

ДОНИШГОҶИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН

Бо ҳуқуқи дастнавис

ВБД: 681.3+004:51+62



Солихзода Диловари Имомалӣ

АМСИЛАСОЗИИ МАТЕМАТИКИИ ДИНАМИКАИ РУШД ВА МАҲСУЛНОКИИ МУРҶИ МАРҶОН

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ
аз рӯйи ихтисоси 1.2. Илмҳои компютерӣ ва информатика (1.2.8. Моделсозии
математикӣ, методҳои ададӣ ва комплекси барномаҳо) (соҳаи техникӣ)

Душанбе-2026

Диссертатсия дар кафедраи информатикаи
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон омода шудааст

Рохбари илмӣ: **Комилиён Файзалӣ Саъдулло** – доктори илмҳои физикаю математика, профессори кафедраи информатикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Муқарризони расмӣ: **Худойбердиев Хуршед Атохонович** – доктори илмҳои техникӣ, мудир кафедраи барномарезӣ ва низомҳои иттилоотии Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ дар шаҳри Хучанд
Музафаров Дилшод Зикриёхочаевич – номзоди илмҳои физикаю математика, дотсент, иктисоддони ҶДММ «Озода Косметикс»

Муассисаи пешбар: Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия «03» декабри соли 2026, соати 15⁰⁰ дар шурои диссертатсионии 6D.KOA-105 назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ки дар суроғаи: 734025, шаҳри Душанбе, кӯчаи Буни-Ҳисорак, бинои 17, аудиторияи 203 ҷойгир аст, баргузор мешавад.

E-mail: rohatullo1956@mail.ru; рақами телефони котиби илмӣ: +992981097033.

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

Автореферат фиристода шудааст «__» «__» соли 2026

Котиби илмӣ шурои
диссертатсионии 6D.KOA-105, номзоди
илмҳои физикаю математика, дотсент



Садуллоев Р.И.

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. «Барои иқлими Тоҷикистон соҳаи мурғимарчонпарварӣ соҳаи муҳим, муфид ва сердаромади иқтисодиёти кишвар ба ҳисоб меравад. Соҳаи мазкур метавонад дар қатори дигар соҳаҳои кишоварзӣ дар таъмини амнияти озуқаворӣ мамлакат нақши муассир бозад. Зеро бо маҳсулоти хушсифати серсафеда ва парҳезӣ таъмин намудани аҳолии мамлакат ба яке аз самтҳои афзалиятноки сиёсати давлатии Тоҷикистон мансуб доништа шудааст» [2].

«Маҳсулоти мурғи марчон (гӯшт ва тухм) барои саломатии инсон аҳамияти бағоят калон дорад. Истеъмоли онҳо иммунитети шахсро тақвият мебахшад, системаи дилу рағҳоро ба танзим мебарорад ва кори мағзи сарро беҳтар мекунад. Мувофиқи иттилои Кумитаи миллии тандурустии ИМА, дар кишварҳое, ки истеъмоли гӯшти мурғи марчон зиёд аст, бемориҳои системаи асаб кам ба чашм мерасанд» [3].

Аз ин рӯ, парвариши мурғи марчон дар кишвари мо сол то сол зиёд шуда истодааст. Вобаста ба пешравии соҳаи парандапарварӣ, аз ҷумла парвариши мурғи марчон, Пешвои Миллат муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон дар Паёми соли 2022 «Дар бораи самтҳои асосии сиёсати дохилӣ ва хориҷии ҷумҳурӣ» махсус таъкид карданд, ки ҳоло «истеҳсоли гӯшти паранда дар кишвари мо 8 баробар зиёд шуда, ҳаҷми воридоти он 11 баробар кам шудааст» [17].

«Дар воқеъ, дар замони муосири пешрафти илму техника ташкил кардани шароити мусоиди рушди соҳаи мурғимарчонпарварӣ ва оптимизатсия кардани равандҳои ба он вобастаи истеҳсолиро бе татбиқи усулҳои амсиласозӣ ба роҳ мондан бисёр мушкул гаштааст. Амсиласозии математикии динамикаи афзоиши саршумор ва вазни зиндаи индивидҳои мурғи марчон метавонад ба вусъати самаранокии захираҳои истифодашаванда мусоидат кунад» [13].

«Гарчанде дар ҷумҳурии мо ва берун аз он барои илман ба роҳ мондани рушди соҳаи мурғимарчонпарварӣ якчанд таҳқиқоти таҷрибавию биологӣ [6; 8; 11] гузаронида шуда бошанд ҳам, мутаассифона, дар пояи муътамади илмӣ, бо истифода аз усулҳои амсиласозии математикию компютерӣ ба роҳ мондани таҳқиқ ва ояндабинии марҳилаҳои ҳаёту фаъолияти популятсияи мурғи марчон то ҳанӯз ягон таҳқиқоти комплексӣ анҷом дода нашудааст».

Аз ин рӯ, мо тасмим гирифтем, ки вобаста ба талаботи ҳукумати ҷумҳурӣ дар самти таъмини амнияти озуқаворӣ ва «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф (солҳои 2020-2040)» саҳми мувофиқ гузорем, ки мубрам будани мавзуи таҳқиқотиро собит месозад [1-M-17-M].

Дарачаи таҳқиқи мавзуи илмӣ. Зимни таҳлили адабиёти соҳавӣ ва баргузории озмоишҳои компютерӣ мо асосан аз маълумотномаҳои «Созмони озуқаворӣ ва кишоварзӣ» оид ба технологияҳои парвариши мурғи марчон [10], аз маълумоти омории вазорати кишоварзии Ҷумҳурии Тоҷикистон [18], аз натиҷаҳои таҳқиқоти В.Н. Агеев оид ба равишҳои ғизодиҳии мурғи марчон [1], аз натиҷаҳои биологиро таҷрибавии О.С. Бобозода марбут ба «омӯзиши муқоисавии сифатҳои маҳсулнокии мурғи марчони зоти сафеди синапахн ва популятсияи навъи маҳаллӣ дар шароити ҷануби Тоҷикистон» [7] ва аз натиҷаҳои дар ин самт бадастовардаи худ, ки ба «асосҳои биологӣ ва иқтисодии амсиласозии популятсияи мурғи марчон» [11-M; 16-M; 17-M] рабт доранд, васеъ истифода бурдем.

Дар коркарди комплекси амсилаҳои компютерӣ мо асосан ба таҷрибаи мактаби илмии профессор Ф.С. Комилиён таъя кардем: «амсиласозии ҳаёти гулмоҳӣ дар бассейн» [12], «масъалаҳои амсиласозии компютери парвариши мурғи марчон» [2-M; 14-M], «мутобиқгардонии амсилаи математикии Мак-Миллан барои таҳқиқи сатҳи сертухмӣ мурғи марчон» [7-M; 12-M], «технологияҳои амсиласозии марҳилаҳои ҳаёти популятсияи мурғи марчон» [9-M; 13-M], «баҳисобгирии таъсири омилҳои иқлимӣ зимни амсиласозии концептуалии ҳаёту фаъолияти мурғи марчон» [10-M; 15-M] ва ғайра.

Дар сохтани амсилаҳои математикию компютерӣ инчунин таҷрибаи олими муваффақи сатҳи ҷаҳонии соҳаи амсиласозии математикӣ В.В. Меншуткин «Маҳорати амсиласозӣ (экология, физиология, эволюция)» [15], муҳаққиқони англис S.A. Johnston ва R.M. Gous «Амсилаи популятсионии механикию стохастикӣ истеҳсоли тухм» [20], олимони ҳиндӣ Shiv Prasad, D. P. Singh «Амсиласозии математикӣ барои тасвири хатҳои қачи истеҳсоли солони тухми мурғ» [21] ва «Баъзе шаклҳои алтернативии амсилаи логистикӣ қачхатта барои тасвири графикаи истеҳсоли тухми парандаи хонагӣ» [22], муҳаққиқони дигар мактаби илмӣ ҳиндӣ L. A. Bindya, H.N.N. Murthy, M. R. Jayashanka, M. G. Govindaiah [19], олимони бразилиявӣ R.P. Savegnago, V.A.R. Cruz, S.B. Ramos, S.L. Caetano, G. S. Schmidt, M.C. Ledur, L.El Faro, D. P. Munari «Табиики амсилаҳои ғайрихаттӣ дар пай дар пай наздиккунии графикаи тухмгузори мурғони зоти «Легорни сафед» барои хатҳои интихобшуда ва интихобнашудаи истеҳсолӣ» [23], муҳаққиқи украинӣ Ю.А. Глебова «Амсилаи пешгӯии муқовимати табиӣ мурғони тухмгузор дар ибтидои онтогенез» [9] ва дигар муҳаққиқони украинӣ Е.А. Кучер, М.В. Пасечник «Амсиласозии математикии динамикаи афзоиш ва маҳсулнокии мурғони ду кросси маъруфи «Ҳайсекс браун» ва «Ломанн браун» [14] ба мо кӯмаки беандоза калон карданд.

Ҳамин тариқ, дар таҳқиқот аз таҷрибаи илмӣ муҳаққиқони ватанӣ ва хориҷӣ, ки ба хусусиятҳои биологӣ мурғи марҷон бахшида шудаанд ва ё ба самти амсиласозии ҳаёту фаъолияти ин паранда қаробат доранд, васеъ истифода шудааст, ки онҳо ҷанбаҳои методологӣ диссертатсияро ташкил додаанд:

– дар самти амсиласозии математикӣ ва компютерӣ: Ф.С. Комилийн, М.Қ. Юнусӣ, З.Ҷ. Усмонов, С.Ҳ. Мирзоев, И.Д. Нуров, Н. Шерматов, Р.Н. Одинаев, И.Л. Қосимов, Ф.Т. Шамсов, М.Р. Ёров, В.В. Меншуткин, А. Кучер, М.В. Пасечник, Ю.А. Глебова, Н.А. Плохинский, S.A. Johnston, R.M. Gous, Shiv Prasad, D.P. Singh, L.A. Bindya, H.N.N. Murthy, M. R. Jayashanka, M.G. Govindaiah, R.P. Savegnago, V.A.R. Cruz, S.B. Ramos, S.L. Caetano, G.S. Schmidt, M.C. Ledur, L.El Faro, D.P. Munari ва дигарон;

– дар самти биология, экология ва кишоварзӣ: Д.Д. Эргашев, Ш.Э. Бозоров, Д.Қ. Комилзода, О.С. Бобозода, С.Т. Норбобоева, Ш.Т. Раҳимов, Ш.Р. Мирзоахмедов, Н. Мухамедов, А.Қ. Ғаффоров, В.И. Авраменко, В. Акимов, Л. Беляева, Ж. Белёга, Т. Артюшина, А. Бальников, Я. Васильюк, В. Гасилина, И. Максимова, В. Канивец, Л. Шинкаренко, В.Ю. Мойса, А. Фаруга, А.И. Шевченко, Л.А. Шинкаренко, Т.Р. Науменко, P. Aman, M. Frederich, R. Uyttenbroeck, S. Hatt, P. Malik, S. Lebecque, B. Gembloux, H. Anand, A. Ganguly, P. Halder, S. Yalfin, E. Babacanoglu, H.C. Guler, M. Aksit, S. Yahav, R. Smith ва дигарон.

Таҳлили адабиёти соҳавӣ нишон дод, ки ба масъалаҳои ҷузъӣ ва алоҳидаи амсиласозии математикӣ ва компютерӣ марҳилаҳои ҳаёту фаъолияти баъзе парандаҳо, аз ҷумла кроссҳои гуногуни мурғи хонагӣ, муҳаққиқони зиёде дар хориҷи мамлакат машғул шудаанд. Аммо то имрӯз аз ҷониби ягон муҳаққиқ на танҳо паҳлуҳои муҳимми марҳилаҳои ҳаёту фаъолияти мурғи марҷон ба таври комплексӣ амсиласозӣ нашудааст, балки масъалаҳои ҷузъӣ мурғимарҷонпарварӣ низ аз ин нуқтаи назар ҳалли ҳудро наёфтаанд. Бинобар ин, мо ҳалли ин масъаларо дар диссертатсияи худ ҳадафи марказӣ қарор додем.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо ва мавзӯҳои илмӣ. Таҳқиқоти диссертатсионӣ фарогири маҷмуи васеи барномаҳо ва мавзӯҳои илмӣ марбут ба самтҳои рушди минбаъдаи усулҳои амсиласозии математикӣ ва ёфтани ҳалли оптималии масъалаҳои соҳаи кишоварзӣ мебошад, ки аз ҷониби Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон қабул шудаанд.

Диссертатсия тибқи талаботи барномаҳои зерин ба тасвиб расидааст: «Барномаи маҷмуавӣ рушди соҳаи чорводорӣ, парандапарварӣ, моҳипарварӣ ва занбӯриасалпарварӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2023-2027» [4], «Барномаи рушди илмҳои табиатшиносӣ, риёзӣю техникӣ барои солҳои 2010-2020» [5] ва қорҳои илмӣ кафедраи информатикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон дар самти «Қоркард ва таҳқиқи амсилаҳои

риёзӣ-компютерии экосистемаи обанборҳо, мамнӯъгоҳҳо ва системаи маориф» (Маркази миллии патенту иттилооти Ҷумҳурии Тоҷикистон, № 0116TJ00657).

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Таҳқиқоти диссертатсионӣ ба ҳалли масъалаҳои бахшида шудааст, ки онҳо, аз як тараф, ба рушди илмҳои табиӣ, математикӣ ва дақиқ мусоидат намуда, аз тарафи дигар, имкон фароҳам меоранд, ки дар хоҷагиҳои мурғимарчонпарварӣ роҳҳои самарабахши таҳлили фаъолияти индивидҳои зотҳои гуногуни мурғи марчон дар марҳилаҳои гуногуни сикли ҳаёти онҳо ва равишҳои баланд бардоштани маҳсулнокии онҳо дар заминаи усулҳои амсиласозӣ роҳандозӣ карда шаванд.

Мақсади таҳқиқот аз таҳияи амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерие иборат аст, ки дар заминаи онҳо динамикаи афзоиш, тухмнокӣ ва таъсири омилҳои иқлимӣ ба мурғи марчон таҳлил ёфта, равишҳои баланд бардоштани маҳсулнокии он арзёбӣ мегарданд.

Вазифаҳои таҳқиқот дар заминаи мақсади таҳқиқот муайян карда шуда, ҳалли масъалаҳои зеринро дар бар гирифтаанд:

1. Таҳлил ва шарҳи натиҷаҳои илмӣ муҳаққиқони ватанию хориҷӣ ба технологияҳои амсиласозии динамикаи рушди парандаҳо бахшидашуда;

2. Омӯзиш, таҳқиқ ва таҳлили ҷанбаҳои биологӣ ва экологии раванди парвариши мурғи марчон аз нуқтаи назари амсиласозӣ;

3. Таҳлили хусусиятҳои динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марчон дар шароити хоҷагиҳои парандапарварии Тоҷикистон;

4. Тарзҳои ташкили босамари хоҷагиҳои мурғимарчонпарварӣ аз нигоҳи масъалаҳои амсиласозӣ;

5. Таҳқиқи асосҳои биологӣ ва иқтисодии амсиласозии математикии популятсияи мурғи марчон;

6. Муайян кардани равишҳои баҳисобгирии омилҳои таъсиррасони иқлимӣ зимни амсиласозии концептуалии ҳаёту фаъолияти мурғи марчон дар шароити хоҷагиҳои парандапарварӣ;

7. Коркарди технологияҳои амсиласозии концептуалию математикии марҳилаҳои ҳаёти популятсияи мурғи марчон;

8. Рӯнамоии нақши амсилаи математикии Мак-Миллан дар ҳалли масъалаҳои амалии соҳаҳои гуногуни илм ва мутобикгардонии он барои таҳқиқи сатҳи сертухмии мурғи марчон;

9. Таҳлили қиёсии мутобикати амсилаҳои хаттӣ, дараҷавӣ, экспоненсиалӣ ва логистикӣ дар тасвири динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марчон;

10. Таҳлили қиёсии мутобикати амсилаи s-шакли Берталанффи дар тасвири динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марчон;

11. Таҳлили қиёсии мутобикати амсилаҳои Бричес ва Пюттер дар тасвири динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марчон;

12. Таҳлили қиёсию маҷмуии динамикаи афзоиши вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсмотии популятсияи мурғи марчон бо истифода аз амсилаи оптималӣ;

13. Амсиласозии компютерии сикли пурраи ҳаёти мурғи марчон бо назардошти таъсири омилҳои табию иқлимӣ.

14. Коркарди комплекси барномавии таҳқиқотӣ барои таҳлили фаъолият ва иқтидори истеҳсолии мурғи марчон;

15. Гузаронидани озмоишҳои компютерӣ бо комплекси барномаҳои таҳияшуда, таҳлили натиҷаҳои сенариявӣ, таҳияи ҳулосаҳои ҷамъбастӣ, коркарди пешниҳоду тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқотӣ.

Объекти таҳқиқот қиёси амсилаҳои математикию компютерии таҳлилӣ барои арзёбии динамикаи афзоиши вазни зинда ва тухмнокии мурғи марчон дар марҳилаҳои гуногуни сикли ҳаёти он мебошад.

Мавзуи таҳқиқот ба таҳлил ва таҳқиқи динамикаи рушд ва маҳсулнокии мурғи марчон дар марҳилаҳои гуногуни парвариши он бо усулҳои амсиласозии математикию компютерӣ бахшида шудааст.

Асосҳои назариявии таҳқиқотро концепсияҳои амсиласозии математикию компютерии системаҳои биологӣ ва диди системавӣ ба биопопулятсияҳо ташкил медиҳанд. Робитаи мавзӯ бо назарияҳои мавҷуда дар таҳлили интиқодии амсилаҳои классикии ғайрихаттӣ (Берталанффи, логистикӣ) ва ҳалли мушкилоти баҳисобгирии омилҳои табию иқлимӣ Тоҷикистон дар динамикаи синфҳои тақсимотии популятсияи мурғи марчон зоҳир мегардад. Таҳия ва верификатсияи комплекси амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерӣ заминаи назариявиро барои гузаронидани таҷрибаҳои сенариявӣ ва идоракунии илмӣ хоҷагӣҳои мурғимарчонпарварии ҷумҳурӣ фароҳам овардааст.

Навгони илмӣ:

1. Дар заминаи омӯзиши адабиёти илмӣ ба технологияҳои амсиласозии динамикаи рушди парандаҳо бахшидашуда, натиҷаҳои дар ин соҳа бадастовардаи муҳаққиқони ватанию хориҷӣ таҳлил ва шарҳ дода шудааст;

2. Бори аввал ба таври комплексӣ барои шароити хоҷагӣҳои мурғимарчонпарварии Тоҷикистон ҷанбаҳои биологӣ ва экологии раванди парвариши мурғи марчон аз нуқтаи назари амсиласозии математикию компютерӣ мавриди омӯзиш, таҳқиқ ва таҳлил қарор дода шудааст;

3. Аз нигоҳи принципҳои амсиласозӣ хусусиятҳои динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марчон дар шароити хоҷагӣҳои парандапарварии Тоҷикистон таҳлил ёфтааст;

4. Вобаста ба асосноккунииҳои биологӣ ва иқтисодии амсиласозии математикии популятсияи мурғи марчон тарзҳои босамари ташкили хоҷагӣҳои мурғимарчонпарварӣ пешниҳод гардидааст;

5. Дар асоси таҳлили технологияҳои амсиласозии концептуалию математикии марҳилаҳои ҳаёти популятсияи мурғи марчон равишҳои оптималии баҳисобгирии омилҳои таъсиррасони иқлимӣ дар амсилаҳои барои шароити хоҷагӣҳои парандапарварии Тоҷикистон таҳияшуда муайян карда шудааст;

6. Нақши амсилаи математикии Мак-Миллан дар ҳалли масъалаҳои амалии соҳаҳои гуногуни илм мавриди таҳлил қарор дода шуда, он барои таҳқиқи сатҳи сертухмии мурғи марчон мутобиқ гардонидида шудааст;

7. Дар тасвири динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марчон мутобиқати амсилаҳои хаттӣ, дараҷавӣ, экспоненсиалӣ, логистикӣ, s-шакли Берталанффи, Бриҷес ва Пюттер мавриди таҳлили қиёсӣ қарор гирифтааст;

8. Бо усули таҳлили қиёсӣ аз маҷмуи амсилаҳои баррасишуда амсилаи оптималӣ муайян карда шуда, бо истифода аз он динамикаи афзоиши вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимотии популятсияҳои зотҳои мурғи марчон таҳқиқ карда шудаанд;

9. Бори аввал барои шароити иқлимӣ хоҷагӣҳои мурғимарчонпарварии Тоҷикистон амсилаи компютерии сикли пурраи ҳаёту фаъолияти мурғи марчон сохта шудааст, ки дар он таъсири омилҳои табию иқлимӣ ба равандҳои мубодилавӣ ба назар гирифта шудаанд;

10. Бар пояи комплекси барномаҳои таҳияшуда ва озмоишҳои сенариявии дар компютер баргузоршуда, фаъолият ва иқтидори истеҳсолии мурғи марчон таҳлил карда шудааст;

11. Вобаста ба натиҷаҳои таҳқиқотии ҳосилшуда хулосаҳои ҷамъбаستӣ ва пешниҳоду тавсияҳои амалӣ барои хоҷагӣҳои парандапарварии Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия карда шудаанд.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

1. Асоснок карда шудааст, ки комплекси таҳиягардидаи амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерии динамикаи рушд ва маҳсулнокии мурғи марчон тавсиф ва таҳлили маҷмуии марҳилаҳои асосии ҳаёту фаъолияти индивидҳои синфҳои тақсимотии популятсияҳои зоти сафеди синапахн ва навъи маҳаллиро дар шароити иқлимӣ

хоҷагиҳои мурғимарҷонпарварии Тоҷикистон таъмин менамояд. Системаи мазкур бо дарназардошти хусусиятҳои биологӣ экологӣ популятсия, динамикаи афзоиши вазни зинда, сатҳи сертухмӣ ва таъсири омилҳои табиӣ иқлимӣ ташаккул ёфта, заминаи ягонаи математику компютери барои таҳқиқ ва арзёбии марҳилаҳои ҳаёти мурғи марҷон фароҳам меорад.

2. Муайян ва асоснок карда шудааст, ки амсилаи оптималии математикии динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон дар асоси таҳлили қиёсии маҷмуии амсилаҳои ҳаттӣ, дараҷавӣ, экспоненсиалӣ, логистикӣ, s-шакли Берталанффи, Бриҷес ва Пюттер интиҳоб гардида, барои таҳқиқи динамикаи афзоиши вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимотии популятсияҳои зоти сафеди синапахн ва навъи маҳаллӣ мутобиқ карда шудааст. Идентификатсия ва верификатсияи амсилаи интиҳобшуда дар заминаи маълумоти таҷрибавӣ иҷро гардида, мувофиқати натиҷаҳои моделсозӣ ба динамикаи воқеии рушди вазни зиндаи мурғи марҷон исбот шудааст.

3. Таҳия ва собит карда шудааст, ки амсилаи компютери сикли пурраи ҳаёту ҷаъолияти мурғи марҷон ва комплекси барномавии таҳқиқоти коркардшуда амалишавии консепсияи илмӣ амсилаҳои математику бо дарназардошти омилҳои табиӣ иқлимӣ таъмин намуда, барои идентификатсия, верификатсия, ояндабинӣ ва арзёбии иқтидори истеҳсолии паранда истифода мешаванд. Ин система имкони гузаронидани таҷрибаҳои ҳисоббарорию сценариявиро фароҳам оварда, равишҳои методӣ ва тавсияҳои амалиро ҷиҳати таҳлил ва баланд бардоштани самаранокии ҷаъолияти хоҷагиҳои мурғимарҷонпарварии Ҷумҳурии Тоҷикистон пешниҳод менамояд.

Аҳамияти назариявӣ ва амалии таҳқиқот. Аҳамияти назариявии таҳқиқот дар он инъикос ёфтааст, ки он фарогири доираи васеи донишҳои соҳаи экологияи математикӣ ва хусусиятҳои биологӣ мурғи марҷон буда, равишҳои пешбурди соҳаи кишоварзӣ ва принсипу механизмҳои амсиласозии математику компютери дар бар гирифтааст. Таҳқиқоти диссертатсионӣ ба донишҳои бунёдии марҳилаҳои ҳаёту ҷаъолият, рафтор ва рушди физиологӣ мурғи марҷон асос ёфта, дар он усулҳои муносири амсиласозии компютерӣ истифода шудаанд. Натиҷаҳои компютерӣ ва ҳулосаҳои таҳқиқотӣ барои таҳлил ва дарки бештари ҷаъолияти популятсияи мурғи марҷон ва баландбардории маҳсулнокии он заминаи илмӣ фароҳам меоранд.

Аҳамияти амалии таҳқиқот дар он ифода ёфтааст, ки дар шакли амсилаҳои математику компютери таҳияшуда афзори тавоноии таҳқиқотӣ ҳосил шудааст, ки бо ёрии он равандҳои мураккаби марҳилаҳои ҳаёту ҷаъолият ва динамикаи рушди популятсияи мурғи марҷонро мавриди омӯзиш ва таҳлил қарор дода, зеро таъсири омилҳои табиӣ иқлимӣ ҷаъолият ва маҳсулнокии онро идора кардан имконпазир гаштааст.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсия ба амалӣ гаштани таҳқиқи комплекси масъалаҳои илман асоснокӣ банақшагирифташуда бо истифода аз технологияҳои муносири амсиласозии концептуалӣ, математикӣ ва компютери марҳилаҳои ҳаёту ҷаъолияти мурғи марҷон ва озмоишҳои компютери ҳисоббарории дар асоси маълумоти таҷрибавӣ дақиқ, маълум ва бозътимод роҳандозишуда алоқаманд аст, ки дар раванди таҳқиқот истифода, ҳосил ва ё ҳал шудаанд.

Мутобиқати диссертатсия бо шиносномаи ихтисоси илмӣ. Диссертатсия ва мазмуну мундариҷаи он фарогири соҳаҳои таҳқиқоти шиносномаи ихтисоси 1.2. Илмҳои компютерӣ ва информатика (1.2.8. Моделсозии математикӣ, методҳои адабӣ ва комплекси барномаҳо) (соҳаи техникӣ)» буда, ба бандҳои зерини ихтисос мутобиқат мекунад:

– банди 3. Коркард ва асосноккунии методикаҳо ва қоидаҳои мутобиқшавии амсилаҳои компютерӣ, истифодаи самаранокии онҳо ҳангоми пешгӯиҳои таҳаввулоти объектҳо, системаҳо, равандҳо ва падидаҳо;

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

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

– банди 9. Коркарди системаҳои амсиласозии компютерӣ ва тақлидӣ.

Саҳми шахсии доктарабон дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот аз иштироки мустақим дар интиҳоби мавзӯ, таҳлили адабиёти соҳавӣ, ҷамъоварӣ ва таснифи маълумоти таҷрибавӣ, таҳияи комплекси амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерӣ, идентификация ва верификацияи афзори таҳқиқотӣ, таҳлили натиҷаҳои ҳисоббарорӣ, коркарди хулосаҳои ҷамъбасти, пешниҳоди тавсияҳои методӣ ва таҳияи матни диссертатсия ифода ёфтааст.

Тасвир ва амалисозӣ. Натиҷаҳои таҳқиқоти диссертатсионӣ дар семинарҳои муштаракӣ кафедраҳои «Информатика», «Математикаи ҳисоббарорӣ ва механика», «Моделсозии математикӣ ва компютерӣ» ва «Технологияҳои иттилоотӣ ва иртиботӣ»-и Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (ДМТ) баррасӣ ва мавриди муҳокима қарор гирифта, дар конференсияҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмиллалӣ солҳои 2022-2026 дар ДМТ, Академияи идоракунии давлатӣ назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, Филиали Донишгоҳи давлатӣ Москва ба номи М.В. Ломоносов дар ш. Душанбе, Донишгоҳи давлатӣ Бохтар ба номи Носири Хусрав, Донишгоҳи байналмилалӣ сайёҳӣ ва соҳибкорӣ Тоҷикистон, Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон ва ғайра рӯнамоӣ гардидаанд.

Интишорот аз рӯи мавзӯи диссертатсия. Натиҷаҳои асосии таҳқиқоти диссертатсионӣ дар 17 мақола ва фишурдамақола [1-M-17-M], аз ҷумла 12 мақолаи илмӣ дар маҷаллаҳои тақризшавандаи Ҷумҳурии Тоҷикистон (3 мақола дар алоҳидагӣ) ва 5 фишурдамақола дар маводҳои конференсияҳои байналмилалӣ ҷумҳуриявӣ ба нашр расонида шудааст.

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

Диссертатсия дар ҳаҷми 223 саҳифаи матни компютерӣ бо ёрии протсессори матнии Microsoft Word 2016 омода шуда, аз 10 ҷадвал ва 33 расм иборат мебошад. Рақамгузори расму ҷадвалҳо дар диссертатсия вобаста ба бобҳо сурат гирифтааст. Рӯйхати адабиёт 205 номгӯй ва феҳристи интишороти илмӣ доктарабон 17 номгӯйро дарбар гирифтааст.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

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

Боби якуми таҳқиқот ба тафсири адабиёти соҳавӣ ва илмӣ оид ба фаъолият ва рушди мурғи марҷон, махсусиятҳои биологӣ иқтисодии он, хусусиятҳои динамикаи афзоиши вазни зиндаи он дар шароити хоҷагӣҳои парандапарварии Тоҷикистон, тарзҳои ташкили босамари хоҷагӣҳои мурғпарварӣ ва омилҳои беҳдошти он ва асосҳои биологӣ иқтисодии амсиласозии математикии популятсияи мурғи марҷон таҳлил шудааст. Таҳлилҳои баргузоршуда собит сохтанд, ки соҳаи мурғимарҷонпарварӣ метавонад дар шароити иқлимӣ Тоҷикистон, хусусан дар шароити минтақаҳои кӯҳӣ ва наздикӯҳӣ ба яке аз соҳаҳои муҳими истеҳсолӣ ва ояндадори парвариши парандаи гуштӣ таъдил ёбад.

Боби дуюми диссертатсия ба таҳқиқи усулҳои амсиласозии математикии компютерӣ дар арзёбии маҳсулнокии мурғи марҷон дар марҳилаҳои асосии парвариши он бахшида шудааст. Дар чараёни таҳқиқот маълум гардид, ки барои оптимизатсияи раванди парвариши мурғи марҷон дар шароити хоҷагии мурғимарҷонпарварӣ бояд марҳилаҳои

асосии рушду инкишофи он таҳлил карда шавад. Барои ҳалли масъалаҳои истеҳсолии соҳаи мурғимарчонпарварӣ истифодаи технологияҳои амсиласозии концептуалӣ ва математикию компютерӣ муҳим доништа шудааст. Таъкид шудааст, ки истифодаи технологияҳои амсиласозӣ метавонад ба фаҳмиши амиқтари равандҳои мурғимарчонпарварӣ мусоидат намояд [9-М; 14-М].

