занбӯрпарварии минтақаҳои гуногуни Ҷумҳурии Тоҷикистон мутобик гардонид, натиҷаҳои амслиавии зеринро ҳосил намудем (масалан, водии Рашт: расми 19, ҷадвали 2):



Расми 19 – Диаграммаи муқоисавии истеҳсоли воқеӣ ва амслиавии асал (кг) дар хоҷагҳои занбӯрпарварии водии Рашти ҶТ барои солҳои 2019-2023

Чадвали 2 – Муқоисаи маҳсулнокии оилаҳои занбӯр дар шароити иқлимии ҚТ (аз як оила, к²)

№	Истеҳсоли асал (додаҳои таҷрибавӣ)	Истеҳсоли асал (натиҷаҳои амсилавиӣ)
1	17,64	16,58
2	18,68	17,93
3	20,65	20,94
4	24,5	24,75
5	28,75	29,38

5. Дар робита ба тағйирёбии омилҳои табиӣ озмоишҳои компютерӣ гузаронида шудааст, ки натиҷаҳои онҳоро зимни қабули қарорҳои истеҳсолӣ ва идоракунии хоҷагиҳои занбӯрпарварӣ метавон истифода бурд: масалан, дар муайянкунии иқтидори кории оилаҳои занбӯр, пешбинии дурнамои рушди хоҷагиҳо ва ғайра.

ХУЛОСАҲО

1. Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия

Омӯзиш ва таҳқиқи фаъолияти оилаи занбӯри асал яке аз масъалаҳои мубрам ва рӯзмарра буда, дар ҳолати илман муайян сохтани омилҳои ба фаъолияти он таъсиррасонанда имконият ба вучуд меояд, ки маҳсулнокии оилаҳои занбӯр дуруст арзёбӣ карда шуда, баланд бардошта шавад. Маҳз аз ҳамин нуқтаи назар дар таҳқиқоти диссертатсионӣ бо истифода аз усулҳои муосири амсиласозии концептуалӣ, математикӣ ва компютерӣ динамикаи солони саршумори индивидҳои оилаҳои занбӯри асал мавриди таҳқиқ ва таҳлили муфассал қарор дода шуда, омилҳои асосии ба рушди фаъолияти оилаҳо таъсиррасонанда муайян карда шудаанд.

Натиҷаҳои дар рафти таҳқиқот бадастовардашуда ҷанбаи илмӣ-амалӣ дошта, онҳоро дар соҳаи кишоварзӣ, хусусан, дар идоракунии фаъолияти хоҷагиҳои занбӯрпарварӣ истифода бурдан мумкин аст. Навгониҳои дар соҳаи амсиласозӣ ҳосилшударо дар таҳияи стратегияҳои самараноки идоракунии фаъолияти оилаи занбӯри асал ва баланд бардоштани маҳсулнокии он татбиқ намудан тақозои замон мебошад.

Таҳқику таҳлилҳои илмӣ дар раванди пажӯҳишҳои диссертатсионӣ баанҷомрасонидашуда, ки дар пояи методологияи диди системавӣ ва концепсияи илмӣ таҳлили компютерӣ шакл

гирифтаанд, имкон доданд, ки мазмуни хулосаҳои умумии таҳқиқотро дар шакли банду зербандҳои зерин ҷамъбаст ва пешкаш намоем:

1. Дар ҷаҳони муосири мунтазам болоравандаи технологияҳои истеҳсол ва коркарди маҳсулоти кишоварзӣ рушди босуръати соҳаи занбӯриасалпарварӣ ва нишондиҳандаҳои баланди истеҳсоли асалро дар хоҷагиҳои занбӯрпарварию ҷумҳурӣ бе коркарди усулҳои комилан нави концептуалию методологӣ ва истифодаи босамари методҳои амсиласозии математикию компютерию идоракунии фаъолияти популятсияи оилаҳои занбӯри асал таъмин намудан ғайри имкон аст. Барои ҳалли ин масъала дар таҳқиқоти диссертатсионӣ бо назардошти принципҳои амсиласозӣ ва донишҳои бунёдии марҳилаҳои ҳаёт, рафтор ва хусусиятҳои биологӣю физиологӣю оилаҳои занбӯри асал асосҳои илмӣ, назариявӣ ва амалии парвариши занбӯр ва махсусиятҳои он барои шароити иқлимии Тоҷикистон таҳқиқ карда шудаанд:

1.1. Маҷмуи тамоми омилҳои ба фаъолияти оилаи занбӯри асал таъсиррасони биотикӣ, абиотикӣ ва антропогенӣ, манбаҳои ғизоӣ ва шахддиҳанда, бемориҳо ва зараррасонҳои занбӯр ба таври умумӣ дар шакли блок-накшаҳо гурӯҳбандӣ карда шуданд [15-М, 20-М, 27-М, 39-М];

1.2. Марҳилаҳои биологӣю ҳаёти популятсияи оилаи занбӯри асал ба таври комплексӣ мавриди омӯзиш ва таҳқиқ қарор дода шуда, дар заминаи онҳо амсилаҳои концептуалӣ ва математикӣ сохта шуданд [1-М, 3-М, 2-М];

- амсилаи математикии таҳияшуда аз системаи хаттии 5 муодилаи дифференсалии одӣ иборат буда, бо он дар ҳолатҳои статсионарӣ ва динамикӣ таҳлилҳои математикӣ гузаронида шуданд;

- барои тағйирёбандаҳои амсилаи математикӣ таносубҳои аналитикӣ ва барои коэффитсиентҳои он шартҳои мувофиқи киматқабулкунӣ ёфта шуданд.

1.3. Дар асоси амсилаи математикии марҳилаҳои ҳаёти популятсияи оилаи занбӯри асал бо истифода аз усули адабии Рунге-Кутти тартиби чорум технологияи амсиласозии компютерию динамикаи тағйирёбии миқдори популятсияи занбӯр ҳангоми гузариши он аз як марҳилаи инкишофи синнусолӣ ба марҳилаи дигар қар карда баромада шудааст [8-М, 15-М];

- тарҳрезии амсилаи компютерӣ бо ёрии забони барномасозии объектгарои C++ амалӣ гардонидани шудааст;

- кори амсилаи компютерӣ бар пояи маълумоти эмпирикӣ оид ба динамикаи тухмгузории модарзанбӯрони оилаҳои занбӯрони асали зотҳои «карпатӣ» ва «бакфаст», ки бо онҳо дар минтақаҳои шимолӣ Тоҷикистон соли 2017 таҷрибаҳои саҳроӣ гузаронида шудаанд, ба роҳ монда шудааст;

- бо амсилаи компютерӣ сценарияҳои гуногуни фаъолият ва рушди популятсияи оилаҳои занбӯрони асал гузаронида шуда, дар озмоишҳои сценариявӣ марҳилаҳои ҳаётии инкишофи оилаҳо аз лаҳзаи тухмгузории модарзанбӯрон то ба занбӯрони болиғ табдил ёфтани тухмҳо, ки 21 шабонарӯзро дар бар мегирад, мавриди таҳқиқ қарор гирифтааст;

- муқоисаи натиҷаҳои амсилавӣ ва таҷрибавии динамикаи тағйирёбии миқдори популятсияи оилаҳои навъҳои занбӯрони асали зикршуда аз он далолат медиҳад, ки амсилаи компютерӣ тарҳрезӣшуда барои пешбурди корҳои илмӣ истиҳсоли пурра омода мебошад [8-М, 11-М, 14-М].

2. Дарки бештари ҳосиятҳои биологӣ физиологӣ занбӯри асал ва пажӯҳиши механизми истиҳсоли асал водор сохтанд, ки дар амсилаҳои таҳияшаванда хусусиятҳои синнусолӣ, ҷинсӣ ва тақсимои гурӯҳӣ индивидҳои оилаи занбӯри асал ба ҳисоб гирифта шаванд. Бо ин мақсад дар таҳқиқоти диссертатсионӣ [4-М, 13-М, 31-М]:

2.1. Бо истифода аз усули амсиласозӣ амсилаҳои такмилёфтаи консептуалӣ ва математикии марҳилаҳои синнусолии сегонаи пурраи индивидҳои оилаи занбӯри асал (модарзанбӯр, занбӯрони корӣ ва нарзанбӯрҳо) тарҳрезӣ гардид:

- кулли индивидҳои оилаи занбӯр ба ду гурӯҳи ҷинсӣ (занбӯрони корӣ ва нарзанбӯрҳо) тақсим карда шуд;

- дар амсилаи математикӣ системаи 10 муодилаи дифференсиалии одии ҳаттӣ бо шартҳои аввала истифода шуд [4-М, 13-М];

- вазъи индивидҳои оилаи занбӯри асал дар ҳар як лаҳзаи вақти додашуда ва ҳолати гузариши онҳо аз як марҳилаи ҳаёт ба марҳилаи дигар дар амсилаи математикӣ ба воситаи 10 тағйирёбанда тасвир ва муайян карда шуд: миқдори тухмҳои модарзанбӯр, ки аз онҳо занбӯрони корӣ ба дунё меоянд, миқдори тухмҳои модарзанбӯр, ки аз онҳо нарзанбӯрон ба дунё меоянд, миқдори кирминаҳои занбӯри корӣ, миқдори кирминаҳои нарзанбӯр, миқдори индивидҳои пешаззочавӣ

занбӯри корӣ, миқдори индивидҳои пешаззочавии нарзанбӯр, миқдори зочаҳои занбӯри корӣ, миқдори зочаҳои нарзанбӯр, миқдори занбӯрҳои болиғи корӣ, миқдори нарзанбӯрҳои болиғ;

- муодилаҳои система суръати лаҳзавии тағйирёбии миқдори индивидҳои марҳилаҳои гуногуни ҳаёти популятсияи оилаи занбӯри асалро дар шакли вобастагиҳои математикии равандҳои афзоиш ва ғавти индивидҳо тасвир намуда, механизми гузариши онҳоро аз як марҳилаи ҳаёт ба марҳилаи дигар амалӣ менамоянд;

- дар ҳолати статсионарӣ бо системаи муодилаҳо таҳлили математикӣ гузаронида шуда, қимати тағйирёбандаҳои амсила, коэффитсиентҳои амсилави ва таносубҳои байни онҳо ёфта шудаанд [1-М, 4-М, 25-М];

2.2. Дар таҳқиқот ҳалли аналитикии системаи муодилаҳои дифференсиалии одӣ ба пуррагӣ ёфта шуда, барои он шартҳои зарурӣ муайян карда шуданд, ки дар раванди идентификация қимати коэффитсиентҳои амсила иҷрои онҳо ҳатмӣ дониста мешавад [4-М, 23-М];

2.3. Бар пояи амсилаи математикии марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯри асал (модарзанбӯр, занбӯрони корӣ – 98%, нарзанбӯрҳо – 2%) ва бо назардошти хусусиятҳои чинсӣ синнусолии индивидҳо амсилаи такмилёфтаи компютерӣ сохта шуд:

- асоси амсилаи компютериҳо барномаи ҳисоббарории дар забони барномасозии объектгарои C++ таҳияшуда ташкил медиҳад;

- тавассути барномаи компютерӣ қимати тағйирёбандаҳои системаи муодилаҳои дифференсиалии одӣ бо усули Рунге-Кутти тартиби чорум ҳисоб карда шуд;

- идентификация ва верификацияи амсилаи компютерии мазкур низ дар заминаи маълумоти таҷрибавии соли 2017 барои занбӯрони асали зотҳои карпатӣ ва бакфасти дар шароити минтақаҳои шимолӣ Тоҷикистон парваришёбанда гузаронида шуд [13-М, 23-М, 29-М];

2.4. Қиёси натиҷаҳои графיקии таҷрибавӣ ва компютерии амсила, ки тавассути ҷадвали электронии MS Excel 2016 сохта шудаанд, нишон дод, ки фарқи байни ин натиҷаҳо дар ҳама марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал бузургӣ ҳеле ночизро ташкил дода, дар умум, амсилаи компютерии таҳияшуда ба таври кофӣ динамикаи шумораи индивидҳои ҳар як марҳиларо тибқи тақсмоти онҳо аз рӯйи

хусусиятҳои ҷинсӣ ва синнусолии индивидҳои оила дуруст инъикос карда метавонад [13-М, 29-М];

2.5. Барои санҷиши дақиқӣ ва устувории кори барномаи компютерии таҳияшуда бо амсилаи компютерӣ ду озмоиши сценариявӣ гузаронида шуд. Дар ин озмоишҳо натиҷаҳои адабии қонёқунандаи равандҳои идентификатсионӣ ва верификатсионии барнома ва маҳдудиятҳои мантиқию шартии зимни таҳлили математикӣ амсила ҳосилшуда ба ҳисоб гирифта шуданд. Натиҷаҳои сценариявӣ бадастомада собит сохтанд, ки ҳангоми иҷро шудани шартҳои мантиқӣ амсилаи компютерӣ воқеияти табиӣ раванди занбӯриасалпарвариро дуруст инъикос карда, дар пешбурди корҳои илмӣ истифода шуда метавонад [11-М, 13-М, 23-М].

3. Таҳқиқоти диссертатсионӣ собит сохт, ки барои омӯзиш, таҳлил, арзёбӣ, идоракунии ва ояндабинии низоми парвариши занбӯриасал дар комплекси амсилаҳои таҳияшудаи марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯр вобастагии фаъолияти оиларо аз омилҳои табиӣ антропогенӣ ва таъсири бемориву зараррасонҳо ба ҳисоб гирифтани зарур аст. Аз ин рӯ, бори нахуст комплекси амсилаҳои мукаммали концептуалӣ, математикӣ ва компютерӣ марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯриасал кор карда баромада шуд, ки дар онҳо на танҳо хусусиятҳои ҷинсӣ тақсимои гурӯҳӣ, балки таъсири омилҳои иқлимӣ (ҳарорат ва намнокии ҳаво), бемориҳо ва зараррасонҳои фаъолияти меҳнатӣ ва маҳсулнокии оилаи занбӯр ба ҳисоб гирифта шуданд [2-М, 3-М, 6-М]:

3.1. Амсилаи математикӣ, ки барои таъмини талаботҳои мазкур сохта шуд, системаи 14 муодилаи дифференсиалии одии ғайрихаттӣ бо шартҳои авваларо дар бар мегирад;

3.2. Дар мавриди мазкур низ дар ҳолати статсионарӣ бо системаи муодилаҳои дифференсиалии додашуда таҳлили математикӣ гузаронида шуда, қимати тағйирёбандаҳои амсила, коэффитсиентҳои муодилаҳои система ва таносубҳои математикӣ байни коэффитсиентҳо муайян карда шуданд [10-М, 40-М];

3.3. Барои ёфтани ҳалли адабии система дар заминаи амсилаи математикӣ таҳияшуда бо ёрии забони барномасозии объектгарои C++ Builder XE7 амсилаи компютерӣ фаъолияти оилаи занбӯриасал сохта шуд [8-М, 19-М];

3.4. Идентификатсия ва верификатсияи амсилаи компютерӣ, ки дар ин маврид низ дар асоси маълумоти таҷрибавии оилаҳои занбӯрони асали зотҳои карпатӣ ва бакфасти дар минтақаҳои гуногуни шимолӣ Тоҷикистон парваришёбанда анҷом дода шудаанд, имконият доданд, ки дараҷаи мувофиқати маълумоти таҷрибавӣ бо натиҷаҳои амсилавӣ, дурустӣ ва устувории қори комплекси барномаҳои компютерии таҳияшуда арзёбӣ карда шавад [13-М, 19-М].

4. Дар технологияи амсиласозии математикӣ бори аввал ҷиҳати баҳодиҳии рушди марҳилаҳои ба омилҳои иқлимӣ вобастаи ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯри асал функсияҳои мувофиқи математикии ҳароратӣ ва намнокии ҳаво сохта шуда, бо истифода аз барномаи компютерии махсус қиёси дурустии натиҷаҳои онҳо бо маълумоти воқеӣ гузаронида шуд [11-М, 21-М].

5. Дар асоси натиҷаҳои илмӣ муҳаққиқони соҳаи занбӯрпарварӣ ва маълумотҳои эксперименталӣ оид ба раванди ҷамъоварии шаҳд ва гарди гул аз ҷониби занбӯрони қорӣ, функсияҳои эмпирикии идоракунии раванди таъмини ғизои иловагӣ дар мавсими зимистон барои зочаҳо ва занбӯрони болиғи ҳарду ҷинси оила сохта шуда, бар пояи онҳо комплекси амсилаҳои тасвири марҳилаҳои ҳаёт ва фаъолияти индивидҳои оилаи занбӯри асал тақмили минбаъдаи ҳудро ёфт [5-М, 29-М].

6. Дар шакли комплекси барномаҳои компютерӣ нахустин маротиба афзори мукаммали таҳқиқотие рӯйи қор омада, дар асоси маълумоти таҷрибавӣ барои муҳити иқлимии хоҷагиҳои занбӯрпарварии минтақаҳои гуногуни Ҷумҳурии Тоҷикистон мутобик гардонида шудааст, ки бо ёрии он марҳилаҳои ҳаётии инкишофи оилаи занбӯри асал ва таъсири омилҳои табиӣ, антропогенӣ, бемориҳо ва организмҳои зараррасони оила, фаъолият ва маҳсулнокии онро мавриди омӯзиш, таҳқиқ, таҳлил, идоракунии ва ояндабинӣ қарор додан мумкин аст [8-М, 11-М-14-М].

7. Барои арзёбии дараҷаи болоравии маҳсулнокии оилаҳои занбӯри асал бо ёрии афзори таҳқиқотӣ (амсилаи тақлидӣ), ки дар он қиматҳои гуногуни параметрҳои амсилавӣ истифода шудаанд, 5 озмоиши сценариявӣ гузаронида шуд [11-М-14-М].

8. Афзори таҳқиқотию таҳлиلى ва идоракунию ояндабинии компютерӣ аҳамияти татбиқии ҳудро бо дуруст инъикос карда тавонистани равандҳои имконпазири биологӣ, физиологӣ, физикӣ ва

экологӣ, ки дар он механизми инкишоф ва ивазшавии марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯри асал кор карда баромада шуда, хусусиятҳои чинсию тақсмоти гурӯҳӣ, таъсири омилҳои иқлимӣ, бемориҳои сирояткунанда ва зараррасонҳои занбӯр ба ҳисоб гирифта шудаанд, нишон дод [11-М-14-М].

9. Таҳлили натиҷаҳои бадастомада собит намуданд, ки комплекси амсилаҳои таҳияшударо дар идоракунии барои арзёбии фаъолияти оилаҳои занбӯри асал дар шароити иқлими Ҷумҳурии Тоҷикистон ва кишварҳои ҳамсоя истифода бурдан мумкин аст [1-М-44-М].

Аз хулосаҳои ҷамъбастии диссертатсия бармеояд, ки натиҷаҳои дар он ҳосилшуда эътимодноқ мебошанд ва ҷорӣ намудани онҳо дар амалияи истеҳсолот метавонанд ба фаъолияти хоҷагиҳои занбӯрпарварӣ чихати истеҳсоли асали хушсифат таъсири мусбат расонанд ва дурнамои идоракунии вазъи фаъолияти кории онҳоро равшан созанд.

2. Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо

Яке аз ҳадафҳои асосии Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон дар ҷодаи рушди минбаъдаи соҳаҳои илм ва маориф, ки борҳо дар паёмҳо, вохӯриҳо, хусусан дар мулоқоти 30 майи соли 2024 бо аҳли илму маорифи кишвар доирнамудаи Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ – Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон таъкид ёфтааст, ин масъалаҳои ҳамоҳанг сохтан ва татбиқ намудани натиҷаҳои илмӣ пажуҳишҳои муҳаққиқон, олимон ва мутахассисони ҷабҳаҳои касбу кори гуногун дар истеҳсолот, баланд бардоштани сатҳи омӯзиши илмҳои табиӣ ва математикӣ, ташаккули тафаккури техникӣ, дастгирии ташаббусҳо дар самти ихтироъкорӣ, инчунин, сифат ва самаранокии тарбияи кадрҳои илмӣ ба ҳисоб меравад.

