ЧИЯБЎРИЛАР ПОПУЛЯЦИЯСИ СОНИНИНГ ПРОГНОЗ МОДЕЛИ

Атаджанов Хакимбай Латипович – *физика-математика фанлари номзоди, катта илмий ҳодим*
hakimatadjanov@mail.ru
ЎзР ФА Қорақалпоғистон бўлими Қорақалпоқ табиий фанлар илмий тадқиқот институти
Шакарбоев Эркинжон Бердикулович – *биология фанлари доктори, профессор*
shakarboev@rambler.ru
ЎзР ФА Зоология институти
Бердибаев Абат Султамуратович – *биология фанлари бўйича фалсафа доктори, доцент*
abat.berdibaev@bk.ru
Ажиниёз номидаги Нукус давлат педагогика институти

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ШАКАЛОВ

Атаджанов Хакимбай Латипович – *кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник*
Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук Каракалпакского отделения АН РУз
Шакарбоев Эркинжон Бердикулович – *доктор биологических наук, профессор*
Институт зоологии АН РУз
Бердибаев Абат Султамуратович – *доктор философии по биологическим наукам*
Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза

PREDICTIVE MODEL OF JACKAL POPULATION SIZE

Atadjanov Khakimbay Latipovich – *candidate of physical and mathematical sciences, Senior Researcher*
Karakalpak Research Institute of Natural Sciences,
Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Shakarboyev Erkinjon Berdikulovich – *Doctor of Biological Sciences, Professor*
Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Berdibaev Abat Sultamuratovich – *Doctor of Philosophy in Biological Sciences, Associate Professor*
Nukus State Pedagogical Institute named after Ajiniyaz

Таянч сўзлар: популяция динамикаси, математик моделлаштириш, гуруҳланган популяция, матрицали тенглама, Лесли матрицаси, C#.

Резюме. Ушбу тадқиқот ишида гуруҳларга ажратилган Чиябўрилар популяцияси сони ва таркиби динамикасининг математик модели яратилади. Популяция жинсий таркиби ва кўпайишда қатнашишини ҳисобга олган холда гуруҳларга ажратилган. Чиябўриларнинг омон қолиш, кўпайиш ва бошқа гуруҳга ўтиш қонуниятлари аниқланган ва шу кўрсаткичларга асосланган математик модель тузилган. Моделнинг дискрет аналоги яратилиб, матрицали тенглама кўринишида ифодаланган. Тенглама матрицасининг Лесли матрицасидан фарқи кўрсатилган.

Ключевые слова: динамика популяции, математическое моделирование, сгруппированная популяция, матричное уравнение, матрица Лесли, C#.

Резюме. В данной исследовательской работе создана математическая модель динамики численности и состава популяции шакалов, разделенных на группы. Популяция разделена на группы с учетом полового состава и участия в размножении. Определены закономерности выживания, размножения и перехода шакалов в другую группу и построена математическая модель, основанная на этих показателях. Создан дискретный аналог модели, который представлен в виде матричного уравнения. Показано отличие матрицы уравнения от матрицы Лесли.

Key words: population dynamics, mathematical modeling, grouped population, matrix equation, Leslie matrix, C#.

Summary. In this research work, a mathematical model of the dynamics of the population size and composition of jackals divided into groups is created. The population is divided into groups based on its sexual composition and participation in reproduction. The patterns of survival, reproduction, and migration of jackals have been determined, and a mathematical model based on these indicators has been constructed. A discrete analogue of the model has been created and expressed in the form of a matrix equation. The difference is shown between the equation matrix and the Leslie matrix.

Кириш. Табиатда турли тирик организмлар популяцияси динамикасини кузатиш, таҳлил қилиш, уларни сақлаш, биоресурслардан оқилона фойдаланиш экологик барқарорликни таъминлашда муҳим аҳамиятга эга. Хусусан, чиябўрилар экосистемада алоҳида ўринни эгаллайди, чунки уларнинг озуқа занжирларидаги иштироки, биологик кўрсаткичлари ҳамда табиатдаги санитар вазифаси билан ажралиб туради.