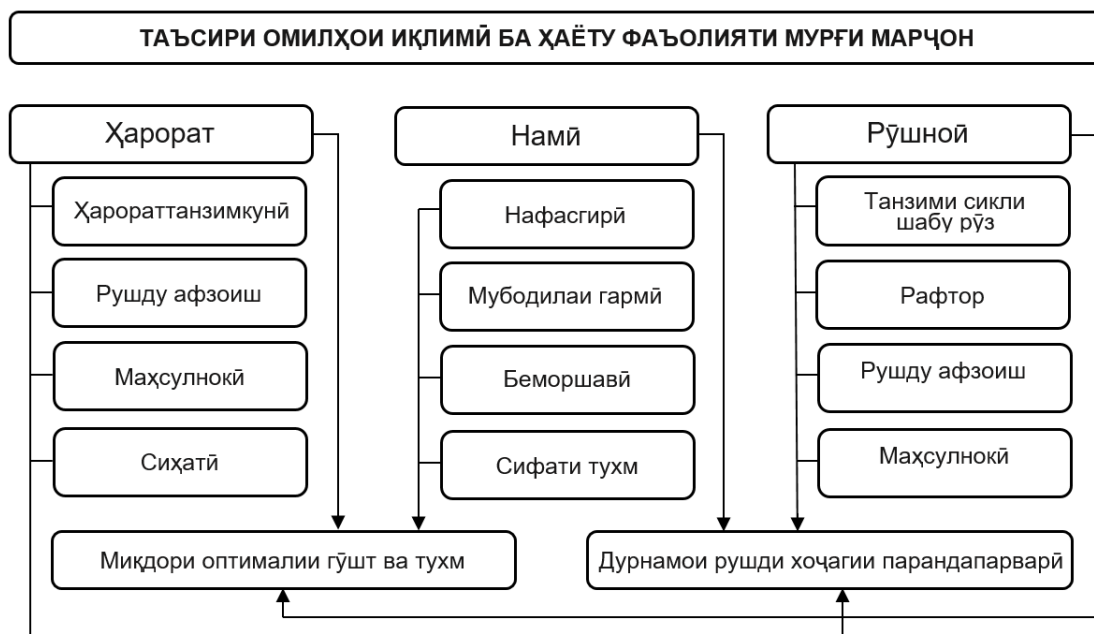
Қайд гардидааст, ки зимни амсиласозии концептуалии марҳилаҳои ҳаёти мурғи марчон дар шароити хоҷагии парандапарварӣ ба эътибор гирифтани омилҳои иқлимӣ (ҳарорати ҳаво, намӣ, равшанӣ) аҳамияти ғавқуллода амалӣ дорад (расми 2.1) [10-М].

«Омилҳои иқлимӣ метавонанд ба осоишу роҳат, солиммонӣ, истеъмоли ғизову об, афзоиш, рушд, маҳсулноки ва дигар нишондиҳандаҳои истеҳсолии мурғи марчон таъсири назаррас расонанд. Дар амсила ба ҳисоб гирифтани омилҳои иқлимӣ имкон медиҳад, ки шароити мувофиқи нигоҳдории мурғи марчон дар дохили биноҳои истеҳсолии хоҷагии парандапарварӣ муҳайё карда шавад, интиҳоби ғизои мутавозин ва равандҳои зарурии истеҳсоли ба нақша гирифта шаванд» [16].

Дар раванди таҳқиқот равшан гардид, ки тавассути амсиласозӣ метавон бо эътимоди баланд қонуниятҳои сертухмии мурғи марчонро кашф намуд, синфҳои тақсимотии мурғони тухмдеҳро дуруст ташаккул дод. Муайян карда шуд, ки бо истифода аз амсилаи математикии тақмилифтаи Мак-Миллан динамикаи сертухмии мурғи марчонро арзёбӣ ва фарқияти меъёрҳои коҳишу зиёдшавии ин динамикаро вобаста ба синфҳои тақсимотӣ саҳеҳ кардан имконпазир аст. Аз ин рӯ, барои ҳалли масъалаи таҳқиқотӣ амсилаи классикии Мак-Миллан бо ворид намудани каме тағйирот тақмил дода шуда, бо ёрии параметрҳои он қонуниятҳои динамикаи тухмгузории мурғи марчонро $E(t)$ муайян карда шудааст:

$$E(t) = E_{max} \cdot (1 - e^{-\beta \cdot t}) \cdot e^{-\alpha \cdot t}. \quad (1)$$

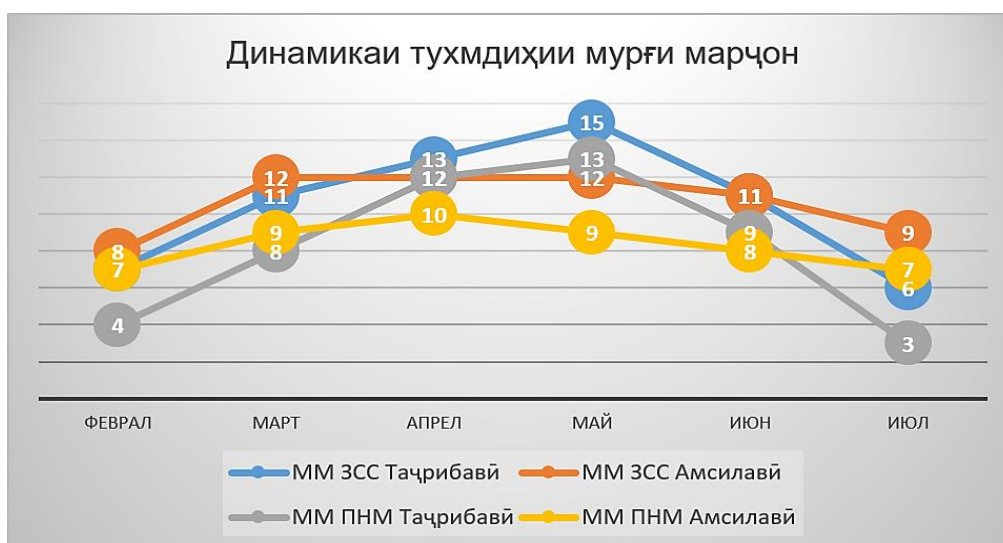
Дар формулаи (1) бо ёрии E_{max} параметри қиёсгирии сатҳи сертухмии мурғ, бо α нишондиҳандаи (коэффитсиенти) шиддати тухмгузории мурғ то лаҳзаи ба авҷ (қулла) расидани дараҷаи тухмнокии он ва бо β нишондиҳандаи суръати коҳишбӣи тухмгузории мурғ пас аз лаҳзаи авҷи он ишорат шудаанд.



Расми 2.1. Амсилаи концептуалии таъсири омилҳои иқлимӣ ба ҳаёту фаъолияти мурғи марчон дар муҳити хоҷагии парандапарварӣ

Байни маълумоти натиҷавии амсилавӣ ва таҷрибавӣ оид ба сертухмии мурғони марчони навъҳои таҳқиқотӣ шабоҳати зиёд муқаррар карда шуд. Маълум гардид, ки барои

мурғони марҷони зоти сафеди синапахн ҳадди имконпазири сертухмӣ нисбат ба популятсияи мурғони марҷони навъи маҳаллӣ каме баландтар аст (расми 2.2).



Расми 2.2. Динамикаи маҳсулнокии ҳарду навъи мурғи марҷон оид ба сертухмӣ (дона) ва аппроксиматсияи он бо амсилаи Мак-Миллан

Аз натиҷаҳои расми 2.2 бармеояд, ки мурғи марҷони зоти сафеди синапахн дар муқоиса ба популятсияи мурғи марҷони навъи маҳаллӣ дорои суръати нисбатан сусти пастравӣ дар маҳсулнокии тухмӣ, пас аз расидан ба қуллаи авҷи сертухмӣ, мебошад. Фарқи байни маълумоти назариявӣ ва маълумоти таҷрибавӣ, дар ин маврид, аз 10% зиёд нест, ки ин аз эътимоднокии баланди натиҷаҳои бадастомада шаҳодат медиҳад [7-M; 12-M].

Боби сеюми диссертатсия ба усулҳои амсиласозии математикию компютерӣ дар таҳқиқи динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон бахшида шудааст. Дар чараёни таҳқиқот равшан гардид, ки бо истифода аз усули таҳлили қиёсӣ аз байни якчанд амсилаи математикӣ амсилаи мувофиқтаринро барои тасвир ва пешгӯии раванди афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон муайян кардан мумкин аст. Дурустии ин нуктаро таҳлилҳои математикӣ ва биологӣ баргузоршуда тасдиқ намуданд.

Ишораҳои математикии дар ин амсилаҳо истифодашуда дар таҳқиқоти мазкур ба маънои зайл корбарӣ шудаанд: $M(t)$ – қимати вазни зиндаи индивиди мурғи марҷон дар лаҳзаи вақти додашудаи марҳилаи парвариш $t \in [t_0; t_{max}]$; $M_0 = M(t_0)$ – қимати аввалаи вазни индивид дар ибтидои парвариш $t = t_0$; $M_{max} = M(t_{max})$ – қимати максималии вазни зиндаи индивид дар интиҳои парвариш $t = t_{max}$; M_D – қимати дефинитивии вазни зинда (ҳадди синнусолии вазни зиндаи мурғи марҷон, ки зимни ба он расидани $M(t)$ суръати афзоиши вазни зинда қатъ мегардад; r – нишондиҳандаи дараҷаи функсия. Маънои ишораҳои дар ин ҷо зикрнаёфта зимни баррасии амсилаҳои марбут шарҳ дода хоҳанд шуд. Манбаи иттилоотии маълумоти таҷрибавӣ адабиёти [1-M-17-M] мебошанд.

Амсилаи хаттӣ. Хусусияти марказии функсияи хаттии $M(t) = M_0 + (M_{max} - M_0) \cdot \frac{t}{t_{max}}$ дар он зоҳир гаштааст (расми 3.1, қатъхаттаи 1), ки вазни амсилавии мурғи марҷон дар фосилаи вақти парвариш $t_0 \leq t \leq t_{max}$ барои қиматҳои таҷрибавии $t_0 = 1$; $t_{max} = 410$; $M_0 = 0,0582$; $M_{max} = 8,98$ мутлақо хаттӣ афзоиш ёфтааст. Мусаллам аст, ки ин натиҷа аз хосиятҳои худӣ функсияи хаттӣ бармеояд.

Бояд изҳор дошт, ки тамоюли афзоиши мазкур ба хусусиятҳои физиологӣ ва суръати афзоиши воқеии массаи биологӣ мурғи марҷон тамоман мувофиқат намекунад. Аз ин рӯ, амсилаи хаттиро барои корбурди масъалаи таҳқиқотӣ тавсия додан мумкин нест [5-M].

Амсилаҳои дараҷавӣ. «Зимни татбиқи функсияи дараҷавии $M(t) = M_0 + (M_{max} - M_0) \cdot \left(\frac{t}{t_{max}}\right)^r$, тамоюли графיקии рушди вазни зиндаи мурғи марҷон метавонад аз рӯйи яке аз ду сенария амалӣ шавад: $r < 1$ ва $r > 1$.

Дар расми 3.1 (каҷхаттаи 2) графики фуксияи мазкур дар ҳолати $r = 0,5$ ва $t_0 = 1$; $t_{max} = 410$; $1 \leq t \leq 410$; $M_0 = 0,0582$; $M_{max} = 8,98$ будан, тасвир ёфтааст [5-M]. Аз тасвири графикӣ дида мешавад, барои $M(t_0) = M_0$ ва $M(t_{max}) = M_{max}$ вазни зиндаи мурғи марҷон $M(t)$ дар ибтидои марҳилаи парвариш босуръат афзоиш ёфта, бо гузашти вақти муайян тадриҷан суғайшаст, ки ин хосси афзоиши массаи биологии мурғи марҷон намебошад» [12].

Дар расми 3.1 (каҷхаттаи 3) бошад, графики фуксияи дараҷавӣ барои ҳолати $r = 2$ ва қиматҳои қабилӣ бузургҳои амсилавӣ тасвир ёфтааст. Аз тасвири графикӣ аён аст, ки афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон $M(t)$ аз нуқтаи $M(t_0) = M_0$ оғоз ёфта, дар нуқтаи $M(t_{max}) = M_{max}$ ба анҷом расидааст. Функсия дар ин маврид рушди графикӣ босуръати (параболикӣ) вазни зиндари таъмин карда, дар фосилаи вақти $t_0 \leq t \leq t_{max}$ мунтазам афзудааст, ки ин тамоюл низ ба хусусияти афзоиши воқеии массаи биологии мурғи марҷон мувофиқ мебошад. Аз ин рӯ, истифодаи минбаъдаи ҳар ду варианти амсилаи дараҷавӣ дар таҳқиқот тавсия дода намешавад.

Амсилаи экспоненсиалӣ. Дар расми 3.1 (каҷхаттаи 4) графики функсияи экспоненсиалӣ, ки дар заминаи рамзҳои барномавии забони барномасозии объектгарои Python ҳосил шудааст, барои фосилаи вақти $1 \leq t \leq 410$ ва қимати аввалаи вазни зиндаи мурғи марҷон дар ибтидои марҳилаи парвариш $M_0 = 0,0582$ тасвир ёфтааст [5-M]. Қимати ададии параметри $\ell_1 = \frac{1}{t_{max}} \cdot \ln \frac{1}{M_0} \approx 0,00694$ бо ёрии барномаи компютерӣ ҳисоб шудааст.

Дар мавриди дар амсилаи математикӣ истифода шудани функсияи экспоненсиалӣ $M(t) = M_0 \cdot e^{\ell_1 t}$, $\ell_1 = \frac{1}{t_{max}} \cdot \ln \frac{1}{M_0}$ суръати рушди вазни зиндаи мурғи марҷон ба таври монотонӣ меафзояд (наздиқ ба ҳолати $r = 2$, каҷхаттаи фуксияи дараҷавӣ) ва ба худ характери экспоненсиалӣ қабул мекунад. Яъне, дар ибтидои марҳилаи парвариш суръати афзоиши вазни зиндаи суғайшаст суғайшаст гирифта, зимни ба интиҳои марҳила наздиқ шудан, дар он тезшавӣ рӯй мекунад, ки бо суръати воқеии афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон мувофиқ аст. Пас, ин амсила низ барои истифодаи таҳқиқотӣ ҷойиз нест.

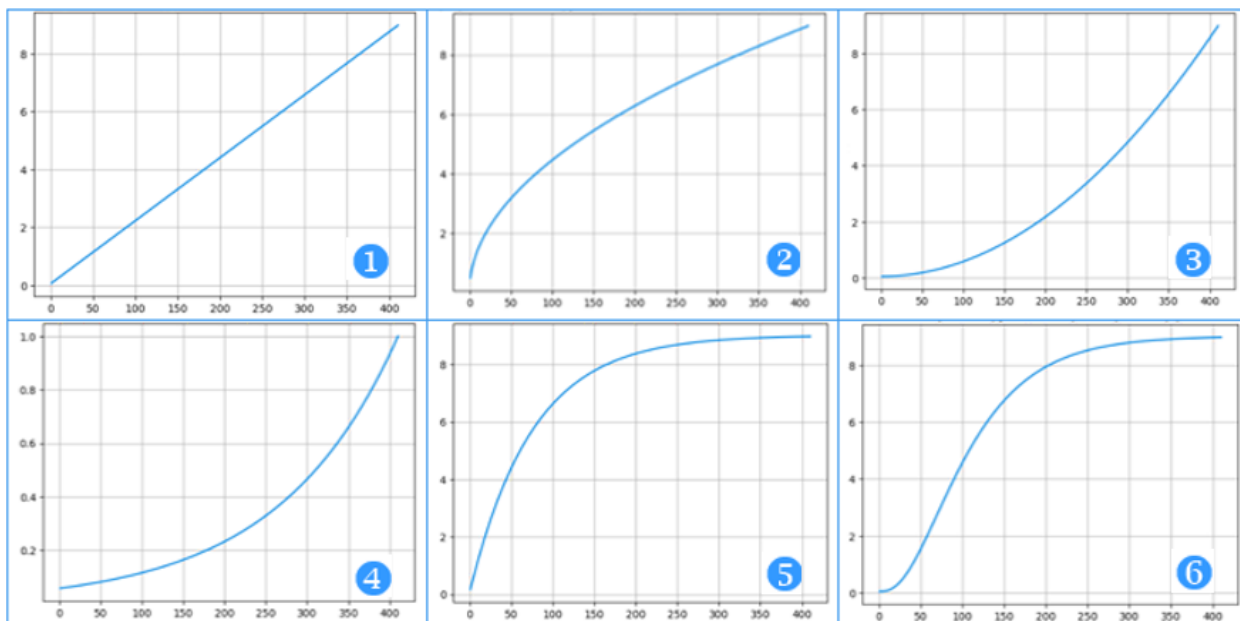
Амсилаи логистикӣ. Дар расми 3.1 (каҷхаттаи 5) тасвири графикӣ натиҷаи компютерӣ амсилаи логистикӣ $M(t) = M_0 + (M_D - M_0) \cdot (1 - e^{-\ell_2 t})$, ки қимати параметри ℓ_2 бо ёрии формулаи $\ell_2 = -\frac{1}{t_{max}} \cdot \ln \frac{M_D - M_{max}}{M_D - M_0} \approx 0,01320$ ҳисоб шудааст, барои қиматҳои таҷрибавӣ зерини вазни зиндаи мурғи марҷон зоти сафеди синапахн: $M_0 = 0,0582$; $M_{max} = 8,98$; $M_D = 9,02$ дар фосилаи вақти $1 \leq t \leq 410$ инъикос ёфтааст [5-M].

«Дар сурати татбиқи компютерӣ функсияи логистикӣ, бо болоравии синну соли амсилавӣ мурғи марҷон суръати афзоиши вазни зиндаи он тадриҷан коҳиш ёфта, зимни ба ҳадди максималӣ (қимати дефинитивӣ – M_D) расидани вазни мурғ афзоиши он қатъ мегардад, ки ба ҳақиқати воқеӣ наздиқ аст. Аз ин рӯ, барои пешбурди таҳқиқот амсилаи логистикӣ афзори «хуб» доништа шудааст» [12].

Амсилаи якуми Берталанффи. Дар расми 3.1 (каҷхаттаи 6) тасвири графикӣ натиҷаи компютерӣ амсилаи математикӣ s-шакли якуми Л. фон Берталанффи $M(t) = M_0 + (M_D - M_0) \cdot (1 - e^{-\mu t})^s$, $\mu = -\frac{1}{t_{max}} \cdot \ln \left(1 - \sqrt[3]{\frac{M_{max} - M_0}{M_D - M_0}} \right)$ барои қиматҳои таҷрибавӣ зерини вазни зиндаи мурғи марҷон зоти сафеди синапахн [5-M] ва параметрҳои амсилавӣ махсус ҳисобшуда инъикос ёфтааст: $s = 3$; $t_0 = 1$; $t_{max} = 410$; $1 \leq t \leq 410$; $M_0 = 0,0582$; $M_{max} = 8,98$; $M_D = 9,02$. График дар асоси қимати параметри μ , ки тавассути забони Python ҳисоб шудааст ($\mu \approx 0,01588$), рӯйи кор омадааст.

Зимни татбиқи функсияи Берталанффи ($s = 3$) дар амсилаи математикӣ, ки тавассути он раванди мураккаби рушди вазни зиндаи индивиди синну соли додашудаи мурғи марҷонро тасвир намудан мумкин аст, суръати максималии афзоиши вазн на дар марҳилаи ибтидоӣ, балки дар марҳилаҳои баъдӣ ҳаёти индивид ба даст оварда мешавад. Дар ин

маврид, суръати афзоиши вазни зиндаи индивид дар ибтидои марҳилаи парвариш суи инкишоф ёфта, баъдан суръат пайдо мекунад ва бо боло рафтани синну сол пайвасти коҳиш меёбад. Бо фатҳи қимати дефинитивӣ (M_D) афзоиши вазни зинда қатъ мегардад ва ба худ характери доимӣ касб мекунад [1-М]. Пас, амсилаи якуми Берталанффи афзори хеле хуби таҳқиқотӣ мебошад.



Расми 3.1. Качхатҳои амсилаҳои математикӣ оид ба афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон:
1-хаттӣ, 2-дараҷавӣ ($r = 0, 5$), 3-дараҷавӣ ($r = 2$), 4-экспоненсиалӣ, 5-логистикӣ,
6-Берталанффи (якум)

Амсилаи дуҷуми Берталанффи. «Зимни таҳқиқи сохтори математикии амсилаи s -шакли дуҷуми Л. фон Берталанффи $M(t) = M_\infty \cdot [\exp(-\beta \cdot t + \alpha)]^s$ мо бо мушкилоте рӯ ба рӯ шудем, ки ҳангоми дар он татбиқ намудани қиматҳои воқеии параметрҳо ($1 \leq t \leq 410$; $M_\infty = 10$; $\alpha = 4$; $\beta = 0,02$; $s = 3$) истифодаи онро дар ҳалли масъалаи таҳқиқотӣ ғайри имкон гардонид: $M(t) = M_\infty \cdot [\exp(-\beta \cdot t + \alpha)]^s \equiv M(t) = M_\infty \cdot \exp[s(\alpha - \beta t)]$: зимни $t = 1$, $M(1) = M_\infty \cdot e^{s(\alpha - \beta)}$; ҳангоми $t \rightarrow \infty$, $M(t) \rightarrow 0$, яъне функсияи мазкур пурра экспонентаи камшаванда аст» [12].

«Аз ҷиҳати биологӣ мушкилии амсилаи мазкур дар он зоҳир мегардад, ки вазни зиндаи мурғи марҷон дар ибтидои марҳилаи парвариш максималӣ буда, дар интиҳои он коҳиш меёбад, яъне ин амсила на афзоиш, балки таназзули вазни зиндаро тасвир мекунад. Аз ин рӯ, мо намуди ин амсиларо вобаста ба ҳалли масъалаи таҳқиқотӣ ончунон такмил додем $\{M(t) = M_\infty \cdot [1 - \exp(-\beta \cdot t + \alpha)]^s, \beta > 0\}$, ки качхаттаи он: афзоиши монотонӣ ва нуқтаи қатъшавӣ дошта бошад; наздикшавии асимптотикии вазни амсилавиро ба ҳадди максималии вазн таъмин карда тавонад» [12; 1-М].

Таҳлилҳои математикию биологӣ сохтори такмилёфтаи амсилаи Берталанффи нишон дод, ки зимни интиҳоби дурусти қимати параметрҳои α ва β : агар $t \rightarrow 0$, $M(t) \approx M_\infty \cdot (1 - e^\alpha)^s \approx 0$; агар $t \rightarrow \infty$, $M(t) \rightarrow M_\infty$, зеро $\exp(-\beta \cdot t + \alpha) \rightarrow 0$, яъне он афзоиши воқеии вазни зиндаи мурғи марҷонро инъикос карда метавонад.

Дар расми 3.2 (качхаттаи 1) тасвири графikiи натиҷаи компютери амсилаи такмилёфтаи Берталанффи барои қиматҳои $M_\infty = 10$; $\alpha = 0,1838$; $\beta = 1,3221$ ва фосилаи вақти парвариши $1 \leq t \leq 410$ инъикос ёфтааст. Аён аст, ки зимни қиматҳои хурди t суръати афзоиши вазни амсилавӣ низ суи аст. Азбаски нуқтаи қатъшавии качхатта дар наздикии ибтидои тири вақт t ҷойгир шудааст, ин ба тезшавии суръати афзоиш ва наздикшавии вазн ба $M_\infty = 10$ боис гаштааст, ки аз ҳақиқати воқеии таҷрибаи парандапарварӣ дур аст.

«Камбудии ҳисоббарорӣ зимни интихоби нодурусти қимати параметри β рух додааст: хангоми $\beta = 1,3221$ будан, афзоиши вазни зинда бо суръати баланд амалӣ гашта, ба шаклгирии функсияи Берталанффи таъсир расонидааст (ба ҷойи s -шакл, зинашакл). Қимати β бояд тавре интихоб шавад, ки қатшавии қачхатта аз ибтидои тири вақт ба тарафи росттари он лағжад» [12; 1-М].

Расми 3.2 (қачхаттаи 2) тасвири графיקии функсияи такмилёфтаи Берталанффиро барои қиматҳои қаблии амсилави ва $\beta = 0,02$ муаррифӣ намудааст. Гарчанде шакли визуалии функсия беҳтар гашта бошад ҳам, тарзи иттилоотоварии он аз нуқтаҳои назари биологӣ ва физикӣ куллан хато аст: агар $t \rightarrow 0, \exp(-\beta \cdot t + \alpha) > 1 \Rightarrow [1 - \exp(-\beta \cdot t + \alpha)] < 0$. Барои $[1 - \exp(-\beta \cdot t + \alpha)]^3 \ll 0$, ки ин муҳолифи маънои биологӣ вазни зинда аст.

Бинобар ин, мо намуди функсияи Берталанффиро такроран такмил додем: $M(t) = M_{\infty} \cdot [1 - \exp(-\beta(t - t_{MD}))]^s, t \geq t_0$ (β – суръати рушди вазни амсилави; t_{MD} – бузургии вақтӣ, ки зимни $t = t_{MD}, M(t) = M_D$ мешавад. Мусаллам аст, ки қатшавии графיקи функсия низ бояд дар атрофи ҳамин нуқта ($t_{MD} = 200$) рух диҳад.

Дар расми 3.2 (қачхаттаи 3) тасвири графיקии функсияи такроран такмилдодашудаи Берталанффи барои қиматҳои $M_{\infty} = 10$; $\beta = 0,02$; $t_{MD} = 200$; $t_0 = 1$; $t_{max} = 410$; $s = 3$ инъикос ёфтааст. Аз расм маълум аст, ки $M(t)$ сар аз нуқтаи $t = t_0$ то $t_{MD} = 200$ тамоман афзоиш наёфтааст. Баръакс, дар наздикии $t_{MD} \approx 200$ афзоиши вазн шиддат гирифтааст. Дар фосилаҳои баъдии вақти парвариш вазнгирии мурғи марҷон идома ёфта, ба ҳадди имконпазири худ (асимптота) $M_{\infty} = 10$ наздик шудааст.

Гарчанде дар ин маврид қачхаттаи функсияи такроран такмилёфтаи Берталанффи тамоюли афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷонро сифатан беҳтар инъикос карда бошад ҳам, ҳамоно амалияи мурғпарвариро қонё накардааст.

Дар амалия раванди вазнгири аз рӯзҳои аввали марҳилаи парвариш оғоз меёбад, на аз нимаи дуёми он, чуноне ки аз натиҷаҳои амсилави бармеояд. Барои ҳамин, мо аз татбиқи минбаъдаи амсилаи математикии s -шакли дуёми Л. фон Берталанффи (ҳам варианти иқтибосӣ ва ҳам вариантҳои такмилёфта) даст мекашем.

Амсилаи Пюттер. «Маънои параметрҳои амсилаи математикии А. Пюттер $M(t) = M_{max} \cdot (1 - \exp[-\eta(t + \gamma)^p])$ чунин аст: M_{max} – асимптотави вазни зинда; η – коэффитсиенти шиддат, муайян мекунад, ки то кадом андоза қачхаттаи график ба M_{max} наздик мешавад; γ – параметри лағжиши вақтӣ, имкон медиҳад, ки афзоиши вазн на аз лаҳзаи $t = 0$, балки бо каме дермонӣ амалӣ шавад; p – параметри шакл ($p = 1$ – функсияи экспоненсиалӣ; $p > 1$ – функсияи s -шакл)» [14].

Технологияи муайянкунии қимати параметрҳои γ, η, p мутобиқи қимати $M(t)$ дар фосилаи вақти павариши $1 \leq t \leq 410$ ва $M_{max} = 8,98$:

а) Параметри шакл p дар амсила барои муайянкунии нуқтаи қатшавии қачхаттаи функсия масъул аст. Барои мурғи марҷон $p \in [2,5 \div 4,0]$, зеро афзоиши шиддатноки $M(t)$ ба нимаи аввали марҳилаи парвариш рост омада, дар рӯзҳои 250-400-ум суръати афзоиш якбора коҳиш меёбад. Барои аппроксиматсияи амиқи вазни зиндаи 8,98 кг дар 410 шабонарӯз, $p = 3,21$ қабул шудааст.

б) Параметри лағжиши вақтӣ γ синну соли оғози вазнгирии фаъоли мурғи марҷонро танзим менамояд. Азбаски дар $t = 1$ вазни зиндаи он $M(1) \neq 0$ аст, пас, қимати γ бояд тарзе муайян карда шавад, ки $M(1) \approx 0,0582 \div 0,0637$ кг бошад. Барои қиматҳои мазкури $M(1)$ қиматҳои имконпазири $\gamma \in [-0,05 \div 0,1]$ аст. Аммо, бо сабаби $M(1) \neq 0$ будан, қимати $\gamma = 0$ ҳисоб карда мешавад.

с) Коэффитсиенти шиддат η васлгари байни t ва $M(t) \rightarrow M_{max}$ аст. Азбаски тибқи маълумоти таҷрибавӣ зимни $t_{max} = 410$ қимати $M_{max} = 8,98$ кг аст, пас, барои фатҳи вазни 9,98 кг, бояд қимати $\eta \in [0,005 \div 0,008]$ бошад. Барои ҳолати мо $\eta = 0,0068$ қабул карда шудааст.

Дар расми 3.2 (каҷхаттаи s-шакли 4) графики функсияи Пюттер фосилаи вақти $1 \leq t \leq 410$ -ро барои қимати бузургҳои $M_{max} = 8,98; \gamma = 0; \eta = 0,0068; p = 3,21$ амсиласозӣ кардааст, ки тамоюли афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷонро дуруст инъикос менамояд. Дар ибтидои марҳилаи парвариш ($t \approx 1 \div 70$) афзоиши сусти вазни зинда ба чашм мерасад, ки он ба давраи мутобиқшавии мурғи марҷон рост меояд. Дар рӯзҳои $t \approx 120 \div 200$ афзоиши шиддатнок амалӣ гаштааст, ки он хосси афзоиши экспоненсиалии массаи биологӣ мебошад. Маҳз дар ҳамин фосилаи вақти парвариш нуқтаи қатъшавии графики функсия ҷойгир шудааст, ки он инъикосгари лаҳзаҳои вазнгирии шабонарӯзии мурғи марҷон аз рӯйи суръати максималӣ мебошад. Дар рӯзҳои $t > 250$ қатъи афзоиши вазни зинда ба вучуд омада, каҷхаттаи графики функсия тадричан ба асимптотай вазн $M_{max} = 8,98$ наздик шудааст.

Инчунин, ҳисоббарориҳои компютерӣ нишон доданд, ки мувофиқан ба қимати параметрҳои додашудаи амсила мурғи марҷон тақрибан 95% массаи биологӣ умумии худро дар гирду атрофи рӯзи 180-уми марҳилаи парвариш соҳиб шудааст, пас аз он афзоиши вазни он сусти ва баъдтар амалан қатъ гардидааст. Тамоюли мазкур хосси амсилаи Пюттер аст: афзоиши вазни зинда $M(t)$ бо ҳадди максималиаш M_{max} маҳдуд аст. Тамоми натиҷаҳои компютери амсилаи Пюттер аз он гувоҳӣ медиҳанд, ки онро вобаста ба сатҳи ҳисоббарории динамикаи воқеии афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон беҳтарин афзори таҳқиқотӣ ҳисоб кунем.

Амсилаи Бричес. «Сохтори математикии аввалаи амсилаи Т.С. Бричес тибқи $M(t) = \bar{M} \cdot [1 - \exp(-u \cdot t^\vartheta)]$, $\bar{M} = \frac{M_{max}}{0,95}$ (M_{max} – вазни зиндаи максималӣ дар давраи балоғат, $\bar{M}$ – ҳиссаи ташаккули тадриҷии вазни зиндаи миёна (фоиз аз вазни максималӣ), u – параметри инкишофи экспоненсиалӣ (суръати ташаккулёбии вазни зинда) ва ϑ – параметри инкишофи кинетикӣ (вусъатёбии суръати афзоиши вазни зинда дар марҳилаи мобайнии парвариш) мебошад» [14].