Таҳқиқоти илмӣ дар диссертатсияи мазкур анҷомдодашуда низ, ки дорои ҷанбаҳои ҳам назариявӣ ва ҳам амалӣ мебошад, маҳз ба амалигардонии ҳамин ҳадафи марказии ҳукумати мамлакат нигаронида шудааст. Ҷамъбаст ва умумигардонии натиҷаҳои илмӣ дар ҷараёни таҳқиқот бадастомада ба мо имкон доданд, ки роҷеъ ба татбиқи онҳо дар раванди парвариши занбӯр ва истеҳсоли асал ба хоҷагиҳои занбӯрпарварӣ, муассисаҳои тақмили ихтисоси мутахассисон ва кормандони соҳаи занбӯриасалпарварӣ ва ихтисосҳои

дахлдори муассисаҳои таҳсилои олии касбӣ дар фарогирӣ ба таълим ва омода намудани мутахассисони ҷавон як қатор тавсияҳои методӣ ва илмию амалӣ пешниҳод намоем:

- зимни баргузори пажӯҳишҳои диссертатсионӣ дар заминаи комплекси амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютери таҳияшуда афзори мукаммали таҳқиқотию таҳлилӣ ва идоракунию ояндабинии компютерӣ рӯи кор омадааст, ки бо ёрии он равандҳои имконпазири биологӣ, физиологӣ, физикӣ ва экологии марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯри асалро бо ҳисобгирии хусусиятҳои ҷинсию тақсмоти гурӯҳӣ, таъсири омилҳои иқлимӣ, бемориҳои сирояткунанда ва зараррасонҳои занбӯр мавриди омӯзиш, таҳлил ва идоракунӣ қарор додан мумкин аст;

- бо истифода аз афзори таҳқиқотии мазкур низомии занбӯрпарварии касбиро барои шароити иқлимии Ҷумҳурии Тоҷикистон ва дигар мамлакатҳои ҳамҷавори кишвари мо инкишоф додан ва ба танзим овардан мумкин аст;

- натиҷаҳои озмоишҳои сценариявии дар таҳқиқоти диссертатсионӣ гузаронидашударо дар арзёбии дурнамои вазъи соҳаи занбӯриасалпарварӣ дар ҷумҳурӣ истифода бурда, дар асоси онҳо роҳҳои ба мақсад мувофиқи баланд бардоштани самаранокии ғаёлияти оилаҳои занбӯри асалро роҳандозӣ кардан мумкин аст;

- тавсия дода мешавад, ки аз афзори таҳқиқотии мазкур дар хоҷагиҳои занбӯрпарварии ҷумҳурӣ зимни муайянкунӣ ва арзёбии таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ ба равандҳои ташаккул ва рушди марҳилаҳои ҳаёти оилаҳои занбӯр, баҳодихӣ ба дараҷаи самаранокии мавсими ҷамъоварӣ ва коркарди шахду гарди гул аз ҷониби занбӯрони корӣ, баҳисобгирии таъсири ҳарорат, намнокии ҳаво ба рафтор ва маҳсулнокии занбӯр, муайянкунии иқтидори манбаъҳои ғизоӣ ва истеҳсолии занбӯри асал истифода шавад;

- натиҷаҳо ва технологияҳои амсиласозии дар раванди таҳқиқот ҳосилшударо ҳамчун маводи таълимӣ барои ихтисосҳои соҳаи занбӯрпарварӣ, информатика, биология ва экология дар муассисаҳои таҳсилоти олии истифода бурда, болобарии сатҳи оғаҳии донишҷӯёнро дар ҷодаи дарки аҳамияти ҳифзи популятсияи занбӯри асал ва нақши усулҳои амсиласозӣ дар рушди соҳаи занбӯриасалпарварӣ таъмин намудан мумкин аст;

- тавсия дода мешавад, ки аз рӯйи натиҷаҳои илмӣ таҳқиқоти диссертатсионӣ барои мутахассисон ва забўрпарварони хоҷагӣҳои занбўрпарварӣ курсҳои тақмили ихтисос ва курсҳои рушди малакаҳои касбӣ, барои донишҷӯёни бахш ва ихтисосҳои мувофиқи Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Шириншоҳ Шохтемур хондани курсҳои махсуси лексионӣ ва амалӣ оид ба махсусиятҳои соҳаи занбўриасалпарварӣ ва барои донишҷӯёни ихтисосҳои информатика ва биологияи муассисаҳои таҳсилоти олии касбии кишвар, бахусус Донишгоҳи миллии Тоҷикистон хондани курси махсуси технологияҳои амсиласозии марҳилаҳои ҳаёти занбўри асал ба нақша гирифта шавад.

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ДОВТАЛАБИ ДАРЁФТИ ДАРАҶАИ ИЛМӢ

а) Монографияи илмӣ:

- [1-М]. Саидзода, И. М. Технологияҳои амсиласозии математикӣ ва компютери популятсияи оилаи занбўри асал [Матн] / И.М. Саидзода. – Душанбе: Нушбод, 2023. – 100 с.

б) Мақолаҳои, ки дар маҷаллаҳои тақризшавандаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ҷой шудаанд:

- [2-М]. Комилиён, Ф. С. Амсилаи концептуалии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо ба фаъолияти оилаи занбўри асал [Матн] / Ф.С. Комилиён, **И.М. Саидзода** // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара. – 2023. – № 1 (23). – С. 11-21.
- [3-М]. Комилиён, Ф. С. Амсиласозии математикии марҳилаҳои ҳаёти популятсияи оилаи занбўри асал [Матн] / Ф.С. Комилиён, **И.М. Саидзода** // Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. – 2022. – № 2/1 (96). – С. 5-14.
- [4-М]. Комилиён, Ф. С. Амсиласозии математикии таъсири бемориҳои сирояткунанда ва организмҳои зараррасон ба рушди индивидҳои оилаи занбўри асал [Матн] / Ф.С. Комилиён, **И.М. Саидзода** // Паёми Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон. – 2024. – № 3 (58). – С. 135-147.
- [5-М]. Комилиён, Ф. С. Таҳлили математикии амсилаи марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбўри асал аз рӯи хусусиятҳои ҷинсӣ [Матн] / Ф.С. Комилиён, **И.М. Саидзода** // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2022. – № 3. – С. 20-35.

- [6-М]. *Комилиён, Ф. С.* Усулҳои баҳисобгирии таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ дар амсилаи математикӣ ташаккул ва рушди марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал [Матн] / Ф.С. Комилиён, **И.М. Саидзода** // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Баҳши илмҳои табиӣ. – 2023. – № 2. – С. 5-18.
- [7-М]. *Саидзода, И. М.* Амсилаи математикӣ ҷиҳати баҳисобгирии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳои оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми филиали Донишгоҳи давлатии Москва ба номи М.В. Ломоносов дар шаҳри Душанбе. Баҳши илмҳои табиӣ. – 2023. – Том 1. – № 4 (35). – С. 92-99.
- [8-М]. *Саидзода, И. М.* Амсиласозии компютери динамикаи популятсияи оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми политехникӣ. Баҳши Интеллект. Инноватсия. Инвеститсия. – 2022. – № 2 (58). – С. 27-33.
- [9-М]. *Саидзода, И. М.* Амсиласозии компютери популятсияи оилаи занбӯри асал бо истифода аз усули Рунге-Кутт [Матн] / И.М. Саидзода, Ф.С. Комилиён // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Баҳши илмҳои табиӣ. – 2022. – № 2. – С. 26-42.
- [10-М]. *Саидзода, И. М.* Амсиласозии математикӣ популятсияи оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми Донишгоҳи давлатии тичорати Тоҷикистон. – 2022. – № 2 (41). – С. 179-187.
- [11-М]. *Саидзода, И. М.* Барномасозии компютери нақши ҳарорат ва намнокии ҳаво дар фаъолияти оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. – 2023. – № 2 (53). – С. 136-143.
- [12-М]. *Саидзода, И. М.* Барномасозии компютери фаъолияти занбӯри асал вобаста ба таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо [Матн] / И.М. Саидзода, Ф.С. Комилиён // Паёми донишгоҳи давлатии Хоруғ. – 2023. – № 1 (25). – С. 103-115.
- [13-М]. *Саидзода, И. М.* Идентификатсия ва верификатсияи амсилаи компютери оилаи занбӯри асал вобаста ба хусусиятҳои ҷинсӣ [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. – 2023. – №. 2-3 (114). – С. 19-25.
- [14-М]. *Саидзода, И. М.* Омилҳои таъсиррасон ба инкишофи оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Баҳши илмҳои табиӣ. – 2022. – № 2/3 (102). – С. 78-85.

- [15-М]. **Саидзода, И. М.** Таснифи бемориҳои занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Номаи донишгоҳ. Силсилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ. – 2024. – № 1(68). – С. 103-111.
- [16-М]. **Саидзода, И. М.** Гурӯҳбандии зараррасонҳои оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Пайёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Силсилаи илмҳои табиӣ. – 2024. – № 2/2 (123). – С. 96-102.
- [17-М]. **Саидзода, И. М.** Таҳлили аналитикии амсилаи оилаи занбӯри асал вобаста ба марҳилаҳои ҳаётӣ / И.М. Саидзода [Матн] // Паёми политехникӣ. Бахши Интеллект, Инноватсия. Инвеститсия. – 2024. – № 3 (67). – С. 8-12.
- [18-М]. **Саидзода, И. М.** Таҳлили компютери хусусиятҳои ҷинсии оилаи занбӯри асал вобаста ба марҳилаҳои ҳаёти он [Матн] / И.М. Саидзода, Ф.С. Комилиён // Пайёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2022. – № 4. – С. 5-28.
- [19-М]. **Саидзода, И. М.** Таъсири омилҳои антропогенӣ, биотикӣ ва абиотикӣ ба занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода, Д.И. Солихзода // Илм ва фановарӣ. – 2022. – № 4. – С. 221-230.
- [20-М]. **Саидзода, И.М.** Нақши функсияи ҳарорат дар баҳодихии ғаболияти занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара. – 2023. – №. 4 (26). – С. 20-30.
- [21-М]. **Saidzoda, I. M.** Modeling the activity of the honey bee family under the influence of diseases and pests, taking into account age and sex characteristics [Text] / I.M. Saidzoda, F.S. Komiliyon // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. – 2024. – No 1. – P. 10-23.
- в) Мақолаҳои, ки дар дигар нашрияҳо ба таърифи расидаанд:*
- [22-М]. **Саидов, И.М.** Тадкиқи компютери динамикаи популятсияи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидов, М.Р. Ёров, А. Қосимӣ // Паёми Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни. Бахши илмҳои физика ва математика. – 2021. – № 1-2 (9-10). – С. 81-85.
- [23-М]. **Саидзода, И. М.** Аналитическое решение математической модели пчелиной семьи в стационарном случае [Текст] / И.М. Саидзода // «I Международное книжное издание стран Содружество Независимых Государств: «Лучший научный сотрудник – 2023»: I международная книжная коллекция научно-педагогических работников. – Астана, 2023. – С. 17-20.

- [24-М]. **Саидзода, И. М.** Учет влияния климатических факторов при компьютерном моделировании деятельности медоносной пчелиной семьи [Текст] / И.М. Саидзода, Ф.С. Комилийн // Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки. – 2024. – Том 1. – № 04 (119). – С. 36- 41.
- [25-М]. **Саидзода, И. М.** Баҳисобири таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ дар амсилаи математикии рушди оилаи занбӯри асал / И. М. Саидзода // Endless Light in Science. – 2024. – No. S2. – P. 195-200. – DOI 10.24412/2709-1201-2024-155-195-200.
- [26-М]. **Saidzoda, I. M.** Investigation of the influence of climate factors on the activity of bees by computer simulation colony [Text]/ I.M. Saidzoda, Sh.Kh. Tagoev // Endless Light in Science. – 2024. – No/ S1. – P. 38-43. – DOI 10.24412/2709-1201-2024-23-38-43.
- [27-М]. **Saidzoda, I. M.** Mathematical analysis of the honeybee colony based on sexual characteristics [Text] / I.M. Saidzoda, N.M. Naimov// East European Scientific Journal. – 2024. – No. 09 (106), Part 1. – P. 4-9.

з) Мақолаҳои ки дар маводи конференсияҳо ба таърифи расидаанд:

- [28-М]. **Саидзода, И. М.** Таҳлили таъсири бемориҳо ва зараррасонҳои занбӯри асал бо истифода аз амсилаи математикии [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи XII-уми байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзуи «Масъалаҳои муносири моделсозии математикии ва табиқи он», бахшида ба «Солҳои 2020-2040 эълон гардидани 20-солаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф» ва «75-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон» (Душанбе, 18-майи 2024). – Душанбе, 2024. – С. 48-52.
- [29-М]. **Саидзода, И. М.** Амсилаи математикии баҳодиҳии марҳилаҳои инкишофи оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи чумҳуриявӣ илмӣ-назариявӣ дар мавзуи «Масъалаҳои актуалии илми риёзӣ ва методҳои таҳқиқоти онҳо», бахшида ба эълон гардидани солҳои 2020-2040 бистсолаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (31 октябри 2023). – Кӯлоб, 2023 – С.167-170.
- [30-М]. **Саидзода, И. М.** Амсилаи оилаи занбӯр аз рӯи хусусиятҳои ҷинсӣ [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи чумҳуриявӣ илмӣ-амалӣ дар мавзуи «Технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ - омили муҳими рушд дар ҷаҳони муносири» (10-уми декабри соли 2022). – Душанбе, ДБССТ, 2022. – С. 40-44.

- [31-М]. **Саидзода, И. М.** Амсиласозии концептуалии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо ба оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи байналмилалии илмӣ-амалӣ дар мавзуи «Таҳлили компютерии масъалаҳои илм ва технология», бахшида ба «Солҳои 2020-2040 эълон гардидани 20-солаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» ва «75-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон» (24 октябри 2023). – Душанбе, 2023. – С. 80-86.
- [32-М]. **Саидзода, И. М.** Амсиласозии компютерии марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалӣ дар мавзуи «Масъалаҳои мубрами математикаи муосир» бахшида ба «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ» эълон шудани солҳои 2020-2040 ва 50-солагии кафедраи математикаи олии ДМТ (14-октябри соли 2022). – Душанбе, 2022. – С. 77-82.
- [33-М]. **Саидзода, И. М.** Аналитическое решение математической модели пчелиной семьи с учетом половых признаков [Текст] / И.М. Саидзода, А.Х. Одинаев // Материалы Межвузовского международного конгресса (Москва, 4 апреля 2024 г.). Том 1. – Москва: Инфинити, 2024. – С. 185-191.
- [34-М]. **Саидзода, И. М.** Баҳодиҳии фаъолияти занбӯри асал вобаста аз таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо бо усули барномасозӣ [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи IX байналмилалии илмию амалии «Илм ва технология». – Алмаато, 2024. – С. 371-378.
- [35-М]. **Саидзода, И. М.** О математической модели пчелиной семьи в стационарном случае [Текст] / И.М. Саидзода // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, 04-05 октября 2023). – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2023. – С. 130-133.
- [36-М]. **Саидзода, И. М.** Роль климатических факторов в компьютерном моделировании активности медоносных пчел [Текст] / И.М. Саидзода // Цифровое будущее современной медицины: Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24–25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 8-11.
- [37-М]. **Саидзода, И. М.** Татқиқи компютерии функсияи ҳароратии рушди занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи

илмӣ-амалии байналмилалӣ «Масъалаҳои мубрами илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар замони муосир», ДОТ дар н.Рашт (25 апрели 2023). – Рашт, 2023. – С. 4-7.

- [38-М]. **Саидзода, И. М.** Таҳлили математикии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо ба оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ-назариявӣ дар мавзӯи «Саҳми математика дар рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ» ба эълон гардидани «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи маориф (солҳои 2020-2040)» (30-31 майи соли 2023). – Душанбе, ДОТ ба номи С. Айний, 2023. – С.194-199.
- [39-М]. **Саидзода, И. М.** Як амсилаи концептуалии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳои занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Илм ва таҳсилот: тамоюлҳои рушд дар ҷомеаи иттилоотӣ: Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ амалии бахшида ба 75-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (Душанбе, 02 октябри 2023). – Душанбе, 2023. – С. 8-12.
- [40-М]. **Саидов, И. М.** Амсиласозии концептуалии динамикаи популятсияи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидов, А. Қосимӣ // Маводи конференсияи ҷумҳуриявӣ илмӣ амалии магистрони ДМТ бахшида ба ҷашнҳои 30-солагии Истиқлоли давлатии ҚТ, 110-солагии шоирони халқии Тоҷикистон М. Турсунзода, С. Улуғзода, «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)». – Душанбе, 2021. – С. 20.
- [41-М]. **Саидов, И. М.** Тадқиқи риёзии динамикаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидов, Ш. Ниёзов // Маводи конференсияи ҷумҳуриявӣ илмӣ амалии магистрони ДМТ бахшида ба ҷашнҳои 30-солагии Истиқлоли давлатии ҚТ, 110-солагии шоирони халқии Тоҷикистон М. Турсунзода, С. Улуғзода, «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)». – Душанбе, 2021. – С. 22.
- [42-М]. **Saidzoda, I. M.** Modeling of a bee colony under the influence of diseases and pests [Text] / I.M. Saidzoda // Proceedings of the International University Scientific Forum «Practice Oriented Science: UAE – RUSSIA – INDIA» (February 28, 2024. UAE). – UAE, 2024. – P. 170-176.
- [43-М]. **Saidzoda, I. M.** Mathematical model of a bee colony by gender in a stationary case [Text] / I.M. Saidzoda // Scientific research of the SCO

countries: synergy and integration: Proceedings of the International Conference (Beijing, 14 October 2023). – Beijing, 2023. – P. 143-148.

- [44-M]. **Saidzoda, I. M.** Conceptual modeling of the dynamics of bee colonies under the influence of diseases and pests, taking into account age and sex [Text]/ I.M. Saidzoda // Proceedings of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration» – Reports in English (April 26, 2024. Beijing, PRC). – Beijing, 2024. – P. 160-164.

ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

УДК: 51:681.3+004
ББК: 22.1+73
С-20



Саидзода Исроил Махмад

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭТАПОВ
ЖИЗНИ И КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОДОВОЙ
ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИИ МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛИНОЙ
СЕМЬИ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Душанбе-2025

Диссертация выполнена на кафедре информатики Таджикского национального университета

Научный консультант:

Комилиён Файзали Саъдулло – доктор физико-математических наук, профессор кафедры информатики Таджикского национального университета

Официальные оппоненты:

Кабилов Маруф Махмудович – доктор физико-математических наук, заведующий отделом прикладной математики и механики Института математики имени А. Джураева НАНТ;

Наджмиддиниён Асадулло Мирзо – доктор физико-математических наук, доцент, депутат Маджлиси намояндагон Маджлиси Оли Республики Таджикистан;

Мухсинов Ёдгор Мирзоевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры математических дисциплин и современного естествознания Таджикского государственного университета права, бизнеса и политики.

Ведущая организация:

Таджикский государственный финансово-экономический университет

Защита диссертации состоится «8» апреля 2026г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-011 при Таджикском национальном университете по адресу: 734027, г. Душанбе, улица Буни-Хисорак, корпус 17, аудитория 203.

Е-mail: alisher_gaforov@mail.ru; номер мобильного телефона ученого секретаря: +992900766603.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться на сайте <http://www.tnu.tj> и научной библиотеке Таджикского национального университета.

Автореферат разослан «___» «_____» 2026г.

Ученый секретарь диссертационного совета
6D.KOA-011, кандидат физико-математических наук



Гафоров А.Б.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Для климата Таджикистана пчеловодство является одним из важнейших и экономически выгодных видов сельского хозяйства, которое играет значительную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Таджикистан обладает хорошими природными условиями для пчеловодства, включая обширную кормовую базу для пчел.

Таджикистан – горная страна, 93% площади которой занимают горы. В горных районах и предгорных долинах этой солнечной страны произрастает большое разнообразие цветов, лекарственных трав, фруктовых и ягодных деревьев, а также медоносных кустарниковых растений, что позволяет пчелам собирать пыльцу и нектар на протяжении всего года. Согласно статистическим данным, общая площадь земель, пригодных для пчеловодства, составляет около 5 миллионов гектаров.

Эти обширные земли позволяют ежегодно увеличивать производство меда до 30-40 тысяч тонн. Кроме того, значительная часть плодовых деревьев и медоносных трав предоставляет возможность содержать от 500 до 600 тысяч пчелиных семей, что позволяет производить не только мед, но и другие ценные продукты, такие как прополис, цветочная пыльца и пчелиный яд [1-А].

Пчеловодство является важной частью национальной культуры Таджикистана, имеющей древнюю историю. В нашей стране пчеловодство используется не только для производства меда, но и для опыления сельскохозяйственных культур. Таджики издавна знают о ценности продуктов пчеловодства. Около 1000 лет назад великий ученый и врач Абуали ибн Сина в своем труде «Канон врачебной науки» рекомендовал мед и пчелиный яд как полезные для здоровья человека вещества.

В Таджикистане мед используется как важное лечебное средство не только в народной, но и в современной медицине. Стремление людей, особенно исследователей в области пчеловодства, изучить и понять роль и пользу меда возрастает, так как известно, что его употребление способствует поддержанию здоровья, укрепляет организм, улучшает психическое состояние и повышает иммунитет. Гиппократ также широко использовал мед в медицинской практике и рекомендовал ежедневное его употребление [3-А].

Основные лечебные свойства меда включают его антибактериальное, противомикробное и противовирусное действия. В меде содержится калий, обладающий антибактериальными свойствами, а также железо и медь, которые помогают в лечении анемии и нормализации уровня гемоглобина [3-А].

Несмотря на то что на сегодняшний день было проведено немало экспериментальных и биологических исследований, касающихся пчеловодства и его продуктов в разных странах, процесс сбора пчелами пыльцы и превращения ее в мед в улье с научной точки зрения до сих пор не изучен на основе математического и компьютерного моделирования [3-А, 6-А].

В своем диссертационном исследовании мы намерены изучить этот процесс, опираясь на современные требования и государственные программы Таджикистана, направленные на обеспечение продовольственной безопасности. Конференции, такие как республиканская научно-практическая конференция «Информационно-коммуникационные технологии – важный фактор развития в современном мире» и международная конференция «Компьютерный анализ проблем науки и технологии», призваны поддерживать развитие естественных и точных наук, что подчеркивает актуальность нашего исследования и вклад в развитие пчеловодства в Таджикистане.

Степень научной разработанности изучаемой проблемы. Настало время уделить особое внимание вопросам математического и компьютерного моделирования в пчеловодческой отрасли, включая оценку различных аспектов жизни и деятельности медоносных пчел (*Apis mellifera*). В первую очередь, на наш взгляд, следует сосредоточиться на исследовании динамики роста пчелиных семей, процесса зимовки, а также других этапов их жизненного цикла с использованием методов математического и компьютерного моделирования.