Сўнгги йилларда иқлим ўзгаришлари, инсон фаолиятининг таъсири чиябўрилар яшаш муҳитларининг ўзгаришига, уларнинг популяциясига сезиларли таъсир кўрсатмоқда. Шу боис, уларнинг сонини ва келажакдаги ҳолатларини аниқ ва ишончли прогноз қилиш бугунги куннинг муҳим вазифалардан биридир.

Чиябўрилар Қорақалпоғистоннинг тўртта табиий ҳудудлари Устюрт платоси, Шимоли-ғарбий Қизилқум, Амударёнинг қуйи оқими ва Орол денгизининг қуриган тубида ҳам популяцияси энг кенг тарқалган ёввойи йиртқич сут эмизувчи ҳайвонлардан саналади [1, 2].

Чиябўриларнинг яшаш жойлари мавсумга қараб ўзгарувчан бўлиб, улар бола туғиш ва тарбиялаш даврида 2-2,5 ой инида яшайди ва йилнинг бошқа вақтларида улар тўқайларда, қалин бутазорларда, қамишликларда вақтинча инлардан фойдаланади.

Чиябўриларнинг жуфтлашиши январь ойининг ярмидан бошланиб, февраль ойининг ўртасигача давом этади ҳамда улар йилига бир марта кўпаяди. Чиябўрилар 63 кунлик ҳомиладорлик давридан кейин вазни 200-250 г атрофидаги 6-9 бола туғади ва уларни онаси уч ҳафтагача ёнидан чиқмай кунига беш марта эмизади. Чиябўриларнинг болалари ўн кунда кўзини очади ва икки ҳафтада улар инидан чиқиб атрофни кузата бошлайди ҳамда 4 ойда сўнг сут билан озиқлантириш тўхтатилади ва ёш чиябўрилар ота-оналарига эргашиб, мустақил ов қилишни ўргана бошлайди. Урғочилари 11 ойда, эркаклари 2 йилда жинсий вояга етади.

Чиябўрилар популяцияси динамикасини математик моделлаш экологик ва биологик тадқиқотларда муҳим ўрин эгаллайди. Популяциянинг ўсиши ва камайиши жараёнлари туғилиш, ўлим ва индивидуалларнинг турли гуруҳлар орасида ўтиши билан белгиланади. Шу сабабли замонавий тадқиқотларда популяцияни структурали кўринишда ўрганиш кенг тарқалган [3].

Структурали популяция моделлари ичида энг машҳури – Лесли матрицаси бўлиб, у биринчи марта Patrick H. Leslie томонидан 1945 йилда таклиф қилинган. Бу модел популяцияни ёш гуруҳларга ажратиб, ҳар бир гуруҳ учун туғилиш ва омон қолиш коэффициентларини ҳисобга олади [4].

Лесли модели дискрет вақтли динамик тизим бўлиб, популяция вектори вақт бўйича матрица орқали итератив равишда ўзгаради. Ушбу ёндашув популяция ўсиш коэффициенти, барқарор тақсимот ва сезгирлик таҳлилини аниқлаш имконини беради.

Кейинчалик ушбу модел асосида босқичли (stage-structured) моделлар, масалан, Lefkovitch моделлари ишлаб чиқилган бўлиб, уларда индивидуаллар ёшдан ташқари белгилар (ўлчам, ривожланиш босқичи) бўйича ҳам гуруҳланади [5].

Матрицали популяция моделлари ҳозирги кунда экология, эволюция ва биологик ресурсларни бошқаришда кенг қўлланилмоқда. Улар турли организмлар - ўсимликлар, ҳайвонлар ва ҳатто микроорганизмлар учун самарали таҳлил воситаси ҳисобланади [6].