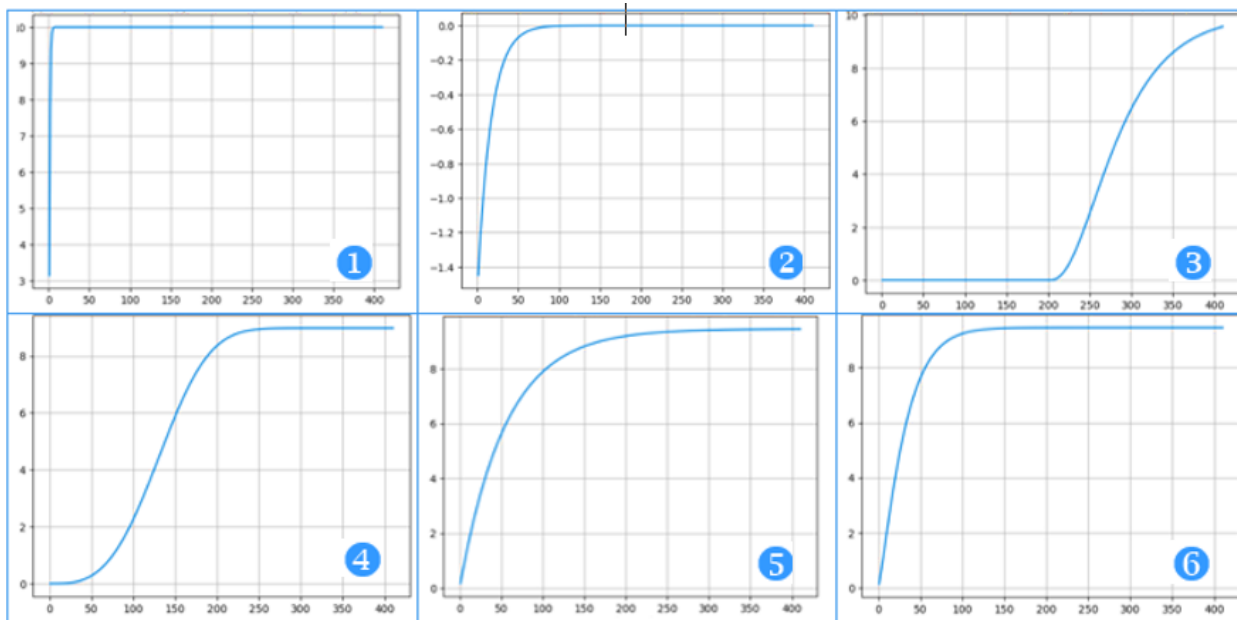
Дар расми 3.2 (каҷхаттаи 5) тасвири визуалии функсияи Бричес барои қиматҳои таҷрибавии $1 \leq t \leq 410; M_{max} = 8,98; \bar{M} = \frac{M_{max}}{0,95} \approx 9,45; u = 0,015; \vartheta = 1,2$ амсиласозӣ шудааст. Зимни маънидодкунии ҷиҳатҳои биологӣ натиҷаҳои компютери амсилаи мазкур, айнан ба мисли амсилаи дуҷуми иқтибосии Бергаланффи, дар сохтори амсила ночуриҳои муайяни математикӣ ошкор гардиданд: азбаски функсияи $\exp(-u \cdot t^\vartheta) \equiv \exp[(-u^\vartheta)t]$, пас аргументи он аз рӯйи t хаттӣ аст, яъне қимати ϑ ба шакли каҷхатта таъсир нарасонида, фақат қимати u -ро тақвият медиҳаду бас, ки ин арзиши татбиқии амсиларо танҳо ба як амали одии афзоиш аз рӯйи экспонента табдил медиҳад: $M(t) = \bar{M} \cdot [1 - \exp(-kt)], k = u^\vartheta$.

Мушкilotи биологӣ амсилаи Бричес дар он аст, ки гарчанде каҷхаттаи он монотонӣ афзоянда бошад ҳам, дар он фазаҳои инкишофи кинетикӣ ва афзоиши босуръат дида намешавад, яъне он ба тасвири воқеии афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон тамоман мувофиқат намекунад.

Аз ин рӯ, мо намуди математикии амсилаи Бричесро низ мутобиқи хусусиятҳои масъалаи таҳқиқотӣ тақмил дода, ба шакли ғайрихаттӣ овардем: $M(t) = \bar{M} \cdot [1 - \exp(-u \cdot t^\vartheta)], \bar{M} = \frac{M_{max}}{0,95}$. Қисмати дараҷавии аргументи функсияи амсилаи тақмилёфта $[\exp(-u \cdot t^\vartheta)]$ кинетикаи афзоиши синнусолии вазни зинда ва фазаи босуръати ташаккулёбии массаи биологиро дар қисми миёнаи онтогенез дуруст тавсиф карда метавонад. Ҳолати $\vartheta > 1$, вобастагии синнусолии суръати афзоиши кинетикӣ вазни зиндаро амсиласозӣ мекунад. Бартарихҳои мазкури амсиларо барои қиматҳои қаблӣ параметрҳои амсилаи тасвири визуалии дар расми 3.2 (каҷхаттаи 6) инъикосёфта муаррифӣ мекунад.

Аз тасвири визуалии афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон зоти сафеди синапахн баръало дида мешавад, ки каҷхаттаи функсия шакли логистикӣ рушдро инъикос намуда, бо маълумоти эксперименталӣ пурра мувофиқат мекунад [1-М; 4-М]. Тибқи иттилооти

графикӣ раванди вазнгирии мурғи марҷон дар синну соли барвакҷи суғҳ ҷараён гирифта, дар марҳилаи мобайнии парвариш суръати ин раванд вусъат меёбад. Ташаккулёбии тадриҷии вазни пурраи миёнаи он (8,531 кг) дар атрофи қимати $\bar{M} \approx 9,45$ кг ба вуҷуд меояд, ки он тақрибан 95 фоизи вазни зиндаи максималии ($M_{max} = 8,98$ кг) мурғи марҷонро ташкил медиҳад. Сар аз нуқтаи мазкур то интиҳои марҳилаи парвариш вазни зиндаи мурғи марҷон дигар инкишоф наёфта, доимӣ боқӣ мемонад.



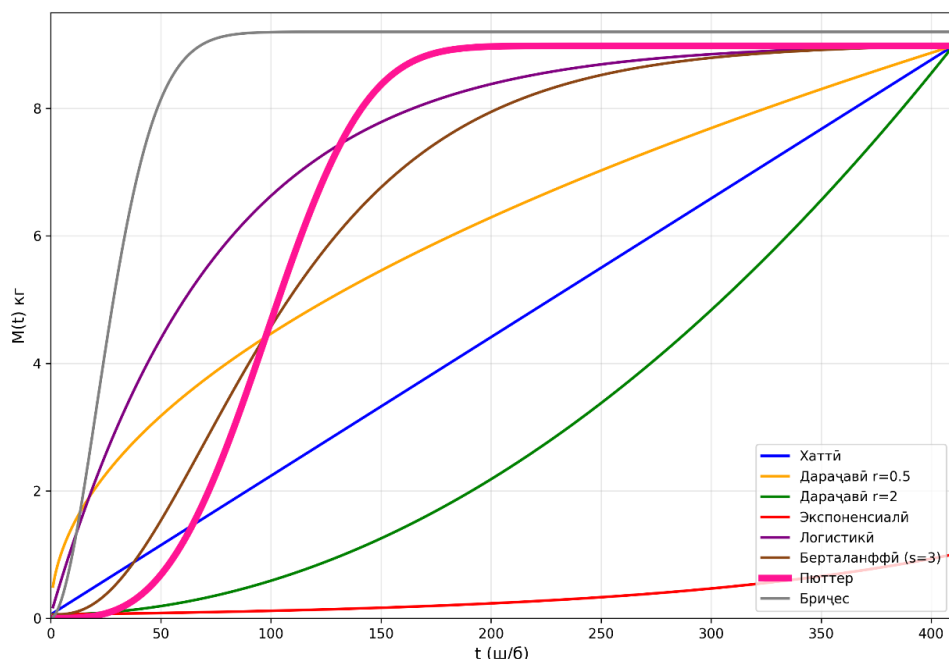
Расми 3.2. Қачхаттаҳои амсилаҳои математикӣ оид ба афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон: 1-такмилёфтаи Бергаланффи ($\beta = 1,3221$), 2-такмилёфтаи Бергаланффи ($\beta = 0,02$), 3-такроран такмилёфтаи Бергаланффи ($\beta = 0,02$), 4-Пюттер, 5-иктибосии Бричес, 6-такмилёфтаи Бричес

Дар қадами навбатии таҳқиқот мо барои пешгунии раванди афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон бо истифода аз усули таҳлили қиёсӣ хусусиятҳои биологӣ ва имконоти визуалии қачхаттаҳои амсилаҳои баррасишудаи ҳаттӣ, дараҷавӣ ($r = 0,5$; $r = 2$), экспоненсиалӣ, логистикӣ, s-шакли якуми Бергаланффи, Пюттер ва Бричесро арзёбӣ намуда, амсилаи математикии оптималро муайян кардем. Барои мувофиқат ва мутобиқати биологӣ амсилаҳоро ба таври визуалӣ арзёбӣ кардан, мо қачхаттаҳои онҳоро дар як муҳити графикӣ (расми 3.3) муттаҳид сохтем.

Аз расм аён аст, ки дар байни 8 қачхатта қачхаттаи амсилаи Пюттер хусусияти ташаккул ва рушди вазни зиндаи парандаҳоро аз ҳама беҳтар тасвир мекунад. Он s-шакли мураббаъ аст. Тибқи иттилооти графикӣ афзоиши вазни амсилаи мурғи марҷон $M(t)$ дар зинаҳои гуногуни марҳилаи парвариш $1 \leq t \leq 410$ маълумоти таҷрибавии мавҷударо дуруст муаррифӣ мекунад: оғози суғҳ $\rightarrow$ афзоиши шадид $\rightarrow$ наздикшавии тадриҷӣ ба M_{max} . Графики функсияи амсила нисбат ба нуқтаи қатъшавиаш ғайри симметрӣ ҷойгир аст, ки ба динамикаи афзоиши воқеии вазни мурғи марҷон хеле мувофиқ мебошад. Параметрҳои амсила маънои дурусти физиологӣ доранд. Бинобар ин ва бо сабаби мувофиқати беҳтарини визуалӣ ва биологӣ, амсилаи Пюттер амсилаи оптималии масъалаҳои таҳқиқотӣ қабул шуд.

Баҳисобгирии омилҳои таъсиррасони табию иқлимӣ дар амсилаи оптималии компютерӣ сикли пурраи ҳаёти мурғи марҷон дар **боби чоруми диссертатсия** баррасӣ ва таҳлил ёфтааст. Барои муайян кардани синфи тақсмотии беҳтарин байни вазнҳои зиндаи индивидҳои синфҳои тақсмотии популятсияҳои мурғони марҷони зоти сафеди синапахн (СС) ва навъи маҳаллӣ (НМ) таҳлили қиёсӣ гузаронида шудааст. Талилҳо ошкор сохтанд, ки бо сабаби асимптотаҳои баландтари вазнӣ доштани индивидҳои синфҳои тақсмотии популятсияи мурғи марҷони навъи маҳаллӣ, онҳо дар интиҳои марҳилаи парвариш нисбат

ба синфҳои тақсимоии индивидҳои популятсияи мурғи марҷони зоти сафеди синапахн нишондиҳандаҳои баландтар нишон доданд. Аз ин рӯ, синфи тақсимоии M^+ зоти мазкур барои пешбурди корҳои селекционӣ пешниҳод шудааст (ҷадвали 4.1).



Расми 3.3. Қиёси визуалии қачхатҳои амсилаҳои математикии баррасишуда оид ба таҳқиқоти таҳлилии афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон

Таҳлилҳои графикӣ ва формулавии боби мазкур нишон доданд, ки раванди афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон ба нишондиҳандаҳои оптималии оби ошомиданӣ, ҳарорат, рӯшноӣ ва намнокии ҳавои дохили бинои мурғхона алоқамандии мустақим дорад. Ташкил ва нигоҳ доштани сатҳи оптималии ин омилҳои таъсиррасон дар дохили биноҳои мурғхона бисёр муҳим доништа шудааст.

Тибқи натиҷаҳои амсилавӣ дар фосилаи рӯзҳои 1-120-уми марҳилаи парвариш саҳви нисбии миёнаи ҳисоббарориҳо аз 3-5% камтар аст, зеро дар ин фосила функцияҳои истеъмолии ғизо ва об бисёр ғаёлона амал кардаанд. Ғаёлии ин функцияҳо боиси бо суръати баланд афзоиш ёфтани вазни зиндаи мурғони марҷон гардидааст. Суръати максималии афзоиши вазн дар байни рӯзҳои 80-120-ум ба амал омадааст.

Ҷадвали 4.1. Қимати параметрҳои амсилаи Пюттер барои таҳқиқи биомассаи мурғи марҷон

Мурғи марҷон	Синфи тақсимоӣ	Вазни зинда, кг				Параметр		
		$M(t_1)$	$M(t_{120})$	$M(t_{210})$	$M(t_{410})$	η	γ	ρ
Зоти сафеди синапахн	M^-	0,05783	3,91	8,91	8,91	0,0068	0,68	3,21
	M^0	0,05820	4,29	8,98	8,98	0,0068	0,00	3,21
	M^+	0,05857	4,67	9,05	9,05	0,0068	0,66	3,21
Навъи маҳаллӣ	M^-	0,05370	3,67	8,57	9,08	0,0068	0,50	3,21
	M^0	0,05410	3,91	8,65	9,17	0,0068	0,00	3,21
	M^+	0,05450	4,15	8,73	9,26	0,0068	0,48	3,21

Эзоҳ: M^- – аз вазни миёна поён; M^0 – дар сатҳи вазни миёнаи зинда; M^+ – аз вазни миёна боло.

Бинобар ин, давраи мазкур барои нигоҳубини оптималии паранда давраи муҳимтарин ҳисоб карда шудааст. Саҳви максималӣ ба рӯзи 56-уми парвариш рост омадааст (~4,5%), ки ин барои амсилаҳои навъи биологии СМДО натиҷаи хеле олӣ ба ҳисоб меравад. Дар рӯзҳои 121-410-уми марҳилаи парвариш вазни зиндаи амсилавӣ ба вазни максималии ҷадвалӣ наздик шудааст, ки ин аз дурустии кори амсила далолат медиҳад.

Аз ҷиҳати биологӣ маънидод кардани қимати параметрҳои амсилаи Пюттер: фарқияти байни вазнҳои зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимоии популятсияи мурғи марҷони зоти сафеди синапахн M^0, M^-, M^+ танҳо дар қиматҳои ҳадди максималии массаи биологӣ онҳо (асимптотаҳо) $M_{max}^0 = 8,98$; $M_{max}^- = 8,91$; $M_{max}^+ = 9,05$ ва дар қиматҳои параметри γ – лағжиши минималии вақтӣ ($\gamma^0 = 0$; $\gamma^- = 0,68$; $\gamma^+ = 0,66$) мушоҳида мешаваду бас. Азбаски шакли қачхатгаи амсилаи Пюттер, дар ин маврид, барои ҳар се синфи тақсимоӣ яхела аст, пас механизми афзоиши вазни зиндаи ин синфҳои тақсимоӣ низ ($\eta = 0,0068$; $p = 3,21$) яхела мешаванд. Яъне, синфҳои тақсимоии M^- ва M^+ аз синфи тақсимоии M^0 танҳо бо имконоти потенциалӣ ва массаи ибтидоии индивидҳои худ фарқ мекунанд [$M^0(t_0) = 0,0582$; $M^-(t_0) = 0,05783$; $M^+(t_0) = 0,05857$], на бо имконоти кинетикишон [2-М; 4-М].

Фарқияти байни қиматҳои аввалаи вазнҳои зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимоии мурғи марҷони зоти сафеди синапахн [$M^0(t_0), M^-(t_0), M^+(t_0)$]-ро дар муайянкунии қимати параметри лағжиши вақтӣ γ истифода мебарем. Яъне, қимати параметри γ аз рӯи шарт

$$M(t_0) = M_{max} \cdot (1 - \exp[-\eta(t_0 + \gamma)^p])$$

муайян карда мешавад:

$$[\eta(t_0 + \gamma)]^p = -\ln \left[1 - \frac{M(t_0)}{M_{max}} \right], \gamma = \frac{1}{\eta} \left[-\ln \left(1 - \frac{M(t_0)}{M_{max}} \right) \right]^{\frac{1}{p}} - t_0.$$

Барои синфи тақсимоии M^- :

$$\frac{M^-(t_0)}{M_{max}^-} = \frac{0,05783}{8,91} = 0,00649; \quad -\ln(1 - 0,00649) = 0,00651;$$

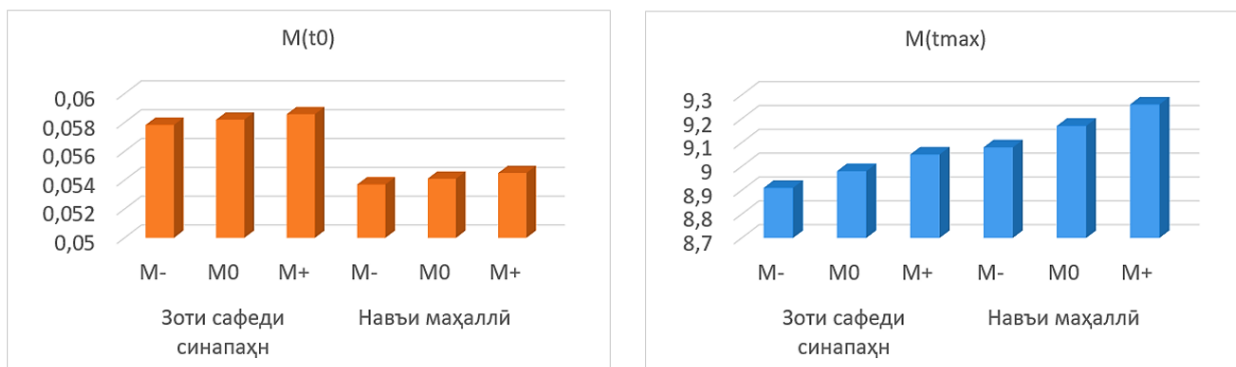
$$\gamma^- = \frac{0,00651^{\frac{1}{3,21}}}{0,0068} - 1 \approx 0,68.$$

Барои синфи тақсимоии M^+ :

$$\frac{M^+(t_0)}{M_{max}^+} = \frac{0,05857}{9,05} = 0,00647; \quad -\ln(1 - 0,00647) = 0,00649;$$

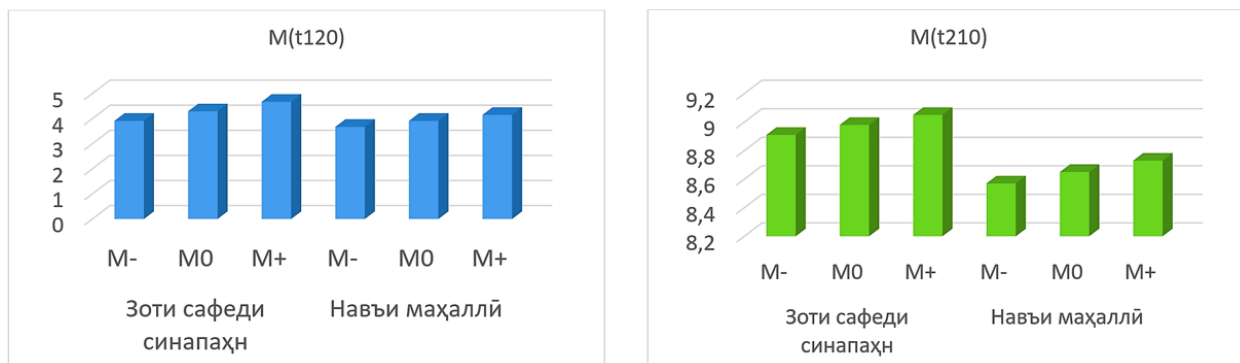
$$\gamma^+ = \frac{0,00649^{\frac{1}{3,21}}}{0,0068} - 1 \approx 0,66.$$

Қиматҳои мувофиқи параметрҳои амсилаи Пюттер барои вазнҳои ибтидоӣ $M^0(t_0) = 0,0541$; $M^-(t_0) = 0,0537$; $M^+(t_0) = 0,0545$ ва интиҳои индивидҳои синфҳои тақсимоии популятсияи мурғи марҷони навъи маҳаллӣ $M_{max}^0 = 9,17$; $M_{max}^- = 9,08$; $M_{max}^+ = 9,26$ айнан аз рӯи алгоритми ҳисобкунии қимати ҳамин параметрҳо барои мурғи марҷони зоти сафеди синапахн ба роҳ монда шудааст. Дар расми 4.1 диаграммаи вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимоии ҳарду навъи мурғи марҷон (κ_2) дар ибтидо ва интиҳои марҳилаи парвариш муаррифӣ гардидааст.



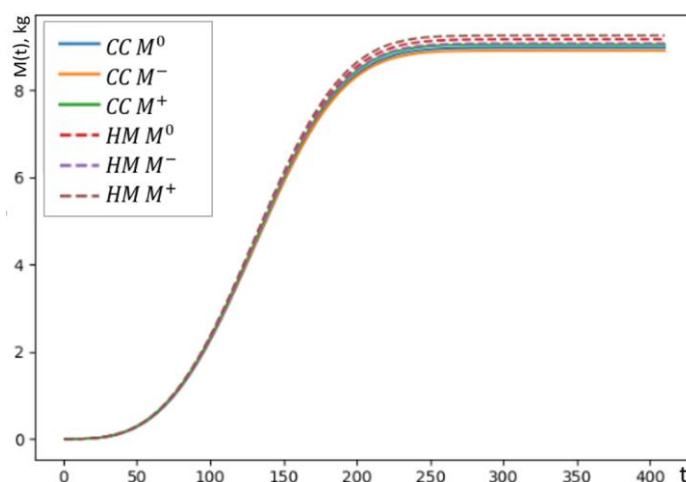
Расми 4.1. Диаграммаи вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимоии ҳарду навъи мурғи марҷон (κ_2): аз чап, дар ибтидо; аз рост, дар интиҳои марҳилаи парвариш

Дар расми 4.2 бошад, хамин гуна диаграмма барои қиёси вазнҳои зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимоии мурғони марҷони зоти сафеди синапахн ва навъи маҳаллӣ ($кг$) пеш аз забҳи онҳо (дар синни 120-рӯзагӣ) ва дар мобайни марҳилаи парвариш (дар синни 210-рӯзагӣ) рӯнамоӣ шудааст.



Расми 4.2. Диаграммаи вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимоии ҳарду навъи мурғи марҷон ($кг$): аз чап, пеш аз забҳ (синни 120-рӯзагӣ); аз рост, дар мобайни марҳилаи парвариш (синни 210-рӯзагӣ)

Байни зотҳои мурғи марҷон ва синфҳои тақсимоии онҳо баъзе фарқиятҳо вобаста ба қиматҳои асимптотикӣ (M_{max}) ба қайд гирифта шудаанд: қиматҳои асимптотикии мурғи марҷони зоти сафеди синапахн нисбат ба қиматҳои асимптотикии популятсияи мурғи марҷони навъи маҳаллӣ пасттаранд. Тафовутҳои тақрибан шабеҳи ҳамдигари байни ин ду зоти мурғи марҷон нисбат ба қиматҳои параметри γ (параметри лағжиши вақтии амсила) низ ба қайд гирифта шудаанд. Тафовутҳои мазкури динамикии афзоиши вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимоии зотҳои таҳқиқотии мурғи марҷонро дар тасвири графikiи расми 4.3 мушоҳида кардан мумкин аст.



Расми 4.3. Качхаттаҳои қиёсии динамикаи афзоиши вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимоии мурғони марҷони зотҳои CC ва HM

Аз тарҳи визуалии качхаттаҳои қиёсии амсилаи математикии Пюттер возеҳ дида мешавад, ки шакли ҳамаи онҳо (6-то) ба ҳамдигар монанд мебошанд. Азбаски қимати параметрҳои η ва p барои ҳар се синфи тақсимоии зотҳои таҳқиқотии мурғи марҷон яхелаанд, графики онҳо низ, мувофиқан, яхелаи s-шакли классикӣ буда, дорои фазаҳои барҷастаи афзоиши суръатнок ($\approx 80-180$ шабонарӯз) мебошанд ва тақрибан пас аз 230-260 шабонарӯз ба ҳадди максималии вазни зиндаи худ $M_{max} = M_{\infty}$ наздик мешаванд.

Тамоюли афзоиши дохилии вазни зинда дар байни индивидҳои синфҳои тақсимоии ҳар ду зоти мурғи марҷон барои M^- ҳамеша суст, барои M^0 – миёна ва барои M^+ – зуд мебошад. Қиёси качхаттаҳои вазни зотҳои таҳқиқотӣ нишон дод, ки гарчанде зоти HM нисбат CC дар марҳилаҳои гуногуни парвариш нишондиҳандаҳои пасттарро нишон дода

бошад ҳам, дар марҳилаҳои пас аз мобайнӣ ва ниҳии парвариш онҳо, баръакс, каме боло рафтаанд: $M_{\text{HM}}^0(t_{120}) = 3,91\text{кг} \rightarrow M_{\text{HM}}^0(t_{210}) = 8,65\text{кг} \rightarrow M_{\text{HM}}^0(t_{410}) = 9,17\text{ кг}$. Вазни зиндаи мурғи марҷони зоти СС дар интиҳои парвариш дар сатҳи вазни марҳилаи қаблии мобайнӣ боқӣ мондааст: $M_{\text{CC}}^0(t_{120}) = 4,29\text{ кг} \rightarrow M_{\text{CC}}^0(t_{210}) = 8,98\text{ кг} \rightarrow M_{\text{CC}}^0(t_{410}) = 8,98\text{ кг}$.

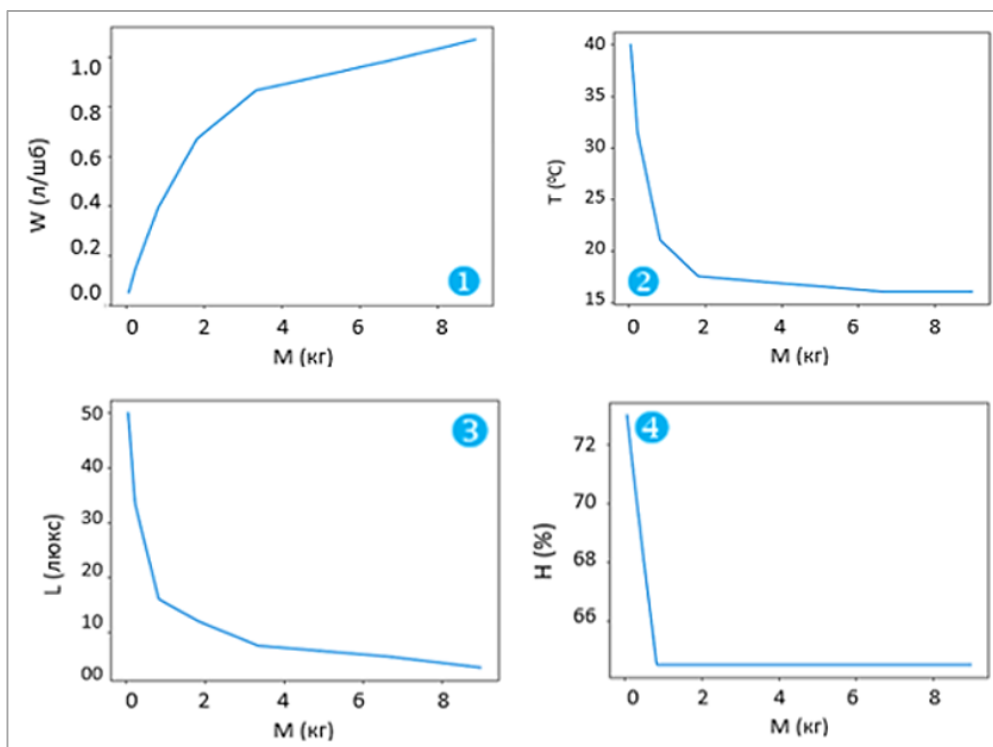
Дар асоси динамикаи вазни зиндаи индивиди синфи тақсимоти модалии мурғи марҷони зоти СС ($M(t), \text{кг}$) барои марҳилаҳои гуногуни вақти парвариш, вобастагҳои таъсири омилҳои муҳити зист (ҳарорат – $T(M(t)), ^\circ\text{C}$; намнокӣ – $H(M(t)), \%$; рӯшноӣ – $L(M(t)), \text{люкс}$) ва оби нӯшокӣ – $W(M(t)) (\text{л/шб})$ $t \in [t_0; t_{410}]$ аз вазни зиндаи индивид бо истифода аз Python дар шакли графикӣ муайян карда шудаанд (расми 4.4).

Мувофиқан ба шакли қачхатҳо функсияҳои қисман хаттӣ ва ифодаҳои математикии бефосилаи аппроксиматсионӣ сохта шудаанд, ки вобастагии омилҳои мазкурро аз вазни зиндаи мурғи марҷон ифода менамоянд. Инчунин, аз рӯйи қиматҳои миёнаи маълумоти таҷрибавии марҳилаҳои парвариш амсилаи регрессияи мултихаттии маҷмуии вазни зиндаи индивиди мурғ $M(W, T, H, L)$ дар робита ба таъсири омилҳои экотехнологӣ сохта шудааст:

$$M(W, T, H, L) = \beta_0 + \beta_1 W + \beta_2 T + \beta_3 H + \beta_4 L.$$

Амсилаи мазкур вобастагии баръакси байни омилҳои таъсиррасони экотехнологии об, ҳарорат, намӣ, рӯшноӣ ва вазни зиндаи индивиди мурғи марҷонро муайян мекунад, яъне он ба саволи «Чӣ гуна омилҳои мазкур ба ташаккулёбии вазни зидаи индивид таъсир мерасонанд?» ҷавоб пешниҳод мекунад. Бо истифода аз усули квадратҳои хурдтарин қиматҳои тақрибии коэффитсиентҳои амсилаи регрессионӣ ёфта шудаанд:

$$M(W, T, H, L) \approx 15,6 + 12,45 \cdot W - 0,28 \cdot T - 0,15 \cdot H - 0,08 \cdot L.$$

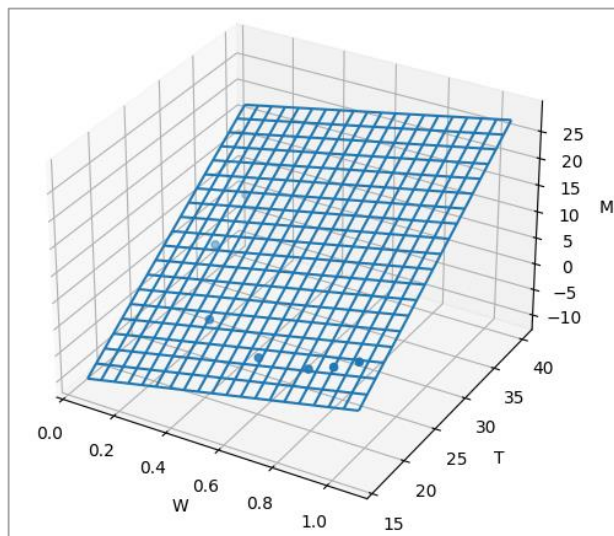


Расми 4.4. Графикҳои вобастагии омилҳои экотехнологӣ аз вазни зиндаи индивиди мурғи марҷон: 1-оби нӯшокӣ, 2-ҳарорат, 3-рӯшноӣ, 4-намнокӣ

Дар расми 4.5 тасвири 3D-графики амсилаи регрессияи мултихаттӣ бо назардошти таъсири омилҳои экотехнологӣ (дар ҳамвории регрессия) барои қиматҳои миёнаи омилҳои таъсиррасони намнокӣ H ва рӯшноӣ L сохта шудааст.