При анализе биологических и физиологических аспектов, а также определении факторов, влияющих на жизненные этапы пчелиной семьи, мы в значительной мере опираемся на практические рекомендации О.А. Затолокина «Пчеловодство» [5], учебное пособие В.И. Комлацкий, К.Б. Логинов, С.А. Плотников «Пчеловодство» [6], монография Ф.А. Лаврехин, С.В. Панкова «Биология пчел» [8],

учебные материалы А.С. Нуждин «Основы пчеловодства» [10], диссертация Х.Н. Джурабоева «Влияние эколого-биологических факторов на яйценосность пчелиных маток и продуктивность пчелиных семей в условиях района Кушониён Хатлонской области» [13], методическое пособие А. Шарипова «Пчеловод» [14], а так же мы опирались на диссертация А.Р. Шарипова «Биологическая и экономическая характеристика пород пчел в условиях северного Таджикистана» [15] и других.

В процессе разработки концептуального, математического и компьютерного моделирования этапов жизни пчел мы опирались на работы Ф.С. Комилиён и его учеников в области рыбоводства, поскольку некоторые аспекты математического моделирования в этой области близки к задачам пчеловодства. В дополнение были использованы материалы диссертационного исследования А.В. Кудржова «Оптимизация продуктивности экосистемных опылителей» [7], фундаментальные исследования В.В. Меншуткина «Искусство моделирования (экология, физиология, эволюция)» [9], а также монография А.Ф. Рыбочкина и И.С. Захарова «Компьютерные системы в пчеловодстве» [11], научная статья В.В. Чудинова «Математическая модель динамики развития пчелиной семьи» [12] и исследования М.К. Юнуси и других авторов.

В ходе исследования мы обратились к работам отечественных и зарубежных ученых, охватывающим биологические и физиологические особенности, а также математическое и компьютерное моделирование деятельности пчелиной семьи и смежных направлений, которые формируют методологические аспекты нашей диссертации.

– по направлению математического и компьютерного моделирования: Ф.С. Комилиён, М.К. Юнуси, З.Дж. Усманов, С.Х. Мирзоев, Р.Н. Одинаев, И.Д. Нуров, Н. Шерматов, Ф. Мирзоахмедов, Д.С. Шарапов, И.Л. Косимов, Х.М. Джалилов, Ф.Т. Шамсов, М.Р. Ёров, Н.Д. Морозкин, В.В. Чудинов О.В. Гилева, В.В. Меншуткин, Л.С. Ибрагимова, М.Г. Юмагулов, А.Р. Ишбирдин, М.М. Ишмуратова, А.В. Кудряков, С. Dreller, R.E. Page, M.K. Fondrk, H. Sharma, M. Agrahari, S.K. Singh, M. Firoj, R.K. Mishra, H. Vries, J.C. Biesmeijer и другие;

– в области биологии, экологии и сельского хозяйства: А. Шарипов, М.Н. Давлатов, К. Зубайдов, Б. Тешаева, А.Р. Шарипов, Х.Н.

Джурабаева, Ф.А. Лаврехин, С.В. Панкова, В.А. Гайдар, В.П. Плипенко, О.Ф. Гробов, А.М. Смирнов, Е.Т. Попов, Н.Е. Земскова, В.Н. Сатаров, В.Р. Туктаров, О.Л. Конусова, Г.П. Островерхова, Ю.Л. Погорелов, А.О. Нечипуренко, Е.В. Жуйкова, С.В. Оськин, Д.А. Овсянников, Н.С. Чернов, A. Kviesis, V. Komasilovs, O. Komasilova, A. Zaserpins и другие.

Таким образом, анализ отраслевой литературы показывает, что отдельные исследователи фокусируются на специфических вопросах математического и компьютерного моделирования деятельности пчелиной семьи. Однако, к сожалению, ни один исследователь до сих пор не смоделировал все аспекты этой деятельности. Поэтому мы ставим эту проблему в качестве основной цели нашего диссертационного исследования. Математические и компьютерные исследования должны основываться не только на простых расчетах общего числа пчел, количества яиц, отложенных пчелиной маткой, и их сравнении с имеющимися ограниченными данными, но и на разработке полноценных моделей и механизмов, широко охватывающих деятельность пчелиных семей.

Связь исследования с программами (проектами), научной тематикой. Диссертационные исследования охватывают широкий спектр программ и научных тем, связанных с дальнейшим развитием методов математического и компьютерного моделирования, исследованием и оценкой устойчивости биологического состояния экосистем, а также поиском оптимальных решений для сельскохозяйственных задач, принятых Правительством Республики Таджикистан.

Диссертация соответствует нормативным требованиям ряда программ: «Программа восстановление и развития пчеловодства в Республике Таджикистан на 2006-2010 годы» [1], «Программа развития пчеловодства на 2011-2016 годы» [2], «Комплексная программа развития животноводства, птицеводства, рыболовства и пчеловодства в Республике Таджикистан на 2023-2027 годы» [3], «Программа развития естественных, математических и технических наук на 2010-2020 годы» [4] и научно-исследовательской темы кафедры информатики Таджикского национального университета «Разработка и исследование математико-компьютерных моделей экосистем водоемов, заповедников и системы образования» (зарегистрировано в

Национальном патентно-информационном центре под № 0116TJ00657).

Из перечня программ и тем научно-исследовательских работ следует, что тема диссертации соответствует приоритетным научным направлениям и целям, установленным Правительством Республики Таджикистан.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертационные исследования охватывают вопросы, которые, с одной стороны, способствуют развитию естественных, математических и точных наук, а с другой стороны, предоставляют возможность для эффективного анализа деятельности пчелиных семей и методов повышения их продуктивности в области пчеловодства. Эти методы должны основываться на принципах моделирования.

Цель исследования заключается в разработке концептуальных, математических и компьютерных моделей, на основе которых будут изучены и проанализированы биологические аспекты и половые особенности пчелиных семей, а также степень влияния болезней, вредителей, биотических, абиотических и антропогенных факторов на их деятельность и развитие. В рамках исследования также будут оценены методы повышения продуктивности пчелиных семей.

Задачи исследования определены в контексте цели исследования, а его основные аспекты включают следующие вопросы:

1. Изучение, исследование и анализ биологических и экологических аспектов процесса пчеловодства с точки зрения моделирования: факторов воздействия (антропогенных, биотических и абиотических), источников питания и пыльцы, воздействия болезней, вредителей и других факторов, совершенствование их классификации;
2. Разработка концептуальных и математических моделей динамики жизненных этапов популяции пчелиных семей;
3. Разработка компьютерной модели этапов жизни пчелиной семьи с использованием метода Рунге-Кутты четвертого порядка;
4. Математический анализ этапов жизни пчелиной семьи по половым признакам;
5. Компьютерный анализ половых особенностей пчелиной семьи в зависимости от этапов жизни;

6. Разработка концептуальных, математических и компьютерных моделей влияния болезней и вредителей на деятельность и развитие пчелиной семьи по половым признакам;

7. Определение влияния роли температуры и влажности воздуха на деятельность пчелиной семьи и их компьютерное моделирование;

8. Расчет влияния природных и антропогенных факторов в гипотетических и математических моделях деятельности пчелиной семьи;

9. Разработка программного комплекса (исследовательского инструмента) для изучения, исследования и анализа деятельности и продуктивности и компьютерной оценки продуктивности пчелиных семей;

10. Проведение компьютерных испытаний с комплексом разработанных программ по определению продуктивности пчелиных семей в зависимости от реализации различных природных и антропогенных факторов и сравнение полученных результатов с экспериментальными данными климатических условий Таджикистана;

11. Анализ результатов сценарных испытаний и на их основе подготовка сводных выводов и разработка предложений и рекомендаций по практическому использованию результатов в условиях пчеловодческих хозяйств различных регионов Республики Таджикистан.

Объектом исследования являются пчеловодческие хозяйства различных регионов Республики Таджикистан.

Предметом исследования является математическое моделирование этапов жизни и деятельности пчелиной семьи и компьютерное исследование годовой динамики популяции и оценка ее продуктивности.

Научная новизна исследований:

1. В результате изучения, исследования и анализа биологических и экологических аспектов процесса пчеловодства с точки зрения моделирования выявлены все влияющие факторы (антропогенные, биотические и абиотические), источники питания и опыления. Болезни и вредители пчел были сгруппированы по общему принципу;

2. Впервые комплексно исследованы биологические этапы жизни (переход от одного жизненного этапа к другому) популяции пчелиных

семей, на основе чего созданы соответствующие концептуальные и математические модели;

3. На основе математической модели жизненных этапов популяции пчелиной семьи (в виде линейной системы 5 обыкновенных дифференциальных уравнений) с использованием метода Рунге-Кутты четвертого порядка реализована технология компьютерного моделирования. С помощью объектно-ориентированного языка программирования C++ разработана компьютерная программа динамики изменения численности пчелиной популяции при переходе ее от одной стадии возрастного развития к другой;

4. Впервые методом концептуального моделирования были сконструированы три полные возрастные стадии особей пчелиной семьи (пчела-мать (матка), рабочая пчела, пчела-трутень), а также все особи семьи были разделены на две половые группы;

5. На основе группового распределения и половых признаков пчел разработана математическая модель, состоящая из системы 10 линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями, найдены аналитические решения модели и подходящие условия для идентификации ее коэффициентов;

6. На основе математической модели жизненных этапов особей пчелиной семьи (матка, рабочие пчелы – 98%, пчелы-трутни – 2%), в которой половые признаки особей пчел учтены, спроектированы и проанализированы математически в зависимости от возрастных процессов, разработана модифицированная компьютерная модель на объектно-ориентированном языке программирования C++;

7. Идентификация и верификация компьютерной модели этапов жизни пчел в зависимости от половых признаков проведены на основе экспериментальных (реальных) данных 2017 года для пчел пород «карпатская» и «бакфаст», выращенных в условиях северные регионы Таджикистана;

8. Впервые разработана комплексная концептуальная модель жизненных этапов особей пчелиной семьи в зависимости от половых признаков и воздействия болезней и вредителей;

9. На основе разработанной концептуальной модели построена математическая модель жизненных этапов особей пчелиной семьи в зависимости от половых признаков и воздействия болезней и вредителей в виде системы 14 нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями;

10. На основе разработанной математической модели с использованием методов алгоритмического и объектно-ориентированного программирования (язык C++ Builder XE7) создана соответствующая компьютерная модель (инструмент исследования, управления и прогнозирования) для управления процессом воздействия инфекционных заболеваний и вредоносных организмов на деятельность пчелиной семьи;

11. Для оценки развития жизненных этапов особей пчелиной семьи в зависимости от влияния температуры и влажности воздуха были созданы соответствующие математические функции, точности которых и их сравнительные результаты проверены с помощью экспериментальных данных на базе разработанной компьютерной программы;

12. В общем виде разработана гипотетическая модель системы пчеловодства, в которой отражены все основные зависимости деятельности пчел от природных и антропогенных факторов;

13. Процесс сбора нектара и пыли из цветов рабочими пчелами был представлен в виде математических формул и на основе экспериментальных данных созданы эмпирические функции управления процессом предоставления дополнительного питания, на основе которых обобщена существующая математическая модель развития и деятельности особей пчелиной семьи;

14. В виде комплекса компьютерных программ впервые создан полноценный инструмент исследования, с помощью которого изучаются, исследуются, анализируются, управляются и прогнозируются этапы жизни пчелиной семьи и их продуктивность под влиянием биотических, абиотических и антропогенных факторов;

15. С помощью разработанного инструмента исследования (имитационной модели) и привлечения экспериментальных данных,

полученных от пчеловодческих хозяйств разных регионов страны, были проведены сценарные модельные испытания и на их основе оценена продуктивность пчелиных семей;

16. Анализ полученных результатов моделирования, сценарные испытания и их сравнение с экспериментальными данными доказали, что разработанная компьютерная модель может быть использована в качестве инструмента исследования и управления для оценки деятельности пчелиных семей в климатических условиях Республики Таджикистан и соседних стран.

Теоретическая значимость исследования заключается в его широком охвате знаний в области математической экологии, биологии пчёл, современных подходов к развитию аграрного сектора, а также принципов и методов математического и компьютерного моделирования. В диссертационной работе используются фундаментальные представления о жизненных циклах, поведении, биологических и физиологических особенностях пчелиных семей, что в совокупности дополняется применением современных методов компьютерного моделирования. Полученные результаты и сделанные выводы формируют научную основу для углубленного анализа процессов жизнедеятельности пчелиных семей, а также способствуют разработке эффективных методов повышения их продуктивности с использованием технологий математического моделирования.

Практическая значимость исследования заключается в разработке математических и компьютерных моделей, которые служат основой для создания инструмента моделирования. Этот инструмент позволяет проводить анализ сложных процессов, связанных с жизненными этапами деятельности и динамикой численности пчелиной семьи. С его помощью изучаются и анализируются половозрастные особенности, а также оценивается влияние природных факторов и антропогенного воздействия на жизнедеятельность, продуктивность и перспективы развития пчелиной семьи.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработаны классификационные схемы, охватывающие моделирование природных и антропогенных факторов воздействия, источников питания и опылителей, а также болезней и вредителей. Эти схемы основаны на результатах анализа биологических и

экологических исследований, посвящённых процессам разведения пчёл.

2. Создан комплекс концептуальных и математических моделей, описывающих биологические этапы жизненного цикла популяции пчелиной семьи.

3. Разработаны алгоритм и программа применения метода Рунге-Кутты четвёртого порядка для компьютерного моделирования динамики численности пчелиной семьи. Этот метод основан на математической модели, описывающей этапы жизни пчелы.

4. Модифицирован комплекс концептуальных, математических и компьютерных моделей, описывающих возрастные стадии трёх ключевых особей пчелиной семьи (матка, рабочие пчелы и пчелы-трутни), с учётом группового распределения и половых признаков.

5. Получены результаты идентификации и верификации компьютерной модели жизненных этапов пчел с использованием экспериментальных данных. В модели учтены групповое распределение и половые особенности пчел.

6. Разработан усовершенствованный комплекс концептуальных, математических и компьютерных моделей возрастных стадий трёх ключевых особей пчелиной семьи. Модели учитывают групповое распределение, половые признаки, а также воздействие болезней и вредителей.

7. Демонстрированы технологии применения перспективных исследовательских средств для изучения, анализа, прогнозирования и управления активностью популяции пчелиных семей. Учитываются такие факторы, как групповое распределение, половые признаки, температура окружающей среды, влажность воздуха, природные и антропогенные воздействия, инфекционные заболевания и вредители. Особое внимание уделено деятельности рабочих пчёл по сбору нектара и пыльцы.

8. Разработаны предложения и методические рекомендации для пчеловодческих хозяйств различных регионов Республики Таджикистан, направленные на эффективное использование аналитических результатов диссертационного исследования.

Степень достоверности результатов диссертации обусловлена выполнением комплексного исследования, включающего следующие научно-технические, фундаментально-прикладные,

программно-аппаратные и компьютерно-расчётные эксперименты, которые были использованы, выведены или решены в процессе работы:

- точность методов исследования, обеспечиваемая современными технологиями концептуального, математического и компьютерного моделирования процессов жизнедеятельности пчелиной семьи, что позволяет получать достоверные научные и аналитические результаты высокого качества;

- использование точных, проверенных и достоверных экспериментальных данных на этапах идентификации и верификации разработанных моделей, что гарантирует их соответствие реальным биологическим процессам;

- анализ компьютерных результатов разработанных моделей и проверка их совместимости с экспериментальными данными, полученными из научной литературы и пчеловодческих хозяйств. Это необходимо для достоверной оценки динамики численности пчелиных семей, объёмов производства мёда, а также для корректного выбора переменных и параметров моделей;

- обоснованность и достоверность содержания диссертации, включая сформулированные в ней выводы и методические рекомендации, разработанные для практического использования в пчеловодческих хозяйствах страны;

- оценка результатов диссертации на научных конференциях и семинарах, а также публикация исследований в престижных научных журналах, что подтверждает их актуальность и высокую научную значимость. Личный опыт автора в области математического моделирования и пчеловодства служит дополнительным доказательством обоснованности выводов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация и ее содержание охватывают области научных исследований паспорта специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и соответствует следующим разделам специальности:

- *пункт 1.* Разработка новых математических методов моделирования объектов, систем, процессов и явлений;

- *пункт 3.* Разработка и обоснование методов и правил адаптации компьютерных моделей, их эффективное использование при прогнозировании эволюции объектов, систем, процессов и явлений;

– *пункт 4.* Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий;

– *пункт 5.* Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента;

– *пункт 6.* Комплексное исследование научно-технических и фундаментального- прикладных проблем с применением современной технологий математического моделирования и вычислительного эксперимента;

– *пункт 9.* Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования.

Личный вклад соискателя учёной степени в научные исследования заключается в непосредственном участии в выборе темы исследования, проведении обзора профильной литературы и её анализе, а также в сборе, хранении, классификации и анализе экспериментальных данных. Соискатель разработал методику исследования и самостоятельно выполнил все научные исследования, включая создание комплекса концептуальных, математических и компьютерных моделей. Он также занимался идентификацией и верификацией инструментов исследования, анализом результатов компьютерных расчётов, проверкой их достоверности и обработкой сводных выводов. В завершение, соискатель подготовил методические рекомендации и текст диссертации.

Апробация и реализация результатов диссертации. Результаты диссертационного исследования были рассмотрены и обсуждены на совместных семинарах кафедр «Информатика», «Математическое и компьютерное моделирование», «Информационно-коммуникационные технологии» и «Вычислительная математика и механика» Таджикского национального университета (ТНУ), на республиканских и международных конференциях 2020-2024 годов в городах Душанбе, Кулябе и Раштском районе Республики Таджикистан непосредственно и в Республике Беларусь (Гродно), Российской Федерации (Москва, Рязань), Народной Республике Китай (Пекин), Объединённые Арабские Эмираты (Дубай) и Республика Казахстан (Алмааты) получили одобрение в онлайн-опросах. В частности: республиканская научно-теоретическая конференция на

тему «Актуальные вопросы математической науки и методы их исследования», посвященная объявлению в 2020-2040 годах двадцатилетия изучения и развития естественных, точных и математических наук в области науки и образования (Куляб, КГУ, 2023), республиканская научно-практическая конференция на тему «Информационно-коммуникационные технологии – важный фактор развития в современном мире» (Душанбе, МУТПТ, 2022), международная научно-практическая конференция на тему «Компьютерный анализ проблем науки и технологии», посвященная объявлению 2020-2040 годы «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» и «75-летию Таджикского национального университета» (Душанбе, ТНУ, 2023), республиканская научно-практическая конференция на тему «Актуальные проблемы современной математики», посвященная объявлению 2020-2040 годы «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в области науки и образования» и 50-летию кафедры высшей математики Таджикского национального университета (Душанбе, ТНУ, 2022), международный межвузовский конгресс (Москва, 2024), IX международная научно-практическая конференция «Наука и технологии» (Алмааты, Казахстан, 2024), международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, Беларусь, 2023), Всероссийская международная конференция студентов и молодых ученых «Цифровое будущее современной медицины» (Рязань, 2024), международная научная практическая конференция – «Актуальные проблемы естественных, точных и математических наук в современном мире» (Рашт, ТПУ, 2023), международная научно-теоретическая конференция на тему «Вклад математики в развитие естественных, точных и математических наук», посвященная объявлению «Двадцати лет изучения и развития естественнонаучных, точных и математических дисциплин в сфере образования (2020-2040 гг.)» (Душанбе, ТПУ, 2023), международная научно-практическая конференция, посвященная 75-летию Таджикского национального университета (Душанбе, ТНУ, 2023), Proceedings of the International University Scientific Forum «Practice Oriented Science: UAE-RUSSIA-INDIA» (USA-Russia-India, 2024),

Scientific research of the SCO countries: synergy and integration: Proceedings of the International Conference (Beijing, 2023) и др.

Публикации по теме диссертации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 44 различных изданиях [1-М-44-М], в том числе в 1 монографии и 26 научных статьях. Из них 20 статей опубликованы в рецензируемых журналах Республики Таджикистан, из которых 10 – в единоличном авторстве. Остальные статьи опубликованы в изданиях, входящих в базу eLIBRARY.ru, а также в материалах международных и республиканских конференций. По теме диссертации получены четыре акта внедрения и зарегистрировано свидетельство авторского права на компьютерную программу «Оценка деятельности медоносной пчелы в зависимости от воздействия заболеваний и вредителей», зарегистрированное в Министерстве культуры Республики Таджикистан под № 165 от 11.07.2023.

Структура и объем диссертации. Диссертационное исследование включает следующие структурные элементы: «Введение», «Общее описание исследования», пять глав с подразделами, раздел «Выводы», который состоит из подразделов «Основные научные результаты диссертации» и «Рекомендации по практическому использованию полученных результатов», а также разделы «Литература», включающий подразделы, «Перечень использованных источников», «Перечень научных публикаций соискателя ученой степени» и «Приложения».

Диссертационное исследование представляет собой 340 страниц текстового материала, подготовленного с использованием текстового процессора Microsoft Word 2016. Работа включает 28 таблиц и 82 рисунка, при этом нумерация таблиц и рисунков осуществлялась отдельно для каждой главы. В список литературы включено 321 источника, в то время как список научных публикаций соискателя ученой степени содержит 44 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертационного исследования представлены следующие элементы: актуальность темы, методологические аспекты, уровень исследования и связь с государственными программами. Также указаны цель, задачи, объект, база исследования, теоретические

и практические аспекты работы, научные инновации, вопросы, подлежащие защите, а также соответствие диссертации паспорту специальности, публикациям по теме и ее структуре. Введение включает информацию о объеме диссертации и важнейших научных результатах.