Замонавий тадқиқотларда ушбу моделлар дискрет ва стохастик кўринишларда ривожлантирилиб, ташқи муҳит таъсири, ресурс чекловлари ва тасодифий омиллар ҳам ҳисобга олинмоқда.

Ушбу ишда чиябўри популяцияси жинси ва балоғат ёшга етган – етмаганлиги бўйича гуруҳларга ажратилиб, туғилиш, омон қолиш ва гуруҳлараро ўтишларини ҳисобга олган ҳолда математик модель тузилди. Модель дискрет кўринишга келтирилиб, матрицали тенглама шаклида ифодаланди ва компьютер дастурида моделлаштириш орқали таҳлил қилинди.

Классик Лесли модели популяцияни фақат ёшга асосланган, вақт шкаласи йилларда берилган модели бўлиб, таклиф қилинаётган модель ҳам ёш, ҳам жинс тузилишини ўз ичига олади ва кунлик вақт шкаласида ишлаб чиқилган. Бу популяциянинг кўпайиши, омон қолиши ва гуруҳлар ўртасидаги ўтиш каби биологик жараёнларни батафсилроқ акс эттириб, популяция динамикасининг янада аниқроқ тавсифини беради.

Математик модель. Математик модель чиябўри популяциясида кузатилган биологик жараёнлар, шу жумладан кўпайиш, ўлиш ва гуруҳлар орасидаги ўтиш асосида қурилган.

Чиябўрилар популяциясини балоғат ёшига етмаган ва балоғат ёшидаги гуруҳларга ажратамиз. Бунда уларнинг жинсий таркибини ҳисобга оламиз. Демак чиябўрилар популяцияси 4 та гуруҳга ажралади.

1. Балоғат ёшига етмаган урғочи чиябўрилар гуруҳи;
2. Балоғат ёшидаги урғочи чиябўрилар гуруҳи;
3. Балоғат ёшига етмаган эркак чиябўрилар гуруҳи;
4. Балоғат ёшидаги эркак чиябўрилар гуруҳи.

Бу гуруҳлардаги чиябўриларнинг t вақт моментидаги сонини мос равишда $X_1(t)$, $X_2(t)$, $X_3(t)$, $X_4(t)$ - орқали белгилаймиз.

Агар чиябўриларнинг ҳар бир гуруҳдаги ўлиш қонуниятлари - $S_1(t)$, $S_2(t)$, $S_3(t)$, $S_4(t)$; туғиш қонунияти - $R(t)$, урғочи ва эркак чиябўриларнинг балоғат ёшига ўтиш қонуниятлари $P_{12}(t)$ ва $P_{34}(t)$ маълум бўлса, уҳолда чиябўри популяцияси гуруҳларидаги чиябўрилар сонининг ўзгариши

$$\begin{cases} X_1(t+h) = X_1(t) - X_1(t)S_1(t)h - X_1(t)P_{12}(t)h + p_0\xi X_2(t)R(t)h + o(h) \\ X_2(t+h) = X_2(t) - X_2(t)S_2(t)h + X_1(t)P_{12}(t)h + o(h) \\ X_3(t+h) = X_3(t) - X_3(t)S_3(t)h - X_3(t)P_{34}(t)h + p_1\xi X_2(t)R(t)h + o(h) \\ X_4(t+h) = X_4(t) - X_4(t)S_4(t)h + X_3(t)P_{34}(t)h + o(h) \end{cases} \tag{1}$$

тенгламалари билан ифодаланади.

$h \to 0$ да дифференциал тенгламалар тизимига эга бўламиз (2).

$$\begin{cases} \dfrac{dX_1(t)}{dt} = -X_1(t)S_1(t) - X_1(t)P_{12}(t) + p_0\xi X_2(t)R(t) \\ \dfrac{dX_2(t)}{dt} = -X_2(t)S_2(t) + X_1(t)P_{12}(t) \\ \dfrac{dX_3(t)}{dt} = -X_3(t)S_3(t) - X_3(t)P_{34}(t) + p_1\xi X_2(t)R(t) \\ \dfrac{dX_4(t)}{dt} = -X_4(t)S_4(t) + X_3(t)P_{34}(t) \end{cases} \tag{2}$$

Бу ерда ξ ҳар бир урғочи чиябўрининг туққан болаларининг сони, тасоддифий миқдор бўлиб 6, 7, 8, 9 қийматларни қабул қилиши мумкин. Туғилган болаларнинг жинсий таркиби $0 < p_0 < 1$ ва $0 < p_1 < 1$ эҳтимолликлар билан аниқланади $p_0 + p_1 = 1$.