Аз таҳлили иттилооти графикии расми 4.5 маълум мешавад, ки омили асосии ба афзоиши вазни зиндаи индивиди мурғи марҷон таъсиркунанда ин омили экотехнологии об

W аст. Ҳарорати ҳавои дохили бинои мурғпарварӣ T низ яке аз омилҳои марказии ба афзоиши вазни зиндаи индивид таъсиркунанда ба ҳисоб меравад. Таҳлил нишон медиҳад, ки вазни зиндаи максималӣ ($M \approx 9$ кг) дар ҳароратҳои нисбатан паст ($16-17^\circ\text{C}$) ба даст оварда мешавад.



Расми 4.5. 3D-графики амсилаи регрессияи мултихаттӣ вобаста ба омилҳои экотехнологӣ

Дар баробари ин, азбаски вобастагҳои омилҳои таъсиррасони табиӣ аз вазни зинда ($M(t)$), маъмулан, бештар характери экспоненсиалӣ ё логарифмӣ доранд, бинобар ин, дар сохтани ифодаҳои дақиқтари математикӣ мо аз усули регрессияи ғайрихаттӣ низ истифода бурдем (ҷадвали 4.2).

Ҷадвали 4.2. Функсияҳои таъсиррасони таркибии амсилаи математикӣ (СМДО)

Омил	Зоти СС	Зоти NM
Ғизо (U)	$-0,0028M_{CC}^2 + 0,064M_{CC} + 0,015$	$-0,0031M_{NM}^2 + 0,062M_{NM} + 0,012$
Об (W)	$0,05 + 0,21 \cdot \ln(M_{CC} + 1)$	$0,15 + 0,12 \cdot M_{NM}$
Ҳарорат (T)	$16 + 24 \cdot e^{-0,85M_{CC}}$	$16 + 24 \cdot e^{-0,85M_{NM}}$
Намнокӣ (H)	$0,72 \cdot e^{-0,015M_{CC}}$	$0,72 \cdot e^{-0,015M_{NM}}$
Рӯшноӣ (L)	$2 + 48 \cdot e^{-1,2M_{CC}}$	$2 + 50 \cdot e^{-0,4M_{NM}}$
Солимонӣ (ω)	M_{CC}/M_{maxCC}	M_{NM}/M_{maxNM}

Бо истифода аз шартҳои аввала ва усули адабии Рунге-Куттаи тартиби чор (RK4) бо қадами автоматӣ, дар шакли системаи ду муодилаи одии дифференсиалии ғайрихаттӣ амсилаи математикии умумии ҳисобкунии суръати афзоиши вазни зинда, дар мисоли индивидҳои синфҳои тақсмотии модалии мурғони марҷони зотҳои сафеди синапахн (СС) ва навъи маҳаллӣ (NM), таҳия гардидааст [2-М].

Ҳисобкунии раванди афзоиши вазни зиндаи индивидҳои зотҳои M_{CC} ва M_{NM} дар фосилаи вақти парвариш $1 \leq t \leq 410$ бо назардошти таъсири омилҳои табиӣ (T, H, L), функсияи боздории биологӣ (сушттавии ангиизиш бофтаҳои организм) $[1 - \omega(M(t))]$, функсияҳои идоракунии равандҳои ғизодихӣ ва обдихӣ мурғи марҷон дар робита ба вазни зиндашон $U(M(t))$ ва $W(M(t))$ дар асоси усули RK4 ва функсияи эмпирикии Пюттер ба роҳ монда шудааст [1-М-5-М]:

1. Системаи муодилаҳои дифференсиалӣ:

$$\begin{cases} \frac{dM_{CC}}{dt} = k_{CC} \cdot M_{CC}(t) \cdot U(M_{CC}) \cdot W(M_{CC}) \cdot \Phi_{CC}(T, H, L) \cdot [1 - \omega(M_{CC})] \\ \frac{dM_{NM}}{dt} = k_{NM} \cdot M_{NM}(t) \cdot U(M_{NM}) \cdot W(M_{NM}) \cdot \Phi_{NM}(T, H, L) \cdot [1 - \omega(M_{NM})]. \end{cases}$$

Дар ин ҷо $\Phi_{CC}(T, H, L)$ ва $\Phi_{NM}(T, H, L)$ функсияҳои маҷмуии омилҳои таъсирасони табиӣ, мувофиқан, барои рушди мурғони марҷони зотҳои CC ва NM мебошанд:

$$\Phi_{CC}(T, H, L) = \frac{T(M_{CC})}{T_{max}} \cdot \frac{H(M_{CC})}{H_{max}} \cdot \frac{L(M_{CC})}{L_{max}},$$

$$\Phi_{NM}(T, H, L) = \frac{T(M_{NM})}{T_{max}} \cdot \frac{H(M_{NM})}{H_{max}} \cdot \frac{L(M_{NM})}{L_{max}}.$$

Қиматҳои $T_{max} = 40$, $H_{max} = 0,73$, $L_{max} = 50$ барои меъёрбандии (муътадилгардонии) қиматҳои коэффитсиентҳо истифода мешаванд.

2. *Шартҳои аввала.* Тибқи маълумоти чадвали шартҳои аввалаи марбут ба вазнҳои зиндаи мурғони марҷони зотҳои CC ва NM, ки барои ҳалли СМДО дар фосилаи вақти парвариши $t \in [1; 410]$ истифода мешаванд, чунинанд: $M_{CC}(1) = 0,0582$ кг, $M_{NM}(1) = 0,0541$ кг.

3. *Коэффитсиентҳои суръат ва ҳудудҳои афзоиш:* $k_{CC} = 19,4$; $k_{NM} = 21,2$; $M_{maxCC} = 9,0$; $M_{maxNM} = 9,2$

4. *Функсияҳои таркибии амсила (СМДО)* (нигар ба чадвали 4.2).

Тамоми ҳисоббарориҳои амсилаи (СМДО) дар асоси маълумоти таҷрибавии биологӣ ва функсияҳои эмпирикии пешниҳодшуда бо усули Рунге-Куттаи тартиби чор (RK4) дар забони барномасозии объектгарои Python анҷом дода шудаанд:

Рамзҳои барномавии амсилаи математикӣ дар Python

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
import numpy as np
```

```
import pandas as pd
```

```
# Коэффитсиентҳо
```

```
K_CC, K_NM = 15.322, 29.513
```

```
M_MAX_CC, M_MAX_NM = 9.0, 9.2
```

```
# 1. Муайянкунии функсияҳои ёрирасон барои зоти CC
```

```
def CC_factors(M):
```

```
    U = -0.0028 * M**2 + 0.064 * M + 0.015
```

```
    W = 0.2761 + 0.1788 * np.log(M + 1)
```

```
    T = 16 + 24 * np.exp(-0.85 * M)
```

```
    H = 0.72 * np.exp(-0.015 * M)
```

```
    L = 2 + 48 * np.exp(-2.3192 * M)
```

```
    omega = M / M_MAX_CC
```

```
    return U, W, T, H, L, omega
```

```
# 2. Муайянкунии функсияҳои ёрирасон барои зоти NM
```

```
def NM_factors(M):
```

```
    U = -0.0031 * M**2 + 0.062 * M + 0.012
```

```
    W = 0.1924 + 0.1058 * np.log(M + 1)
```

```
    T = 16 + 24 * np.exp(-0.85 * M)
```

```
    H = 0.72 * np.exp(-0.015 * M)
```

```
    L = 2 + 50 * np.exp(-2.9665 * M)
```

```
    omega = M / M_MAX_NM
```

```
    return U, W, T, H, L, omega
```

```
# 3. Системаи муодилаҳои дифференциалӣ
```

```
def f(t, M_vec):
```

```
    M_cc, M_nm = M_vec
```

```
# Омилҳои таъсиррасон
```

```
    U_cc, W_cc, T_cc, H_cc, L_cc, om_cc = CC_factors(M_cc)
```

```
    U_nm, W_nm, T_nm, H_nm, L_nm, om_nm = NM_factors(M_nm)
```

```
# Суръати афзоиш (амсилаи мантиқии мултипликативӣ)
```

```

    dMcc_dt = K_CC * M_cc * U_cc * W_cc * (T_cc/40) * (H_cc/0.73) * (L_cc/50) * (1 -
om_cc)
    dMnm_dt = K_NM * M_nm * U_nm * W_nm * (T_nm/40) * (H_nm/0.73) * (L_nm/52)
    * (1 - om_nm)
    return np.array([dMcc_dt, dMnm_dt])
# Ҳалли система бо усули RK4 (аз 1 то 410 рӯз)
t_start, t_end, h = 1, 410, 1
steps = t_end - t_start
t_values = np.linspace(t_start, t_end, steps + 1)
M_results = np.zeros((steps + 1, 2))
M_results[0] = [0.0582, 0.0541] # Шартҳои аввала
for i in range(steps):
    ti = t_values[i]
    Mi = M_results[i]
    k1 = h * f(ti, Mi)
    k2 = h * f(ti + h/2, Mi + k1/2)
    k3 = h * f(ti + h/2, Mi + k2/2)
    k4 = h * f(ti + h, Mi + k3)
    M_results[i+1] = Mi + (k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4) / 6
print(f"Вазн дар рӯзи 410: CC = {M_results[-1,0]:.2f} кг, NM = {M_results[-1,1]:.2f} кг\n")
# Маълумоти назоратии чадвалӣ
days_idx = [1, 28, 56, 84, 120, 210, 410]
real_cc = [0.0582, 0.4004, 1.251, 2.388, 4.290, 8.980, 8.982]
real_nm = [0.0541, 0.3948, 1.145, 2.024, 3.91, 8.65, 9.17]
comparison_table = []
for i, day in enumerate(days_idx):
    idx = np.searchsorted(t_values, day)
    m_cc_calc = M_results[idx, 0]
    m_nm_calc = M_results[idx, 1]
    err_cc = abs(real_cc[i] - m_cc_calc) / real_cc[i] * 100 if real_cc[i] != 0 else
float('nan')
    err_nm = abs(real_nm[i] - m_nm_calc) / real_nm[i] * 100 if real_nm[i] != 0 else float('nan')
    comparison_table.append({
        "Рӯз": day,
        "CC_Воқеӣ": real_cc[i], "CC_Амсилави": round(m_cc_calc, 4),
        "Саҳв_CC%": round(err_cc, 2),
        "NM_Воқеӣ": real_nm[i], "NM_Амсилави": round(m_nm_calc, 4),
        "Саҳв_NM%": round(err_nm, 2)
    })
df_final = pd.DataFrame(comparison_table)
print(df_final.to_string(index=False))
# Танзими график
plt.style.use('seaborn-v0_8-whitegrid')
plt.figure(figsize=(12, 7))
# 1. Графики зоти CC
plt.plot(t_values, M_results[:, 0], label='CC-амсилави', color='blue', linewidth=2)
plt.scatter(days_idx, real_cc, color='darkblue', marker='o', s=80, label='CC-воқеӣ')
# 2. Графики зоти NM
plt.plot(t_values, M_results[:, 1], label='NM-амсилави', color='red', linewidth=2)
plt.scatter(days_idx, real_nm, color='darkred', marker='s', s=60, label='NM-воқеӣ')
plt.title('Динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон (Амсилави vs Воқеӣ)',
        fontsize=14, fontweight='bold')

```