Первая глава диссертационного исследования посвящена обзору отраслевой и научной литературы, касающейся деятельности и развития пчелиной семьи, а также вопросам ее моделирования. В данной главе проведен анализ биологических, физиологических и физических аспектов, а также влияния внешних факторов на деятельность пчелиной семьи. Особое внимание уделено как уже решенным, так и нерешенным вопросам моделирования работы пчелиной семьи.

Анализ показал, что пчеловодство является одним из приоритетных направлений национальной экономики. При правильном управлении эта отрасль будет развиваться, что окажет положительное влияние на здоровье окружающих экосистем, а также принесет значительные экономические выгоды пчеловодческим хозяйствам.

Из анализа первого параграфа следует, что для успешного развития пчеловодства необходимо в первую очередь уделять внимание подбору пород пчел, выбору растений-опылителей, источников дополнительного питания и применению современных технологий. Одним из ключевых вопросов при организации пчеловодческих хозяйств является точное определение сезона медосбора и расчет интервалов покоя и активности пчелиных семей. Решение этой проблемы требует постоянного контроля со стороны пчеловодов, поскольку знание календаря посадки растений, этапов работы семьи и ее развития является залогом успеха хозяйства.

Основным результатом первого параграфа является разработка календарной таблицы годовой активности пчелиной семьи, основанной на анализе данных полевых исследований. При оценке продуктивности пчелиных семей с использованием методов математического и компьютерного моделирования важную роль играет учет интервалов покоя и развития пчелиных популяций, представленных в этой таблице.

Во втором параграфе главы внимание сосредоточено на исследованиях специалистов в области математического и компьютерного моделирования, охватывающих различные аспекты деятельности пчелиных семей. Анализ мнений экспертов показал, что методы математического и компьютерного моделирования являются важными инструментами для оценки уровня активности и популяционного состояния пчелиных семей. С помощью этих методов можно моделировать взаимодействие между различными классами особей пчелиной семьи с учетом влияния внешних и внутренних факторов.

Из анализа материалов, представленных в первой главе диссертации, можно сделать вывод, что решение проблемы повышения продуктивности пчеловодства требует комплексного подхода. Важно правильно выбрать породу пчел, создать благоприятные условия для их существования, регулярно контролировать здоровье семей, а также внедрять современные технологии в управление их деятельностью. Особое внимание следует уделить вопросам математического и компьютерного моделирования процессов, происходящих в пчелиных семьях.

Вторая глава диссертационного исследования посвящена исследованию биологических и экологических аспектов пчеловодства и состоит из трех разделов. В главе подчеркивается, что вопрос разведения пчел и развития отрасли пчеловодства является чрезвычайно важным для Республики Таджикистан как в экономическом, так и в экологическом контексте. Пчеловодство играет ключевую роль не только в производстве меда, но и в переработке воска (прополиса) и пчелиного яда, а также в опылении окружающих растений.

Опыление растений пчелами оказывает положительное воздействие на их продуктивность и способствует сохранению экологической чистоты окружающей среды. При этом стоимость дополнительной продукции, получаемой в результате опыления растений, в 10-12 раз превосходит доходы от реализации основной продукции пчел.

В первой части данной главы, с учетом климатических условий Республики Таджикистан, где многие растения-опылители произрастают в горных и холмистых районах, были выявлены и

классифицированы источники питания, растения-опылители и факторы воздействия на деятельность пчелиной семьи (рисунок 1).

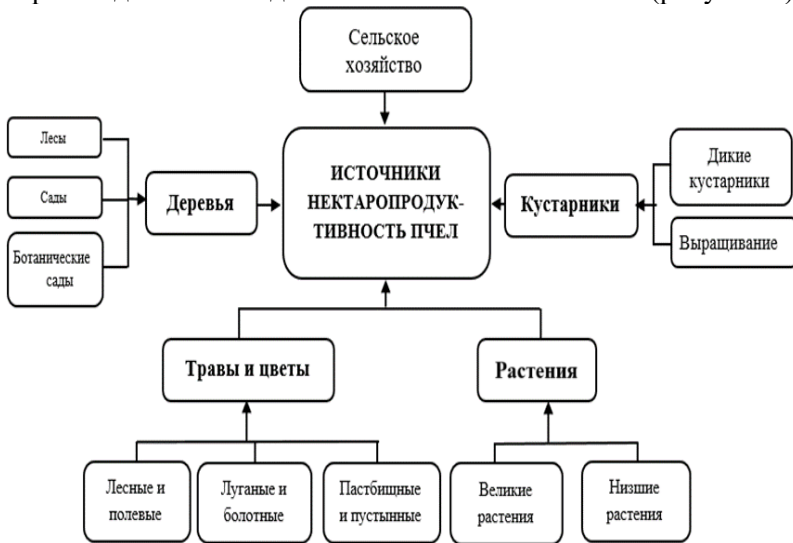


Рисунок 1 – Источники пчелиной нектары (разработка автора)

На основе изучения и исследования факторов, влияющих на развитие пчеловодства в Республике Таджикистан, были получены следующие значимые результаты:

- климатические условия страны благоприятны для выращивания и устойчивого развития пчеловодческой отрасли;
- для эффективного функционирования пчеловодства и повышения продуктивности пчелиных семей важными факторами являются источники питания, удобрения, а также расстояние между ними и ульем;
- в процессе исследования впервые для климатических условий Таджикистана была проведена классификация всех опылителей (деревья, кустарники, растения и цветы) в виде плановых блоков;
- перечень всех растений-опылителей страны, а также их средняя продуктивность с 1 га представлены в виде таблицы.

Во второй части главы проведены исследования влияния антропогенных, биотических и абиотических факторов на деятельность и развитие пчелиных семей. Особое внимание уделяется антропогенному воздействию, которое оказывает влияние на пчелиные

семьи в течение всего года. Опыт показывает, что развитие пчеловодческой отрасли невозможно без активного вмешательства человека. Например, процесс спячки пчел или борьба с инфекционными заболеваниями в пчелиных семьях требуют прямого контроля и управления со стороны пчеловода.

На основе анализа научной литературы и опыта пчеловодческих хозяйств был составлен и представлен в виде таблицы перечень биотических, абиотических и антропогенных факторов, влияющих на деятельность пчелиных семей. Эти данные также отображены в виде блок-схемы (рисунок 2).



Рисунок 2 – Биотические, абиотические и антропогенные факторы, влияющие на деятельность пчелиной семьи (разработка автора)

Факты и рассуждения, представленные в данном разделе, побудили автора предложить ряд специализированных мероприятий для систематического ухода за пчелиными семьями и эффективного разведения пчел в пчеловодческих хозяйствах. В частности, автор утверждает, что для развития пчеловодства деятельность пчелиных семей должна находиться под постоянным контролем с учетом воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов.

Основной целью организации этих факторов является то, что при разработке концептуальных, математических и компьютерных моделей этапов жизни и деятельности особей пчелиной семьи эти факторы играют роль ключевых компонентов, управляющих различными процессами в моделях. Введение факторов внешнего воздействия в эти модели позволяет сделать процесс изучения и исследования динамики численности пчелиных семей более полным и точным, а также дает возможность прогнозировать их развитие.

Третья часть второй главы посвящена изучению, исследованию, анализу и классификации заболеваний и вредителей пчелиных семей. На основе анализа научных исследований установлено, что поведение и деятельность пчелиного сообщества регулируются множеством разнообразных принципов.

В ходе исследования данного раздела было установлено, что заболевания пчел могут развиваться по разным причинам, таким как возраст, сезонные колебания, зоотехнические факторы, патологические изменения и другие. Для наглядности болезни пчел были классифицированы на инфекционные и неинфекционные, что представлено в виде блок-схемы (рисунок 3).



Рисунок 3 – Классификация вредителей и болезней пчел (разработка автора)

Аналогичный анализ был проведен для исследования поведения, активности и негативного воздействия вредителей пчел. Также была разработана их классификация в виде блок-схемы.

В результате исследования сделан вывод, что болезни и вредители пчел являются важными природными факторами, от воздействия которых существенно зависят развитие, состояние и деятельность пчелиных семей. В ходе анализа было установлено, что эти факторы могут ослаблять пчелиные семьи или даже приводить к их гибели. Поэтому их влияние должно быть учтено при математическом и компьютерном моделировании динамики пчелиных популяций.

Третья глава диссертационного исследования является основной и состоит из четырех исследовательских и аналитических разделов. В данной главе представлена современная и комплексная технология моделирования деятельности пчелиной семьи, с учетом фазовых переходов в жизни пчелы и поло-групповых особенностей разделения труда среди членов пчелиной семьи.

В первой части главы моделированы все этапы развития пчелиной семьи, начиная с момента появления яйца и до его превращения во взрослую пчелу. Для этого разработаны концептуальная (рисунок 4) и математическая (система 1) модели, которые представляют собой систему из пяти обыкновенных дифференциальных уравнений. Эти модели могут полностью отражать состояние исследуемого объекта. В разделе проведен математический анализ системы уравнений в стационарных и динамических состояниях, а также выявлены подходящие аналитические корреляции для переменных модели. Определены соответствующие условия для принятия значений коэффициентов данной модели.

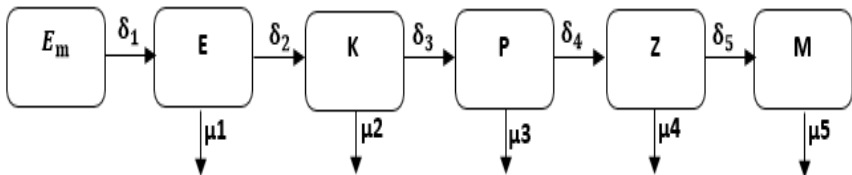


Рисунок 4 – Графическое изображение концептуальной модели этапов жизни пчелы (разработка автора)

$$\begin{cases} \frac{dE}{dt} = \delta_1 E_m(t) - \delta_2 E(t) - \mu_1 E(t), \\ \frac{dK}{dt} = \delta_2 E(t) - \delta_3 K(t) - \mu_2 K(t), \\ \frac{dP}{dt} = \delta_3 K(t) - \delta_4 P(t) - \mu_3 P(t), \\ \frac{dZ}{dt} = \delta_4 P(t) - \delta_5 Z(t) - \mu_4 Z(t), \\ \frac{dM}{dt} = \delta_5 Z(t) - \mu_5 M(t). \end{cases} \quad (1)$$

В системе (1) с помощью $E_0 = E(t_{0E})$, $K_0 = K(t_{0K}) = E(t_{nE})$, $P_0 = P(t_{0P}) = K(t_{nK})$, $Z_0 = Z(t_{0Z}) = P(t_{nP})$, $M_0 = M(t_{0M}) = Z(t_{nZ})$ обозначены начальные условия задачи Коши (т.е. начальные значения переменных модели $E = E(t)$, $K = K(t)$, $P = P(t)$, $Z = Z(t)$, $M = M(t)$), с помощью коэффициентов μ_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) – уменьшающаяся количество популяции i -го возрастного этапа пчелиной семьи за счет естественной гибели ее особей, с помощью коэффициентов δ_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) – прироста популяции $(i + 1)$ -го возрастного этапа за счет перехода такого же количества особей i -го возрастного этапа [1-А, 3-А, 24-А].

С помощью $E_m(t)$ – указывается общее количество яиц, отложенных пчелиной маткой за один день. Он использует известную модель Мальтуса и эмпирическую формулу В. Рикера, проводивший свои опыты в 1954 г. при расчете динамики изменения численности форели (лосося) в озерах Колумбии [9]. Опишем его для процесса нереста пчел в виде следующей функции:

$$E_m(t) = k\alpha W e^{\beta t}, \quad (2)$$

$$0 < k \leq 1, \quad k = k_1 + k_2 \quad (k_1 = 0,98; k_2 = 0,02),$$

где W представляет собой исходное количество яиц, отложенных пчелиной маткой, а коэффициенты α и β определяются экспериментально.

На основе решения системы (1) доказаны две теоремы:

Теорема 1. Пусть коэффициенты системы дифференциальных уравнений (1), представляющей собой математическую модель популяции семьи медоносных пчёл, удовлетворяют условиям $\delta_i > 0$, $\mu_i \geq 0$ ($i = 1, 2, 3, 4, 5$); $\delta_i > \mu_i$ ($i = 1, 2, 3, 4$); $\delta_2 - \delta_3 > \mu_2$, $\delta_3 - \delta_4 > \mu_3$, $\delta_4 - \delta_5 > \mu_4$, $\delta_5 < \mu_5$. Тогда она в стационарном состоянии имеет аналитическое решение.

Теорема 2. Пусть в системе дифференциальных уравнений (1) выполняются условия теоремы 1. Тогда её общее решение выражается явными аналитическими формулами.

Второй исследовательский раздел главы посвящен особенностям внедрения численного метода Рунге-Кутты четвертого порядка (рисунок 5) в разрабатываемой математической модели. Метод реализован с использованием технологии компьютерного моделирования на объектно-ориентированном языке программирования высокого уровня C++. Компьютерные эксперименты подтвердили, что метод Рунге-Кутты достаточно эффективен для проведения исследовательских расчетов и обеспечивает необходимую точность.

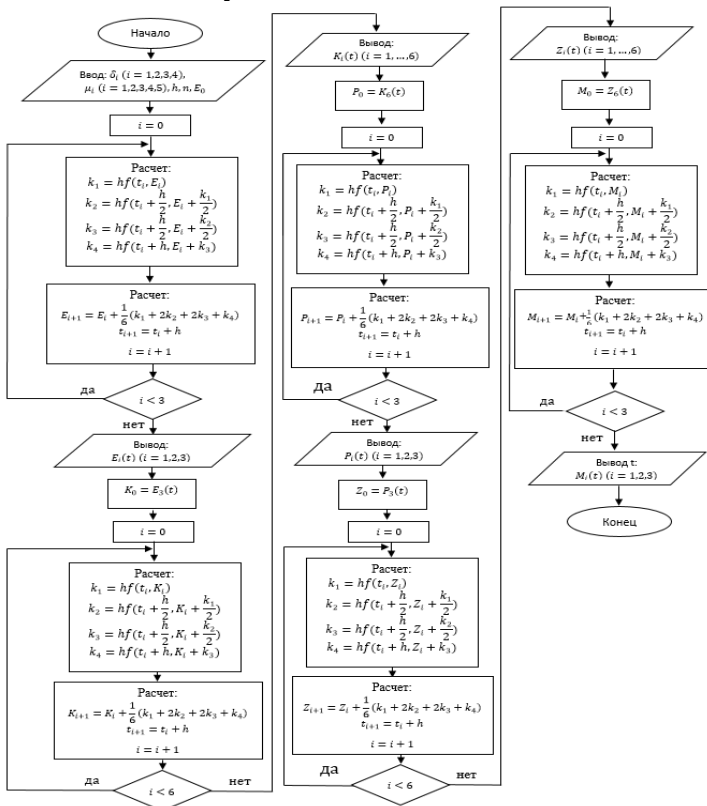


Рисунок 5 – Блок-схема внедрения метода Рунге-Кутты в компьютерной модели (разработка автора)

Для применения компьютерной модели автором были созданы специальные идентификационные и верификационные таблицы, в которых сравниваются фактические результаты модели, использующей метод Рунге-Кутты, с результатами полевых экспериментов, проведенных в 2017 году. Каждое численное значение в таблице представляет собой результат работы модели под управлением метода Рунге-Кутты, с начальным условием (количество яиц, отложенных маткой) в конкретный день сезона размножения пчел.

Сравнение результатов, полученных с помощью компьютерной программы, и данных полевых экспериментов, представленных в таблице, показало, что разница между ними минимальна.

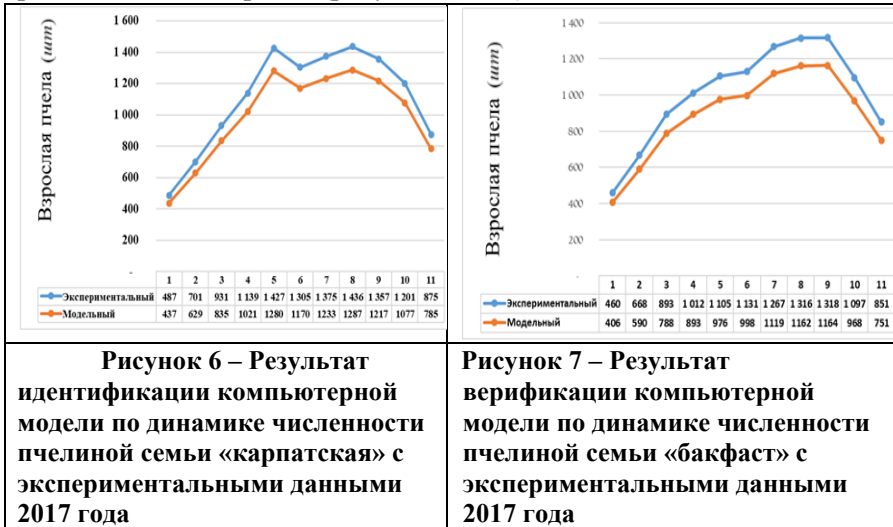
Для применения компьютерной модели автором были созданы специальные идентификационные и верификационные таблицы, в которых сравниваются фактические результаты модели, использующей метод Рунге-Кутты, с результатами полевых экспериментов, проведенных в 2017 году. Каждое численное значение в таблице представляет собой результат работы модели под управлением метода Рунге-Кутты, с начальным условием (количество яиц, отложенных маткой) в конкретный день сезона размножения пчел.

Сравнение результатов, полученных с помощью компьютерной программы, и данных полевых экспериментов, представленных в таблице, показало, что разница между ними минимальна.

На основе данных полевых исследований, проведенных в 2017-2018 годах на пчелиных семьях северных районов Таджикистана, было установлено, что с момента откладки яиц пчелиной маткой до их превращения во взрослых пчел (21 день) погибло 13% пчел породы «карпатская» и 15% пчел породы «бакфаст». С учетом этих данных были определены и приняты значения коэффициентов для системы дифференциальных уравнений.

Сравнение графиков, полученных с помощью модели в электронной таблице MS Excel 2016, и экспериментальных графиков динамики изменения численности пчелиных семей показало, что компьютерная модель способна с высокой точностью воспроизводить результаты полевых экспериментов. Это подтверждает, что модель

готова к использованию для проведения научных исследований и производственных работ (рисунки 6 и 7).



Третий и четвертый разделы этой главы посвящены математическому анализу этапов жизни пчелиной семьи по половым признакам и компьютерному анализу половых особенностей пчелиной семьи по этапам жизни.

С помощью $E_m(t)$ обозначим общее количество яиц, отложенных пчелы-маткой за один день, и будем считать, что состояние особей популяции пчелиной семьи и их переход от одного жизненного этапа к другому в каждый момент времени $t \in [t_0; t_n]$, $n \in N$ описывается и определяется следующими 10 переменными: $E_1(t)$ – количество яиц, из которых рождаются рабочие пчелы, $E_2(t)$ – количество яиц, из которых рождаются пчелы-трутни, $K_1(t)$ – количество личинок рабочей пчелы, $K_2(t)$ – количество личинок трутней, $P_1(t)$ – количество предкуколных особей рабочей пчелы, $P_2(t)$ – количество предкуколных особей трутней, $Z_1(t)$ – количество куколок рабочей пчелы, $Z_2(t)$ – количество куколок трутней, $M_1(t)$ – количество взрослых рабочих пчел и $M_2(t)$ – количество взрослых пчел-трутни [4-А, 24-А].

По показаниям, приведенным в исследованиях [1-А, 2-А], с помощью μ_{ij} ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4, 5$) – коэффициенты естественной

смертности особей половых групп (i) популяции мы отметили семьи пчел на данных этапах (j) их жизни и с помощью δ_{ij} ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4, 5$) – коэффициенты перехода этих особей от одной стадии жизни к другой, а также привели групповое распределение популяции пчелиных семей по половым признакам к концептуальной модели (рисунок 8).

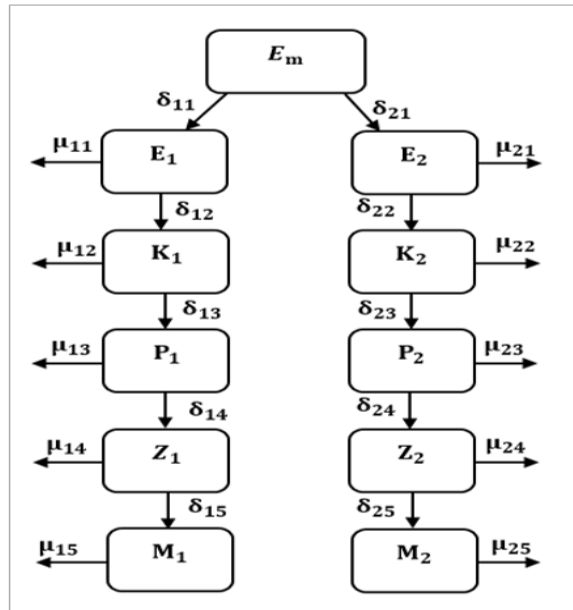


Рисунок 8 – Концептуальная модель жизненных этапов пчелиной семьи в зависимости от половых признаков (разработка автора)

На основе данной модели (рисунок 8) была разработана математическая модель описываемых процессов, которая представляет собой систему из 10 линейных обыкновенных дифференциальных уравнений (3) с начальными условиями. Уравнения системы описывают мгновенную скорость изменения численности особей различных жизненных этапов популяции пчелиных семей, выражая математические зависимости процессов роста и гибели особей семейного сообщества. Они также реализуют механизм перехода особей из одного жизненного этапа в другой.

В стационарном состоянии был проведен математический анализ системы дифференциальных уравнений, в результате которого были определены значения переменных модели, коэффициентов модели и выявлена пропорциональность между ними.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dE_1}{dt} = \delta_{11}k_1E_m(t) - \delta_{12}E_1(t) - \mu_{11}E_1(t), \\ \frac{dE_2}{dt} = \delta_{21}k_2E_m(t) - \delta_{22}E_2(t) - \mu_{21}E_2(t), \\ \frac{dK_1}{dt} = \delta_{12}E_1(t) - \delta_{13}K_1(t) - \mu_{12}K_1(t), \\ \frac{dK_2}{dt} = \delta_{22}E_2(t) - \delta_{23}K_2(t) - \mu_{22}K_2(t), \\ \frac{dP_1}{dt} = \delta_{13}K_1(t) - \delta_{14}P_1(t) - \mu_{13}P_1(t), \\ \frac{dP_2}{dt} = \delta_{23}K_2(t) - \delta_{24}P_2(t) - \mu_{23}P_2(t), \\ \frac{dZ_1}{dt} = \delta_{14}P_1(t) - \delta_{15}Z_1(t) - \mu_{14}Z_1(t), \\ \frac{dZ_2}{dt} = \delta_{24}P_2(t) - \delta_{25}Z_2(t) - \mu_{24}Z_2(t), \\ \frac{dM_1}{dt} = \delta_{15}Z_1(t) - \mu_{15}M_1(t), \\ \frac{dM_2}{dt} = \delta_{25}Z_2(t) - \mu_{25}M_2(t). \end{array} \right. \quad (3)$$

$$E_{i0} = E(t_{0_{E_i}}), K_{i0} = K(t_{0_{K_i}}), P_{i0} = P(t_{0_{P_i}}), Z_{i0} = Z(t_{0_{Z_i}}), \\ M_{i0} = M(t_{0_{M_i}}), i = 1, 2.$$

Для системы дифференциальных уравнений (3) определены необходимые условия, которые считаются обязательными в процессе определения значений коэффициентов модели:

- a) $\delta_{ij} > 0, \mu_{ij} \geq 0$ ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4, 5$);
- b) $\delta_{ij} > \mu_{ij}$ ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4$);
- c) $\delta_{14} - \delta_{15} > \mu_{14}, \delta_{24} - \delta_{25} > \mu_{24}, \delta_{15} < \mu_{15}, \delta_{25} < \mu_{25}$.

Относительно решения системы (3) доказаны две теоремы.

Теорема 3. Пусть для коэффициентов системы дифференциальных уравнений (3) выполняются условия $\delta_{ij} > 0$, $\mu_{ij} \geq 0$ ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4, 5$); $\delta_{ij} > \mu_{ij}$ ($i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4$); $\delta_{12} - \delta_{13} > \mu_{12}$, $\delta_{22} - \delta_{23} > \mu_{22}$, $\delta_{13} - \delta_{14} > \mu_{13}$, $\delta_{23} - \delta_{24} > \mu_{23}$, $\delta_{14} - \delta_{15} > \mu_{14}$, $\delta_{24} - \delta_{25} > \mu_{24}$, $\delta_{15} < \mu_{15}$, $\delta_{25} < \mu_{25}$. Тогда система уравнений (3), представляющая собой математическую модель популяции семьи медоносных пчёл с учётом половых признаков, в стационарном состоянии имеет аналитическое решение.

Теорема 4. Пусть для системы уравнений (3) выполняются условия теоремы 3. Тогда её решение находится с помощью явных аналитических формул.

На основе математической модели этапов жизни особей пчелиной семьи была создана компьютерная модель, в которой учтены и математически проанализированы половые особенности пчел в зависимости от возрастных процессов особей семьи. Основой этой компьютерной модели является расчетная программа, разработанная на объектно-ориентированном языке программирования C++. В программе значения переменных системы обыкновенных дифференциальных уравнений вычисляются с использованием численного метода Рунге-Кутты четвертого порядка (рисунки 9 и 10).

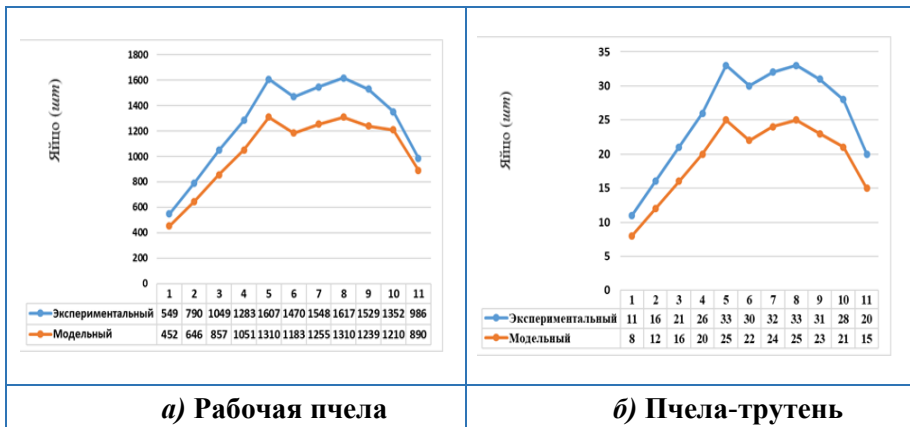


Рисунок 9 – Результат идентификации компьютерной модели по динамике количества яиц, отложенных карпатской пчелиной семьей, с использованием экспериментальных данных 2017 года

С целью проверки точности и стабильности разработанной программы были проведены два сценарных теста с компьютерной моделью. В этих тестах рассчитываются числовые результаты, соответствующие процессам идентификации и верификации программы, а также логические и условные пределы, полученные в ходе математического анализа модели. Полученные результаты сценариев показали, что при соблюдении логических условий компьютерная модель точно отражает естественные процессы пчеловодства и может быть использована для стимулирования научной и производственной деятельности.

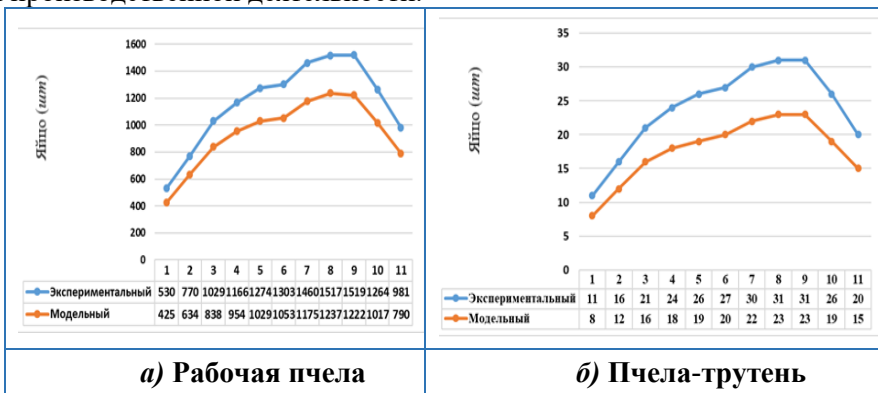


Рисунок 10 – Результат верификации компьютерной модели по динамике количества яиц, отложенных пчелиной семьей породы бакфаст, с использованием экспериментальных данных 2017 г.

Четвертая глава диссертации посвящена моделированию влияния болезней и вредителей на деятельность пчелиной семьи и состоит из трех аналитических разделов. Отмечается, что с прогрессом и развитием современной информатики возможности разработки новых методов и подходов моделирования для описания и исследования различных природных, технических, экономических и социальных процессов значительно увеличиваются. В то же время возрастает потребность в применении этих методов в производственных и других сферах жизни. Использование компьютерных моделей, построенных на базе информационных технологий, позволяет проектировать, программировать, исследовать и

анализировать производственные процессы, а также оценивать перспективы их развития с научной точки зрения.

В первой части данной главы, с учетом половых признаков пчел, приведен концептуальный пример основных этапов жизни популяции пчелиной семьи. Деятельность отдельных особей, которые регулярно или случайно подвергаются воздействию болезней (вирусы, микробы, паразиты, инфекционные микроорганизмы и другие) и крупных вредителей (птицы, рептилии, грызуны, земноводные и другие), анализируется с целью определения и оптимизации воздействия этих факторов (рисунок 11).

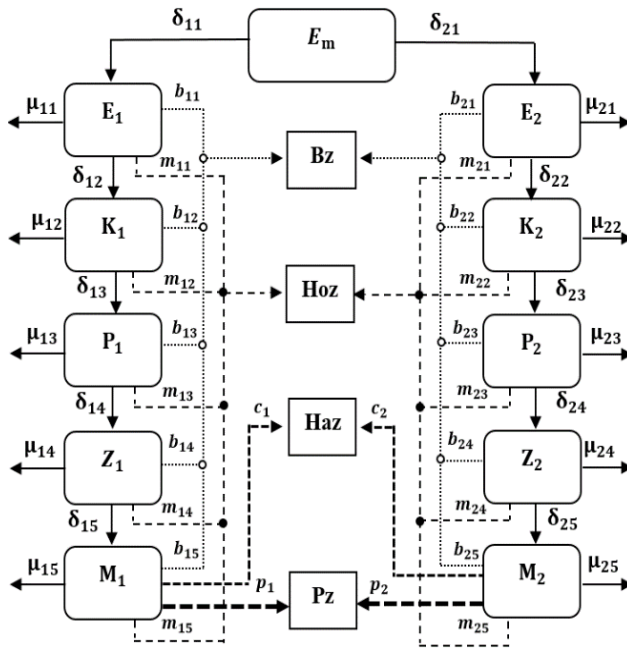


Рисунок 11 – Концептуальная модель жизненных этапов пчелиной семьи под воздействием болезней и вредителей (разработка автора)

Изучение и анализ научной литературы показали, что указанные заболевания могут поражать все этапы жизни пчел (от яиц до взрослых пчел). Поэтому при моделировании мы указываем суммарное влияние болезней на пчелиную семью с помощью общей переменной $Bz(t)$, $t \in [t_0; t_n]$, $n \in N$ и рассчитываем соответствующие коэффициенты

смертности пчелиных особей из-за влиянию этих заболеваний для каждого этапа их жизни b_{ij} ($i = 1,2; j = 1,2,3,4,5$) [10-A, 24-A].

Специалисты в области пчеловодства классифицируют вредителей пчел на несколько групп: грызуны, рептилии, птицы и другие виды позвоночных и беспозвоночных организмов. Степень вредоносности каждой из этих групп различна. Например, если мышь случайно попадает в улей, она может уничтожить весь источник питания пчел и особей их семьи, а также своими действиями наносит значительные потери как в жизни пчел, так и в запасах пищи.

Грызуны, являющиеся одними из основных вредителей пчел, относятся к семейству млекопитающих. В природе встречается множество видов грызунов, таких как мыши, сурки, дикобразы и другие. Хотя грызуны могут нанести вред пчелиным семьям случайно, их проникновение в улей часто приводит к разрушению семейной структуры, атаке на пчел и потере значительного количества пищи и ресурсов, что может существенно ослабить семью.

В концептуальной модели общая численность грызунов указывается с помощью переменной $Hoz(t), t \in [t_0; t_n], n \in N$ и соответствующих им коэффициентов ущерба (или доли потерь пчелиной семьи из-за повреждения грызунов) для каждого этапа жизни пчелы через m_{ij} ($i = 1,2; j = 1,2,3,4,5$) [1-A, 5-A].

Опыт специалистов-пчеловодов и научные исследования подтверждают, что пресмыкающиеся и насекомые также являются потенциальными вредителями пчел. Эти виды могут нанести значительный ущерб пчелиным семьям, в особенности в определенные периоды их активности.

Рептилии и земноводные, как правило, атакуют взрослых пчел во время их сбора пыльца, нектаров и воды. Они часто подстерегают пчел у выходов ульев, особенно в моменты, когда пчелы выходят на сбор нектара. Рептилии, такие как змеи, а также земноводные, могут быть опасными для пчел, так как ловят и уничтожают их, значительно снижая численность пчелиных семей и оказывая влияние на их продуктивность.

В концептуальной модели общая численность рептилий и земноводных вместе обозначено через переменной $Haz(t), t \in [t_0; t_n], n \in N$, а коэффициенты смертности обоих полов взрослых пчел при их поедании этими вредителя обозначены, соответственно, через c_1 и c_2 .

Пчелы, будучи мелкими летающими насекомыми, часто становятся жертвами более крупных птиц в окружающей среде, что наносит значительный ущерб пчеловодческим хозяйствам и популяциям пчел. Одним из самых распространенных птиц-вредителей является пчелоед (щурка). Научные исследования показывают, что если пчелоед устает от обычной охоты на пчел, он может убить от 700 до 1000 пчел за один день. За 2-3 летних месяца один пчелоед может уничтожить до 20 000 пчел, что оказывает разрушительное воздействие на пчелиные семьи и существенно снижает продуктивность пчеловодства.

В концептуальной модели общее количество птиц обозначено с помощью переменной $Pz(t), t \in [t_0; t_n], n \in N$, а коэффициенты смертности обоих полов взрослых пчел при их поедании этими птицами обозначены, соответственно, через p_1 и p_2 [1-A-5-A, 10-A].

Разработанная концептуальная модель адекватно описывает воздействие различных факторов на пчелиную семью и количественные процессы перехода особей от одного этапа жизни к другому. На основе этой модели можно создавать как математические, так и компьютерные модели популяции пчел, с учетом влияния инфекционных заболеваний и вредителей.

Разработка математической модели воздействия инфекционных заболеваний и вредных организмов на развитие и деятельность пчелиных особей, а также их количественный переход через различные этапы жизни, была проведена с использованием концептуальной модели. Эти исследования составляют основу второй части настоящей главы.

Основой математической модели развития пчелиных особей под воздействием инфекционных заболеваний и вредителей является система, состоящая из 14 нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений (4), с заданными начальными условиями.

$$\begin{aligned} \frac{dE_1}{dt} &= \delta_{11}k_1E_m(t) - (\delta_{12} + \mu_{11})E_1(t) - b_{11}E_1(t)B_z(t) - \\ &\quad - m_{11}E_1(t)H_{oz}(t); \\ \frac{dE_2}{dt} &= \delta_{21}k_2E_m(t) - (\delta_{22} + \mu_{21})E_2(t) - b_{21}E_2(t)B_z(t) - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -m_{21}E_2(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dK_1}{dt} &= \delta_{12}E_1(t) - (\delta_{13} + \mu_{12})K_1(t) - b_{12}K_1(t)B_z(t) - \\
& -m_{12}K_1(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dK_2}{dt} &= \delta_{22}E_2(t) - (\delta_{23} + \mu_{22})K_2(t) - b_{22}K_2(t)B_z(t) - \\
& -m_{22}K_2(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dP_1}{dt} &= \delta_{13}K_1(t) - (\delta_{14} + \mu_{13})P_1(t) - b_{13}P_1(t)B_z(t) - \\
& -m_{13}P_1(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dP_2}{dt} &= \delta_{23}K_2(t) - (\delta_{24} + \mu_{23})P_2(t) - b_{23}P_2(t)B_z(t) - \\
& -m_{23}P_2(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dZ_1}{dt} &= \delta_{14}P_1(t) - (\delta_{15} + \mu_{14})Z_1(t) - b_{14}Z_1(t)B_z(t) - \\
& -m_{14}Z_1(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dZ_2}{dt} &= \delta_{24}P_2(t) - (\delta_{25} + \mu_{24})Z_2(t) - b_{24}Z_2(t)B_z(t) - \\
& -m_{24}Z_2(t)H_{oz}(t); \\
\frac{dM_1}{dt} &= \delta_{15}Z_1(t) - \mu_{15}M_1(t) - b_{15}M_1(t)B_z(t) - m_{15}M_1(t)H_{oz}(t) - \\
& -c_1M_1(t)H_{az}(t) - p_1M_1(t)P_z(t); \\
\frac{dM_2}{dt} &= \delta_{25}Z_2(t) - \mu_{25}M_2(t) - b_{25}M_2(t)B_z(t) - \\
& -m_{25}M_2(t)H_{oz}(t) - c_2M_2(t)H_{az}(t) - p_2M_2(t)P_z(t); \\
\frac{dB_z}{dt} &= \alpha_1B_z(t) + [b_{11}E_1(t) + b_{21}E_2(t) + b_{12}K_1(t) + b_{22}K_2(t) + \\
& + b_{13}P_1(t) + b_{23}P_2(t) + b_{14}Z_1(t) + b_{24}Z_2(t) + b_{15}M_1(t) + \\
& + b_{25}M_2(t)]B_z(t) - \beta_1B_z(t); \\
\frac{dH_{oz}}{dt} &= \alpha_2H_{oz}(t) + [m_{11}E_1(t) + m_{21}E_2(t) + m_{12}K_1(t) + \\
& + m_{22}K_2(t) + m_{13}P_1(t) + m_{23}P_2(t) + m_{14}Z_1(t) + m_{24}Z_2(t) + \\
& + m_{15}M_1(t) + m_{25}M_2(t)]H_{oz}(t) - \beta_2H_{oz}(t);
\end{aligned} \tag{4}$$

$$\frac{dH_{az}}{dt} = \alpha_3 H_{az}(t) + [c_1 M_1(t) + c_2 M_2(t)] H_{az}(t) - \beta_3 H_{az}(t);$$

$$\frac{dP_z}{dt} = \alpha_4 P_z(t) + [p_1 M_1(t) + p_2 M_2(t)] P_z(t) - \beta_4 P_z(t).$$

С начальными условиями:

$$E_{i0} = E(t_{0_{E_i}}); t \in [t_{0_{E_i}}; t_{n_{E_i}}], n_{E_i} \in N; i = 1, 2.$$

$$K_{i0} = K(t_{0_{K_i}}) = E(t_{n_{E_i}}); t \in [t_{0_{K_i}}; t_{n_{K_i}}], n_{K_i} \in N; i = 1, 2.$$

$$P_{i0} = P(t_{0_{P_i}}) = K(t_{n_{K_i}}); t \in [t_{0_{P_i}}; t_{n_{P_i}}], n_{P_i} \in N; i = 1, 2.$$

$$Z_{i0} = Z(t_{0_{Z_i}}) = P(t_{n_{P_i}}); t \in [t_{0_{Z_i}}; t_{n_{Z_i}}], n_{Z_i} \in N; i = 1, 2.$$

$$M_{i0} = M(t_{0_{M_i}}) = Z(t_{n_{Z_i}}); t \in [t_{0_{M_i}}; t_{n_{M_i}}], n_{M_i} \in N; i = 1, 2.$$

$$B_{z0} = B_z(t_0); t \in [t_0; t_n], n \in N.$$

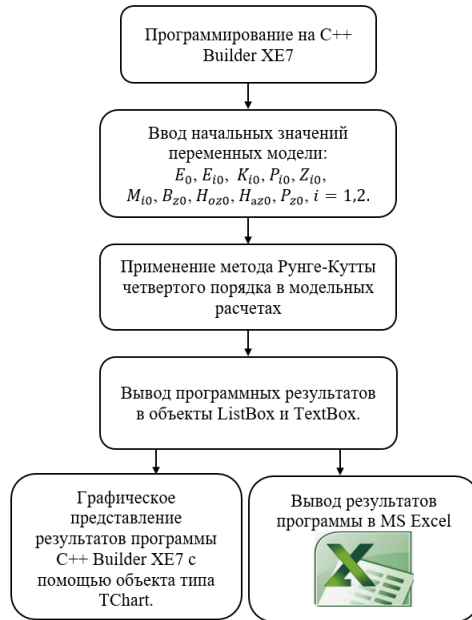
$$H_{oz0} = H_{oz}(t_0); t \in [t_0; t_n], n \in N.$$

$$H_{az0} = H_{az}(t_0); t \in [t_0; t_n], n \in N.$$

$$P_{z0} = P_z(t_0); t \in [t_0; t_n], n \in N.$$

Также в системе уравнений (4) через α_1 определяют долю влияющих факторов, вызвавших возникновение инфекционных заболеваний, через β_1 – степень положительного влияния медикаментов на здоровье особей семьи при профилактике инфекционных заболеваний, через α_2 – степень негативного воздействия вредных грызунов на популяцию пчелиной семьи, через β_2 – долю естественной смертности грызунов, через α_3 – степень негативного воздействия рептилий и земноводных на взрослых пчел, через β_3 – долю естественной смертности рептилий и земноводных-вредителей, через α_4 – степень отрицательного влияния птиц-вредителей на взрослых пчел семьи и через β_4 – долю естественной смертности этих птиц.

Третья часть главы посвящена компьютерному моделированию поведения пчел, с учетом воздействия заболеваний и вредителей. Представлена общая схема реализации программы, включающая алгоритм автоматизированного обмена данными между объектно-ориентированным языком программирования C++ Builder XE7 и методом Рунге-Кутты (рисунок 12).



При реализации метода Рунге-Кутты в компьютерной программе и при модельных расчетах на компьютере необходимо вводить начальные значения переменных модели. В процессе идентификации коэффициентов математической модели использовались исходные значения переменных $E_{i0}, K_{i0}, P_{i0}, Z_{i0}, M_{i0}, i = 1,2$, по экспериментальным данным 2017 года, для пчел карпатской породы, выращиваемых в условиях северных регионов Таджикистана.

Сравнение результатов, полученных методом компьютерного моделирования, с экспериментальными данными, собранными в 2017 году на семьях пчел карпатской и бакфастской пород, в различных регионах северного Таджикистана, демонстрирует, что предложенная модель эффективно прогнозирует динамику численности пчел на каждом этапе их развития, с учетом их распределения по половым признакам. Модель также успешно отражает влияние инфекционных заболеваний и вредителей на популяцию.

На основе разработанной компьютерной модели была проведена идентификация и верификация значений коэффициентов модели с экспериментальными данными. Сравнение экспериментальных и модельных результатов позволило подтвердить стабильность работы программы, как показано на рисунках 13 и 14.