```

plt.xlabel('Рӯзҳои парвариш (t)', fontsize=12)
plt.ylabel('Вазни зинда (кг)', fontsize=12)
plt.legend(loc='upper left', fontsize=11)
plt.grid(True, linestyle='--', alpha=0.7)
plt.text(250, 4, f'k_CC = {K_CC}\nk_NM = {K_NM}\nMAPE < 5%',
bbox=dict(facecolor='white', alpha=0.8), fontsize=12)
plt.tight_layout()
plt.show()

```

Шарҳи технологияи раванди амсиласозии математикӣ:

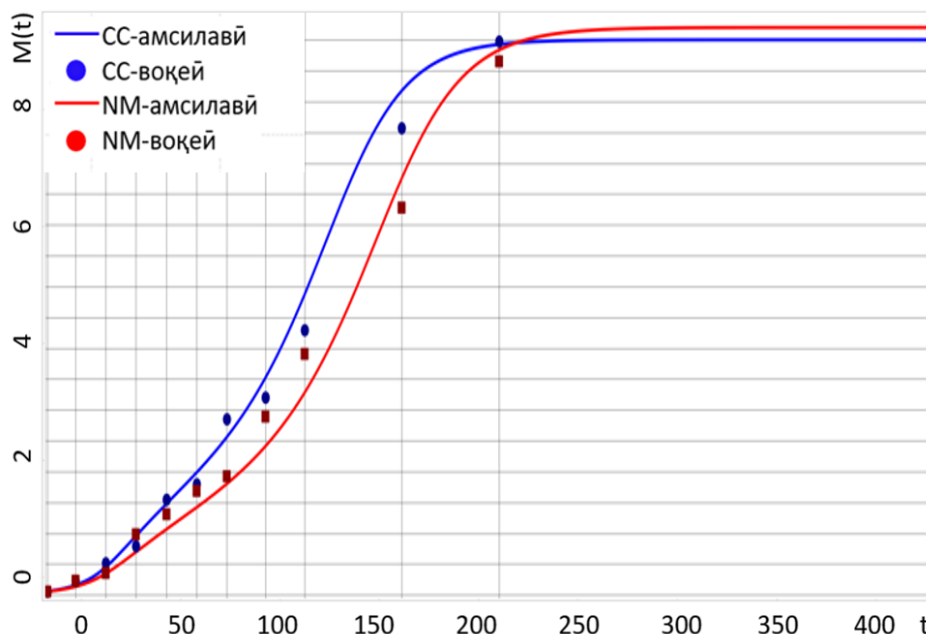
Функсияҳои таъсиррасони U , W , T , H , L . Ин функсияҳо дар барномаи Python ҳамчун модулҳои алоҳида ба қайд гирифта шудаанд. Онҳо дар ҳар як қадами интегралӣ (ҳар рӯз), вобаста ба вазни ҷорӣ паранда (M), соҳиби қиматҳои нав мегарданд.

Муътадилгардони омилҳои таъсиррасон. «Дар муодилаҳои дифференсиалӣ функсияҳои таъсиррасони иқлимӣ (ҳарорат T , намнокӣ H ва рӯшноӣ L), мувофиқан, ба қиматҳои максималии худ (40^0C , $0,73\%$ ва 50 люкс) тақсим карда шудаанд. Зарурати иҷрои амали мазкур ба он рабт дорад, ки онҳо ҳамчун коэффитсиентҳои беченака (аз 0 то 1) ба суръати афзоиши вазни зинда таъсир расонанд» [10].

Муқоисаи вазнгирии зотҳо. «Амсилаи математикӣ муайян мекунад, ки чӣ тавр фарқияти байни функсияҳои истеъмоли ғизо ва об (U , W)-и зотҳои CC ва NM метавонад ба вазни ниҳонии онҳо таъсир расонанд» [10].

Устувориҳои RK4. Истифодаи қадами $h=1$ (як рӯз) дар усули Рунге-Куттаи тартиби чор дақиқии кофиро барои 410 рӯзи марҳилаи парвариш таъмин месозад. Он имкон медиҳад, ки қачхатҳои афзоиши вазни зиндаи зотҳои таҳқиқоти мурғи марҷон ба маълумоти додашудаи ҷадвалӣ [2-M; 4-M] наздик кунонида шаванд.

Дар расми 4.6 қачхатҳои амсилавии вазни зиндаи индивидҳои мурғони марҷони зотҳои CC ва NM ва қиёси онҳо бо маълумоти таҷрибавӣ инъикос ёфтаанд.



Расми 4.6. Қачхатҳои амсилавии вазни зиндаи индивидҳои мурғони марҷони зотҳои CC ва NM ва қиёси онҳо бо маълумоти таҷрибавӣ (кг)

Графикҳои ҳосилшуда динамикаи афзоиши вазни зиндаи амсилавӣ ва воқеиро дар фосилаи умумии вақти парвариш $1 \leq t \leq 410$ барои ҳар ду зоти мурғи марҷон инъикос мекунад. Аз иттилооти графикӣ баръало дида мешавад, ки тамоюли вазнафзункунӣ характери логистикӣ дошта, дар рӯзи 410-ум вазни зиндаи индивиди зоти CC $\approx 9,00$ кг ва зоти NM $\approx 9,20$ кг аст, ки бо маълумоти таҷрибавӣ [2-M] пурра мувофиқат мекунад.

Дар асоси натиҷаҳои графیکی бадастомада хулосаҳои зеринро пешниҳод кардан мумкин аст:

а) Шакли қачхаттаҳо шаҳодат медиҳанд, ки афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон тамоюли s-шакл дошта, ба афзоиши логистикӣ наздик мебошад: дар марҳилаҳои аввали парвариш (то рӯзи 150-ум) афзоиши вазн суръатнок аст, сипас, бо сабаби таъсири функсияи камолот (ω), суръати афзоиши вазн суст шуда, ба асимптотай M_{max} наздик мешавад.

б) Суръати максималии афзоиши вазни зинда дар байни рӯзҳои 80-120-ум ба амал меояд. Давраи мазкур барои нигоҳубини оптималии паранда давраи муҳимтарин ба ҳисоб меравад.

с) Бархурди қачхаттаҳои амсилави бо нуқтаҳои таҷрибавӣ дар тамоми фосилаи вақти парвариши $1 \leq t \leq 410$ собит месозанд, ки қимати параметрҳои k_{CC}, k_{NM} ва намуни функсияҳои $(1 - \omega_{CC}) = [1 - M_{CC}/M_{maxCC}]$, $(1 - \omega_{NM}) = [1 - M_{NM}/M_{maxNM}]$ барои тасвири хусусиятҳои биологӣ зотҳои мурғи марҷон дуруст интихоб шудаанд.

Таҳлили иқтисодӣ ва биологӣ натиҷаҳои компютерӣ. Акнун дар асоси натиҷаҳои амсилави ҳосилшуда роҷеъ ба нишондиҳандаҳои афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон $M(t)$, таносуби самаранокии ғизодиҳиро барои марҳилаҳои гуногуни парвариш ҳисоб карда, муайян месозем, ки кадом марҳилаи парвариш аз ҷиҳати иқтисодӣ ғоиданоктар аст.

«Барои ҳисоб кардани қимати функсияи самаранокии ғизодиҳӣ $FSR(t)$ мо миқдори умумии ғизои аз рӯзи 1-ум то рӯзи t -юм истеъмолшударо ба вазни зиндаи дар ҳар як марҳилаи парвариш ҳосилшуда тақсим мекунем:

$$FSR(t) = \frac{\int_1^t U(M(\tau))d\tau}{M(t) - M(1)}.$$

Ҳамин тариқ, дар заминаи натиҷаҳои амсилави бадастомада, қимати функсияҳои $U(M_{CC})$ ва $U(M_{NM})$, таъсири омилҳои табиӣ (W, T, H, L) ва таносуби суръати афзоиши вазни зинда барои зотҳои CC ва NM нишондиҳандаи $FSR(t)$ (Feed Support Ratio – коэффитсиенти таъминоти ғизоӣ) ҳисоб карда шудааст ва барои марҳилаҳои гуногуни парвариш самаранокии иқтисодӣ арзёбӣ гардидааст. Инчунин, барои рӯзи 450-уми берун аз марҳилаи парвариш дараҷаи вазнгирии минбаъдаи мурғи марҷон пешгӯӣ карда шудааст (ҷадвали 4.3)» [10; 8-M].

Ҷадвали 4.3. Ҳисобкунии нишондиҳандаи $FSR(t)$ барои зотҳои CC ва NM дар асоси натиҷаҳои амсилави

Марҳила, рӯзҳо	$FSR_{CC}(t)$, кг ғизо/ кг вазн	$FSR_{NM}(t)$, кг ғизо/ кг вазн	Самаранокии иқтисодӣ
1-28	1,15-1,25	1,10-1,18	Баланд: Зоти NM дар марҳилаи аввал ғизоро беҳтар истифода мебарад
29-84	1,85-2,10	1,95-2,25	Миёна: Зоти CC аз ҷиҳати суръати афзоиши вазн бартарӣ пайдо мекунад
85-120	2,60-2,90	2,80-3,10	Қаноатбахш: Суръати афзоиши вазни CC хароҷоти ғизоро ҷуброн мекунад
121-210	3,40-3,80	3,65-4,05	Пастшаванда: Хароҷоти ғизо барои нигоҳдории вазни зинда зиёд мешавад
211-410	4,50-5,20	4,80-5,60	Бетаъсир: Афзоиши вазни зинда қариб қатъ мегардад (ба плато наздик мешавад)
450 (Пешдид)	5,80+	6,20+	Ғайрииқтисодӣ: Хароҷоти ғизо аз ғоидаи вазнгирий бештар мешавад

Миқдори индивидҳои синфҳои тақсимишуда барои ҳар як марҳилаи парвариши ҳар як зоти мурғи марҷон ба ҳисоб гирифта, вазни зиндаи умумии онҳоро барои хоҷагии парандапарварӣ ба осонӣ ҳисоб кардан мумкин аст:

$$B_{kij}(t) = N_{kij}(t) \cdot M_{kij}(t), k = 1,2; i = 1,2,3,4,5,6; j = 1,2,3,$$

$$B_{all} = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 B_{kij}(t),$$

ки дар ин ҷо бо ёрии $M_{kij}(t)$ вазни зиндаи индивиди синфи тақсимотии j -юм дар марҳилаи парвариши i -юм барои зоти k -уми мурғи марҷон дар лаҳзаи вақти t ишорат шудааст. Бо ёрии $N_{kij}(t)$ ва $B_{kij}(t)$, мувофиқан, миқдори умумии индивидҳо ва вазни зиндаи умумии онҳо барои ҳар як зот ва синфи тақсимотӣ ишорат карда шудаанд. Ишораи B_{all} бошад, вазни зиндаи умумии мурғони марҷони тамоми хоҷагии парандапарвариро ифода менамояд [2-М].

ХУЛОСАҲО

1. Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия

Таҳқиқи ҳаёту фаъолияти индивидҳои синфҳои тақсимотии популятсияҳои мурғони марҷони зоти сафеди синапахн ва навъи маҳаллии дар шароити иқлимӣ хоҷагиҳои парандапарварии Тоҷикистон парваришбанда яке аз масъалаҳои мубрами муосир ба ҳисоб рафта, дар ҳолати илман муайян кардан ва ба таври оптималӣ танзим намудани омилҳои табиӣ ба фаъолияти онҳо таъсиррасонанда имконият ба вучуд меояд, ки самаранокии маҳсулнокии онҳо баланд бардошта шавад. Маҳз аз ҳамин дидгоҳ дар таҳқиқоти диссертатсионӣ бо истифода аз усулҳои муосири амсиласозии концептуалӣ, математикӣ ва компютерӣ динамикаи рушди теъдод ва вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимотии популятсияҳои мурғони марҷони зотҳои зикршуда мавриди таҳлили амиқ қарор дода шудаанд.

Натиҷаҳои дар раванди таҳқиқот ҳосилшуда ҷанбаҳои илмӣ ва амалӣ дошта, онҳоро дар пешбурди соҳаи кишоварзӣ, хусусан, дар идоракунии илмӣ фаъолияти хоҷагиҳои мурғимарҷонпарварӣ истифода бурдан ба мақсад мувофиқ аст. Навгониҳои дар соҳаи амсиласозӣ бадастомада метавонанд дар таҳияи стратегияҳои самарабахши танзими хоҷагиҳои мурғимарҷонпарварӣ истифода шаванд (Замимаи 1).

Усулҳои таҳқику таҳлили илмӣ дар қараёни кӯшишҳои диссертатсионӣ татбиқшуда, ки дар пояи методологияи диди системавӣ ва концепсияи илмӣ таҳлили компютерӣ шакл гирифтаанд, мазмуни хулосаҳои таҳқиқотро дар шакли бандҳои зерин ҷамъбаст менамоянд [1-М–17-М]:

1. Таҳлили адабиёти соҳавӣ собит сохт, ки соҳаи мурғимарҷонпарварӣ дар қатори дигар соҳаҳои кишоварзӣ метавонад дар болоравии иқтисодиёти аграрӣ ва таъмини амнияти озуқаворӣ нақши муассир бозад. Соҳаи мазкурро дар шароити иқлимӣ Тоҷикистон, хусусан дар минтақаҳои кӯҳӣ ва наздикӯҳӣ ба соҳаи муҳимми истеҳсолӣ ва технологияи истеҳсоли гушти паранда табдил додан мумкин аст [11-М; 17-М]. Муайян карда шудааст, ки:

1.1. Омилҳои асосии дастрасӣ ба истифодаи васеъ ва самарабахши маҳсулоти мурғи марҷон – ин ташкили дурусти сохтори мурғхона, назорати қатъии ҳолати санитарӣ, ратсиони оптималӣ ва шароити зарурии муҳити зисти паранда доништа мешаванд. Дар ин радиф, банақшагирӣ ва татбиқи чораҳои зарурии санитарӣ зидди пайдоиш ва паҳншавии бемориҳои сироятӣ паранда муҳим арзёбӣ карда мешавад [10-М; 13-М];

1.2. Ҷӯстани чораҳои беҳдошти саломатии индивидҳои мурғи марҷон якҷо бо таъмини ғизои тавозуннок гарави равнақи соҳаи мурғимарҷонпарварӣ ба ҳисоб меравад, ки бе истифодаи усулҳои амсиласозӣ онҳоро дуруст ташкил кардан ғайри имкон аст [9-М];

1.3. Амсиласозии динамикаи миқдор ва вазни зиндаи мурғи марҷон ба оптимизатсияи равандҳо ва захираҳои истеҳсолӣ мусоидат мекунад. Барои амсиласозии концептуалии популятсияи мурғи марҷон омилҳои таъсиррасони зиёди ҳам берунӣ ва ҳам дохилиро ба инобат гирифтани лозим аст: ҳарорат, намӣ, рӯшноӣ, арзиш ва сифати ғизо, доруворӣ,

шароити нигоҳдорӣ, гигиенаи бинои мурғпарварӣ, талабот ба гӯшт, хусусиятҳои генетикии зоти мурғ ва ғайра [14-M];

1.4. Дар заминаи амсилаи концептуалӣ, ки асосан сохтори истеҳсолии равандҳои мурғимарчонпарвариро инъикос менамояд, амсилаҳои математикӣ ва компютерӣ ба он мувофиқ сохта шудаанд. Амсилаҳои таҳияшуда дар ҳисобкунҳои афзоиши миқдори умумӣ, динамикаи рушди биомасса, маҳсулнокии мурғи марҷон дар марҳилаҳои гуногуни ҳаёташ, истеҳсоли ҳаҷми оптималии гӯшти мурғони синну соли молӣ ва ояндабинии рушди соҳаи мурғимарчонпарварӣ истифода шуда, бар пояи маълумоти эмпирикӣ оид ба динамикаи тухмгузорӣ ва таҷрибаҳои саҳроӣ устувор гардонида шудаанд [15-M].

2. Чараҳои таҳқиқот нишон дод, ки барои дар шароити хоҷагии мурғимарчонпарварӣ оптимизатсия кардани равандҳои парвариши мурғи марҷон, бояд марҳилаҳои асосии рушду инкишофи он таҳлил карда шаванд. Барои ҳалли ин масъалаи истеҳсолӣ, истифодаи технологияҳои амсиласозӣ муҳим арзёбӣ шудааст. Зеро истифодаи технологияҳои мазкур метавонад ба фаҳмиши амиқтари равандҳои мурғимарчонпарварӣ мусоидат намояд:

2.1. Қайд гардидааст, ки амсиласозии марҳилаҳои асосии сикли ҳаёти мурғи марҷон бояд ба ҳадафҳо ва шароити мушаххаси парвариш мутобиқ карда шавад. Истифодаи нармафзорҳои муосири амсилавӣ метавонанд ба осон идора кардани равандҳои парвариши он мусоидат намоянд. Амсилаи компютерӣ бар асоси амсилаи концептуалӣ рӯйи қор омада, бояд ба таҳлили сценарияҳои гуногуни рушди мурғимарчонпарварӣ ва ноил шудан ба натиҷаҳои максималии истеҳсолӣ нигаронида шавад [14-M];

2.2. Дар раванди таҳқиқот инчунин равшан гардид, ки тавассути усули амсиласозӣ метавон бо эътимоди баланд қонуниятҳои сертухмии мурғи марҷонро кашф кард, синфҳои тақсимогии мурғони тухмдеҳро дуруст ташаккул дод. Муайян карда шуд, ки бо истифода аз амсилаи математикӣ тақмилёфтаи Мак-Миллан динамикаи сертухмии мурғи марҷонро дақиқ арзёбӣ намудан ва фарқияти меёрҳои хоҳишу зиёдшавии ин динамикаро вобаста ба синфҳои тақсимогӣ саҳеҳ гардонидан имконпазир аст [7-M; 12-M].

3. Дар чараҳои таҳқиқот равшан гардид, ки бо истифода аз усули таҳлили қиёсӣ аз байни якчанд амсилаи математикӣ амсилаи мувофиқтаринро барои тасвир ва пешгӯии раванди афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон муайян кардан мумкин аст. Дурустии ин нуктаро таҳлилҳои математикӣ ва биологӣ баргузоршуда тасдиқ намуданд:

3.1. Таҳлилҳои қиёсии дар байни панҷ амсила гузаронидашуда нишон доданд, ки амсилаҳои хаттӣ, дараҷавӣ ($r = 0,5$; $r = 2$) ва экспоненсиалӣ талаботи биологӣ тавсифи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷонро қонеъ карда наметавонанд. Амсилаи ягонае, ки раванди сершавии физиологӣ ва марҳилаҳои алоҳидаи кинетикаи афзоиши вазни зиндаро дуруст инъикос карда метавонад ва графикаш нуктаи қатшавӣ дорад, амсилаи логистикӣ мебошад [5-M];

3.2. Навбати дуҷуми баргузори таҳлилҳои қиёсӣ ба татбиқшавандагии ду варианти гуногунмазмунӣ амсилаи математикӣ s-шакли Берталанффи бахшида шудааст. Варианти якумӣ ин амсила дар ҳолати гунаи иқтибосӣ ва се гунаи тақмилёфта таҳлил шудааст. Таҳлилҳои математикӣ ва биологӣ натиҷаҳои компютерӣ варианти якумӣ ин амсила дар ҳамаи ҳолат қобили қабул набудани татбиқшавандагии ҳудро собит сохтанд. Қачхаттаи варианти дуҷуми амсилаи Берталанффи нишон дод, ки раванди вазнгирии мурғи марҷон дорои фазаи муассири афзоиш буда, массаи биологӣ он аз рӯйи асимптота ба массаи максималиаш дуруст наздик мешавад [1-M];

3.3. Дар навбати сеюм имконоти татбиқшавандагии амсилаҳои Бричес ва Пюттер мавриди санҷиш қарор дода шудааст. Амсилаи Бричес дар ду вариант санҷида шудааст: иқтибосӣ ва тақмилёфта. Таҳлилҳои математикӣ биологӣ дар сохтори варианти иқтибосии амсилаи Бричес баъзе номувофиқати математикӣ ошкор сохта, оид ба татбиқшавандагии он ҳулоса пешниҳод намуданд. Варианти тақмилёфтаи амсилаи Бричес бошад, ба истиснои надоштани хосияти чандирӣ, ҳамчун афзори хуби таҳқиқотӣ ба қайд гирифта шудааст [4-M];

3.4. Таҳлилҳои қиёсӣ муътаммалдона собит сохтанд, ки амсилаи математикии Пюттер, ҳамчун афзори таҳқиқотии мукамалтарин, раванди афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷонро дар тамоми зинаҳои марҳилаи парвариш куллан дуруст инъикос менамояд. Бо сабаби маъноӣ дурусти физиологӣ доштани параметрҳои амсила, дар дараҷаи баланд инъикос карда тавонистани мувофиқати визуалӣ ва биологии маълумоти таҷрибавӣ, амсилаи Пюттер амсилаи оптималии таҳқиқотӣ доништа шудааст [3-М; 4-М].

4. Талилҳои қиёсӣ инчунин ошкор сохтанд, ки бо сабаби асимптотаҳои баландтари вазнӣ доштани индивидҳои синфҳои тақсимотии популятсияи мурғи марҷони навъи маҳаллӣ, онҳо дар интиҳои марҳилаи парвариш нисбат ба синфҳои тақсимотии индивидҳои популятсияи мурғи марҷони зоти сафеди синапахн нишондиҳандаҳои баландтар нишон доданд. Синфи тақсимотии M^+ , ҳамчун синфи тақсимотии беҳтарини зоти маҳаллӣ, барои пешбурди корҳои селекционӣ тавсия шудааст [6-М]:

4.1. Дар раванди таҳқиқот системаи ду муодилаи дифференсиалии одии ғайрихаттӣ сохта шудааст, ки суръати афзоиши вазни зиндаи мурғони марҷони зотҳои сафеди синапахн ва маҳаллиро ҳамчун функсияҳои мултипликативии омилҳои дохилӣ (ғизо, об, солиммонӣ) ва беруна (ҳарорат, намнокӣ, рӯшноӣ) тасвир менамоянд. Ба сифати заминаи генетикӣ функсияи эмпирикии Пюттер қабул шудааст, ки ҳудуди асимптотикии афзоиши вазнро муайян мекунад. Амсилаи математикии таҳияшуда имкон медиҳад, ки дар истеҳсолот мониторинги автоматии вазни зинда чорӣ карда шавад [3-М; 9-М];

4.2. Саҳви нисбии миёнаи ҳисоббарориҳои амсилавӣ нисбат ба маълумоти ҷадвалӣ (ϵ) дар фосилаи рӯзҳои 1-120-ум ба 3-5% баробар аст, ки аз мутобиқати баланди амсилаи математикӣ бо равандҳои биологӣ шаҳодат медиҳад. Дар ин давра зоти сафеди синапахн нисбат ба зоти маҳаллӣ суръати афзоиши баландтар ва самаранокии генетикии беҳтарро намоиш дод [8-М];

4.3. Ҳисобкунии коэффитсиенти самаранокии ғизо (FSR) собит сохт, ки аз ҷиҳати иқтисодӣ парвариши ҳарду зот то фосилаи рӯзҳои 120-180-ум ғоидаовар аст ($FSR < 4$). Пас аз рӯзи 210-ум суръати афзоиши вазни зинда паст шуда, хароҷот барои ғизодиҳӣ меафзояд, яъне дар ин давра энергияи ғизой танҳо барои нигоҳ доштани метаболизми организми паранда сарф мешавад. Барои расидан ба ҳадафҳои гӯштӣ, муҳлати оптималии парвариш 120-180 рӯз тавсия дода мешавад. Парвариш ба муҳлати то 410 рӯз танҳо барои идомаи захираи генетикӣ асоси илмӣ дорад [6-М];

Натиҷаҳои асосии ҳисоббарориҳои амсилавӣ инҳоянд:

4.4. *Натиҷаҳои биологӣ:* Зоти СС дар марҳилаи миёна (рӯзҳои 84-210-ум) суръати баланди метаболикӣ нишон дод, ки дар график бо наздикшавии зуд ба M_{maxCC} тасвир ёфтааст. Зоти NM афзоиши муътадил нишон дода, дар давраи ниҳой (баъди 300 рӯз) аз ҷиҳати вазн каме пеш гузаштааст. Пас аз рӯзи 210-ум нишондиҳандаи FSR барои ҳарду зот якбора боло рафтааст. Зеро дар ин давра суръати афзоиши вазн паст гашта, парандаҳо истеъмоли ғизоро дар сатҳи тақрибан $0,27 \text{ кг/шб}$ танҳо барои нигоҳ доштани ҳаёти худ давом медиҳанд [2-М; 3-М];

4.5. *Натиҷаҳои иқтисодӣ:* Зоти сафеди синапахн нисбат ба зоти маҳаллӣ аз ҷиҳати иқтисодӣ ғоидаовартар аст, зеро FSR-и он дар тамоми марҳилаҳо аз FSR-и зоти маҳаллӣ камтар аст. Нуқтаи оптималии забҳ барои ҳарду зот ба фосилаи рӯзҳои 120-180-ум рост меояд. Баъд аз рӯзи 210-ум нишондиҳандаҳои FSR якбора боло мераванд, ки ин боиси гарон шудани арзиши аслии гӯшти мурғони марҷон мегардад. Дар рӯзи 450-ум (берун аз фосилаи парвариш) нишондиҳандаҳои FSR-и ҳарду зоти мурғи марҷон тақрибан ба 6 баробар аст, ки аз ҷиҳати иқтисодӣ зараровар будани нигоҳдории онҳоро нишон медиҳад;

4.6. *Натиҷаҳои амсилавӣ:* Аз нуқтаи назари амсиласозии математикӣ вақти оптималии қатъи парвариш барои зоти СС ба рӯзҳои 130-160-ум ва барои зоти NM ба рӯзҳои 125-150-ум рост меояд. Парвариши мурғи марҷон то рӯзи 410-ум танҳо дар сурати эҳтиёҷ ба истеҳсоли тухм ё нигоҳ доштани галаи модариву нарина мантиқ дорад. Азбаски саҳви нисбии миёнаи ҳисоббарориҳои амсилавӣ (ϵ) аз 5% камтар аст, ҷадвали нишондиҳандаҳои

FSR(t)-ро барои банақшагирии хароҷоти хӯрокаи паранда истифода бурдан мумкин аст [2-M; 8-M];

4.7. *Натиҷаҳои умумӣ*: Ҳалли СМДО бо дақиқияти баланд собит сохт, ки стратегияи дарозмуддати парвариши мурғи марҷон (то 410 рӯз)-ро танҳо бо мақсади пешбурди корҳои селексионӣ ё истеҳсоли тухми паранда қабул кардан ба мақсад мувофиқ аст. Барои истеҳсоли ғушт амсилаи математикӣ фосилаи рӯзҳои 120-180-умро беҳтарин фурсат ҳисоб мекунад [2-M; 6-M].

Аз хулосаҳои таҳқиқотӣ аён гардид, ки натиҷаҳои диссертатсионӣ эътимоднок мебошанд. Дар амалияи истеҳсолот қорӣ намудани ин натиҷаҳо метавонад ба фаъолияти хоҷагиҳои мурғимарҷонпарварӣ таъсири мусбат расонад ва ба самаранокии фаъолияти онҳо вусъат бахшад. Хулосаҳои мазкур тамоми занҷираи таҳқиқотро, оғоз аз ҳалли системаи муодилаҳои дифференсиалӣ то пешгӯии самаранокии иқтисодӣ дар бар мегирад.

2. Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо

Чамбаст ва умумигардонии натиҷаҳои илмӣ ҳосилшуда имкон медиҳанд, ки ба хоҷагиҳои парандапарварӣ ва ихтисосҳои дахлдори муассисаҳои таҳсилоти олии касбӣ як қатор тавсияҳои методӣ пешниҳод карда шаванд:

- хоҷагиҳои мурғимарҷонпарварӣ метавонанд аз афзори таҳқиқотии ҳосилшуда дар муайянкунӣ ва арзёбии таъсири омилҳои табиӣ ва иқлимӣ (ҳарорат, намнокӣ, рӯшноӣ) ба равандҳои ташаккул ва рушди сиклҳои ҳаёту фаъолияти мурғи марҷон истифода баранд;
- ихтисосҳои дахлдори муассисаҳои таҳсилоти олии касбӣ самтҳои биологӣ ва аграрӣ метавонанд технологияҳои амсиласозии таҳияшударо ҳамчун маводди таълимии таҳассусӣ ба донишҷӯёни курсҳои болоӣ омӯзонанд ва сатҳи оғаҳии онҳоро дар ҷодаи дарки хусусиятҳои популятсияи мурғи марҷон боло баранд;
- аз рӯйи натиҷаҳои илмӣ таҳқиқоти диссертатсионӣ барои мутахассисон ва хоҷагиҳои мурғимарҷонпарварӣ ташкили курсҳои тақмили ихтисос ва рушди малакаҳои касбӣ, барои донишҷӯёни бахшҳои мувофиқи Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Шириншоҳ Шохтемур, ихтисосҳои информатика ва биологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (Замимаи 2) ташкили курсҳои махсуси лексионӣ ва амалӣ ба мақсад мувофиқ мебошад.

АДАБИЁТ

1. Феҳристи сарчашмаҳои истифодашуда

- [1] *Агеев, В. Н.* Кормление птицы [Текст] / В.Н. Агеев, И.А. Егоров, Т.М. Околелова, И.М. Авраменко // Разведение индеек. – М.: АСТ, 2004. – 64 с.
- [2] *Агроклиматические ресурсы* Таджикской ССР [Текст] // Агроклиматические ресурсы территории: Условия проведения полевых работ. Ч.1. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 216 с.
- [3] *Бақоев, О.* Парвариши мурғи марҷони сафеди синапахм (универсалӣ) дар Тоҷикистон [Матн] / О. Бақоев, Ш.Р. Мирзоахмедов, Н. Мирзоев, У. Қосимов. – Душанбе, 2012. – 26 с.
- [4] 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.
- [5] Барномаи рушди илмҳои табиатшиносӣ, риёзӣ ва техникӣ барои солҳои 2010-2020. – Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 27.02.2010, № 89.
- [6] *Бобозода, О. С.* Баҳисобгирии истеъмор ва сарфи хӯрок ба вазнафзункунии мурғи марҷони ирсиятҳои гуногун [Матн] / О.С. Бобозода, Д.Д. Эргашев, Д.Қ. Комилзода, С.Т. Норбобоева // Кишоварз. – № 1 (86). – 2020. – С. 69-72.
- [7] *Бобозода, О. С.* Омӯзиши муқоисавии сифатҳои маҳсулнокии мурғи марҷони зоти сафеди қафасаи синапахм ва популятсияҳои маҳаллӣ дар шароити Ҷануби Тоҷикистон [Заҳираи электронӣ] // <http://vakpouygohi.dodaho.tj/koa/dissertatsiya/display.php> (Санаи муроҷиат: 27.12.22).

- [8] *Гаффоров, А. Қ.* Парвариш ва хӯронидани мурғи марҷон [Матн] / А.Қ. Гаффоров, Ш.Т. Раҳимов. – Душанбе, 2012. – 90 с.
- [9] *Глебова, Ю. А.* Модель прогнозування природної резистентності яєчних курей у ранньому онтогенезі [Текст] / Ю.А. Глебова // Ефективне птахівництво. – 2010. – № 1. – С. 35-38.
- [10] *Информация по откорму индеек* [Электронный ресурс] // <https://www.kartzfehn.de> (Дата обращения: 27.12.22).
- [11] *Комилзода, Д. Қ.* Парвариш ва нигохубини мурғи марҷон дар шароити хоҷагиҳои шахсию фермерӣ. Дастури таълимӣ [Матн] / Д.Қ. Комилзода, Ш.Т. Раҳимов, Ш.Р. Мирзоахмадов. – Душанбе, 2009. – 40 с.
- [12] *Комилиён, Ф. С.* Амсиласозии компютери ҳаёти гулмоҳӣ дар бассейн [Матн] / Ф.С. Комилиён, Ф.Т. Шамсов. – Душанбе: Ирфон, 2021. – 140 с. – EDN: IPOOTB.
- [13] *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.
- [14] *Кучер, Е. А.* Математическое моделирование динамики роста и продуктивности кур кроссов «Хайсекс браун» и «Ломанн браун» [Текст] / Е.А. Кучер, М.В. Пасечник // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – № 4/2 (30). – С. 38-44. – DOI: 10.15587/2312-8372.2016.72833.
- [15] *Меншуткин, В. В.* Искусство моделирования (экология, физиология, эволюция) [Текст] / В.В. Меншуткин. – СПб.: Петрозаводск, 2010. – 416с.
- [16] *Новоселов, В. П.* Выращивание индюков как одно из направлений развития сельского хозяйства [Текст] / В.П. Новоселов // Международный студенческий научный вестник: Материалы конференций. – 2016. – № 4. – С. 321-322.
- [17] *Паёми Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мухтарам Эмомалӣ Раҳмон «Дар бораи самтҳои асосии сиёсати дохилӣ ва хориҷии ҷумҳурӣ» (23.12.2022)* [Захираи электронӣ] // <https://mfa.tj/tg/main/view/11820/pajomi-prezidenti-jumhurii-tojikiston-muhtaram-emomali-rahmon-dar-borai-samthoi-asosii-sijosati-dokhili-va-khorijii-jumhuri> (Санаи муроҷиат: 12.05.2023).
- [18] *Сомонаи вазорати кишоварзии Ҷумҳурии Тоҷикистон* [Захираи электронӣ] // <https://www.facebook.com/MinAgroTaj/> (Санаи муроҷиат: 15.12.2022). 136
- [19] *Bindya, L. A.* Mathematical Models for Egg Production in an Indian Colored Broiler Dam Line [Text] / L.A. Bindya, H.N.N. Murthy, M.R. Jayashanka, M.G. Govindaiah // International Journal of Poultry Science. – 2010. – Vol. 9. – No. 9. – P. 916-919. – doi: 10.3923/ijps.2010.916.919.
- [20] *Johnston, S. A.* A mechanistic, stochastic, population model of egg production [Text] / S.A. Johnston, R.M. Gous // British Poultry Science. – 2007. – Vol. 48. – No. 2. – P. 224-232. – doi: 10.1080/00071660701227493.
- [21] *Prasad, Shiv.* Mathematical model for annual egg production curves of chicken [Text] / Shiv Prasad, D.P. Singh // Indian Journal of Poultry Science. – 2008. – Vol. 43. – No. 3. – P. 293-295.
- [22] *Prasad, Shiv.* Some alternative forms of logisticcurvilinear model for poultry egg production curves [Text] / Shiv Prasad, D.P. Singh // Indian Journal of Animal Research. – 2007. – Vol. 41, No. 3. – P. 184-187.
- [23] *Savegnago, R. P.* Egg production curve fitting using nonlinear models for selected and nonselected lines of White Leghorn hens [Text] / R.P. Savegnago, V.A.R. Cruz, S.B. Ramos, S.L. Caetano, G.S. Schmidt, M.C. Ledur, L.El Faro, D.P. Munari // Poultry Science. – 2012. – Vol. 91. – No. 11. – P. 2977-2987. – doi: 10.3382/ps.201202277.

2. Феҳристи интишороти илмӣи докталаби дарёфти дараҷаи илмӣ

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

[1-М] Солиҳзода, Д. И. Амсилаи S-шакли Берталанффи дар тасвири динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Фуруғи илм. Баҳши илмҳои табиӣ-риёзӣ. – 2026. – № 1. – С. 103-113. – DOI: 10.24412/3078-395X-2026-1-7-103-113. – EDN: WWNOQJ.

[2-М] Солиҳзода, Д. И. Амсиласозии компютери динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон бо истифода аз RK4 [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Фуруғи илм. Баҳши илмҳои табиӣ-риёзӣ. – 2026. – № 2 (10). – С. 243-251. – DOI: 10.24412/3078-395X-2026-2-10-243-251. – EDN: UCVTIY.

[3-М] Солиҳзода, Д. И. Амсиласозии раванди афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон зери таъсири омилҳои экотехнологӣ [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Илм ва инноватсия. Баҳши илмҳои геологӣ ва техникӣ. – 2026. – № 1. – С. 253-261. – EDN: OWWAFH.

[4-М] Солиҳзода, Д. И. Амсилаҳои Бриҷес ва Пюттер дар тасвири динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Паёми Филиали Донишгоҳи давлатии Москва ба номи М.В. Ломоносов дар ш. Душанбе. – 2026. – Ҷ.1, № 1 (53). – С. 5-20. – EDN: LBPWSC.

[5-М] Солиҳзода, Д. И. Амсилаҳои хаттӣ, дараҷавӣ, экспоненсиалӣ ва логистикӣ дар тасвири динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Паёми политехникӣ. Баҳши: интеллект, инноватсия, инвеститсия. – 2026. – № 1 (73). – С. 73-81. – DOI: 10.65599/III2540. – EDN: HEAINF.

[6-М] Солиҳзода, Д. И. Муайякунии дараҷаи татбиқшавандагии амсилаҳои математикӣ дар тасвири динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон бо усули таҳлили қиёсӣ [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Фуруғи илм (Баҳши илмҳои табиӣ-риёзӣ). – 2026. – № 1. – С. 125-134. – DOI: 10.24412/3078-395X-2026-1-7-125-134. – EDN: ISIPNO.

[7-М] Солиҳзода, Д. И. Мутобиқгардонии амсилаи математикии Мак-Миллан барои таҳқиқи сатҳи сертухмии мурғи марҷон [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода, И.М. Саидзода // Илм ва инноватсия. Баҳши илмҳои геологӣ ва техникӣ. – 2025. – № 2. – С. 137-146. – EDN: IAOORT.

[8-М] Солиҳзода, Д. И. Таҳлили қиёсии динамикаи афзоиши вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсимоти популятсияи мурғи марҷон [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Илм ва инноватсия. Баҳши илмҳои геологӣ ва техникӣ. – 2026. – № 1. – С. 203-211. – EDN: ZIKVRV.

[9-М] Солиҳзода, Д. И. Технологияҳои амсиласозии марҳилаҳои ҳаёти популятсияи мурғи марҷон [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Фуруғи илм. – 2024. – № 3. – С. 32-40. – EDN: KQSOZL.

[10-М] Солиҳзода, Д. И. Учет влияния климатических факторов при концептуальном моделировании жизнедеятельности индейки в условиях птицеводческих хозяйств [Текст] / Д.И. Солиҳзода // Наука и инновация. Серия геологических и технических наук. – 2024. – № 3. – С. 196-203. – EDN: GJAKPE.

[11-М] Солиҳзода, Д. И. Асосҳои биологӣ ва иқтисодии амсиласозии популятсияи мурғи марҷон [Матн] / Д.И. Солиҳзода // Паёми донишгоҳи омӯзгорӣ. Баҳши илмҳои табиӣ. – 2024. – № 4 (24). – С. 218-227. – EDN: SBVHXV.

[12-М] Солиҳзода, Д. И. Нақши амсилаи математикии Мак-Миллан дар ҳалли масъалаҳои гуногуни амалӣ [Матн] / Д.И. Солиҳзода // Паёми Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон. – 2025. – № 2 (61). – С. 78-84. – EDN: WWFDDV.

б) Мақолаҳое, ки дар маводи конференсияҳо ба таърифи расидаанд:

[13-М] Солиҳзода, Д. И. Баҳисобгирии таъсири омилҳои беруна зимни амсиласозии марҳилаҳои ҳаёти мурғи марҷон [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ амалӣ «Илм ва таҳсилот: тамоюлҳои рушд дар ҷомеаи иттилоотӣ» бахшида ба «75-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон». – Душанбе, ДМТ, 2023. – С. 12-15.

[14-М] Солиҳзода, Д. И. Масъалаҳои амсиласозии компютери парвариши мурғи марҷон [Матн] / Ф.С. Комилиён, Д.И. Солиҳзода // Маводи конференсияи илмӣ-назариявии байналмилалӣ дар мавзӯи «Мақоми Абурайҳони Берунӣ дар таърихи тамаддуни форс-тоҷик», бахшида ба 1050-солагии мутафаккири бузург. – Бохтар, ДДБ, 2023. – С. 93-97.

[15-М] Солиҳзода, Д. И. Концептуальное моделирование влияния климатических факторов на жизнедеятельности индеек [Текст] / Д.И. Солиҳзода, Ф.С. Комилиён // Материалы республиканской научно-практической конференции по теме «Роль интернета в применении информационно-коммуникационных технологий и информационной безопасности в социальных сетях». – Душанбе, АГУ, 2024. – С. 24-31.

[16-М] Солиҳзода, Д. И. Оид ба асосҳои биологии технологияи амсиласозии компютери масъалаҳои мурғимарҷонпарварӣ [Матн] / Солиҳзода Д.И. // Таҳлили компютери масъалаҳои илм ва технология: Маводҳои конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ 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. – С. 378-382. – EDN: YTRMCY.

[17-М] Солиҳзода, Д. И. Роҷеъ ба асосҳои биологии усули амсиласозии компютери парвариши мурғи марҷон [Матн] / Д.И. Солиҳзода // Масъалаҳои муносири моделсозии математикӣ ва татбиқи он. Маводҳои конференсияи XII-уми байналмилалӣ илмӣ-амалӣ 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, 2024. – С. 83-88. – EDN: SQCTRU.

ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УКД: 681.3+004:51+62

На правах рукописи



Солихзода Диловари Имомали

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ
РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ ИНДЕЙКИ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 1.2. Компьютерные науки и информатика (1.2.8.
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ)
(технические науки)

Душанбе-2026

Диссертация выполнена на кафедре информатики
Таджикского национального университета

**Научный
руководитель:**

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

**Официальные
оппоненты:**

Худойбердиев Хуршед Атохонович – доктор технических наук, заведующий кафедры программирования и информационных систем Политехнического института Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими в городе Худжанде

Музафаров Дилшод Зикриёходжаевич – кандидат физико-математических наук, доцент, экономист ООО «Озода Косметика»

Ведущая организация: Технологический университет Таджикистана

Защита диссертации состоится «03» декабря 2026 г. в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-105 при Таджикском национальном университете по адресу: 734027, г. Душанбе, улица Буни-Хисорак, корпус 17, аудитория 203.

E-mail: rohatullo1956@mail.ru; номер мобильного телефона ученого секретаря: +992981097033.

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

Автореферат разослан «__» «____» 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
6D.KOA-105, кандидат физико-математических наук, доцент



Садуллоев Р.И.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. «Для климата Таджикистана сфера индейководства считается важной, полезной и высокодоходной отраслью экономики страны. Данная отрасль, наряду с другими секторами сельского хозяйства, может играть эффективную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Поскольку обеспечение населения высококачественной белковой и диетической продукцией признано одним из приоритетных направлений государственной политики Таджикистана» [2].

«Продукция индейководства (мясо и яйца) имеет огромное значение для здоровья человека. Их употребление укрепляет иммунитет, регулирует работу сердечно-сосудистой системы и улучшает функции головного мозга. По данным Национального комитета здравоохранения США, в странах с высоким уровнем потребления мяса индейки заболевания нервной системы встречаются реже» [3].

По этой причине разведение индейки в нашей стране увеличивается из года в год. Относительно прогресса в птицеводстве, в том числе выращивания индейки, Лидер нации уважаемый Эмомали Рахмон в Послании 2022 года «Об основных направлениях внутренней и внешней политики республики» особо подчеркнул, что в настоящее время «производство мяса птицы в нашей стране увеличилось в 8 раз, а объем его импорта сократился в 11 раз» [17].

«Действительно, в современную эпоху научно-технического прогресса стало крайне сложно создавать благоприятные условия для развития индейководства и оптимизировать связанные с ним производственные процессы без внедрения методов моделирования. Математическое моделирование динамики роста поголовья и живого веса особей индейки может способствовать повышению эффективности использования ресурсов» [13].

«Хотя в нашей республике и за её пределами был проведен ряд экспериментально-биологических исследований для научного обоснования развития индейководства [6; 8; 11], к сожалению, до сих пор не было выполнено ни одного комплексного исследования по изучению и прогнозированию этапов жизнедеятельности популяции индейки на надежной научной базе с использованием методов математического моделирования».

Поэтому мы решили внести соответствующий вклад в реализацию требований правительства республики в направлении обеспечения продовольственной безопасности и в рамках «Двадцатилетия изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы)», что подтверждает актуальность темы данного исследования [1-М–17-М].

Степень исследования научной темы. При анализе литературы и проведении компьютерных экспериментов мы широко использовали справочные данные ФАО (Продовольственной и сельскохозяйственной организации) по технологиям выращивания индейки [10], статистические данные Министерства сельского хозяйства Республики Таджикистан [18], результаты исследований В.Н. Агеева по методам кормления индейки [1], а также биологические и экспериментальные результаты О.С. Бобозода, касающиеся «сравнительного изучения продуктивных качеств белой широкогрудой индейки и местной популяции в условиях южного Таджикистана» [7], и собственные результаты по «биологическим и экономическим основам моделирования популяции индейки» [11-М; 16-М; 17-М].

При разработке комплекса компьютерных моделей мы в основном опирались на опыт научной школы профессора Ф.С. Комилийн: «моделирование жизнедеятельности форели в бассейне» [12], «вопросы компьютерного моделирования выращивания индейки» [2-М; 14-М], «адаптация математической модели Мак-Миллана для исследования уровня яйценоскости индейки» [7-М; 12-М], «технологии моделирования этапов жизни популяции индейки» [9-М; 13-М], «учет влияния климатических факторов при концептуальном моделировании жизнедеятельности индейки» [10-М; 15-М] и другие.

В создании математических и компьютерных моделей нам также оказал огромную помощь опыт всемирно известного ученого в области математического моделирования В.В. Меншуткина «Искусство моделирования: экология, физиология, эволюция» [15], английских исследователей S.A. Johnston и R.M. Gous «Механико-стохастическая популяционная модель производства яиц» [20], индийских ученых S. Prasad и D.P. Singh «Математическое моделирование для описания кривых годового производства куриных яиц» [21] и «Некоторые альтернативные формы нелинейной логистической модели для графического описания производства яиц домашней птицы» [22], других исследователей индийской научной школы – А. Bindya, H.N. Murthy, M.R. Jayashanka, M.G. Govindaiah [19]. Также мы опирались на труды бразильских ученых R.P. Savegnago, V. Cruz, S. Ramos и др. «Применение нелинейных моделей в последовательной аппроксимации графика яйценоскости кур породы «Белый леггорн» для селекционных и неселекционных производственных линий» [19], украинского исследователя Ю.А. Глебовой «Модель прогнозирования естественной резистентности кур-несушек в начале онтогенеза» [9] и других украинских ученых – Е.А. Кучера и М.В. Пасечника «Математическое моделирование динамики роста и продуктивности двух кроссов кур «Хайсекс браун» и «Ломанн браун» [14].

Таким образом, в исследовании был широко использован научный опыт отечественных и зарубежных исследователей, посвященный биологическим особенностям индейки или смежный с направлением моделирования жизнедеятельности этой птицы, что составило методологическую основу диссертации:

- в области математического и компьютерного моделирования: Ф.С. Комилийн, М.К. Юнуси, З.Дж. Усманов, С.Х. Мирзоев, И.Д. Нуоров, Н. Шерматов, Р.Н. Одинаев, И.Л. Косимов, Ф.Т. Шамсов, М.Р. Ёров, В.В. Меншуткин, А. Кучер, М.В. Пасечник, Ю.А. Глебова, Н.А. Плохинский, S.A. Johnston, R.M. Gous, Shiv Prasad, D.P. Singh, L.A. Bindya, H.N.N. Murthy, M.R. Jayashanka, M.G. Govindaiah, R.P. Savegnago, V.A.R. Cruz, S.B. Ramos, S.L. Caetano, G.S. Schmidt, M.C. Ledur, L.El Faro, D.P. Munari и другие;

- в области биологии, экологии и сельского хозяйства: Д.Д. Эргашев, Ш.Э. Бозоров, Д.К. Комилзода, О.С. Бобозода, С.Т. Норбобоева, Ш.Т. Рахимов, Ш.Р. Мирзоахмедов, Н. Мухамедов, А.К. Гаффоров, В.И. Авраменко, В. Акимов, Л. Беляева, Ж. Белеге, Т. Артюшина, А. Бальников, Я. Василюк, В. Гасилина, И. Максимова, В. Канивец, Л. Шинкаренко, В.Ю. Мойса, А. Фаруга, А.И. Шевченко, Т.Р. Науменко, Р. Aman, M. Frederich, R. Uyttenbroeck, S. Hatt, P. Malik, S. Lebecque, B. Gembloux, H. Anand, A. Ganguly, P. Haldar, S.Yalfin, E.Babacanoglu, H.C.Guler, M.Aksit, S.Yahav, R. Smith и другие.

Анализ отраслевой литературы показал, что отдельными вопросами математического моделирования этапов жизнедеятельности некоторых птиц, в том числе различных кроссов домашних кур, занимались многие исследователи за рубежом. Однако до сегодняшнего дня ни одним исследователем не было проведено не только комплексное моделирование важных аспектов этапов жизнедеятельности индейки, но даже частные вопросы индейководства. Исходя из этого, решение данной задачи мы определили в качестве центральной цели нашей диссертации.

Связь исследования с программами и научными темами. Диссертация охватывает широкий спектр программ и научных тем, связанных с направлениями дальнейшего развития методов математического моделирования и поиском оптимальных решений задач в сельскохозяйственной сфере, принятых Правительством Республики Таджикистан.

Тема диссертации утверждена в соответствии с требованиями следующих программ: «Комплексная программа развития отраслей животноводства, птицеводства, рыбоводства и пчеловодства в Республике Таджикистан на 2023-2027 годы» [4], «Программа развития естественно-математических и технических наук на 2010-2020 годы» [5], а также соответствует научным работам кафедры информатики Таджикского национального университета по направлению «Разработка и исследование математико-компьютерных

моделей экосистем водоемов, заповедников и системы образования» (Национальный патентно-информационный центр Республики Таджикистан, № 0116TJ00657).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертационное исследование посвящено решению задач, которые, с одной стороны, способствуют развитию естественных, математических и точных наук, а с другой – позволяют внедрить в индейководческих хозяйствах эффективные способы анализа жизнедеятельности особей различных пород индейки на разных этапах их жизненного цикла и подходы к повышению их продуктивности на базе методов моделирования.

Цель исследования заключается в разработке концептуальных, математических и компьютерных моделей, на базе которых проводится анализ биологических особенностей и аспектов динамики прироста живого веса и яйценоскости индейки на различных этапах её жизненного цикла, определяется степень влияния климатических факторов на её жизнедеятельность и развитие, а также оцениваются подходы к повышению её продуктивности.

Задачи исследования определены на основе цели исследования и включают решение следующих вопросов:

1. Анализ и интерпретация научных результатов отечественных и зарубежных исследователей, посвященных технологиям моделирования динамики развития птиц;
2. Изучение, исследование и анализ биологических и экологических аспектов процесса выращивания индейки с точки зрения моделирования;
3. Анализ особенностей динамики прироста живого веса индейки в условиях птицеводческих хозяйств Таджикистана;
4. Способы эффективной организации индейководческих хозяйств с позиций задач моделирования;
5. Исследование биологических и экономических основ математического моделирования популяции индейки;
6. Определение подходов к учету влияющих климатических факторов при концептуальном моделировании жизнедеятельности индейки в условиях птицеводческих хозяйств;
7. Разработка технологий концептуального и математического моделирования этапов жизненного цикла популяции индейки;
8. Демонстрация роли математической модели Мак-Миллана в решении прикладных задач различных областей науки и её адаптация для исследования уровня яйценоскости индейки;
9. Сравнительный анализ соответствия линейных, степенных, экспоненциальных и логистических моделей при описании динамики прироста живого веса индейки;
10. Сравнительный анализ соответствия s-образной модели Берталанфи при описании динамики прироста живого веса индейки;
11. Сравнительный анализ соответствия моделей Бриджеса и Пюттера при описании динамики прироста живого веса индейки;
12. Сравнительный и комплексный анализ динамики прироста живого веса особей классов распределения популяции индейки с использованием оптимальной модели;
13. Компьютерное моделирование полного жизненного цикла индейки с учетом влияния природно-климатических факторов;
14. Разработка исследовательского программного комплекса для анализа жизнедеятельности и производственного потенциала индейки;
15. Проведение компьютерных экспериментов с разработанным программным комплексом, анализ сценарных результатов, подготовка итоговых выводов, разработка предложений и рекомендаций по практическому использованию результатов исследования.

Объект исследования – сравнительный анализ аналитических математических и компьютерных моделей для оценки динамики прироста живого веса и яйценоскости индейки на различных этапах её жизненного цикла.

Предмет исследования посвящен анализу и изучению динамики роста и продуктивности индейки на различных этапах её выращивания с использованием методов математического и компьютерного моделирования.

Теоретические основы исследования составляют концепции математического и компьютерного моделирования биологических систем и системный подход к биопопуляциям. Связь темы с существующими теориями проявляется в критическом анализе классических нелинейных моделей (Берталанфи, логистической) и решении проблемы учета природно-климатических факторов Таджикистана в динамике классов распределения популяции индюков. Разработка и верификация комплекса концептуальных, математических и компьютерных моделей создали теоретическую базу для проведения сценарных экспериментов и научного управления индейководческими хозяйствами республики.

Научная новизна:

1. На основе изучения научной литературы по технологиям моделирования динамики развития птиц проанализированы и интерпретированы результаты, полученные отечественными и зарубежными исследователями в этой области.

2. Впервые комплексно для условий индейководческих хозяйств Таджикистана изучены, исследованы и проанализированы биологические и экологические аспекты процесса выращивания индейки с точки зрения математического и компьютерного моделирования.

3. С позиции принципов моделирования проанализированы особенности динамики прироста живого веса индейки в условиях птицеводческих хозяйств Таджикистана.

4. Предложены эффективные способы организации индейководческих хозяйств на основе биологического и экономического обоснования математического моделирования популяции индейки.

5. На основе анализа технологий концептуального и математического моделирования этапов жизненного цикла популяции индейки определены оптимальные подходы к учету влияющих климатических факторов в моделях, разработанных для условий птицеводческих хозяйств Таджикистана.

6. Проанализирована роль математической модели Мак-Миллана в решении прикладных задач различных областей науки, и данная модель адаптирована для исследования уровня яйценоскости индейки.

7. Проведен сравнительный анализ соответствия линейных, степенных, экспоненциальных, логистических моделей, а также s-образной модели Берталанфи, моделей Бриджеса и Пюттера при описании динамики прироста живого веса индейки.