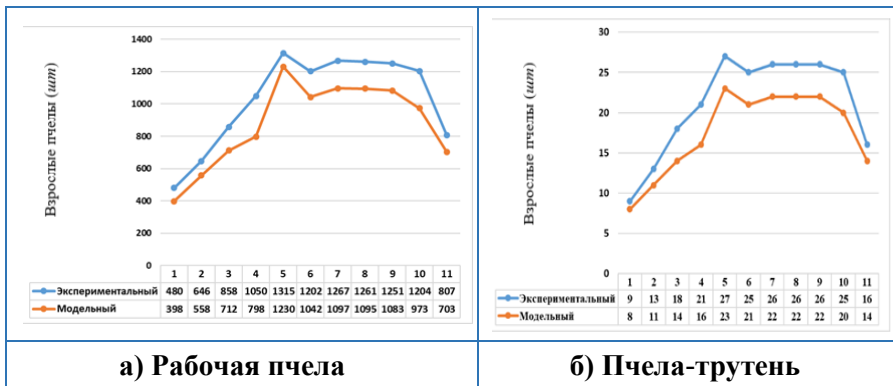


Рисунок 13 – Результат идентификации компьютерной модели по динамике численности взрослых пчел «карпатской» пчелиной семьи по экспериментальным данным 2017 года

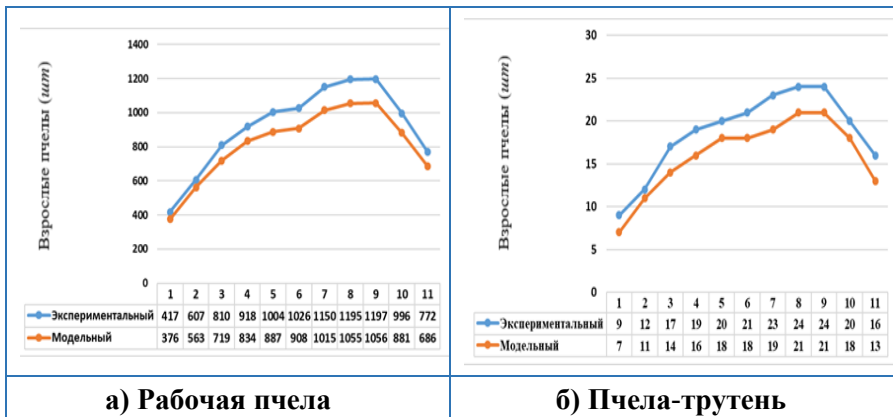


Рисунок 14 – Результат верификации компьютерной модели по динамике численности взрослых пчел пчелиной семьи породы «бакфаст» с использованием экспериментальных данных 2017 года

Пятая глава исследования, являющаяся заключительной частью диссертации, посвящена моделированию влияния природных и антропогенных факторов на деятельность пчелиной семьи и включает комплексный анализ полученных результатов компьютерного моделирования, охватывающих различные аспекты функционирования пчелиной семьи.

В первом разделе главы основное внимание уделено исследованию влияния температуры и влажности воздуха на деятельность пчелиной семьи. Отмечается, что для нормальной жизнедеятельности пчел, температура и влажность окружающей среды, а также климатические условия внутри улья, должны быть совместимы с биофизическими и биохимическими процессами, происходящими в организме пчел.

Особое внимание уделяется тому, что пчелиная семья обладает высокой толерантностью к перепадам температуры и может функционировать в диапазоне температур от -50°C до $+45^{\circ}\text{C}$ в зависимости от породы. В условиях чрезмерной жары, особенно в сезон медосбора, пчелиная семья способна поддерживать стабильную температуру внутри улья благодаря своим биологическим характеристикам и способности к испарению воды.

Для оценки влияния этих природных факторов в математической модели были разработаны специальные математические функции, описывающие изменения температуры (система 5) и влажности воздуха (система 6). Достоверность этих функций была подтверждена с помощью компьютерного моделирования. Эти математические функции применялись при глубоком анализе развития пчелиных семей, что и составило основу исследования второй части пятой главы:

$$f(T) = \begin{cases} -1,4286T^2 + 82,857T - 815,71, & 20 \leq T < 27, \\ -21T^2 + 1366T - 21318, & 27 \leq T < 32, \\ -67,5T^2 + 4607,5T - 77675, & 32 \leq T < 37, \\ -7,25T^2 + 559,5T - 10410, & 37 \leq T \leq 42, \end{cases} \quad (5)$$

где $f(T)$ – функция толерантности пчелиной семьи по температуре, определяющей развития этапов жизни особей семьи от откладки яиц пчелой-маткой до превращения яиц во взрослых пчел, $T = T(t)$ составляет среднюю температуру воздуха, $t \in [t_0; t_k], k \in N$;

$$g(v) = \begin{cases} -0.3889v^2 + 41,889v - 747,5, & \text{если } 30 \leq v < 55, \\ -0.4467v^2 + 83,947v - 2978,5, & \text{если } 55 \leq v \leq 87, \\ 1.0998v^2 - 270,17v + 16338, & \text{если } 87 < v < 100, \end{cases} \quad (6)$$

где с помощью $g(v)$ обозначена функция толерантности пчелиной семьи по влажности, ограничивающая развитие особей популяции пчелиной семьи от стадии яйцекладки пчелиной матки до стадии развития яиц во взрослых пчел, а с помощью $v = v(t)$ указана среднесуточная влажность воздуха ($t \in [t_0; t_k], k \in N$).

В начале второго раздела главы подчеркивается, что процессы роста, динамики изменения, гибели особей пчелиной семьи, производственная мощность семьи и количество производимого меда находятся в значительной зависимости от природных и антропогенных факторов. Игнорирование этих факторов может привести к неполной работе разработанных моделей и искажению результатов модельных расчетов.

Для реализации этих задач в данном разделе главы были проведены следующие работы:

1. На основе исследования и анализа природных и антропогенных факторов была разработана гипотетическая модель системы пчеловодства (рисунок 15).



Рисунок 15 – Гипотетическая модель влияния природных и антропогенных факторов на процессы формирования и развития особей пчелиной семьи, производственную мощность семьи и возможное количество производимого меда

2. Процесс сбора нектара и цветочной пыльцы (SG) рабочими пчелами изображается математической формулой:

$$SG = Sh + G, \quad (7)$$

где Sh – конечная продуктивность растений-опылителей, G – общий вклад цветочной пыльцы.

3. Созданы эмпирические функции управления процесса обеспечения дополнительным питанием ($R_{1i}(t)$) в зимний период для пчелы-матки и взрослых пчел обоих полов:

$$R_{1i}(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } (U_i(t) \geq 5 \cup 0 < SG \leq 1) \\ Z_1(t)Q_i(t), & \text{если } (0 \leq U_i(t) < 5 \cup SG = 0) \\ M_1(t)Q_i(t), & \text{если } (0 \leq U_i(t) < 5 \cup SG = 0), \end{cases} \quad (8)$$

где $U_i(t), i = 1, 2, \dots, n$ – количество основного пищевого запаса пчелиной семьи на i -й день, $Q_i(t)$ – количество дополнительной пищи на i -й день периода кормления куколок $Z_1(t)$ и взрослых рабочих пчел ($M_1(t)$) пчелиной семьи.

4. На основе разработанных эмпирических функций снова была усовершенствована математическая модель развития и деятельности пчелиной семьи (9)-(10).

$$\begin{aligned} \frac{dE_1}{dt} &= f(T)[\delta_{11}k_1E_m(t) - (\delta_{12} + \mu_{11})E_1(t) - b_{11}E_1(t)B_z(t) - \\ &\quad - m_{11}E_1(t)H_{oz}(t)] g(v); \\ \frac{dE_2}{dt} &= f(T)[\delta_{21}k_2E_m(t) - (\delta_{22} + \mu_{21})E_2(t) - b_{21}E_2(t)B_z(t) - \\ &\quad - m_{21}E_2(t)H_{oz}(t)] g(v); \\ \frac{dK_1}{dt} &= f(T)[\delta_{12}E_1(t) - (\delta_{13} + \mu_{12})K_1(t) - b_{12}K_1(t)B_z(t) - \\ &\quad - m_{12}K_1(t)H_{oz}(t)] g(v); \\ \frac{dK_2}{dt} &= f(T)[\delta_{22}E_2(t) - (\delta_{23} + \mu_{22})K_2(t) - b_{22}K_2(t)B_z(t) - \\ &\quad - m_{22}K_2(t)H_{oz}(t)] g(v); \\ \frac{dP_1}{dt} &= f(T)[\delta_{13}K_1(t) - (\delta_{14} + \mu_{13})P_1(t) - b_{13}P_1(t)B_z(t) - \\ &\quad - m_{13}P_1(t)H_{oz}(t)] g(v); \\ \frac{dP_2}{dt} &= f(T)[\delta_{23}K_2(t) - (\delta_{24} + \mu_{23})P_2(t) - b_{23}P_2(t)B_z(t) - \\ &\quad - m_{23}P_2(t)H_{oz}(t)] g(v); \\ \frac{dZ_1}{dt} &= f(T)[\delta_{14}P_1(t) + U_i(t)Z_1(t) - (\delta_{15} + \mu_{14})Z_1(t) - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -b_{14}Z_1(t)B_z(t) - m_{14}Z_1(t)H_{oz}(t)] g(v) + R_{1i}(t); \\
\frac{dZ_2}{dt} &= f(T)[\delta_{24}P_2(t) + U_i(t)Z_2(t) - (\delta_{25} + \mu_{24})Z_2(t) - \\
& - b_{24}Z_2(t)B_z(t) - m_{24}Z_2(t)H_{oz}(t)] g(v) + R_{2i}(t); \quad (9) \\
\frac{dM_1}{dt} &= f(T)[\delta_{15}Z_1(t) + U_i(t)M_1(t) - \mu_{15}M_1(t) - \\
& - b_{15}M_1(t)B_z(t) - m_{15}M_1(t)H_{oz}(t) - c_1M_1(t)H_{az}(t) - \\
& - p_1M_1(t)P_z(t)] g(v) + M_1(t)SG(t) + R_{1i}(t); \\
\frac{dM_2}{dt} &= f(T)[\delta_{25}Z_2(t) + U_i(t)M_2(t) - \mu_{25}M_2(t) - \\
& - b_{25}M_2(t)B_z(t) - m_{25}M_2(t)H_{oz}(t) - c_2M_2(t)H_{az}(t) - \\
& - p_2M_2(t)P_z(t)] g(v) + R_{2i}(t); \\
\frac{dB_z}{dt} &= \alpha_1B_z(t) + [b_{11}E_1(t) + b_{21}E_2(t) + b_{12}K_1(t) + b_{22}K_2(t) + \\
& + b_{13}P_1(t) + b_{23}P_2(t) + b_{14}Z_1(t) + b_{24}Z_2(t) + b_{15}M_1(t) + \\
& + b_{25}M_2(t)]B_z(t) - \beta_1B_z(t); \\
\frac{dH_{oz}}{dt} &= \alpha_2H_{oz}(t) + [m_{11}E_1(t) + m_{21}E_2(t) + m_{12}K_1(t) + m_{22}K_2(t) + \\
& + m_{13}P_1(t) + m_{23}P_2(t) + m_{14}Z_1(t) + m_{24}Z_2(t) + m_{15}M_1(t) + \\
& + m_{25}M_2(t)]H_{oz}(t) - \beta_2H_{oz}(t); \\
\frac{dH_{az}}{dt} &= \alpha_3H_{az}(t) + [c_1M_1(t) + c_2M_2(t)]H_{az}(t) - \beta_3H_{az}(t); \\
\frac{dP_z}{dt} &= \alpha_4P_z(t) + [p_1M_1(t) + p_2M_2(t)]P_z(t) - \beta_4P_z(t).
\end{aligned}$$

С начальными условиями:

$$\begin{aligned}
E_{i0} &= E(t_{0E_i}); \quad t \in [t_{0E_i}; t_{nE_i}], \quad n_{E_i} \in N; \quad i = 1, 2. \\
K_{i0} &= K(t_{0K_i}) = E(t_{nE_i}); \quad t \in [t_{0K_i}; t_{nK_i}], \quad n_{K_i} \in N; \quad i = 1, 2. \\
P_{i0} &= P(t_{0P_i}) = K(t_{nK_i}); \quad t \in [t_{0P_i}; t_{nP_i}], \quad n_{P_i} \in N; \quad i = 1, 2. \\
Z_{i0} &= Z(t_{0Z_i}) = P(t_{nP_i}); \quad t \in [t_{0Z_i}; t_{nZ_i}], \quad n_{Z_i} \in N; \quad i = 1, 2. \quad (10) \\
M_{i0} &= M(t_{0M_i}) = Z(t_{nZ_i}); \quad t \in [t_{0M_i}; t_{nM_i}], \quad n_{M_i} \in N; \quad i = 1, 2. \\
H_{oz0} &= H_{oz}(t_0); \quad t \in [t_0; t_n], \quad n \in N. \\
H_{az0} &= H_{az}(t_0); \quad t \in [t_0; t_n], \quad n \in N. \\
P_{z0} &= P_z(t_0); \quad t \in [t_0; t_n], \quad n \in N. \\
B_{z0} &= B_z(t_0); \quad t \in [t_0; t_n], \quad n \in N.
\end{aligned}$$

Таким образом, в процессе исследования пятой главы были изучены, проанализированы и исследованы природные и антропогенные факторы, оказывающие влияния на процессы

формирования и развития жизненных этапов пчелиной семьи. На основе этих данных была предложена гипотетическая модель пчеловодства.

Научные исследования подтвердили, что влияние температуры и влажности воздуха на развитие особей пчелиной семьи (от яиц до взрослых пчел) имеет значительное значение, и их необходимо учитывать в процессе моделирования.

В третьем разделе пятой главы представлена структура компьютерного программного комплекса для оценки деятельности пчелиной семьи. Подтверждается целесообразность использования современных технологий, особенно компьютерных программ, для оценки деятельности пчеловодческих хозяйств.

Опыт последних лет показывает, что оценка деятельности пчеловодческих хозяйств с применением современных технологий, в частности, компьютерных программ, является выгодной. Такие программы могут быть использованы для оценки влияния различных факторов, таких как температура воздуха, влажность, болезни и вредители, а также для определения источников питания. Например, с помощью компьютерных программ можно решить следующие задачи:

1. Оценка динамики численности пчел внутри улья (короба) и прогнозирование их состояния.
2. Определение текущего положения семей и его оценка в зависимости от природных факторов, таких как температура, влажность, осадки и т. п.
3. Оценка источников питания и продуктивности семей, зависящих от опылителей и других факторов.

Итак, можно заключить, что компьютерные программы могут быть эффективно использованы во всех процессах организации пчеловодческих хозяйств, так как их применение позволяет значительно повысить эффективность работы хозяйства.

Схема реализации расчетного процесса в программном комплексе представлена на рисунке 16.

В четвертом разделе данной главы рассматривается и исследуется производственная мощность пчелиной семьи, а также компьютерная оценка ее продуктивности, поскольку вопрос сбора меда является одной из ключевых задач любого пчеловодческого хозяйства.

В этом разделе, с учетом результатов успешной идентификации и сверки с компьютерной моделью, было выполнено пять аналитических сценариев, направленных на исследование влияния природных и антропогенных факторов на продуктивность пчелиных семей. На основе этих сценариев была рассчитана продуктивность пчелиных семей, что позволило более точно оценить влияние внешних факторов на эффективность их работы.

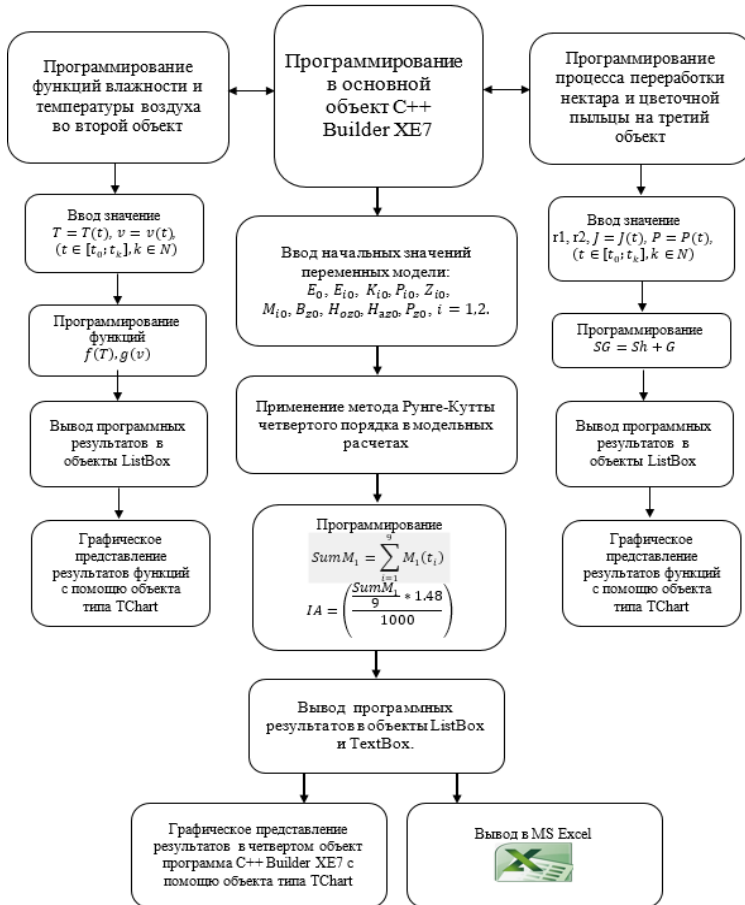


Рисунок 16 – Общая схема реализации структуры программного комплекса на языке программирования C++ Builder XE7 (разработка автора)

Основными результатами данного раздела исследований являются:

1. С помощью специально разработанных математических формул определена средняя продуктивность одного рабочего пчелы (таблица 1).

Таблица 1 – Производственная мощность пчелиной семьи в сезон сбора пыльца и цветочного нектара

№	Количество пчел в семье (<i>шт</i>)	Число произведенного мёда (<i>кг</i>)	Производительность одной пчелы (<i>г</i>)
1	80000	156	1,95
2	60000	95	1,58
3	42000	65	1,54
4	35000	42	1,2
5	30000	34	1,13
В среднем	49400	78,4	1,48

Таблица 1 основана на следующих расчетах: например, если семья из 39 000 пчел производит в среднем 52 кг мёда за сезон мёдосбора, то мёдопроизводительность одной пчелы легко определить: $52 \text{ кг} / 39\,000 \text{ пчел} = 52000 \text{ г} / 39000 \text{ пчел} = 1,33 \text{ г/пчелы}$.

2. Разработан механизм программирования расчета общего объема производства мёда исходя из количества рабочих пчел пчелиной семьи (рисунки 17-18).

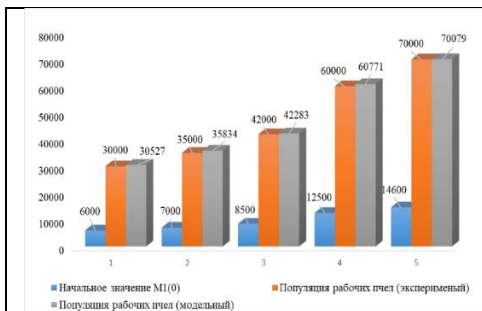


Рисунок 17 – Сравнительная диаграмма этапов развития экспериментальной и модельной популяции рабочих пчел пчелиной семьи

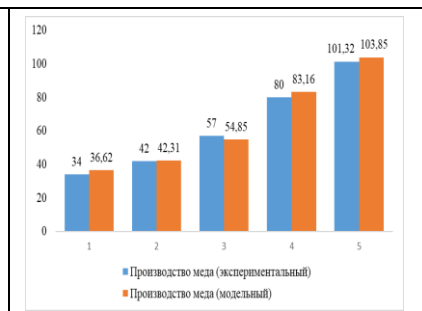


Рисунок 18 – Сравнительная диаграмма реального и моделируемого производства мёда

3. В ходе полевых экспериментов и социологических опросов, проведенных в нескольких пчеловодческих хозяйствах Раштской долины (рисунок 19), было установлено, что при благоприятных погодных условиях пчеловоды некоторых районов этой долины могут производить до 50-60 кг высококачественного меда от каждой пчелиной семьи. Однако средняя продуктивность пчелиных семей в данной долине составляет 17-25 кг. Также полевые исследования показали, что продуктивность пчелиных семей в разных районах Согдийской области в среднем составляет 20-26 кг, а в Хатлонской области – 15-22 кг [10-А-14-А].

4. С учетом этих данных и опираясь на богатый опыт математического моделирования по развитию и жизнедеятельности пчелиных семей, мы адаптировали компьютерную программу в ее общем виде как комплексный инструмент для исследования условий пчеловодства в различных регионах Республики Таджикистан. На основе проведенного моделирования были получены следующие результаты (например, для Раштской долины РТ: рисунок 19, таблица 2):

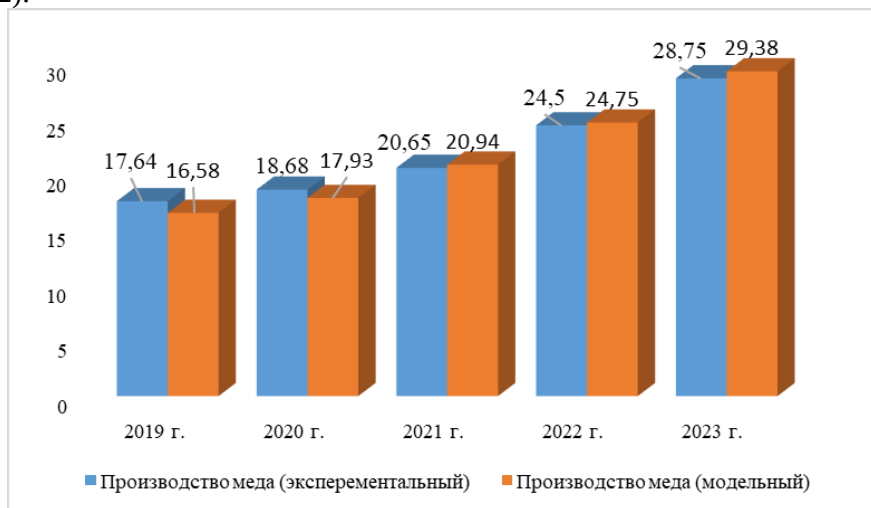


Рисунок 19 – Сравнительная диаграмма реального и моделируемого производства мёда (кг) в пчеловодческих хозяйствах Раштской долины РТ для 2019-2023 гг.

Таблица 2 – Сравнение продуктивности пчелиных семей в климатических условиях Республики Таджикистан (с одной семьи, кг)

№	Производство мёда (экспериментальные данные)	Производство мёда (моделируемый результат)
1	17,64	16,58
2	18,68	17,93
3	20,65	20,94
4	24,5	24,75
5	28,75	29,38

5. В связи с изменением природных факторов проведены компьютерные испытания, результаты которых могут быть использованы при принятии производственных решений и управлении пчеловодческими хозяйствами: например, при определении работоспособности пчелиных семей, прогнозировании перспектив развития ферм и т.д.

ВЫВОДЫ

1. Основные научные результаты диссертации

Изучение и исследование деятельности пчелиной семьи является одной из актуальных и повседневных задач. В современных условиях науки, определяя факторы, влияющие на ее деятельность, можно правильно оценить и повысить продуктивность пчелиных семей. Именно с этой точки зрения в диссертационном исследовании с использованием современных методов концептуального, математического и компьютерного моделирования была исследована и подробно проанализирована годовая динамика численности особей пчелиных семей, а также определены основные факторы, влияющие на развитие деятельности этих семей.

Результаты, полученные в ходе исследования, имеют значительный научно-практический аспект и могут быть использованы в сфере сельского хозяйства, особенно в управлении пчеловодческими хозяйствами. Новизна полученных результатов в области отбора проб и разработки эффективных стратегий управления деятельностью пчелиных семей и повышения их продуктивности является актуальной проблемой.

Проведенные в ходе диссертационного исследования научные работы и анализ, основанные на методологии системного подхода и концепции научной компьютерной диагностики, позволили обобщить и представить содержание общих выводов исследования в виде следующих пунктов и подпунктов:

1. В современном мире, с учетом постоянно совершенствующихся технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции, невозможно обеспечить быстрое развитие отрасли пчеловодства и высокие показатели производства меда в пчеловодческих хозяйствах республики без разработки новых технологий, концептуально-методических методов и эффективного использования методов математического и компьютерного моделирования для управления деятельностью пчелиных семей. Для решения данной задачи в диссертационном исследовании были изучены научные, теоретические и практические основы пчеловодства, а также его особенности в климатических условиях Таджикистана с учетом принципов моделирования и фундаментальных знаний об этапах жизни, поведении и биолого-физиологических особенностях пчелиных семей:

1.1. Совокупность всех биотических, абиотических и антропогенных факторов, влияющих на деятельность пчелиной семьи, источники питания и пыльцы, болезни и вредителей пчел, была представлена в виде блок-схем [15-А, 20-А, 27-А, 39-А];

1.2. Были всесторонне изучены и исследованы биологические этапы жизни популяции пчелиных семей. На их основе были созданы концептуальные и математические модели [1-А, 2-А, 3-А]:

- разработанная математическая модель состоит из линейной системы, включающей 5 обыкновенных дифференциальных уравнений, с помощью которой проводился математический анализ как для стационарных, так и для динамических состояний;

- найдены аналитические корреляции для переменных математической модели и соответствующие условия для их коэффициентов;

1.3. На основе математической модели жизненных этапов популяции пчелиных семей с использованием численного метода Рунге-Кутты четвертого порядка была разработана технология компьютерного моделирования динамики изменения численности

пчелиной популяции при ее переходе от одного этапа возрастного развития к другому [8-А, 15-А]:

- проектирование компьютерной модели было реализовано с помощью объектно-ориентированного языка программирования C++;
- работа компьютерной модели осуществлялась на основе эмпирических данных о динамике яйцекладки пчелиных маток пород «карпатская» и «бакфаст», для которых проводились полевые эксперименты в северных регионах Таджикистана в 2017 году;
- с помощью компьютерной модели были реализованы различные сценарии деятельности и популяционного развития пчелиных семей, а также жизненные этапы развития семей от откладки яиц пчелиными матками до превращения яиц во взрослых пчел, что включало 21 день, исследованный в ходе сценарных испытаний;
- сравнение результатов моделирования и экспериментальных данных динамики изменения численности популяций указанных пчелиных семей показало, что разработанная компьютерная модель полностью готова к проведению научной и производственной работы [8-А, 11-А, 14-А].

2. Более глубокое понимание биологических и физиологических свойств пчел, а также изучение механизма медообразования позволило учесть возраст, пол и групповое распределение особей пчелиной семьи в разработанных моделях. С этой целью в диссертационных исследованиях [4-А, 13-А, 31-А] были предприняты следующие шаги:

2.1. Методом моделирования были созданы усовершенствованные концептуальные и математические модели для трех полных возрастных этапов особей пчелиной семьи (маток, рабочих пчел и пчел-трутней):

- все особи пчелиной семьи были разделены на две половые группы (рабочие пчелы и пчелы-трутни);
- в математической модели использовалась система, состоящая из 10 линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями [4-А, 13-А];
- состояние особей пчелиной семьи в любой момент времени и их переход от одной жизненной стадии к другой описывались и определялись в математической модели с помощью 10 переменных: количества яиц пчелиных маток, из которых рождаются рабочие пчелы, количество яиц пчелиных маток, из которых рождаются пчелы-

трутни, количество личинок рабочих пчел, количество личинок пчел-трутней, количество предкуколок рабочих пчел, количество предкуколок пчел-трутней, количество куколок рабочих пчел, количество куколок пчел-трутней, количество взрослых рабочих пчел, количество взрослых пчел-трутней;

- уравнения системы описывают мгновенную скорость изменения численности особей разных жизненных этапов популяции пчелиной семьи в виде математических зависимостей процессов роста и гибели особей, а также реализуют механизм их перехода от одного жизненного этапа к другому;

- в стационарном состоянии был проведен математический анализ с помощью системы уравнений и найдены значения переменных модели, коэффициентов модели и пропорциональность между ними [1-А, 4-А, 25-А];

2.2. В ходе исследования было полностью найдено аналитическое решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений и определены необходимые условия, при которых их выполнение является обязательным для выявления значений коэффициентов модели [4-А, 23-А];

2.3. На основе математической модели жизненных этапов особей пчелиной семьи (матки, рабочие пчелы – 98%, пчелы-трутни – 2%) и с учетом половозрастных особенностей особей была создана усовершенствованная компьютерная модель:

- основой усовершенствованной компьютерной модели является вычислительная программа, разработанная на объектно-ориентированном языке программирования C++;

- значения переменных системы обыкновенных дифференциальных уравнений рассчитывались методом Рунге-Кутты четвертого порядка с помощью компьютерной программы;

- идентификация и верификация данной компьютерной модели также проводилась на основе экспериментальных данных 2017 года для пчел карпатской и бакфастской пород, выращиваемых в условиях северных регионов Таджикистана [13-А, 23-А, 29-А];

2.4. Сравнение экспериментальных и компьютерно-графических результатов модели, выполненных с использованием электронной таблицы MS Excel 2016, показало, что разница между этими результатами на всех этапах жизни пчелиной семьи очень мала, и в

целом разработанная компьютерная модель адекватно отражает динамику численности пчел и может точно моделировать распределение особей каждого этапа по половозрастным особенностям семьи [13-А, 29-А];

2.5. Для проверки точности и стабильности разработанной компьютерной программы были проведены два сценарных испытания с компьютерной моделью. В этих тестах были рассчитаны численные результаты, удовлетворяющие процессам идентификации и верификации программы, а также логическим и условным пределам, полученным в ходе математического анализа модели. Полученные сценарные результаты доказали, что при выполнении логических условий компьютерная модель правильно отражает естественную реальность процесса пчеловодства и может быть использована для стимулирования научной и производственной деятельности [11-А, 13-А, 23-А].

3. Диссертационными исследованиями доказано, что для эффективного изучения, анализа, оценки, управления и прогнозирования системы пчеловодства необходимо учитывать множество факторов, влияющих на деятельность пчелиной семьи. В частности, важно учитывать зависимость активности семьи от природных и антропогенных факторов, а также воздействие болезней и вредителей. В связи с этим в работе был разработан полный комплекс концептуальных, математических и компьютерных моделей жизненных этапов пчелиных семей, учитывающих половые и групповые особенности, а также влияние климатических факторов (температура и влажность воздуха), заболеваемость, активность вредителей и трудовую продуктивность семей [2-А, 3-А, 6-А]:

3.1. Математическая модель, созданная для удовлетворения этих требований, включает систему из 14 нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями, что позволяет более точно описывать динамику процессов в пчелиных семьях;

3.2. Для анализа в стационарном состоянии с использованием данной системы уравнений проводился математический анализ, в ходе которого были определены значения переменных модели, коэффициентов уравнений и математические пропорциональности между коэффициентами [10-А, 40-А];

3.3. Для нахождения численного решения системы на основе разработанной математической модели была создана компьютерная модель, реализованная с использованием объектно-ориентированного языка программирования C++ Builder XE7 [8-М, 19-М];

3.4. Идентификация и верификация данной компьютерной модели также проводились на основе экспериментальных данных пчелиных семей карпатской и бакфастской пород, выращиваемых в разных регионах северного Таджикистана. Этот процесс позволил определить степень согласия экспериментальных данных с результатами моделирования, а также оценить точность и стабильность работы программного комплекса, что подтверждает его способность оценивать и прогнозировать деятельность пчелиных семей в различных условиях [13-А, 19-А].

4. В технологии математического моделирования, впервые для оценки развития этапов жизни пчелиных семей с учетом климатических факторов, были созданы соответствующие математические функции толерантности по температуре и влажности воздуха. Точность этих функций была проверена и сравнена с реальными данными с использованием специализированной компьютерной программы [11-А, 21-А].

5. На основе научных данных в пчеловодстве и экспериментальных результатов о процессе сбора пыльца и цветочного нектара рабочими пчелами были разработаны эмпирические функции для управления дополнительным питанием пчелиных семей в зимний период. Эти функции использовались для создания комплексов моделей, описывающих этапы жизни и деятельность пчелиных семей, учитывающих потребности куколки и взрослых пчел обоих полов [5-А, 29-А].

6. В результате разработан комплексный инструмент исследования, который адаптирован к климатическим условиям пчеловодческих хозяйств различных регионов Таджикистана. Этот инструмент позволяет исследовать, анализировать, управлять и прогнозировать жизненные этапы пчелиных семей, а также учитывать влияние природных и антропогенных факторов, болезней, вредных организмов, активности и продуктивности пчелиных семей [8-А, 11-А-14-А].

7. Для оценки повышения продуктивности пчелиных семей с помощью исследовательского инструмента были проведены 5 сценарных экспериментов, в которых использовались различные значения параметров модели [11-А-14-А].

8. Компьютерный инструмент исследования и прогнозирования жизненных этапов пчелиных семей важен для правильного отражения биологических, физиологических, физических и экологических процессов. Он учитывает особенности полового и группового распределения, влияние климатических факторов, инфекционных болезней и вредителей пчел [11-А-14-А].

9. Анализ полученных результатов подтвердил, что комплекс разработанных моделей может эффективно использоваться для оценки деятельности пчелиных семей в климатических условиях Таджикистана и сопредельных стран [1-А-44-А].

Итоговые выводы диссертации демонстрируют, что результаты исследований достоверны и их внедрение в практику пчеловодства может значительно повысить эффективность производства качественного мёда и улучшить управление пчеловодческими хозяйствами.

2. Рекомендации по практическому использованию результатов

Одна из основных целей Правительства Республики Таджикистан в дальнейшем развитии сфер науки и образования, что неоднократно подчеркивалось в посланиях и встречах, особенно на встрече Основателя национального мира и единства – Лидера нации, Президента Республики Таджикистан уважаемого Эмомали Рахмона 30 мая 2024 года с деятелями науки и образования страны, заключается в координации и внедрении научных результатов ученых и специалистов различных профессий на производстве, повышение уровня изучения естественных и математических наук, развитие технического мышления, поддержка инициатив в изобретательском направлении, а также качества и эффективности подготовки научных кадров.

Научное исследование, проведенное в данной диссертации, имеет теоретическое и практическое значение и направлено на реализацию стратегической цели Правительства Республики Таджикистан по развитию науки и образования, особенно в сфере сельского хозяйства

и пчеловодства. Обобщенные результаты исследования были применены для улучшения процессов пчеловодства и производства мёда в хозяйствах, а также в образовательных учреждениях для повышения квалификации специалистов в этой области. В рамках исследования разработаны несколько методических, научных и практических рекомендаций по подготовке молодых специалистов:

- научно-аналитический и компьютерный инструмент: В ходе диссертационного исследования был создан полнофункциональный инструмент для управления и прогнозирования, который позволяет моделировать биологические, физиологические, физические и экологические процессы в жизни пчелиных семей. Он включает расчеты половых признаков, групповых распределений и воздействия климатических факторов, инфекционных заболеваний и вредителей;

- система профессионального пчеловодства: Данный инструмент позволяет разработать и регламентировать систему профессионального пчеловодства, учитывающую климатические особенности Республики Таджикистан и соседних стран, что способствует развитию эффективного и устойчивого пчеловодства в регионе;

- перспективы развития пчеловодческой отрасли: Результаты сценарных испытаний, проведенных в диссертации, могут быть использованы для оценки перспектив развития пчеловодства в республике, а также для разработки путей повышения эффективности работы пчелиных семей;

- использование в пчеловодческих хозяйствах: Рекомендуются применять созданный инструмент для анализа и оценки влияния природных и антропогенных факторов на развитие пчелиных семей, а также для расчета эффективности сезона сбора и переработки нектара, влияния климатических условий на поведение пчел и оценки потенциала корма;

- применение в образовательных учреждениях: Полученные результаты и технологии моделирования могут быть использованы в качестве учебных материалов для студентов по специальностям «пчеловодство», «информатика», «биология» и «экология», что позволит повысить осведомленность студентов о важности защиты популяций пчел и роли моделирования в пчеловодстве;

- повышение квалификации специалистов: На основе научных результатов диссертационного исследования рекомендуется организовать курсы повышения квалификации для специалистов пчеловодства и пчеловодов, а также специализированные лекционно-практические курсы по пчеловодству для студентов аграрных вузов и студентов, изучающих «информатику» и «биологию» в Таджикском национальном университете и других высших учебных заведениях.

Эти рекомендации помогут внедрить инновационные методы моделирования в практику пчеловодства и образования, способствуя улучшению качества работы пчеловодческих хозяйств и подготовки специалистов в области пчеловодства в Таджикистане.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1]. *Барномаи барқарорсозӣ* ва рушди соҳаи занбӯрпарварӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2006-2010, бо Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 01.09.2005, №338.
- [2]. *Барномаи рушди* соҳаи занбӯрпарварӣ барои солҳои 2011-2016, бо Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 02.09.2010, № 418.
- [3]. *Барномаи маҷмуавии* рушди соҳаи чорводорӣ, парандапарварӣ, моҳипарварӣ ва занбӯриасалпарварӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2023-2027, Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 01.03.2023, №52.
- [4]. *Барномаи рушди* илмҳои табиатшиносӣ, риёзӣю техники барои солҳои 2010-2020, Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 27 феввали соли 2010, № 89 тасдиқ шудааст.
- [5]. *Затолокин, О. А.* Пчеловодство. Практическое руководство [Текст] / О.А. Затолокин. – М.: «Сталкер», 2003. – 352 с.
- [6]. *Комлацкий, В. И.* Пчеловодство [Текст] / В.И. Комлацкий, С.В. Логинов, С. А Плотников. – Краснодар.: КубГАУ, 2006. – 462 с.
- [7]. *Кудржов, А. В.* Моделирование продуктивности нектаропродуктивных (агро) экосистем: дисс ... кан. наук [Текст] / А.В. Кудржов. – Екатеринбург, 2007. – 168 с.
- [8]. *Лаврехин, Ф. А.* Биология медоносной пчелы [Текст] / Ф.А. Лаврехин, С.В. Панкова. – М.: Колос, 1983. – 303 с.

- [9]. *Менишуткин, В. В.* Искусство моделирования (экология, физиология, эволюция) [Текст] / В.В. Менишуткин. – СПб: Петрозаводск, 2010. – 416 с.
- [10]. *Нуждин, А. С.* Основы пчеловодства [Текст] / А.С. Нуждин. – М.: Агропромиздат, 1988. – 240 с.
- [11]. *Рыбочкин, А. Ф.* Компьютерные системы в пчеловодстве [Текст] / А.Ф. Рыбочкин, И.С. Захаров. Монография. – Курск: КГТУ, 2001. – 415 с.
- [12]. *Чудинов, В. В.* Математическая модель динамики развития пчелной семьи [Текст] / В.В. Чудинов // Вестник Башкирского университета. – 2012. – Т. 17. – №1(1). – 20 с.
- [13]. *Чурабоева, Ҳ. Н.* Таъсири омилҳои экологӣ ба тухмгузории модарзанбӯр ва маҳсулнокии оилаҳои занбӯрони асал дар шароити ноҳияи Кӯшонӣни Вилояти Хатлон: дисс... номз. илмҳои кишов [Матн] / Ҳ.Н. Чурабоева. – Душанбе, 2021. – 134 с.
- [14]. *Шарипов, А.* Занбӯриасалпарвар. Барои таълими касбии калонсолон [Матн] / А. Шарипов, М. Давлатов, А. Оташехов. – Душанбе, МД «Маркази таълими калонсолони Тоҷикистон», 2020. – 194 с.
- [15]. *Шарипов, А. Р.* Хусусиятҳои биологӣ ҳаҷагидорӣ зотҳои занбӯрони асал дар шароити Тоҷикистони шимолӣ: дисс... номз. илмҳои кишов. [Матн] / А.Р. Шарипов. – Душанбе, 2019. – 150 с.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

а) Монография:

- [1-А]. *Саидзода, И. М.* Технологияҳои амсиласозии математикӣ ва компютериҳои популятсияи оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода. – Душанбе: Нушбод, 2023. – 100 с.

***б) статьи, опубликованные в печатных изданиях Высшей
аттестационной комиссии при Президенте Республики
Таджикистан***

- [2-А]. *Комилиён, Ф. С.* Амсилаи консептуалии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо ба ғайолияти оилаи занбӯри асал [Матн] / Ф.С. Комилиён, **И.М. Саидзода** // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара. – 2023. – № 1 (23). – С. 11-21.

- [3-A]. *Комилиён, Ф. С.* Амсиласозии математикии марҳилаҳои ҳаёти популятсияи оилаи занбӯри асал [Матн] / *Ф.С. Комилиён, И.М. Саидзода* // Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. – 2022. – № 2/1 (96). – С. 5-14.
- [4-A]. *Комилиён, Ф. С.* Амсиласозии математикии таъсири бемориҳои сирояткунанда ва организмҳои зараррасон ба рушди индивидҳои оилаи занбӯри асал [Матн] / *Ф.С. Комилиён, И.М. Саидзода* // Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. – 2024. – № 3 (58). – С. 135-147.
- [5-A]. *Комилиён, Ф. С.* Таҳлили математикии амсилаи марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал аз рӯи хусусиятҳои ҷинсӣ [Матн] / *Ф.С. Комилиён, И.М. Саидзода* // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Баҳши илмҳои табиӣ. – 2022. – № 3. – С. 20-35.
- [6-A]. *Комилиён, Ф. С.* Усулҳои баҳисобгирии таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ дар амсилаи математикии ташаккул ва рушди марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал [Матн] / *Ф.С. Комилиён, И.М. Саидзода* // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Баҳши илмҳои табиӣ. – 2023. – № 2. – С. 5-18.
- [7-A]. *Саидзода, И. М.* Амсилаи математикӣ ҷиҳати баҳисобгирии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳои оилаи занбӯри асал [Матн] / *И.М. Саидзода* // Паёми филиали Донишгоҳи давлатии Москва ба номи М.В. Ломоносов дар шаҳри Душанбе. Баҳши илмҳои табиӣ. – 2023. – Том 1. – № 4 (35). – С. 92-99.
- [8-A]. *Саидзода, И. М.* Амсиласозии компютери динамикаи популятсияи оилаи занбӯри асал [Матн] / *И.М. Саидзода* // Паёми политехникӣ. Баҳши Интеллект. Инноватсия. Инвеститсия. – 2022. – № 2 (58). – С. 27-33.
- [9-A]. *Саидзода, И. М.* Амсиласозии компютери популятсияи оилаи занбӯри асал бо истифода аз усули Рунге-Кутт [Матн] / *И.М. Саидзода, Ф.С. Комилиён* // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Баҳши илмҳои табиӣ. – 2022. – № 2. – С. 26-42.
- [10-A]. *Саидзода, И. М.* Амсиласозии математикии популятсияи оилаи занбӯри асал [Матн] / *И.М. Саидзода* // Паёми Донишгоҳи давлатии тичорати Тоҷикистон. – 2022. – № 2 (41). – С. 179-187.
- [11-A]. *Саидзода, И. М.* Барномасозии компютери нақши ҳарорат ва намнокии ҳаво дар фаъолияти оилаи занбӯри асал [Матн] / *И.М. Саидзода* // Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. – 2023. – № 2 (53). – С. 136-143.