8. Методом сравнительного анализа из совокупности рассмотренных моделей определена оптимальная, с помощью которой исследована динамика прироста живого веса особей классов распределения популяций различных пород индейки.

9. Впервые для климатических условий индейководческих хозяйств Таджикистана построена компьютерная модель полного жизненного цикла индейки, в которой учтено влияние природно-климатических факторов на метаболические процессы.

10. На базе разработанного программного комплекса и проведенных компьютерных сценарных экспериментов проанализированы жизнедеятельность и производственный потенциал индейки;

11. По результатам исследования сформулированы итоговые выводы и разработаны практические предложения и рекомендации для птицеводческих хозяйств Республики Таджикистан.

Положения, выносимые на защиту:

1. Обосновано, что разработанный комплекс концептуальных, математических и компьютерных моделей динамики развития и продуктивности индюков обеспечивает комплексное описание и анализ основных этапов жизнедеятельности индивидов классов распределения популяций белой широкогрудой породы и местного типа в климатических условиях индейководческих хозяйств Таджикистана. Данная система сформирована с учетом биоэкологических особенностей популяции, динамики прироста живой массы, уровня яйценоскости и влияния природно-климатических факторов, обеспечивая единую математическую и компьютерную основу для исследования и оценки этапов жизни индюков.

2. Определено и обосновано, что оптимальная математическая модель динамики прироста живой массы индюков выбрана на основе комплексного сравнительного анализа линейных, степенных, экспоненциальных, логистических, s-образных моделей Берталанфи, Бриджеса и Пюттера и адаптирована для исследования динамики прироста живой массы индивидов классов распределения популяций белой широкогрудой породы и местного типа. Идентификация и верификация выбранной модели выполнены на основе экспериментальных данных, что доказало соответствие результатов моделирования реальной динамике развития живой массы индюков.

3. Разработано и доказано, что компьютерная модель полного жизненного цикла индюков и созданный исследовательский программный комплекс обеспечивают реализацию научной концепции математических моделей с учетом природно-климатических факторов и используются для идентификации, верификации, прогнозирования и оценки производственного потенциала птицы. Данная система позволяет проводить вычислительные и сценарные эксперименты, предлагая методические подходы и практические рекомендации для анализа и повышения эффективности деятельности индейководческих хозяйств Республики Таджикистан.

Теоретическое и практическое значения исследования. Теоретическая значимость исследования заключается в том, что оно охватывает широкий спектр знаний в области математической экологии и биологических особенностей индейки, включая подходы к ведению сельского хозяйства, а также принципы и механизмы математического и компьютерного моделирования. Диссертационное исследование базируется на фундаментальных знаниях об этапах жизнедеятельности, поведении и физиологическом развитии индейки с применением современных методов компьютерного моделирования. Полученные компьютерные результаты и исследовательские выводы создают научную базу для более глубокого анализа и понимания функционирования популяции индейки и повышения её продуктивности.

Практическая значимость исследования выражается в том, что в виде разработанных математических и компьютерных моделей получен мощный исследовательский инструментарий. С его помощью стало возможным изучать и анализировать сложные процессы этапов жизнедеятельности и динамику развития популяции индейки, а также управлять её функционированием и продуктивностью под воздействием природно-климатических факторов.

Степень достоверности результатов диссертации обусловлена реализацией комплексного исследования научно обоснованных и спланированных задач с использованием современных технологий концептуального, математического и компьютерного моделирования этапов жизнедеятельности индейки, а также проведением компьютерных и вычислительных экспериментов на основе точных, известных и надежных экспериментальных данных, полученных или использованных в процессе исследования.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация и ее содержание охватывают области научных исследований паспорта специальности 1.2. Компьютерные науки и информатика (1.2.8. Математическое моделирование, численные

методы и комплексы программ) (технические науки) и соответствует следующим разделам специальности:

- 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 9. Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования.

Личный вклад соискателя ученой степени в исследование выражается в непосредственном участии в выборе темы, анализе отраслевой литературы, сборе и классификации экспериментальных данных, разработке комплекса концептуальных, математических и компьютерных моделей, идентификации и верификации исследовательского инструментария, анализе вычислительных результатов, подготовке итоговых выводов, разработке методических рекомендаций и написании текста диссертации.

Апробация и применение. Результаты диссертационного исследования были рассмотрены и обсуждены на совместных семинарах кафедр «Информатика», «Вычислительная математика и механика», «Математическое и компьютерное моделирование» и «Информационные и коммуникационные технологии» Таджикского национального университета (ТНУ), а также представлены на республиканских и международных конференциях 2022–2026 гг. в ТНУ, Академии государственного управления при Президенте Республики Таджикистан, Филиале Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе, Бохтарском государственном университете имени Носира Хусрава, Таджикском международном университете туризма и предпринимательства, Технологическом университете Таджикистана и других учреждениях.

Публикации по теме диссертации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 17 статьях и тезисах [1-М–17-М], в том числе: 12 научные статьи в рецензируемых журналах Республики Таджикистан (3 статьи написаны единолично) и 5 тезиса в материалах международных и республиканских конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертационное исследование состоит из разделов «Введение», «Общая характеристика исследования», четырех глав, раздела «Выводы» с подразделами «Основные научные результаты диссертации» и «Рекомендации по практическому использованию результатов», «Литература» с подразделами «Список использованных источников» и «Список научных публикаций соискателя ученой степени», а также раздела «Приложения».

Диссертация подготовлена в объеме 223 страниц компьютерного текста в текстовом процессоре Microsoft Word 2016 и содержит 10 таблиц и 33 рисунков. Нумерация рисунков и таблиц в диссертации осуществляется в соответствии с главами. Список литературы включает 205 наименований, а перечень научных публикаций соискателя – 17 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации изложены актуальность темы исследования, методологические аспекты, степень изученности и связь темы с государственными программами, цель, задачи, объект, база, теоретическая и практическая значимость исследования, научная новизна и положения, выносимые на защиту, а также соответствие диссертации паспорту специальности, публикации по теме, структура и объем диссертации.

В первой главе исследования проанализированы отраслевая и научная литература, касающаяся жизнедеятельности и развития индейки, её биологические и экономические особенности, специфика динамики прироста живого веса в условиях птицеводческих хозяйств Таджикистана, способы эффективной организации индейководческих хозяйств и факторы их оздоровления, а также биолого-экономические основы математического моделирования популяции индейки. Проведенный анализ подтвердил, что отрасль индейководства в климатических условиях Таджикистана, особенно в горных и предгорных регионах, может стать одной из важных и перспективных производственных сфер выращивания мясной птицы.

Вторая глава диссертации посвящена исследованию методов математического и компьютерного моделирования при оценке продуктивности индейки на основных этапах её выращивания. В ходе исследования выяснилось, что для оптимизации процесса выращивания индейки в условиях специализированного хозяйства необходимо проанализировать ключевые стадии её роста и развития. Для решения производственных задач в сфере индейководства признано важным использование технологий концептуального, математического и компьютерного моделирования. Подчеркнуто, что применение этих технологий может способствовать более глубокому пониманию процессов в индейководстве [9-М; 14-М].

Отмечено, что при концептуальном моделировании этапов жизни индейки в условиях птицеводческого хозяйства чрезвычайное практическое значение имеет учет климатических факторов (температуры воздуха, влажности, освещенности) (рисунок 2.1) [10-М].

«Климатические факторы могут оказывать существенное влияние на комфорт, сохранность поголовья, потребление корма и воды, рост, развитие, продуктивность и другие производственные показатели индейки. Учет климатических факторов в модели позволяет обеспечить надлежащие условия содержания птицы внутри производственных помещений, спланировать выбор сбалансированного питания и необходимые производственные процессы» [16].

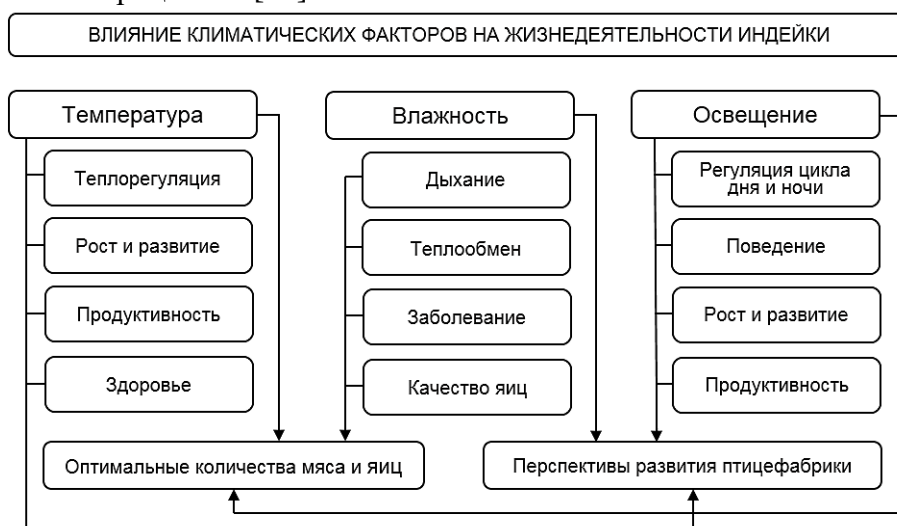


Рисунок 2.1. Концептуальная модель влияния климатических факторов на жизнедеятельность индейки в среде птицеводческого хозяйства

В ходе исследования стало очевидным, что с помощью моделирования можно с высокой достоверностью выявить закономерности яйценоскости индейки и правильно сформировать классы распределения несушек. Было определено, что использование усовершенствованной математической модели Мак-Миллана позволяет оценить динамику яйценоскости индейки и уточнить различия в показателях спада и роста этой динамики в зависимости от классов распределения. Поэтому для решения исследовательской задачи классическая модель Мак-Миллана была доработана путем внесения некоторых

изменений, и с помощью её параметров определена закономерность динамики яйценоскости индейки:

$$E(t) = E_{max} \cdot (1 - e^{-\beta \cdot t}) \cdot e^{-\alpha \cdot t}. \quad (1)$$

В (1) с помощью E_{max} обозначен параметр сравнения уровня яйценоскости птицы, α – показатель (коэффициент) интенсивности яйцекладки до момента достижения её пика, а β – показатель скорости снижения яйценоскости после прохождения пикового периода.

Между модельными и экспериментальными данными по яйценоскости исследуемых пород индеек было установлено значительное сходство. Выяснилось, что у индеек белой широкогрудой породы максимально возможный предел яйценоскости несколько выше по сравнению с популяцией индеек местной породы (рисунок 2.2).

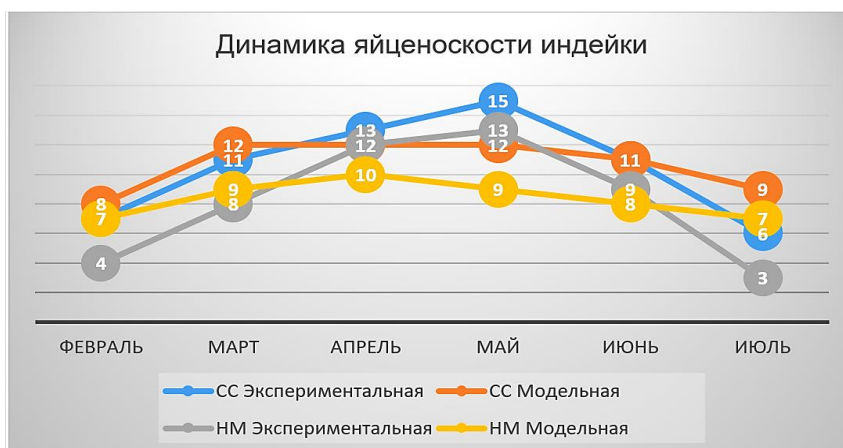


Рисунок 2.2. Динамика продуктивности обеих пород индейки по яйценоскости (*шт*) и её аппроксимация моделью Мак-Миллана

Из результатов, представленных на рисунке 2.2, следует, что индейка белой широкогрудой породы (CC) по сравнению с местной популяцией индеек (NM) характеризуется относительно более медленным темпом снижения яичной продуктивности после достижения пика яйценоскости. Расхождение между теоретическими и экспериментальными данными в данном случае не превышает 10%, что свидетельствует о высокой достоверности полученных результатов [7-М; 12-М].

Третья глава диссертации посвящена методам математического и компьютерного моделирования в исследовании динамики прироста живого веса индейки. В ходе исследования стало ясно, что с помощью метода сравнительного анализа среди нескольких математических моделей можно определить наиболее подходящую для описания и прогнозирования процесса прироста живого веса индейки. Правильность этого положения подтвердили проведенные математические и биологические анализы.

Математические обозначения, использованные в данных моделях, применяются в настоящем исследовании в следующем значении: $M(t)$ – значение живой массы особи индейки в данный момент времени периода выращивания $t \in [t_0; t_{max}]$; $M_0 = M(t_0)$ – начальное значение массы особи в начале выращивания $t = t_0$; $M_{max} = M(t_{max})$ – максимальное значение живой массы особи в конце выращивания $t = t_{max}$; M_D – дефинитивное значение живой массы (возрастной предел живой массы индейки, при достижении которого скорость прироста массы $M(t)$ прекращается); r – показатель степени функции. Значения обозначений, не указанных здесь, будут разъяснены при рассмотрении соответствующих моделей. Информационным источником экспериментальных данных является литература [1-М–17-М].

Линейная модель. Центральная особенность линейной функции $M(t) = M_0 + (M_{max} - M_0) \cdot \frac{t}{t_{max}}$ проявляется в том (рисунок 3.1, кривая 1), что модельный вес индейки в интервале периода выращивания $t_0 \leq t \leq t_{max}$ для экспериментальных значений $t_0 =$

$1; t_{max} = 410; M_0 = 0,0582; M_{max} = 8,98$ увеличивается строго линейно. Очевидно, что данный результат вытекает из свойств самой линейной функции.

Следует отметить, что подобная тенденция роста совершенно не соответствует физиологическим особенностям и реальной скорости увеличения биологической массы индейки. Поэтому линейную модель нельзя рекомендовать для использования в задачах данного исследования [5-М].

Степенные модели. «При использовании степенной функции $M(t) = M_0 + (M_{max} - M_0) \cdot \left(\frac{t}{t_{max}}\right)^r$, графическая тенденция роста живой массы индейки может реализовываться по одному из двух сценариев: $r < 1$ и $r > 1$.

На рисунке 3.1 (кривая 2) представлен график данной функции при $r = 0,5$ и значениях $t_0 = 1; t_{max} = 410; 1 \leq t \leq 410; M_0 = 0,0582; M_{max} = 8,98$ [5-М]. Из графического изображения видно, что при $M(t_0) = M_0$ и $M(t_{max}) = M_{max}$ живая масса индейки $M(t)$ в начале этапа выращивания растет стремительно, а по прошествии определенного времени постепенно замедляется, что не характерно для роста биологической массы индейки» [12].

На рисунке 3.1 (кривая 3) изображен график степенной функции для случая $r = 2$ при тех же значениях модельных величин. Из графика очевидно, что рост живой массы $M(t)$ начинается в точке $M(t_0) = M_0$ и завершается в точке $M(t_{max}) = M_{max}$. В данном случае функция обеспечивает быстрый (параболический) графический рост живой массы, которая на интервале времени $t_0 \leq t \leq t_{max}$ увеличивается непрерывно. Эта тенденция также противоречит характеру реального роста биологической массы индейки. В связи с этим дальнейшее использование обоих вариантов степенной модели в исследовании не рекомендуется.

Экспоненциальная модель. На рисунке 3.1 (кривая 4) представлен график экспоненциальной функции (3), полученный с помощью программного кода на объектно-ориентированном языке программирования Python для временного интервала $1 \leq t \leq 410$ и начального значения живой массы индейки в начале этапа выращивания $M_0 = 0,0582$. Числовое значение параметра $\ell_1 = \frac{1}{t_{max}} \cdot \ln \frac{1}{M_0} \approx 0,00694$ было рассчитано с помощью компьютерной программы [5-М].

При использовании в математической модели экспоненциальной функции $M(t) = M_0 \cdot e^{\ell_1 t}$, $\ell_1 = \frac{1}{t_{max}} \cdot \ln \frac{1}{M_0}$ скорость роста живой массы индейки увеличивается монотонно (близко к случаю $r = 2$ для степенной функции) и принимает экспоненциальный характер. То есть в начале этапа выращивания темп прироста живой массы происходит медленнее, а ближе к концу этапа наблюдается его ускорение, что противоречит реальной скорости роста живой массы индейки. Следовательно, эта модель также непригодна в исследовании.

Логистическая модель. На рисунке 3.1 (кривая 5) представлено графическое изображение компьютерного результата логистической модели $M(t) = M_0 + (M_D - M_0) \cdot (1 - e^{-\ell_2 t})$, рассчитанного по формуле $\ell_2 = -\frac{1}{t_{max}} \cdot \ln \frac{M_D - M_{max}}{M_D - M_0} \approx 0,01320$. Модель построена для следующих экспериментальных значений живой массы индейки породы белая широкогрудая: $M_0 = 0,0582; M_{max} = 8,98$; в интервале времени $1 \leq t \leq 410$ [5-М].

«При компьютерной реализации логистической функции с увеличением модельного возраста индейки скорость прироста её живой массы постепенно снижается, а при достижении массой максимального предела (дефинитивного значения – M_D) рост прекращается, что близко к действительности. Таким образом, для продвижения исследования логистическая модель является «хорошим» инструментом» [12].

Первая модель Берталанфи. На рисунке 3.1 (кривая 6) представлено графическое изображение компьютерного результата s-образной математической модели Берталанфи первого типа: $M(t) = M_0 + (M_D - M_0) \cdot (1 - e^{-\mu t})^s, \mu = -\frac{1}{t_{max}} \cdot \ln \left(1 - \sqrt[3]{\frac{M_{max} - M_0}{M_D - M_0}}\right)$.

Модель построена для следующих экспериментальных значений живой массы индейки породы белая широкогрудая и специально рассчитанных модельных параметров: $s = 3$; $t_0 = 1$; $t_{max} = 410$; $1 \leq t \leq 410$; $M_0 = 0,0582$; $M_{max} = 8,98$; $M_D = 9,02$. График получен на основе значения параметра μ , рассчитанного с помощью языка Python ($\mu \approx 0,01588$) [5-М].

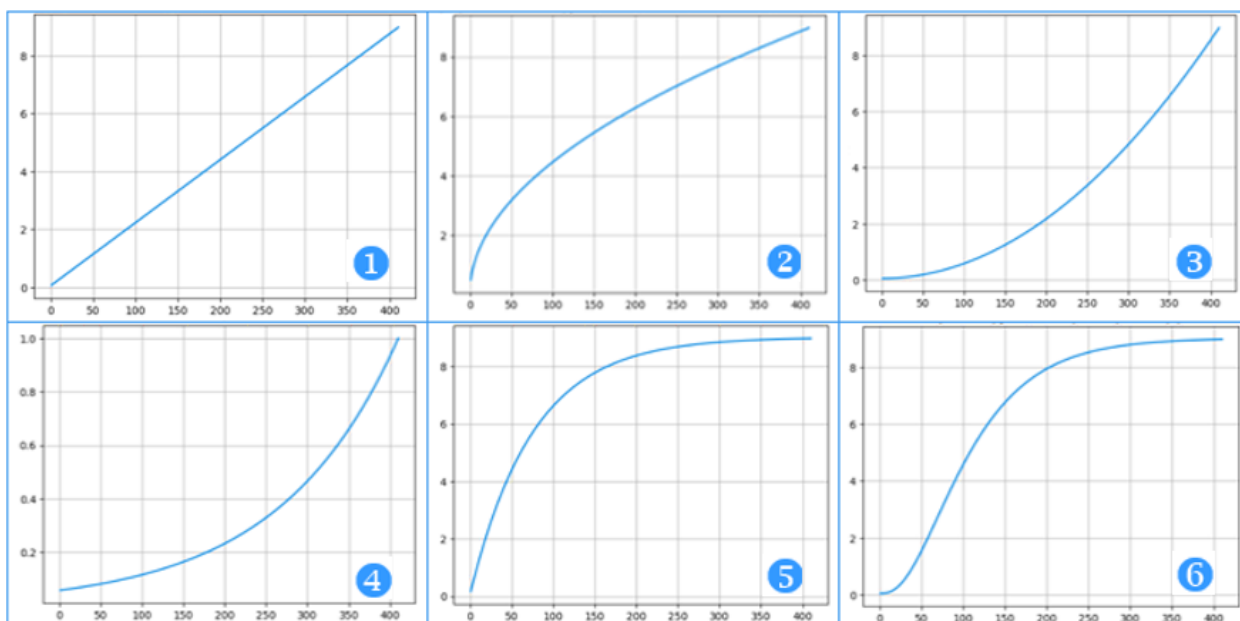


Рисунок 3.1. Кривые математических моделей роста живой массы индейки: 1-линейная; 2-степенная ($r = 0,5$); 3-степенная ($r = 2$); 4-экспоненциальная; 5-логистическая; 6-Бергаланфи (первая)

При применении функции Бергаланфи ($s = 3$) в математической модели, с помощью которой можно описать сложный процесс роста живой массы особи индейки данного возраста, максимальная скорость прироста веса достигается не на начальном этапе, а на последующих стадиях жизни особи. В этом случае скорость роста живой массы в начале периода выращивания развивается медленно, затем ускоряется и по мере увеличения возраста постоянно снижается. При достижении дефинитивного значения (M_D) рост живой массы прекращается и принимает постоянный характер. Таким образом, первая модель Бергаланфи является очень хорошим исследовательским инструментом [1-М].

Вторая модель Бергаланфи. «При исследовании математической структуры второй s -образной модели Л. фон Бергаланфи $M(t) = M_\infty \cdot [\exp(-\beta \cdot t + \alpha)]^s$ мы столкнулись с проблемой, которая при применении реальных значений параметров ($1 \leq t \leq 410$; $M_\infty = 10$; $\alpha = 4$; $\beta = 0,02$; $s = 3$) сделала её использование в решении исследовательской задачи невозможным: $M(t) = M_\infty \cdot [\exp(-\beta \cdot t + \alpha)]^s \equiv M(t) = M_\infty \cdot \exp[s(\alpha - \beta t)]$. При $t = 1$ получаем $M(1) = M_\infty \cdot e^{s(\alpha - \beta)}$; при $t \rightarrow \infty$ имеем $M(t) \rightarrow 0$, то есть данная функция является полностью убывающей экспонентой» [12].

«С биологической точки зрения проблема данной модели проявляется в том, что живая масса индейки максимальна в начале этапа выращивания и снижается к его концу. То есть эта модель описывает не рост, а деградацию (убывание) живой массы. В связи с этим мы усовершенствовали вид данной модели применительно к решению исследовательской задачи следующим образом: $\{M(t) = M_\infty \cdot [1 - \exp(-\beta \cdot t + \alpha)]^s, \beta > 0\}$. В таком виде её кривая обладает монотонным ростом и точкой перегиба, а также способна обеспечить асимптотическое приближение модельного веса к его максимальному пределу» [12; 1-М].

Математико-биологический анализ усовершенствованной структуры модели Бергаланфи показал, что при правильном подборе значений параметров α и β : если $t \rightarrow 0$, $M(t) \approx M_\infty \cdot (1 - e^\alpha)^s \approx 0$; если $t \rightarrow \infty$, то $M(t) \rightarrow M_\infty$, так как $\exp(-\beta \cdot t + \alpha) \rightarrow 0$. То есть данная модель способна адекватно отражать реальный рост живой массы индейки.

На рисунке 3.2 (кривая 1) представлено графическое изображение компьютерного результата усовершенствованной модели Берталанфи для значений $M_{\infty} = 10$; $\alpha = 0,1838$; $\beta = 1,3221$ и интервала периода выращивания $1 \leq t \leq 410$. Очевидно, что при малых значениях t скорость роста модельного веса также невелика. Поскольку точка перегиба кривой расположена вблизи начала оси времени t , это привело к ускорению темпа роста и приближению веса к $M_{\infty} = 10$, что далеко от реальных данных птицеводческой практики.

«Ошибка вычислений произошла из-за неверного выбора значения параметра β : при $\beta = 1,3221$ рост живой массы происходит со слишком высокой скоростью, что повлияло на формирование функции Берталанфи (вместо s-образной она стала ступенчатой). Значение β должно быть выбрано таким образом, чтобы точка перегиба кривой сместилась от начала оси времени вправо» [12; 1-М].

На рисунке 3.2 (кривая 2) представлено графическое изображение усовершенствованной функции Берталанфи для прежних модельных значений и $\beta = 0,02$. Хотя визуальная форма функции улучшилась, её информативность с биологической и физической точек зрения в корне ошибочна: если $t \rightarrow 0, \exp(-\beta \cdot t + \alpha) > 1$, следовательно $[1 - \exp(-\beta \cdot t + \alpha)] < 0$. Поскольку $[1 - \exp(-\beta \cdot t + \alpha)]^3 \ll 0$, это противоречит биологическому смыслу живой массы. В связи с этим мы повторно усовершенствовали вид функции Берталанфи: $M(t) = M_{\infty} \cdot [1 - \exp(-\beta(t - t_{M_D}))]^s, t \geq t_0$ (β – скорость роста модельного веса; t_{M_D} – временная величина, при которой при $t = t_{M_D}$ выполняется условие $M(t) = M_D$). Очевидно, что перегиб графика функции также должен происходить в окрестности точки $t_{M_D} = 200$.

На рисунке 3.2 (кривая 3) представлено графическое изображение повторно усовершенствованной функции Берталанфи для значений $M_{\infty} = 10$; $\beta = 0,02$; $t_{M_D} = 200$; $t_0 = 1$; $t_{max} = 410$; $s = 3$. Из рисунка видно, что $M(t)$ начиная с точки $t = t_0$ до $t_{M_D} = 200$ практически не растёт. Напротив, вблизи $t_{M_D} \approx 200$ рост веса резко интенсифицировался. В последующие интервалы времени выращивания набор веса индейки продолжился, приближаясь к своему максимально возможному пределу (асимптоте) $M_{\infty} = 10$. Хотя в данном случае кривая повторно усовершенствованной функции Берталанфи качественнее отражает тенденцию роста живой массы индейки, она всё же не удовлетворяет требованиям птицеводческой практики.

На практике процесс набора веса начинается с первых дней периода выращивания, а не со второй его половины, как это следует из результатов моделирования. Поэтому мы отказываемся от дальнейшего применения второй s-образной математической модели Л. фон Берталанфи (как в цитируемом, так и в усовершенствованных вариантах).

Модель Пюттера. «Смысл параметров математической модели А. Пюттера $M(t) = M_{max} \cdot (1 - \exp[-\eta(t + \gamma)^p])$ следующий: M_{max} – асимптота живой массы; η – коэффициент интенсивности, определяет, насколько быстро кривая графика приближается к M_{max} ; γ – параметр временного сдвига, позволяет учитывать, что рост массы начинается не с момента $t = 0$, а с некоторой задержкой; p – параметр формы ($p = 1$ – экспоненциальная функция; $p > 1$ – s-образная функция)» [14].

Технология определения значений параметров γ, η, p по данным $M(t)$ на интервале выращивания $1 \leq t \leq 410$ при $M_{max} = 8,98$:

1) Параметр формы p в модели отвечает за положение точки перегиба кривой функции. Для индюка $p \in [2,5 \div 4,0]$, поскольку интенсивный рост функции $M(t)$ приходится на первую половину периода выращивания, а в интервале 250-400 суток скорость роста резко снижается. Для более точной аппроксимации живой массы 8,98 кг к 410 суткам принято значение $p = 3,21$.

2) Параметр временного сдвига γ регулирует возраст начала активного набора массы индюка. Поскольку при $t = 1$ его живая масса $M(1) \neq 0$, значение γ должно быть

выбрано так, чтобы выполнялось условие $M(1) \approx 0,0582 \div 0,0637$ кг. Для указанных значений $M(1)$ допустимый диапазон параметра составляет $\gamma \in [-0,05 \div 0,1]$. Однако, учитывая, что $M(1) \neq 0$, принимается значение $\gamma = 0$.

3) Коэффициент интенсивности η является связующим параметром между временем t и стремлением функции $M(t) \rightarrow M_{max}$. Поскольку по экспериментальным данным при $t_{max} = 410$ значение $M_{max} = 8,98$ кг, то для достижения данного веса параметр η должен находиться в диапазоне $\eta \in [0,005 \div 0,008]$. В рассматриваемом случае принято значение $\eta = 0,0068$.

На рисунке 3.2 (s-образная кривая 4) представлен график функции Пюттера на интервале времени $1 \leq t \leq 410$ при значениях параметров $M_{max} = 8,98$; $\gamma = 0$; $\eta = 0,0068$; $p = 3,21$, который адекватно отражает тенденцию роста живой массы индюка. В начальной стадии выращивания ($t \approx 1 \div 70$) наблюдается медленный рост живой массы, что соответствует периоду адаптации индюка. В интервале $t \approx 120 \div 200$ реализуется интенсивный рост, характерный для экспоненциального увеличения биомассы. Именно на этом временном участке располагается точка перегиба графика функции, отражающая момент максимальной суточной скорости набора массы индюком. При $t > 250$ происходит замедление роста живой массы, и кривая функции постепенно приближается к асимптоте $M_{max} = 8,98$.

Кроме того, компьютерные расчёты показали, что при заданных значениях параметров модели индюк достигает примерно 95% своей общей биологической массы к 180-му дню периода выращивания, после чего прирост массы замедляется и затем практически прекращается. Данная тенденция является характерной для модели Пюттера: рост живой массы $M(t)$ ограничен её максимальным значением M_{max} . Все полученные компьютерные результаты свидетельствуют о том, что модель Пюттера, с учётом уровня аппроксимации реальной динамики роста живой массы индюка, может рассматриваться как эффективный и адекватный инструмент исследования.

Модель Бриджеса. «Исходная математическая структура модели Т. С. Бриджеса задаётся выражением $M(t) = \bar{M} \cdot [1 - \exp(-u \cdot t^\vartheta)]$, $\bar{M} = \frac{M_{max}}{0,95}$. Здесь: M_{max} – максимальная живая масса в период зрелости; $\bar{M}$ – доля постепенного формирования средней живой массы (в процентах от максимальной массы); u – параметр экспоненциального развития (скорость формирования живой массы); ϑ – параметр кинетического развития (характеризует ускорение роста массы на среднем этапе выращивания)» [14].

На рисунке 3.2 (кривая 5) представлена визуализация функции Бриджеса для экспериментальных значений: $1 \leq t \leq 410$; $M_{max} = 8,98$; $\bar{M} = \frac{M_{max}}{0,95} \approx 9,45$; $u = 0,015$; $\vartheta = 1,2$. При интерпретации биологического смысла полученных компьютерных результатов, аналогично второй модифицированной модели Берталанфи, в структуре модели выявлены определённые математические несоответствия. Поскольку функция $\exp(-u \cdot t^\vartheta) \equiv \exp[(-u\vartheta)t]$, её аргумент по переменной t является линейным. Это означает, что параметр ϑ не влияет на форму кривой, а лишь усиливает значение параметра u . В результате практическая значимость модели сводится к простой экспоненциальной зависимости: $M(t) = \bar{M} \cdot [1 - \exp(-kt)]$, $k = u\vartheta$.

Биологическая проблема модели Бриджеса заключается в том, что, хотя её кривая является монотонно возрастающей, в ней не наблюдаются фазы кинетического развития и интенсивного роста, то есть она не соответствует реальной динамике увеличения живой массы индюка.

В связи с этим математическая форма модели Бриджеса была модифицирована с учётом особенностей исследуемой задачи и приведена к нелинейному виду: $M(t) = \bar{M} \cdot [1 - \exp(-u \cdot t^\vartheta)]$, $\bar{M} = \frac{M_{max}}{0,95}$. Степенная часть аргумента функции в усовершенствованной модели $[\exp(-u \cdot t^\vartheta)]$ позволяет адекватно описывать кинетику

возрастного роста живой массы и фазу интенсивного формирования биологической массы в средней части онтогенеза. При $\vartheta > 1$, модель отражает возрастную зависимость скорости кинетического роста живой массы. Указанные преимущества модели демонстрируются визуализацией, представленной на рисунке 3.2 (кривая 6), построенной для ранее выбранных значений параметров.

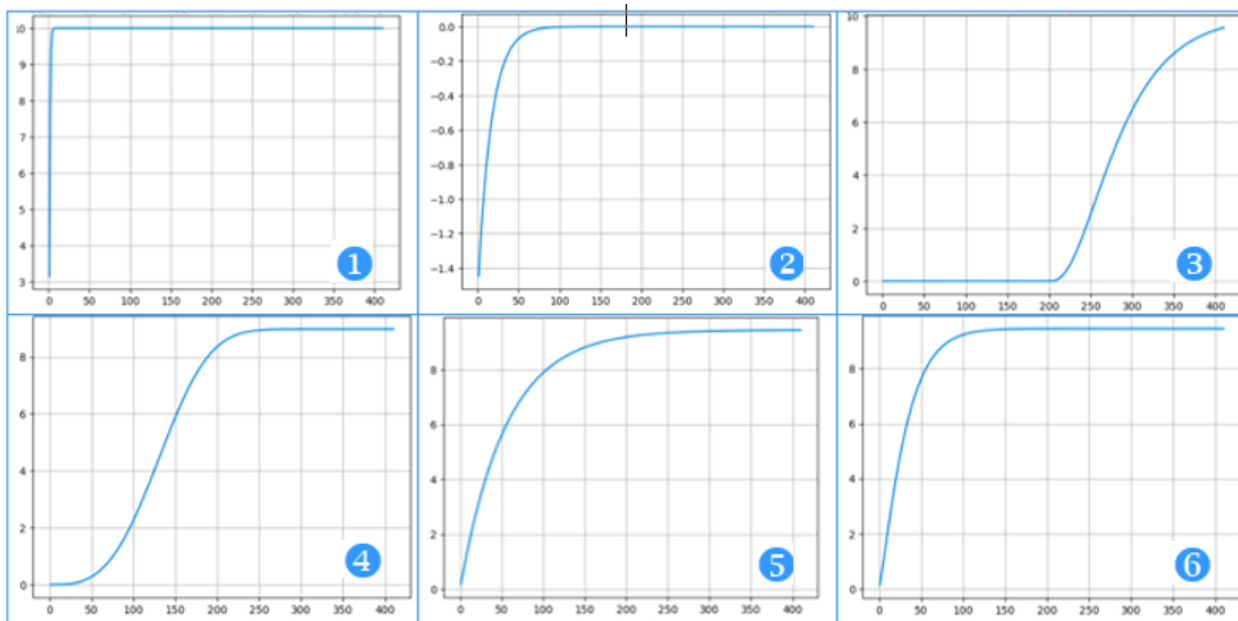


Рисунок 3.2. Кривые математических моделей роста живой массы индейки:
1-модифицированная Берталанфи ($\beta=1,3221$), 2-модифицированная Берталанфи ($\beta=0,02$),
3-повторно модифицированная Берталанфи ($\beta=0,02$), 4-Пюттера, 5-цитированная Бриджеса,
6-модифицированная Бриджеса

Из визуализации роста живой массы индеек белой широкогрудой породы отчетливо видно, что кривая функции отражает логистическую форму развития и полностью соответствует экспериментальным данным [1-М; 4-М]. Согласно графическим данным, процесс набора веса у индеек в раннем возрасте протекает медленно, а на среднем этапе выращивания скорость этого процесса возрастает. Постепенное формирование среднего полного веса (8,531) происходит вокруг значения $\bar{M} \approx 9,45$, что составляет примерно 95% от максимальной живой массы ($M_{max} = 8,98$) индейки. Начиная с этой точки и до конца этапа выращивания, живая масса индейки больше не увеличивается и остается постоянной.

На следующем шаге исследования для прогнозирования процесса роста живой массы индеек, используя метод сравнительного анализа, мы оценили биологические особенности и визуальные возможности кривых рассмотренных моделей: линейной, степенной ($r = 0,5$; $r = 2$), экспоненциальной, логистической, s-образной первой модели Берталанфи, Пюттера и Бриджеса, и определили оптимальную математическую модель. Чтобы визуально оценить соответствие и биологическую адекватность моделей, мы объединили их кривые в одной графической среде (рисунок 3.3).

Из рисунка видно, что среди 8 кривых именно кривая модели Пюттера наилучшим образом описывает характер формирования и развития живой массы птиц. Она имеет правильную s-образную форму. Согласно графическим данным, модельный прирост веса индейки на различных этапах периода выращивания $1 \leq t \leq 410$ достоверно представляет имеющиеся экспериментальные данные: медленное начало $\rightarrow$ интенсивный рост $\rightarrow$ постепенное приближение к M_{max} . График функции модели расположен асимметрично относительно своей точки перегиба, что тесно соответствует реальной динамике роста веса индейки. Параметры модели имеют четкий физиологический смысл. В связи с этим, а также ввиду наилучшего визуального и биологического соответствия, модель Пюттера

была принята в качестве оптимальной математической модели для исследовательских задач.

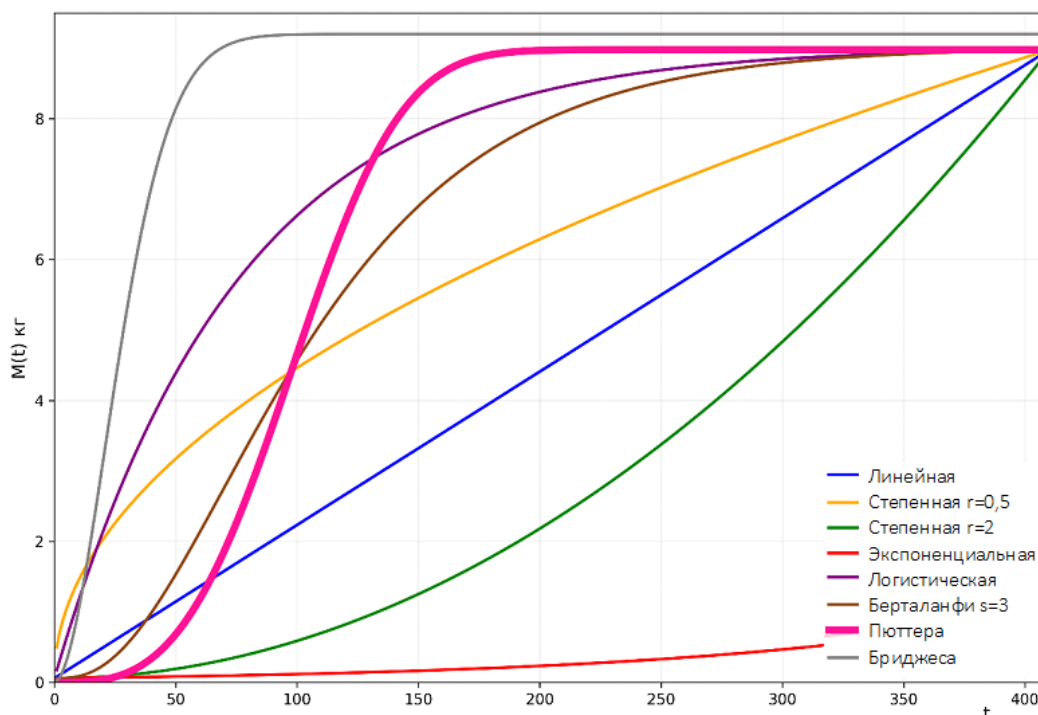


Рисунок 3.3. Визуальное сравнение кривых рассмотренных математических моделей аналитического исследования роста живой массы индейки

Учет природных и климатических факторов воздействия в оптимальной компьютерной модели полного жизненного цикла индейки рассмотрен и проанализирован в **четвертой главе диссертации**. Для определения лучшего класса распределения был проведен сравнительный анализ живой массы особей в популяциях индеек белой широкогрудой породы и местного типа. Анализ выявил, что благодаря более высоким весовым асимптотам у особей классов распределения популяции индеек местного типа, в конце периода выращивания они показали более высокие показатели по сравнению с аналогичными классами особей белой широкогрудой породы. В связи с этим для проведения селекционных работ рекомендован класс распределения M^+ данной породы (таблица 4.1).

Таблица 4.1. Значения параметров модели Пюттера для исследования биомассы индейки

Индейка	Класс распределения	Живой вес, кг				Параметр		
		$M(t_1)$	$M(t_{120})$	$M(t_{210})$	$M(t_{410})$	η	γ	ρ
Белая широкогрудая	M^-	0,05783	3,91	8,91	8,91	0,0068	0,68	3,21
	M^0	0,05820	4,29	8,98	8,98	0,0068	0,00	3,21
	M^+	0,05857	4,67	9,05	9,05	0,0068	0,66	3,21
Местная порода	M^-	0,05370	3,67	8,57	9,08	0,0068	0,50	3,21
	M^0	0,05410	3,91	8,65	9,17	0,0068	0,00	3,21
	M^+	0,05450	4,15	8,73	9,26	0,0068	0,48	3,21

Примечание: M^- – ниже среднего веса; M^0 – на уровне среднего веса; M^+ – выше среднего веса.

Графический и формульный анализ данной главы показал, что процесс прироста живой массы индейки имеет прямую зависимость от оптимальных показателей питьевой воды, температуры, освещения и влажности воздуха внутри птичника. Организация и поддержание оптимального уровня этих факторов воздействия внутри помещений птицеферм признаны крайне важными.

Согласно результатам моделирования, в интервале с 1-го по 120-й день периода выращивания средняя относительная погрешность расчетов составляет менее 3-5%, так как в этот период функции потребления корма и воды работали наиболее активно. Активность этих функций привела к высоким темпам роста живой массы индеек. Максимальная скорость прироста веса зафиксирована в интервале между 80-м и 120-м днями.

Поэтому данный период считается важнейшим для оптимального ухода за птицей. Максимальная ошибка пришлась на 56-й день выращивания (~4,5%), что считается отличным результатом для типов биологических моделей СОДУ. На 121-410-й дни этапа выращивания живая масса модели приблизилась к максимальному табличному весу, что свидетельствует о корректности работы модели.

Биологическая интерпретация параметров модели Пюттера: различие между живой массой особей классов распределения популяции индеек породы белая широкогрудая M^0, M^-, M^+ наблюдается только в значениях их максимального предела биологической массы (асимптоты) $M_{max}^0 = 8,98$; $M_{max}^- = 8,91$; $M_{max}^+ = 9,05$ и в значениях параметра γ – минимального временного сдвига ($\gamma^0 = 0$; $\gamma^- = 0,68$; $\gamma^+ = 0,66$). Поскольку форма кривой модели Пюттера в данном случае одинакова для всех трёх классов распределения, то и механизмы роста живой массы этих классов также идентичны ($\eta = 0,0068$; $p = 3,21$). То есть, классы распределения M^- и M^+ отличаются от класса M^0 только своими потенциальными возможностями и начальной массой особей [$M^0(t_0) = 0,0582$; $M^-(t_0) = 0,05783$; $M^+(t_0) = 0,05857$], а не кинетическими возможностями [2-М; 4-М].

Различия между начальными значениями живой массы особей классов распределения индеек породы белая широкогрудая [$M^0(t_0), M^-(t_0), M^+(t_0)$] используются для определения значения параметра временного сдвига γ . То есть значение параметра γ определяется по условию $M(t_0) = M_{max} \cdot (1 - \exp[-\eta(t_0 + \gamma)^p])$:

$$[\eta(t_0 + \gamma)]^p = -\ln \left[1 - \frac{M(t_0)}{M_{max}} \right], \gamma = \frac{1}{\eta} \left[-\ln \left(1 - \frac{M(t_0)}{M_{max}} \right) \right]^{\frac{1}{p}} - t_0.$$

Для класса распределения M^- :

$$\frac{M^-(t_0)}{M_{max}^-} = \frac{0,05783}{8,91} = 0,00649; \quad -\ln(1 - 0,00649) = 0,00651;$$

$$\gamma^- = \frac{0,00651^{\frac{1}{3,21}}}{0,0068} - 1 \approx 0,68.$$

Для класса распределения M^+ :

$$\frac{M^+(t_0)}{M_{max}^+} = \frac{0,05857}{9,05} = 0,00647; \quad -\ln(1 - 0,00647) = 0,00649;$$

$$\gamma^+ = \frac{0,00649^{\frac{1}{3,21}}}{0,0068} - 1 \approx 0,66.$$

Соответствующие значения параметров модели Пюттера для начальной массы $M^0(t_0) = 0,0541$; $M^-(t_0) = 0,0537$; $M^+(t_0) = 0,0545$ и конечной массы особей классов распределения популяции индеек местной породы $M_{max}^0 = 9,17$; $M_{max}^- = 9,08$; $M_{max}^+ = 9,26$ установлены точно по алгоритму расчета этих же параметров для индеек породы белая широкогрудая. На рисунке 4.1 представлена диаграмма живой массы особей классов распределения обоих видов индеек (κ_2) в начале и в конце этапа выращивания/

На рисунке 4.2 представлена аналогичная диаграмма для сравнения живой массы особей классов распределения индеек породы белая широкогрудая и местной породы (κ_2) перед их убоем (в возрасте 120 дней) и в середине этапа выращивания (в возрасте 210 дней).

Между породами индеек и их классами распределения зафиксированы некоторые различия по асимптотическим значениям (M_{max}): асимптотические значения индеек

породы белая широкогрудая (СС) ниже, чем у популяции индеек местной породы (НМ). Похожие различия между этими двумя породами индеек отмечены и в значениях параметра γ (параметр временного сдвига модели). Указанные различия в динамике прироста живой массы особей классов распределения исследуемых пород индеек можно наблюдать на графическом изображении на рисунке 4.3.

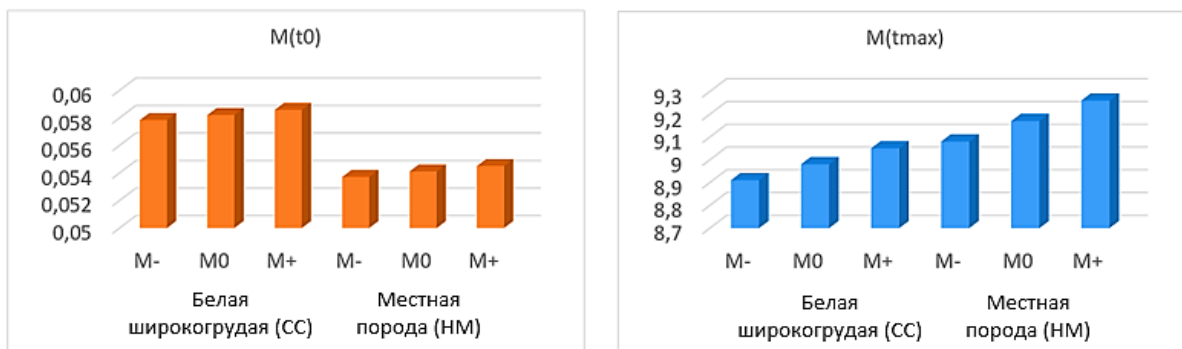


Рисунок 4.1. Диаграмма живой массы особей классов распределения обоих видов индеек (κ_2): слева – в начале; справа – в конце этапа выращивания

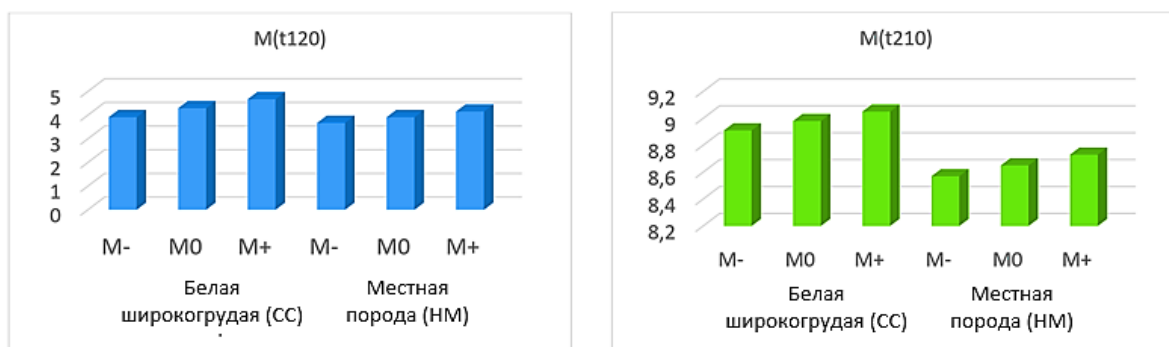


Рисунок 4.2. Диаграмма живой массы особей классов распределения обоих видов индеек (κ_2): слева – перед убоем (в 120 дней); справа – в середине этапа выращивания (в 210 дней).

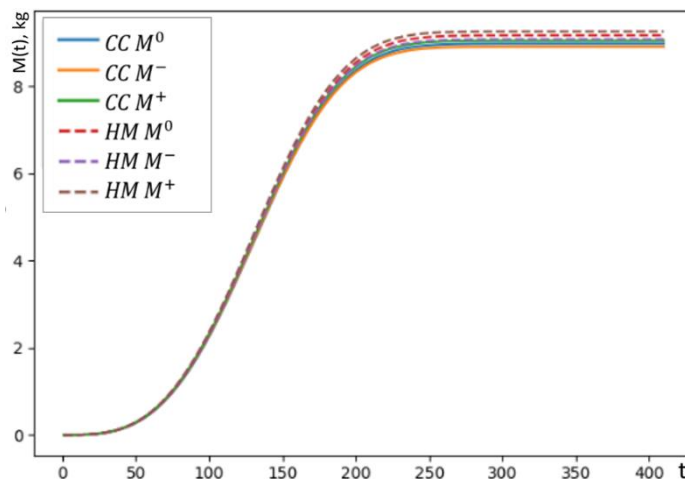


Рисунок 4.3. Сравнительные кривые динамики прироста живой массы особей классов распределения индеек пород СС (белая широкогрудая) и НМ (местная порода)

Из визуального анализа сравнительных кривых математической модели Пюттера отчетливо видно, что формы всех них (6 штук) схожи между собой. Поскольку значения параметров η и p для всех трех классов распределения исследуемых пород индеек одинаковы, их графики также имеют идентичную классическую s-образную форму с выраженными фазами ускоренного роста (≈ 80 -180 суток) и примерно через 230-260 суток приближаются к своему максимальному пределу живой массы $M_{max} = M_{\infty}$.

Тенденция внутреннего прироста живой массы среди особей классов распределения обеих пород индеек для M^- всегда низкая, для M^0 – средняя, а для M^+ – высокая. Сравнение кривых веса пород показало, что хотя показатели НМ на различных этапах выращивания были ниже, чем у СС, на пост-среднем и заключительном этапах они, напротив, немного выросли: $M_{\text{НМ}}^0(t_{120}) = 3,91\text{кг} \rightarrow M_{\text{НМ}}^0(t_{210}) = 8,65\text{кг} \rightarrow M_{\text{НМ}}^0(t_{410}) = 9,17\text{ кг}$. Живая масса индеек породы СС в конце выращивания осталась на уровне веса предыдущего среднего этапа: $M_{\text{СС}}^0(t_{120}) = 4,29\text{ кг} \rightarrow M_{\text{СС}}^0(t_{210}) = 8,98\text{ кг} \rightarrow M_{\text{СС}}^0(t_{410}) = 8,98\text{ кг}$.

На основе динамики живой массы особи модального класса распределения индеек породы СС ($M(t)$, кг) для различных этапов периода выращивания, с помощью Python были графически определены зависимости влияния факторов окружающей среды (температура – $T(M(t))$, °С; влажность – $H(M(t))$, %; освещенность – $L(M(t))$, люкс) и питьевой воды – $W(M(t))$ (л/шб) $t \in [t_0; t_{410}]$ от живой массы особи (рисунок 4.4).

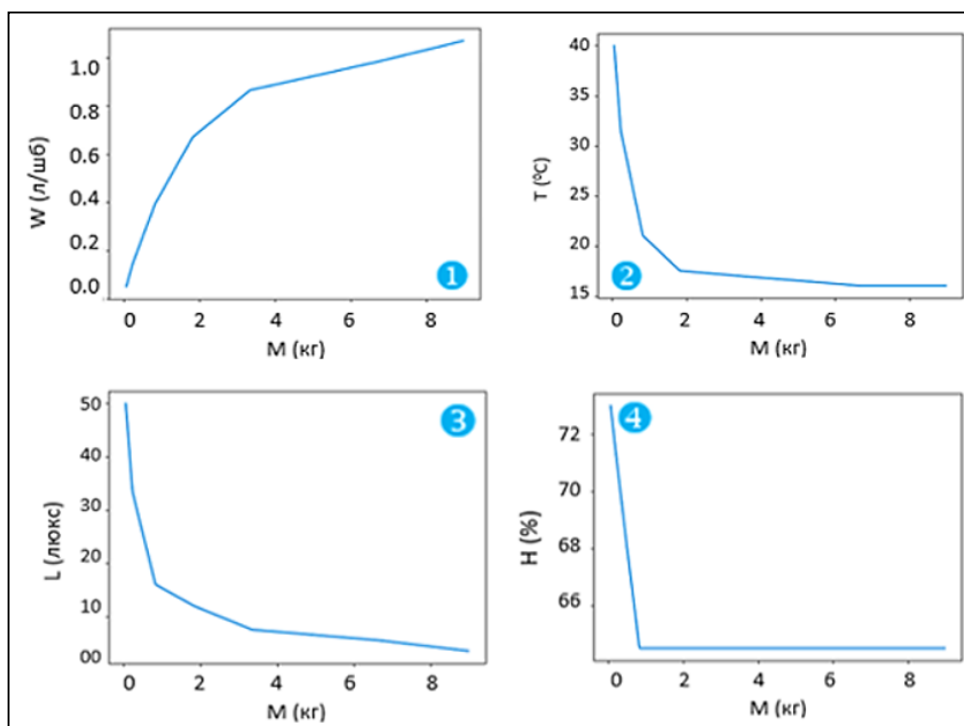


Рисунок 4.4. Графики зависимости экотехнологических факторов от живой массы особи индейки: 1 – питьевая вода, 2 – температура, 3 – освещенность, 4 – влажность

Данная модель определяет обратную зависимость между влияющими экотехнологическими факторами (вода, температура, влажность, свет) и живой массой особи индейки, то есть она предлагает ответ на вопрос: «Как данные факторы влияют на формирование живой массы особи?». С использованием метода наименьших квадратов найдены приближенные значения коэффициентов регрессионной модели: $M(W, T, H, L) \approx 15,6 + 12,45 \cdot W - 0,28 \cdot T - 0,15 \cdot H - 0,08 \cdot L$.

На рисунке 4.5 построено изображение 3D-графика модели мультилинейной регрессии с учетом влияния экотехнологических факторов (в плоскости регрессии) для средних значений влияющих факторов влажности H и освещенности L .

Из анализа графической информации на рисунке 4.5 становится ясно, что основным фактором, влияющим на прирост живой массы особи индейки, является экотехнологический фактор воды W . Температура воздуха внутри птичника T также считается одним из центральных факторов, воздействующих на рост живой массы особи.

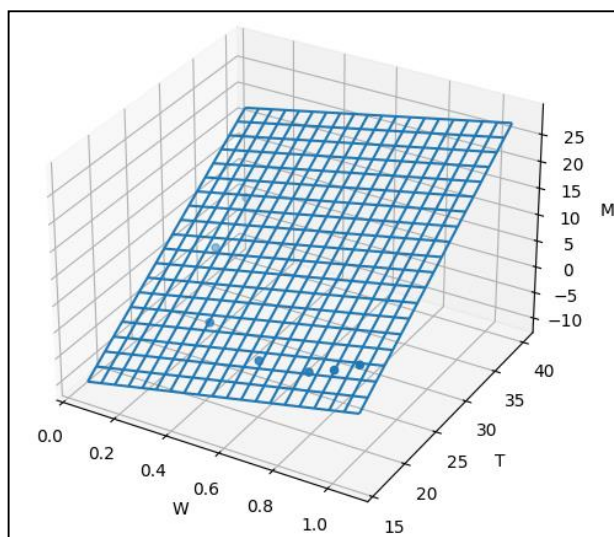


Рисунок 4.5. 3D-график модели мультилинейной регрессии в зависимости от экотехнологических факторов

Анализ показывает, что максимальная живая масса ($M \approx 9$ кг) достигается при относительно низких температурах ($16-17^{\circ}\text{C}$). Наряду с этим, поскольку зависимости влияющих природных факторов от живой массы ($M(t)$), как правило, имеют скорее экспоненциальный или логарифмический характер, при составлении более точных математических выражений мы также использовали метод нелинейной регрессии (таблица 4.2).

Таблица 4.2. Влияющие структурные функции математической модели (СОДУ)

Фактор	Порода СС	Порода НМ
Питание (U)	$-0,0028M_{CC}^2 + 0,064M_{CC} + 0,015$	$-0,0031M_{NM}^2 + 0,062M_{NM} + 0,012$
Вода (W)	$0,05 + 0,21 \cdot \ln(M_{CC} + 1)$	$0,15 + 0,12 \cdot M_{NM}$
Температура (T)	$16 + 24 \cdot e^{-0,85M_{CC}}$	$16 + 24 \cdot e^{-0,85M_{NM}}$
Влажность (H)	$0,72 \cdot e^{-0,015M_{CC}}$	$0,72 \cdot e^{-0,015M_{NM}}$
Освещение (L)	$2 + 48 \cdot e^{-1,2M_{CC}}$	$2 + 50 \cdot e^{-0,4M_{NM}}$
Сохранность (ω)	M_{CC}/M_{maxCC}	M_{NM}/M_{maxNM}

На основе начальных условий и численного метода Рунге-Кутты четвертого порядка (RK4) с автоматическим шагом, в виде системы двух обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений, разработана общая математическая модель расчета скорости прироста живой массы на примере особей модальных классов распределения к индеек породы белая широкогрудая (СС) и местной породы (НМ) [2-М].

Расчет процесса прироста живой массы особей пород M_{CC} и M_{NM} в интервале периода выращивания $1 \leq t \leq 410$ налажен с учетом влияния природных факторов (T, H, L), функции биологического торможения (замедления возбуждения тканей организма) [$1 - \omega(M(t))$], функций управления процессами кормления и поения индеек в связи с их живой массой $U(M(t))$ и $W(M(t))$ на базе метода RK4 и функции Пюттера [1-М-5-М]:

Система дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dM_{CC}}{dt} = k_{CC} \cdot M_{CC}(t) \cdot U(M_{CC}) \cdot W(M_{CC}) \cdot \Phi_{CC}(T, H, L) \cdot [1 - \omega(M_{CC})] \\ \frac{dM_{NM}}{dt} = k_{NM} \cdot M_{NM}(t) \cdot U(M_{NM}) \cdot W(M_{NM}) \cdot \Phi_{NM}(T, H, L) \cdot [1 - \omega(M_{NM})]. \end{cases}$$

Здесь $\Phi_{CC}(T, H, L)$ и $\Phi_{NM}(T, H, L)$ – комплексные функции влияющих природных факторов соответственно для развития индеек пород СС и НМ:

$$\Phi_{CC}(T, H, L) = \frac{T(M_{CC})}{T_{max}} \cdot \frac{H(M_{CC})}{H_{max}} \cdot \frac{L(M_{CC})}{L_{max}},$$

$$\Phi_{NM}(T, H, L) = \frac{T(M_{NM})}{T_{max}} \cdot \frac{H(M_{NM})}{H_{max}} \cdot \frac{L(M_{NM})}{L_{max}}.$$

Значения $T_{max} = 40^{\circ}\text{C}$, $H_{max} = 0,73\%$, $L_{max} = 50$ люкс используются для нормирования (стабилизации) значений коэффициентов.

Начальные условия. Согласно табличным данным, начальные условия, связанные с живой массой индеек пород СС и НМ и используемые для решения СОДУ в интервале периода выращивания $t \in [1; 410]$, таковы: $M_{CC}(1) = 0,0582$ кг, $M_{NM}(1) = 0,0541$ кг.

Коэффициенты скорости и пределы роста: $k_{CC} = 19,4$; $k_{NM} = 21,2$; $M_{maxCC} = 9,0$; $M_{maxNM} = 9,2$.

Структурные функции модели (СОДУ) (см. таблицу 4.2).

Все модельные расчеты (СОДУ) на основе экспериментальных биологических данных и предложенных эмпирических функций выполнены методом Рунге-Кутты четвертого порядка (RK4) на объектно-ориентированном языке программирования Python:

```
# Программные коды математической модели
import numpy as np
import pandas as pd
# Коэффициенты
K_CC, K_NM = 19.4, 21.2
M_MAX_CC, M_MAX_NM = 9.0, 9.2
# 1. Определение вспомогательных функций для породы СС
def CC_factors(M):
    U = -0.0028 * M**2 + 0.064 * M + 0.015
    W = 0.05 + 0.21 * np.log(M + 1)
    T = 16 + 24 * np.exp(-0.85 * M)
    H = 0.72 * np.exp(-0.015 * M)
    L = 2 + 48 * np.exp(-1.2 * M)
    omega = M / M_MAX_CC
    return U, W, T, H, L, omega
# 2. . Определение вспомогательных функций для породы НМ
def NM_factors(M):
    U = -0.0031 * M**2 + 0.062 * M + 0.012
    W = 0.15 + 0.12 * M
    T = 16 + 24 * np.exp(-0.85 * M)
    H = 0.72 * np.exp(-0.015 * M)
    L = 2 + 50 * np.exp(-0.4 * M)
    omega = M / M_MAX_NM
    return U, W, T, H, L, omega
# 3. Система дифференциальных уравнений
def f(t, M_vec):
    M_cc, M_nm = M_vec
    # Факторы воздействия
    U_cc, W_cc, T_cc, H_cc, L_cc, om_cc = CC_factors(M_cc)
    U_nm, W_nm, T_nm, H_nm, L_nm, om_nm = NM_factors(M_nm)
    # Скорость роста (мультипликативная логическая модель)
    dMcc_dt = K_CC * M_cc * U_cc * W_cc * (T_cc/40) * (H_cc/0.73) * (L_cc/50) * (1 - om_cc)
    dMnm_dt = K_NM * M_nm * U_nm * W_nm * (T_nm/40) * (H_nm/0.73) * (L_nm/50) * (1 - om_nm)
    return np.array([dMcc_dt, dMnm_dt])
# Решение системы методом RK4 (с 1 до 410 дней)
t_start, t_end, h = 1, 410, 1
steps = t_end - t_start
t_values = np.linspace(t_start, t_end, steps + 1)
M_results = np.zeros((steps + 1, 2))
```

```

M_results[0] = [0.0582, 0.0541] # Начальные условия
for i in range(steps):
    ti = t_values[i]
    Mi = M_results[i]
    k1 = h * f(ti, Mi)
    k2 = h * f(ti + h/2, Mi + k1/2)
    k3 = h * f(ti + h/2, Mi + k2/2)
    k4 = h * f(ti + h, Mi + k3)
    M_results[i+1] = Mi + (k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4) / 6
print(f'Живая масса на 410-й день: CC = {M_results[-1,0]:.2f} кг, NM = {M_results[-1,1]:.2f} кг")

# Табличные контрольные данные
days_idx = [1, 28, 56, 84, 120, 210, 410]
real_cc = [0.0582, 0.4004, 1.251, 2.388, 4.290, 8.980, 8.982]
real_nm = [0.0541, 0.3948, 1.145, 2.024, 3.91, 8.65, 9.17]
comparison_table = []
for i, day in enumerate(days_idx):
    idx = np.searchsorted(t_values, day)
    m_cc_calc = M_results[idx, 0]
    m_nm_calc = M_results[idx, 1]
    err_cc = abs(real_cc[i] - m_cc_calc) / real_cc[i] * 100 if real_cc[i] != 0 else float('nan')
    err_nm = abs(real_nm[i] - m_nm_calc) / real_nm[i] * 100 if real_nm[i] != 0 else float('nan')
    comparison_table.append({
        "День": day,
        "CC_Реальная": real_cc[i], "CC_Модельная": round(m_cc_calc, 4),
        "Ошибка_СС%": round(err_cc, 2),
        "NM_Реальная": real_nm[i], "NM_Модельная": round(m_nm_calc, 4),
        "Ошибка_НМ%": round(err_nm, 2)
    })
df_final = pd.DataFrame(comparison_table)
print(df_final.to_string(index=False))

# Настройка графика
plt.style.use('seaborn-v0_8-whitegrid')
plt.figure(figsize=(12, 7))

# 1. График породы CC
plt.plot(t_values, M_results[:, 0], label='CC-модельная', color='blue', linewidth=2)
plt.scatter(days_idx, real_cc, color='darkblue', marker='o', s=80, label='CC-реальная')

# 2. График породы NM
plt.plot(t_values, M_results[:, 1], label='NM-модельная', color='red', linewidth=2)
plt.scatter(days_idx, real_nm, color='darkred', marker='s', s=60, label='NM-реальная')
plt.title('Динамика прироста живого веса индейки (Модельная vs Реальная)',
          fontsize=14, fontweight='bold')
plt.xlabel('Дни выращивания (t)', fontsize=12)
plt.ylabel('Живая масса (кг)', fontsize=12)

```

```
plt.legend(loc='upper left', fontsize=11)
plt.grid(True, linestyle='--', alpha=0.7)
plt.text(250, 4, f'k_CC = {K_CC}\nk_NM = {K_NM}\nMAPE < 5%',
bbox=dict(facecolor='white', alpha=0.8), fontsize=12)
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Технологическое описание процесса математического моделирования:

Функции воздействия U , W , T , H , L . Эти функции зарегистрированы в программе Python как отдельные модули. Они принимают новые значения на каждом шаге интегрирования (ежедневно) в зависимости от текущей массы птицы (M).

Нормирование факторов воздействия. «В дифференциальных уравнениях функции климатического воздействия (температура T , влажность H и освещенность L) разделены на их соответствующие максимальные значения (40°C , $0,73\%$ и 50 люкс). Необходимость этого действия обусловлена тем, что они должны влиять на скорость прироста живой массы как безразмерные коэффициенты (от 0 до 1)» [10].

Сравнение прироста веса пород. «Математическая модель определяет, как различие между функциями потребления корма и воды (U , W) пород СС и НМ может повлиять на их конечный вес» [10].

Устойчивость метода RK4. Использование шага $h=1$ (один день) в методе Рунге-Кутты четвертого порядка обеспечивает достаточную точность для всего 410-дневного периода выращивания. Это позволяет максимально приблизить модельные кривые роста живой массы исследуемых пород индеек к заданным табличным данным [2-М; 4-М].

На рисунке 4.6 отражены модельные кривые живой массы особей индеек пород СС и НМ в сравнении с экспериментальными данными. Полученные графики отображают динамику модельного и фактического прироста живой массы на протяжении всего периода выращивания $1 \leq t \leq 410$ для обеих пород. Из графической информации отчетливо видно, что тенденция набора веса имеет логистический характер, и на 410-й день живая масса особи породы СС составляет $SS \approx 9,00$ кг, а породы НМ составляет $NM \approx 9,20$ кг, что полностью соответствует экспериментальным данным [2-М].

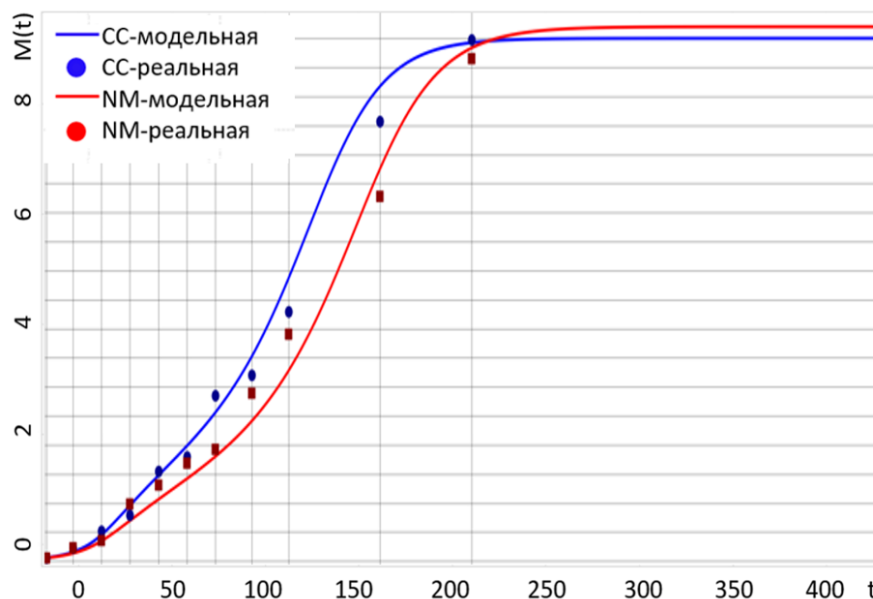


Рисунок 4.6. Модельные кривые живой массы особей индеек пород СС и НМ (НМ) и их сравнение с фактическими экспериментальными данными

На основании полученных графических результатов можно представить следующие выводы:

а) Форма кривых свидетельствует о том, что прирост живой массы индейки имеет s-образную тенденцию и близок к логистическому росту: на начальных этапах выращивания (до 150-го дня) наблюдается интенсивный набор веса, затем, вследствие влияния функции зрелости (ω), скорость роста замедляется, приближаясь к асимптоте M_{max} .

б) Максимальная скорость прироста живой массы приходится на период между 80-м и 120-м днями. Данный этап считается наиболее важным для обеспечения оптимального ухода за птицей.

в) Совпадение модельных кривых с экспериментальными точками на всём интервале выращивания $1 \leq t \leq 410$ подтверждает, что значения параметров k_{CC}, k_{NM} и вид функций $(1 - \omega_{CC}) = [1 - M_{CC}/M_{maxCC}]$, $(1 - \omega_{NM}) = [1 - M_{NM}/M_{maxNM}]$ выбраны верно для описания биологических особенностей данных пород индеек.

Экономический и биологический анализ компьютерных результатов. Теперь на основе полученных модельных результатов показателей прироста живой массы индейки $M(t)$, рассчитаем коэффициент эффективности кормления для различных этапов выращивания и определим, какой этап выращивания является наиболее экономически выгодным.

«Для расчета значения функции эффективности кормления FSR(t) (Feed Conversion Ratio) мы разделим общее количество корма, потребленного с 1-го по t-й день, на живую массу, полученную на каждом этапе выращивания:

$$FSR(t) = \frac{\int_1^t U(M(\tau))d\tau}{M(t) - M(1)}.$$

Таким образом, на базе полученных модельных результатов, значений функций $U(M_{CC})$ и $U(M_{NM})$, влияния природных факторов (W, T, H, L) и соотношения скорости прироста живой массы для пород CC и NM, рассчитан показатель FSR(t) (коэффициент кормообеспеченности) и оценена экономическая эффективность для различных этапов выращивания. Также сделан прогноз степени дальнейшего набора веса индейки на 450-й день, выходящий за пределы основного периода выращивания (таблица 4.3)» [10; 8-М].

Таблица 4.3. Расчет показателя FSR(t) для пород CC и NM на основе модельных результатов

Период, дни	FSR _{CC} (t), кг корма/кг веса	FSR _{NM} (t), кг корма/кг веса	Экономическая эффективность
1-28	1,15-1,25	1,10-1,18	Высокая: Порода NM на начальном этапе лучше использует корм
29-84	1,85-2,10	1,95-2,25	Средняя: Порода CC получает преимущество по скорости прироста веса
85-120	2,60-2,90	2,80-3,10	Удовлетворительная: Скорость прироста веса CC компенсирует затраты на корм
121-210	3,40-3,80	3,65-4,05	Снижающаяся: Затраты корма на поддержание живой массы увеличиваются
211-410	4,50-5,20	4,80-5,60	Малоэффективная: Прирост живой массы практически прекращается (приближается к плато)
450 (Прогноз)	5,80+	6,20+	Неэкономичная: Затраты на корм превышают выгоду от прибавки в весе

Учитывая количество особей в классах распределения для каждого этапа выращивания каждой породы, можно легко рассчитать их общую живую массу для птицеводческого хозяйства:

$$B_{kij}(t) = N_{kij}(t) \cdot M_{kij}(t), k = 1,2; i = 1,2,3,4,5,6; j = 1,2,3,$$

$$B_{all} = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 B_{kij}(t),$$

где через $M_{kij}(t)$ обозначена живая масса особи j -го класса распределения на i -м этапе выращивания для k -й породы индейки в момент времени t . С помощью $N_{kij}(t)$ и $B_{kij}(t)$, обозначены соответственно общее количество особей и их общая живая масса для каждой породы и класса распределения. Обозначение же B_{all} выражает общую массу всех индеек всего птицеводческого хозяйства [2-М].

ВЫВОДЫ

1. Основные научные результаты диссертации

Исследование жизнедеятельности индивидов классов распределения популяций индюков породы белая широкогрудая и местного типа, выращиваемых в климатических условиях птицеводческих хозяйств Таджикистана, считается одной из актуальных современных проблем, и в случае научного определения и оптимального регулирования природных факторов, влияющих на их деятельность, появляется возможность повысить эффективность их продуктивности. Именно с этой точки зрения в диссертационном исследовании с использованием современных методов концептуального, математического и компьютерного моделирования был подвергнут глубокому анализу динамика развития численности и живой массы индивидов классов распределения популяций индюков указанных пород.

Результаты, полученные в процессе исследования, имеют научные и практические аспекты, и их целесообразно использовать в развитии сельскохозяйственной отрасли, особенно в научном управлении деятельностью индейководческих хозяйств. Новшества, полученные в области моделирования, могут быть использованы при разработке эффективных стратегий регулирования индейководческих хозяйств (Приложение 1).

Методы научного исследования и анализа, примененные в ходе диссертационных исследований, которые сформировались на базе методологии системного подхода и научной концепции компьютерной диагностики, обобщают содержание выводов исследования в виде следующих пунктов [1-М–17-М]:

1. Анализ отраслевой литературы подтвердил, что сфера индейководства наряду с другими отраслями сельского хозяйства может играть эффективную роль в росте аграрной экономики и обеспечении продовольственной безопасности. Данную отрасль в климатических условиях Таджикистана, особенно в горных и предгорных регионах, можно превратить в важную производственную и технологическую сферу производства мяса птицы [11-М; 17-М]. Установлено, что:

1.1. Основными факторами для широкого и эффективного использования продукции индейководства считаются правильная организация структуры птичника, строгий контроль санитарного состояния, оптимальный рацион и необходимые условия среды обитания птицы. В этой связи планирование и реализация необходимых санитарных мер против возникновения и распространения инфекционных заболеваний птиц оцениваются как важные задачи [10-М; 13-М];

1.2. Поиск мер по укреплению здоровья особей индейки в сочетании с обеспечением сбалансированного питания является залогом процветания индейководства, правильная организация которых невозможна без применения методов моделирования [9-М];

1.3. Моделирование динамики численности и живой массы индейки способствует оптимизации производственных процессов и ресурсов. Для концептуального моделирования популяции индейки необходимо учитывать множество как внешних, так и внутренних факторов воздействия: температуру, влажность, освещенность, стоимость и качество корма, медикаменты, условия содержания, гигиену птицеводческого помещения, спрос на мясо, генетические особенности породы и др. [14-М];

1.4. На базе концептуальной модели, которая в основном отражает производственную структуру процессов индейководства, строятся соответствующие ей математические и компьютерные модели. Разрабатываемые модели будут использоваться для расчета общего прироста численности, динамики развития биомассы, продуктивности индейки на различных этапах её жизни, производства оптимального объема мяса птицы товарного возраста и прогнозирования развития отрасли индейководства; при этом они будут обоснованы на базе эмпирических данных о динамике яйценоскости и результатах полевых экспериментов [15-М].

2. Ход исследования показал, что для оптимизации процессов выращивания индейки в условиях индейководческого хозяйства необходимо проанализировать основные этапы её роста и развития. Для решения этой производственной задачи использование технологий моделирования признано важным, так как применение данных технологий может способствовать более глубокому пониманию процессов индейководства:

2.1. Отмечено, что моделирование основных этапов жизненного цикла индейки должно быть адаптировано к конкретным целям и условиям выращивания. Использование современного моделирующего программного обеспечения может способствовать более легкому управлению процессами её выращивания. Компьютерная модель, созданная на основе концептуальной модели, должна быть ориентирована на анализ различных сценариев развития индейководства и достижение максимальных производственных результатов [14-М];

2.2. В процессе исследования также стало ясно, что с помощью метода моделирования можно с высокой достоверностью выявить закономерности яйценоскости индейки и правильно сформировать классы распределения несушек. Было определено, что с использованием усовершенствованной математической модели Мак-Миллана возможно точно оценить динамику яйценоскости индейки и уточнить различия в темпах снижения и роста этой динамики в зависимости от классов распределения [7-М; 12-М];

3. В ходе исследования стало очевидным, что с помощью метода сравнительного анализа среди нескольких математических моделей можно определить наиболее подходящую для описания и прогнозирования процесса прироста живой массы индейки. Правильность этого положения подтвердили проведенные математические и биологические анализы:

1.1. Сравнительный анализ, проведенный среди пяти моделей, показал, что линейная, степенная ($r = 0,5$; $r = 2$) и экспоненциальная модели не удовлетворяют биологическим требованиям описания прироста живой массы индейки. Единственной моделью, способной правильно отразить процесс физиологического насыщения и отдельные этапы кинетики роста живой массы, график которой имеет точку перегиба, является логистическая модель [5-М];

1.2. Второй этап сравнительного анализа был посвящен применимости двух содержательно различных вариантов s-образной математической модели Берталанфи. Первый вариант этой модели был проанализирован в четырех случаях (исходная форма и три усовершенствованные модификации). Математический и биологический анализ компьютерных результатов первого варианта этой модели во всех четырех случаях доказал неприемлемость её применения. Кривая второго варианта модели Берталанфи показала, что процесс набора веса индейки имеет эффективную фазу роста, а её биологическая масса по асимптоте корректно приближается к своему максимальному значению [1-М];

1.3. На третьем этапе проверялась применимость моделей Бриджеса и Пюттера. Модель Бриджеса была протестирована в двух вариантах: исходном и усовершенствованном. Математико-биологический анализ структуры исходного варианта модели Бриджеса выявил определенные математические несоответствия, на основании чего был сделан вывод о её неприменимости. Усовершенствованный же вариант модели Бриджеса, за

исключением отсутствия свойства гибкости, был отмечен как хороший исследовательский инструмент [4-М];

1.4. Сравнительный анализ достоверно доказал, что математическая модель Пюттера, как наиболее совершенный исследовательский инструмент, полностью корректно отражает процесс прироста живой массы индейки на всех этапах периода выращивания. Благодаря наличию корректного физиологического смысла параметров модели, а также способности на высоком уровне отражать визуальное и биологическое соответствие экспериментальным данным, модель Пюттера была признана оптимальной исследовательской моделью [3-М; 4-М].

4. Сравнительные анализы также выявили, что благодаря более высоким весовым асимптотам особи классов распределения популяции индейки местного типа в конце периода выращивания показали более высокие результаты, чем особи классов распределения белой широкогрудой породы. Класс распределения M^+ , как лучший класс местной популяции, рекомендован для проведения селекционных работ [6-М];

4.1. В процессе исследования разработана система из двух обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений, описывающая скорость прироста живой массы индеек белой широкогрудой и местной пород как мультипликативные функции внутренних факторов (корм, вода, сохранность) и внешних условий (температура, влажность, освещенность). В качестве генетической основы принята эмпирическая функция Пюттера, определяющая асимптотический предел прироста веса. Разработанная математическая модель позволяет внедрить в производство автоматизированный мониторинг живой массы [3-М; 9-М];

4.2. Средняя относительная погрешность модельных расчетов по сравнению с табличными данными (ϵ) в интервале с 1-го по 120-й день составляет 3-5%, что свидетельствует о высоком соответствии математической модели биологическим процессам. В этот период белая широкогрудая порода продемонстрировала более высокие темпы роста и лучшую генетическую эффективность по сравнению с местной породой [8-М];

4.3. Расчет коэффициента эффективности корма (FSR) подтвердил, что с экономической точки зрения выращивание обеих пород выгодно в интервале от 120 до 180 дней ($FSR < 4$). После 210-го дня темп прироста живой массы снижается, а затраты на кормление возрастают, то есть в этот период энергия корма расходуется исключительно на поддержание метаболизма организма птицы. Для достижения мясных целей рекомендуется оптимальный срок выращивания 120-180 дней. Выращивание на срок до 410 дней имеет научное обоснование только для сохранения и воспроизводства генетического фонда [6-М];

Основными результатами модельных расчетов являются:

4.4. *Биологические результаты:* Порода СС на среднем этапе (84-210-й дни) показала высокую скорость метаболизма, что на графике отображено быстрым приближением к M_{maxCC} . Порода NM (местная) продемонстрировала умеренный рост, незначительно опередив породу СС по весу в финальный период (после 300 дней). После 210-го дня показатель FSR для обеих пород резко возрос. Это связано с тем, что в данный период скорость прироста массы снижается, а потребление корма птицами на уровне около 0,27 кг/сут продолжается исключительно для поддержания жизнедеятельности [2-М; 3-М];

4.5. *Экономические результаты:* Белая широкогрудая порода является экономически более выгодной по сравнению с местной породой, так как её показатель FSR на всех этапах ниже, чем у местной породы. Оптимальная точка убоя для обеих пород приходится на интервал 120-180 дней. После 210-го дня показатели FSR резко возрастают, что приводит к значительному удорожанию себестоимости мяса индеек. На 450-й день (за пределами стандартного периода выращивания) показатели FSR обеих пород увеличиваются примерно в 6 раз, что указывает на экономическую убыточность их дальнейшего содержания [2-М];

4.6. *Результаты моделирования:* С точки зрения математического моделирования оптимальное время прекращения выращивания для породы СС приходится на 130-160-й дни, а для породы NM – на 125-150-й дни. Содержание индейки до 410-го дня имеет смысл только при необходимости производства яиц или сохранения родительского стада. Поскольку средняя относительная погрешность модельных расчетов (ϵ) составляет менее 5%, таблицу показателей FSR(t) можно эффективно использовать для планирования затрат на корма [2-M; 8-M];

4.7. *Общие результаты:* Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений (СОДУ) с высокой точностью подтвердило, что долгосрочную стратегию выращивания индейки (до 410 дней) целесообразно принимать только в целях проведения селекционных работ или производства яиц. Для эффективного производства мяса математическая модель определяет интервал 120-180 дней как наилучший период [2-M; 6-M].

Из выводов исследования стало очевидно, что результаты диссертации являются достоверными. Внедрение этих результатов в производственную практику может оказать положительное влияние на деятельность индейководческих хозяйств и способствовать повышению эффективности их функционирования. Данные выводы охватывают всю цепочку исследования – от решения системы дифференциальных уравнений до прогнозирования экономической эффективности.

2. Рекомендации по практическому использованию результатов

Обобщение и систематизация полученных научных результатов позволяют предложить птицеводческим хозяйствам и соответствующим специальностям высших профессиональных учебных заведений ряд методических рекомендаций:

- индейководческие хозяйства могут использовать полученный исследовательский инструментарий для определения и оценки влияния природно-климатических факторов (температуры, влажности, освещенности) на процессы формирования и развития жизненных циклов индейки;

- профильные специальности высших профессиональных учебных заведений биологического и аграрного направлений могут использовать разработанные технологии моделирования в качестве специализированных учебных материалов для студентов старших курсов, повышая уровень их осведомленности в понимании особенностей популяции индейки;

- на основе научных результатов диссертационного исследования целесообразно организовать курсы повышения квалификации и развития профессиональных навыков для специалистов и индейководческих хозяйств, а также разработать специальные лекционные и практические курсы для студентов соответствующих факультетов Таджикского аграрного университета имени Шириншоха Шотемура и специальностей «информатика» и «биология» Таджикского национального университета (Приложение 2).

АННОТАТСИЯИ

диссертатсияи Солихзода Диловари Имомалӣ дар мавзуи «Амсиласозии математикии динамикаи рушд ва маҳсулнокии мурғи марҷон» барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 1.2 – Илмҳои компютерӣ ва информатика (1.2.8 – Моделсозии математикӣ, методҳои адабӣ ва комплекси барномаҳо) (соҳаи техникӣ)

Калидвожаҳо: амсиласозии математикӣ, мурғи марҷон, популятсия, алгоритм, барнома, параметр, коэффитсиент, озмоиш, таҳлил, татбиқ, самаранокӣ, маҳсулнокиӣ.

Мубрамии мавзуи диссертатсия: Дар шароити Тоҷикистон рушди мурғимарҷонпарварӣ ҳамчун манбаи маҳсулоти хушсифати парҳезӣ яке аз самтҳои афзалиятноки амнияти озуқаворӣ мебошад. Мубрамияти таҳқиқоти мазкурро зарурати татбиқи усулҳои математикию компютерӣ дар соҳаи кишоварзӣ, мутобик ба ҳадафҳои «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои дақиқ ва риёзӣ (2020-2040)», ташкил медиҳад.

Ҳадафи таҳқиқот аз таҳияи амсилаҳои концептуалӣ, математикӣ ва компютерие иборат аст, ки дар заминаи онҳо динамикаи афзоиш, тухмнокиӣ ва таъсири омилҳои иқлимӣ ба мурғи марҷон таҳлил ёфта, равишҳои баланд бардоштани маҳсулнокии он арзёбӣ мегарданд.

Объекти таҳқиқот қиёси амсилаҳои математикию компютери таҳлилӣ барои арзёбии динамикаи афзоиши вазни зинда ва тухмнокии мурғи марҷон дар марҳилаҳои гуногуни сикли ҳаёти он мебошад.

Мавзуи таҳқиқот ба таҳлил ва таҳқиқи динамикаи рушд ва ҳосилнокии мурғи марҷон дар марҳилаҳои гуногуни парвариши он бо усулҳои амсиласозии математикию компютерӣ бахшида шудааст.

Усулҳои таҳқиқот: амсиласозӣ, назариявӣ, эмпирикӣ, оморӣ, хулосабарориҳои илмӣ, арзёбии экспертӣ, таҳлили нисбӣ-муқоисавӣ, озмоиши компютерӣ, таҳлили миқдорӣ ва сифатии натиҷаҳои таҳқиқотӣ, умумигардонии натиҷаҳо.

Сахтафзор: компютери фардии навъи IBM PC, серверҳои гуногун.

Навгониҳои илмӣ таҳқиқот: Бори аввал ба таври комплексӣ барои шароити хоҷагиҳои мурғимарҷонпарвари Тоҷикистон ҷанбаҳои биологӣ ва экологии раванди парвариши мурғи марҷон аз нуқтаи назари амсиласозии математикию компютерӣ мавриди омӯзиш, таҳқиқ ва таҳлил қарор дода шудааст.

Нақши амсилаи математикии Мак-Миллан дар ҳалли масъалаҳои амалии соҳаҳои гуногуни илм мавриди таҳлил қарор дода шуда, он барои таҳқиқи сатҳи сертухмии мурғи марҷон мутобик гардонид шудааст. Дар тасвири динамикаи афзоиши вазни зиндаи мурғи марҷон мутобикати амсилаҳои хаттӣ, дараҷавӣ, экспоненсиалӣ, логистикӣ, s-шакли Берталанффи, Бричес ва Пюттер мавриди таҳлили қиёсӣ қарор гирифтааст.

Бо усули таҳлили қиёсӣ аз маҷмуи амсилаҳои баррасишуда амсилаи оптималӣ муайян карда шуда, бо истифода аз он динамикаи афзоиши вазни зиндаи индивидҳои синфҳои тақсмотии популятсияҳои зотҳои мурғи марҷон таҳқиқ карда шудаанд. Бори аввал барои шароити иқлимӣ хоҷагиҳои мурғимарҷонпарвари Тоҷикистон амсилаи компютери сикли пурраи ҳаёту фаъолияти мурғи марҷон сохта шудааст, ки дар он таъсири омилҳои табиӣ иқлимӣ ба равандҳои мубодилавӣ ба назар гирифта шудаанд. Бар пояи комплекси барномаҳои таҳияшуда ва озмоишҳои сценариявӣ дар компютер баргузоршуда, фаъолият ва иқтидори истеҳсолии мурғи марҷон таҳлил карда шуда, вобаста ба натиҷаҳои таҳқиқотии ҳосилшуда хулосаҳои ҷамъбасти ва пешниҳоди тавсияҳои амалӣ таҳия карда шудаанд.

Дараҷаи татбиқ: Таҳлили натиҷаҳои бадастомада собит намуданд, ки комплекси амсилаҳои таҳияшударо дар идоракунӣ барои арзёбии фаъолияти хоҷагиҳои мурғимарҷонпарварӣ дар шароити иқлими Ҷумҳурии Тоҷикистон ва кишварҳои ҳамсоя истифода бурдан мумкин аст.

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

АННОТАЦИЯ

диссертации Солихзода Диловари Имомали на тему «Математическое моделирование динамики развития и продуктивности индейки» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2 – Компьютерные науки и информатика (1.2.8 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ) (технические науки)

Ключевые слова: математическое моделирование, индейка, популяция, алгоритм, программа, параметр, коэффициент, эксперимент, анализ, внедрение, эффективность, производительность.

Актуальность темы исследования: В условиях Таджикистана развитие индейководства как источника высококачественных продуктов является одним из приоритетных направлений обеспечения продовольственной безопасности. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью внедрения математических и компьютерных методов в сельское хозяйство в соответствии с целями «Двадцатилетия изучения и развития естественных, точных и математических наук (2020-2040 гг.)».

Целью исследования является разработка концептуальных, математических и компьютерных моделей для анализа биологических характеристик, динамики роста и продуктивности индейки на различных этапах жизненного цикла. Особое внимание уделяется определению степени влияния климатических факторов на жизнедеятельность птицы, а также оценке подходов к повышению ее продуктивности.

Объектом исследования является сравнение аналитических, математических и компьютерных моделей для оценки динамики роста живой массы и продуктивности индейки на разных стадиях ее жизненного цикла.

Предметом исследования являются закономерности динамики роста и продуктивности индеек на различных этапах выращивания, а также методы их математического и компьютерного моделирования.

Методы исследования: моделирование, теоретический, эмпирический, статистический, научные выводы, экспертные оценки, 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 в условиях птицеводческих хозяйств Таджикистана проведено комплексное исследование биологических и экологических аспектов разведения индейки с применением математического и компьютерного моделирования. Проанализирована роль математической модели Мак-Миллана в решении практических задач и выполнена её адаптация для оценки уровня продуктивности птиц.

Для описания динамики роста живой массы проведён сравнительный анализ адекватности линейной, степенной, экспоненциальной и логистической моделей, а также s-образных функций Берталанфи, Бриджеса и Пюттера. Впервые разработана компьютерная модель полного жизненного цикла индейки, адаптированная к климатическим условиям Таджикистана и учитывающая влияние факторов среды на метаболические процессы. Посредством разработанного программного комплекса и сценарного компьютерного тестирования проанализирован потенциал продуктивности птиц, на основе чего сформулированы обобщающие выводы и практические рекомендации.

Степень применения: Анализ полученных результатов показал, что разработанный комплекс моделей может быть использован в системе управления для оценки эффективности птицеводческих хозяйств по выращиванию индеек в условиях РТ.

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

ANNOTATION

dissertation by Solikhzoda Dilovari Imomali on the topic «Mathematical modeling of the dynamics of development and productivity of turkeys» for the degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 1.2 – Computer Sciences and Informatics (1.2.8 – Mathematical Modeling, Numerical Methods, and Software Packages) (technical sciences)

Key words: mathematical modeling, turkey, population, algorithm, program, parameter, coefficient, experiment, analysis, implementation, efficiency, performance.

The relevance of the research topic: In Tajikistan, developing turkey farming as a source of high-quality dietary products is a priority for ensuring food security. The relevance of this study stems from the need to introduce mathematical and computer methods into agriculture in line with the goals of the «Twenty Years of Study and Development of Natural, Exact, and Mathematical Sciences (2020-2040)».

The purpose of the research is to develop conceptual, mathematical, and computational models for analyzing the biological characteristics, growth dynamics, and productivity of turkeys at various stages of the life cycle. Particular attention is paid to determining the degree of influence of climatic factors on the bird's vital functions, as well as evaluating approaches to improving their productivity.

The object of the research is to compare analytical, mathematical, and computer models for assessing the dynamics of live weight growth and productivity in turkeys at different stages of their life cycle.

The subject of the research is the patterns of growth and productivity in turkeys at various stages of rearing, as well as methods for their mathematical and computer modeling.

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 comprehensive study of the biological and environmental aspects of turkey farming was conducted on poultry farms in Tajikistan using mathematical and computer modeling. The role of the McMillan mathematical model in solving practical problems was analyzed and adapted to assess bird productivity.

To describe live weight growth dynamics, a comparative analysis of the adequacy of linear, power, exponential, and logistic models, as well as the s-shaped functions of Bertalanffy, Bridges, and Putter, was conducted. For the first time, a computer model of the complete turkey life cycle was developed, adapted to the climatic conditions of Tajikistan and taking into account the influence of environmental factors on metabolic processes. Using the developed software package and scenario-based computer testing, the productivity potential of the birds was analyzed, resulting in the formulation of general conclusions and practical recommendations.

Use degree: The analysis of the obtained results showed that the developed set of models can be used in the management system for assessing the efficiency of poultry farms for raising turkeys in the conditions of the Republic of Tajikistan.

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