- [12-A]. **Саидзода, И. М.** Барномасозии компютери фаъолияти занбӯри асал вобаста ба таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо [Матн] / И.М. Саидзода, Ф.С. Комилиён // Паёми донишгоҳи давлатии Хоруғ. – 2023. – № 1 (25). – С. 103-115.
- [13-A]. **Саидзода, И. М.** Идентификатсия ва верификатсияи амсилаи компютери оилаи занбӯри асал вобаста ба хусусиятҳои ҷинсӣ [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. – 2023. – №. 2-3 (114). – С. 19-25.
- [14-A]. **Саидзода, И. М.** Омилҳои таъсиррасон ба инкишофи оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Бахши илмҳои табиӣ. – 2022. – № 2/3 (102). – С. 78-85.
- [15-A]. **Саидзода, И. М.** Таснифи бемориҳои занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Номаи донишгоҳ. Силсилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ. – 2024. – № 1(68). – С. 103-111.
- [16-A]. **Саидзода, И. М.** Гурӯҳбандии зараррасонҳои оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Пайёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Силсилаи илмҳои табиӣ. – 2024. – № 2/2 (123). – С. 96-102.
- [17-A]. **Саидзода, И. М.** Таҳлили аналитикии амсилаи оилаи занбӯри асал вобаста ба марҳилаҳои ҳаёти [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми политехникӣ. Бахши Интеллект, Инноватсия. Инвеститсия. – 2024. – № 3 (67). – С. 8-12.
- [18-A]. **Саидзода, И. М.** Таҳлили компютери хусусиятҳои ҷинсии оилаи занбӯри асал вобаста ба марҳилаҳои ҳаёти он [Матн] / И.М. Саидзода, Ф.С. Комилиён // Пайёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2022. – № 4.– С. 5-28.
- [19-A]. **Саидзода, И. М.** Таъсири омилҳои антропогенӣ, биотикӣ ва абиотикӣ ба занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода, Д.И. Солихзода // Илм ва фановарӣ. – 2022. – № 4. – С. 221-230.
- [20-A]. **Саидзода, И.М.** Нақши функсияи ҳарорат дар баҳодихии фаъолияти занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара. – 2023. – №. 4 (26). – С. 20-30.
- [21-A]. **Saidzoda, I. M.** Modeling the activity of the honey bee family under the influence of diseases and pests, taking into account age and sex characteristics [Text] / I.M. Saidzoda, F.S. Komiliyon // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. – 2024. – No 1. – P. 10-23.

в) Статии, оубуликованные в других изданиях:

- [22-A]. **Саидов, И.М.** Тадқиқи компютери динамикаи популясияи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидов, М.Р. Ёров, А. Қосимӣ // Паёми Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни. Бахши илмҳои физика ва математика. – 2021. – № 1-2 (9-10). – С. 81-85.
- [23-A]. **Саидзода, И. М.** Аналитическое решение математической модели пчелиной семьи в стационарном случае [Текст] / И.М. Саидзода // «I Международное книжное издание стран Содружество Независимых Государств: «Лучший научный сотрудник – 2023»: I международная книжная коллекция научных педагогических работников. – Астана, 2023. – С. 17-20.
- [24-A]. **Саидзода, И. М.** Учет влияния климатических факторов при компьютерном моделировании деятельности медоносной пчелиной семьи [Текст] / И.М. Саидзода, Ф.С. Комилийн // Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки. – 2024. – Том 1. – № 04 (119). – С. 36- 41.
- [25-A]. **Саидзода, И. М.** Баҳисобири таъсири омилҳои табиӣ ва антропогенӣ дар амсилаи математикӣ рушди оилаи занбӯри асал [Матн] / И. М. Саидзода // Endless Light in Science. – 2024. – No. S2. – P. 195-200. – DOI 10.24412/2709-1201-2024-155-195-200.
- [26-A]. **Saidzoda, I. M.** Investigation of the influence of climate factors on the activity of bees by computer simulation colony [Text]/ I.M. Saidzoda, Sh.Kh. Tagoev // Endless Light in Science. – 2024. – No/ S1. – P. 38-43. – DOI 10.24412/2709-1201-2024-23-38-43.
- [27-A]. **Saidzoda, I. M.** Mathematical analysis of the honeybee colony based on sexual characteristics [Text] / I.M. Saidzoda, N.M. Naimov// East European Scientific Journal. – 2024. – No. 09 (106), Part 1. – P. 4-9.
- 2) Статьи, опубликованные в трудах конференций:*
- [28-A]. **Саидзода, И. М.** Таҳлили таъсири бемориҳо ва зараррасонҳои занбӯри асал бо истифода аз амсилаи математикӣ [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи XII-уми байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Масъалаҳои муосири моделсозии математикӣ ва татбиқи он», бахшида ба «Солҳои 2020-2040 эълон гардидани 20-солаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёӣ дар соҳаи илм ва маориф» ва «75-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон» (Душанбе, 18-майи 2024). – Душанбе, 2024. – С. 48-52.
- [29-A]. **Саидзода, И. М.** Амсилаи математикӣ баҳодиҳии марҳилаҳои инкишофи оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи

конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-назариявӣ дар мавзуи «Масъалаҳои актуалии илми риёзӣ ва методҳои таҳқиқоти онҳо», бахшида ба эълон гардидани солҳои 2020-2040 бистсолаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (31 октябри 2023). – Кӯлоб, 2023 – С.167-170.

- [30-A]. **Саидзода, И. М.** Амсилаи оилаи занбӯр аз рӯи хусусиятҳои ҷинсӣ [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ- амалӣ дар мавзуи «Технологияҳои иттилоотию коммуникатсионӣ - омили муҳими рушд дар ҷаҳони муосир» (10-уми декабри соли 2022). – Душанбе, ДБССТ, 2022. – С. 40-44.
- [31-A]. **Саидзода, И. М.** Амсиласозии концептуалии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо ба оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзуи «Таҳлили компютерӣ масъалаҳои илм ва технология», бахшида ба «Солҳои 2020-2040 эълон гардидани 20-солаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» ва «75-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон» (24 октябри 2023). – Душанбе, 2023. – С. 80-86.
- [32-A]. **Саидзода, И. М.** Амсиласозии компютерӣ марҳилаҳои ҳаёти оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ амалӣ дар мавзуи «Масъалаҳои мубрами математикаи муосир» бахшида ба «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ» эълон шудани солҳои 2020-2040 ва 50-солагии кафедраи математикаи олии ДМТ (14-октябри соли 2022). – Душанбе, 2022. – С.77-82.
- [33-A]. **Саидзода, И. М.** Аналитическое решение математической модели пчелиной семьи с учетом половых признаков [Текст] / И.М. Саидзода, А.Х. Одинаев // Материалы Межвузовского международного конгресса (Москва, 4 апреля 2024 г.). Том 1. – Москва: Инфинити, 2024. – С. 185-191.
- [34-A]. **Саидзода, И. М.** Баҳодиҳии ғазолияти занбӯри асал вобаста аз таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо бо усули барномасозӣ [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи IX байналмилалӣ илмӣ амалӣ «Илм ва технология». – Алмаато, 2024. – С. 371-378.
- [35-A]. **Саидзода, И. М.** О математической модели пчелиной семьи в стационарном случае [Текст] / И.М. Саидзода // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, 04-05 октября 2023). – Гродно:

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2023. – С. 130-133.

- [36-A]. **Саидзода, И. М.** Роль климатических факторов в компьютерном моделировании активности медоносных пчел [Текст] / И.М. Саидзода // Цифровое будущее современной медицины: Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24–25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 8-11.
- [37-A]. **Саидзода, И. М.** Таткики компютерии функсияи ҳароратии рушди занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи илмӣ-амалии байналмилалӣ «Масъалаҳои мубрами илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар замони мусир», ДОТ дар н.Рашт (25 апрели 2023). – Рашт, 2023. – С. 4-7.
- [38-A]. **Саидзода, И. М.** Таҳлили математикӣ таъсири бемориҳо ва зараррасонҳо ба оилаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ-назариявӣ дар мавзӯи «Саҳми математика дар рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ» ба эълон гардидани «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи маориф (солҳои 2020-2040)» (30-31 майи соли 2023). – Душанбе, ДОТ ба номи С. Айни, 2023. – С.194-199.
- [39-A]. **Саидзода, И. М.** Як амсилаи концептуалии таъсири бемориҳо ва зараррасонҳои занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидзода // Илм ва таҳсилот: тамоюлҳои рушд дар ҷомеаи иттилоотӣ: Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣю амалии бахшида ба 75-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (Душанбе, 02 октябри 2023). – Душанбе, 2023. – С. 8-12.
- [40-A]. **Саидов, И. М.** Амсиласозии концептуалии динамикаи популятсияи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидов, А. Қосимӣ // Маводи конференсияи ҷумҳуриявӣ илмӣю амалии магистрони ДМТ бахшида ба ҷашнҳои 30-солагии Истиқлоли давлатии ҚТ, 110-солагии шоирони халқии Тоҷикистон М. Турсунзода, С. Улуғзода, «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)». – Душанбе, 2021. – С. 20.
- [41-A]. **Саидов, И. М.** Тадқиқи риёзии динамикаи занбӯри асал [Матн] / И.М. Саидов, Ш. Ниёзов // Маводи конференсияи ҷумҳуриявӣ илмӣю амалии магистрони ДМТ бахшида ба ҷашнҳои 30-солагии Истиқлоли давлатии ҚТ, 110-солагии шоирони халқии Тоҷикистон

М. Турсунзода, С. Улуғзода, «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)». – Душанбе, 2021. – С. 22.

- [42-A]. **Saidzoda, I. M.** Modeling of a bee colony under the influence of diseases and pests [Text] / I.M. Saidzoda // Proceedings of the International University Scientific Forum «Practice Oriented Science: UAE – RUSSIA – INDIA» (February 28, 2024. UAE). – UAE, 2024. – P. 170-176.
- [43-A]. **Saidzoda, I. M.** Mathematical model of a bee colony by gender in a stationary case [Text] / I.M. Saidzoda // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration: Proceedings of the International Conference (Beijing, 14 October 2023). – Beijing, 2023. – P. 143-148.
- [44-A]. **Saidzoda, I. M.** Conceptual modeling of the dynamics of bee colonies under the influence of diseases and pests, taking into account age and sex [Text]/ I.M. Saidzoda // Proceedings of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration» – Reports in English (April 26, 2024. Beijing, PRC). – Beijing, 2024. – P. 160-164.

АННОТАТСИЯ

диссертатсияи Саидзода Исроил Махмад дар мавзун «Амсиласозии математикӣи марҳилаҳои ҳаёт ва таҳқиқи компютерӣи динамикаи солони популятсияи оилаи занбӯри асал» барои дарёфти дараҷаи илми доктори илмҳои физикаю математика аз рӯи ихтисоси 05.13.18 – Амсиласозии математикӣ, усулҳои ададӣ ва комплекси барномаҳо

Калидвожаҳо: амсиласозии концептуалӣ, амсиласозии математикӣ, амсиласозии компютерӣ, занбӯри асал, популятсия, оила, модарзанбӯр, занбӯри қорӣ, нарзанбӯр, хусусиятҳои ҷинсӣ, тақсимои меҳнат, беморӣ, зараррасон, алгоритм, барнома, параметр, коэффитсиент, озмоиш, таҳлил, тақмил, татбиқ, самаранокӣ, маҳсулноки.

Мубрами мавзун диссертатсия: Барои иқлими Тоҷикистон соҳаи занбӯриасалпарварӣ яке аз шугълҳои созгор, муфид, камхарҷ ва даромадноку муҳими хоҷагидорӣи аҳолии мамлакат ба ҳисоб рафта, дар таъмини амнияти озуқаворӣи кишвар нақши муассир дорад, зеро дар кишвари мо барои рушди соҳаи занбӯриасалпарварӣ пойгоҳи мувофиқ ва бузурги ғизои занбӯри асал мавҷуд аст. Аз ин рӯ, таҳқиқоти диссертатсионӣ ба ҳалли масъалаҳои бахшида шудааст, ки онҳо, аз як тараф, ба рушди илмҳои табиӣ, математикӣ ва дақиқ мусоидат карда, аз тарафи дигар, имкон фароҳам меоранд, ки дар хоҷагиҳои занбӯриасалпарварӣ роҳҳои самаранокӣ таҳлили фаъолияти оилаҳои занбӯри асал ва равишҳои баланд бардоштани маҳсулнокии онҳо дар заминаи усулҳои амсиласозӣ роҳандозӣ карда шаванд, ки ин аз мубрами мавзун диссертатсия дараҷаи меҳнат.

Ҳадафи таҳқиқот аз таҳияи амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерӣ иборат мебошад, ки дар заминаи онҳо ҷанбаҳои биологӣ ва хусусиятҳои ҷинсии оилаҳои занбӯри асал мавриди пажӯҳиш ва таҳлил қарор дода шуда, дараҷаи таъсири бемориҳо, зараррасонҳо, омилҳои биотикӣ, абиотикӣ ва антропогенӣ ба фаъолият ва рушди онҳо муайян карда шуда, равишҳои баланд бардоштани маҳсулнокии онҳо арзёбӣ карда мешаванд.

Объекти таҳқиқот хоҷагиҳои занбӯриасалпарварӣи минтақаҳои гуногуни Ҷумҳурии Тоҷикистон мебошад.

Мавзун таҳқиқот амсиласозии математикӣи марҳилаҳои ҳаёт ва фаъолияти оилаи занбӯри асал ва таҳқиқи компютерӣи динамикаи солони популятсияи ва арзёбии маҳсулнокии он маҳсуб меёбад.

Усулҳои таҳқиқот: амсиласозӣ, назариявӣ, эмпирикӣ, омӯрӣ, ҳуҷҷабарорӣҳои илмӣ, арзёбии эксперти, таҳлили нисбӣ-муқоисавӣ, озмоиши компютерӣ, таҳлили миқдорӣ ва сифатӣи натиҷаҳои таҳқиқотӣ, умумигардонии натиҷаҳо.

Сахтафзор: компютери фардӣи навъи IBM PC, серверҳои гуногун.

Навгониҳои илми таҳқиқот: Бори нахуст амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерӣи муқаммалӣ марҳилаҳои ҳаёти индивидҳои оилаи занбӯри асал дар вобастагӣ ба хусусиятҳои ҷинсӣ ва таъсири беморӣи зараррасонҳо таҳия шудаанд. Дар заминаи амсилаҳои таҳияшуда бо истифода аз усулҳои алгоритмӣи ва барномасозии объектӣи (забони барномасозии C++ Builder XE7) барои идоракунии марҳилаҳои синусолии индивидҳои оилаи занбӯри асал, тақсимои меҳнат ва хусусиятҳои ҷинсии занбӯр, раванди таъсири бемориҳои сироятӣ ва организмҳои зараррасон ба фаъолияти оилаи занбӯри асал афзори муқаммалӣ таҳқиқотӣ, идоракунии ва ояндабинӣ рӯи қор омадааст. Бо ёрии афзори таҳқиқотӣи таҳияшуда ва ҷалби маълумоти таҷрибавӣ аз хоҷагиҳои занбӯриасалпарварӣи минтақаҳои гуногуни кишвар дастрасшуда озмоишҳои амсильавӣ гузаронида шуда, дар заминаи онҳо маҳсулнокии оилаҳои занбӯри асал арзёбӣ карда шудааст.

Дараҷаи татбиқ: Таҳлили натиҷаҳои бадастомада собит намуданд, ки комплекси амсилаҳои таҳияшуда дар идоракунии барои арзёбии фаъолияти оилаҳои занбӯри асал дар шароити иқлими Ҷумҳурии Тоҷикистон ва кишварҳои ҳамсоя истифода бурдан мумкин аст.

Соҳаи истифода: амсиласозӣ, қабули қарорҳои идоракунии, таҳқиқоти илмӣ, масъалаҳои кишоварзӣ, иқтисодӣ, ҳисоббарорӣ, таҳхис ва таълимӣ.

АННОТАЦИЯ

диссертации Саидзода Исроил Махмад на тему «Математическое моделирование этапов жизни и компьютерное исследование годовой динамики популяции медоносной пчелиной семьи» на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Ключевые слова: концептуальное моделирование, математическое моделирование, компьютерное моделирование, медоносная пчела, популяция, семья, пчела-матка, рабочая пчела, пчела-трутень, половые признаки, разделение труда, болезнь, вредитель, алгоритм, программа, параметр, коэффициент, эксперимент, анализ, улучшение, внедрение, эффективность, производительность.

Актуальность темы исследования: для климата Таджикистана пчеловодство является одним из важнейших и экономически выгодных видов сельского хозяйства, которое играет значительную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Таджикистан обладает хорошими природными условиями для пчеловодства, включая обширную кормовую базу для пчел. В связи с этим, диссертационные исследования охватывают вопросы, которые, с одной стороны, способствуют развитию естественных, математических и точных наук, а с другой стороны, предоставляют возможность для эффективного анализа деятельности пчелиных семей и методов повышения их продуктивности в области пчеловодства, что указывает на их актуальность.

Цель исследования заключается в разработке концептуальных, математических и компьютерных моделей, на основе которых будут изучены и проанализированы биологические аспекты и половые особенности пчелиных семей, а также степень влияния болезней, вредителей, биотических, абиотических и антропогенных факторов на их деятельность и развитие. В рамках исследования также оценены методы повышения продуктивности пчелиных семей.

Объектом исследования являются пчеловодческие хозяйства различных регионов Республики Таджикистан.

Предметом исследования является математическое моделирование этапов жизни и деятельности пчелиной семьи и компьютерное исследование годовой динамики популяции, и оценка ее продуктивности.

Методы исследования: моделирование, теоретический, эмпирический, статистический, научные выводы, экспертные оценки, тестирование, сравнительно-сопоставительный анализ, компьютерный эксперимент, количественный и качественный анализ результатов исследований, обобщение результатов.

Аппаратура: персональные компьютеры типа IBM PC, различные сервера.

Научная новизна исследования: впервые разработан комплекс концептуальных, математических и компьютерных моделей жизненных этапов особей пчелиной семьи в зависимости от половых признаков и воздействия болезней и вредителей. На основе разработанных моделей и методов объектно-ориентированного программирования создан совершенный инструмент исследования, управления и прогнозирования возрастными этапами особей пчелиной семьи, распределением труда и процессом воздействия заболеваний и вредоносных организмов на деятельность пчелиной семьи. С помощью разработанного инструмента и привлечения экспериментальных данных были проведены сценарные модельные испытания и на их основе оценена продуктивность пчелиных семей.

Степень применения: диссертационные рекомендации помогут внедрить инновационные методы моделирования в практику пчеловодства и образования.

Область применения: моделирование, принятие управленческих решений, научные исследования, аграрные, экономические, расчетно-диагностические и образовательные задачи.

ANNOTATION

dissertation by Saidzoda Isroil Mahmad on the topic «Mathematical modeling of life stages and computer research of the annual population dynamics of the honey bee colony» for the degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences, specialty 05.13.18 – Mathematical modeling, numerical methods and software complexes

Key words: conceptual modeling, mathematical modeling, computer modeling, honey bee, population, family, queen bee, worker bee, drone bee, sexual characteristics, division of labor, disease, pest, algorithm, program, parameter, coefficient, experiment, analysis, improvement, implementation, efficiency, productivity.

The relevance of the research topic: For the climate of Tajikistan, beekeeping is one of the most important and economically profitable types of agriculture, which plays a significant role in ensuring the country's food security. Tajikistan has good natural conditions for beekeeping, including an extensive food supply for bees. In this regard, dissertation research covers issues that, on the one hand, contribute to the development of natural, mathematical and exact sciences, and on the other hand, provide an opportunity for effective analysis of the activities of bee colonies and methods for increasing their productivity in the field of beekeeping, which indicate their relevance.

The purpose of the research is to develop conceptual, mathematical and computer models on the basis of which the biological aspects and sexual characteristics of bee colonies will be studied and analyzed, as well as the degree of influence of diseases, pests, biotic, abiotic and anthropogenic factors on their activity and development. The study also assessed methods for increasing the productivity of bee colonies.

The object of the research is beekeeping farms in various regions of the Republic of Tajikistan.

The subject of the research is mathematical modeling of the stages of life and activity of a bee family and computer research of the annual dynamics of the population and assessment of its productivity.

Research methods: modeling, theoretical, empirical, statistical, scientific conclusions, expert assessments, testing, comparative analysis, computer experiment, quantitative and qualitative analysis of research results, generalization of results.

Equipment: personal computers such as IBM PC, various servers.

The scientific novelty of the dissertation results: For the first time, a set of conceptual, mathematical and computer models of the life stages of bee colony individuals has been developed, depending on sexual characteristics and the impact of diseases and pests. Based on the developed models and methods of object-oriented programming, a sophisticated tool has been created for research, management and forecasting of the age stages of bee colony individuals, the distribution of labor and the process of the impact of diseases and harmful organisms on the activities of the bee colony. Using the developed tool and the use of experimental data, scenario model tests were carried out and on their basis the productivity of bee colonies was assessed.

Use degree: Dissertation recommendations will help introduce innovative modeling methods into beekeeping practice and education.

Application domain: modeling, management decision making, scientific research, agricultural, economic, computational, diagnostic and educational tasks.