Узлуксиз моделни ечими мураккаб ва амалда қўллаш қийин бўлганликдан, йил кунлари бўйича ифодаланган дискрет моделни фойдаланамиз. Йил кунларини $k = \overline{1,365}$ деб белгилаймиз ва қуйидаги дискрет моделга эга бўламиз:

$$\begin{cases} X_1(k+1) = X_1(k) - X_1(k)S_1(k) - X_1(k)P_{12}(k) + p_0\xi X_2(k)R(k) \\ X_2(k+1) = X_2(k) - X_2(k)S_2(k) + X_1(k)P_{12}(k) \\ X_3(k+1) = X_3(k) - X_3(k)S_3(k) - X_3(k)P_{34}(k) + p_1\xi X_2(k)R(k) \\ X_4(k+1) = X_4(k) - X_4(k)S_4(k) + X_3(k)P_{34}(k) \end{cases} \tag{3}$$

Агар $X(k)$ орқали координаталари гуруҳлардаги чиябўриларнинг сонига тенг бўлган

$$X(k) = (X_1(k), X_2(k), X_3(k), X_4(k))^{'},$$

устун-векторни белгиласак, у ҳолда (3) тенгламалар тизимини матрица кўринишида ёзиш мумкин:

$$X(k+1)=L(k)X(k), \qquad (4)$$

бу ерда $L(k)$ – 4×4 тартибли квадрат матрица қуйидаги кўринишга эга

$$L(k)=\begin{bmatrix} 1-S_1(k)-P_{12}(k) & p_0\xi R(k) & 0 & 0 \\ P_{12}(k) & 1-S_2(k) & 0 & 0 \\ 0 & p_1\xi R(k) & 1-S_3(k)-P_{34}(k) & 0 \\ 0 & 0 & P_{34}(k) & 1-S_4(k) \end{bmatrix}. \qquad (5)$$

Бу матрицанинг тўртта хусусий сонларга эга ва улар қуйидаги шартларни қоноатлантиради:

$$0 \le 1-S_1(k)-P_{12}(k) < \lambda_1 \le 1;$$
$$0 \le \lambda_2 < 1-S_2(k) \le 1;$$
$$0 \le \lambda_3 = 1-S_3(k)-P_{34}(k) \le 1;$$
$$0 \le \lambda_4 = 1-S_4(k) \le 1.$$

Матрицани хусусий сонлари популяция гуруҳларидаги аъзоларни шу гуруҳда қолишини кунлик кўрсаткичини аниқлайди. Бу кўрсаткич қайси гуруҳда катта бўлса, шу гурудагилар сони ортиб боради.

Чиябўрилар популяциясини на фақат туғиш ва омон қолиш қонуниятини, унга қўшимча популяциянинг жинсий таркиби ва кейинги гуруҳга ўтиш қонуниятларини ҳам ҳисобга олинганлиги сабабли (5) матрица Лесли матрицасидан фарқ қилади. Бундан ташқари, модель дискрет кунлик вақт доирасида қурилган бўлиб, бу мавсумий кўпайиш ва гуруҳлар ўртасида ўтиш динамикасини аниқроқ характерлайди.

Биологик кузатишлар Чиябўриларнинг жуфтлашиши январнинг ярмидан бошланиб, февралнинг ўртасигача ва ҳомиладорлик 63 кун давом этишини ва шунга асосан чиябўриларнинг туғиш даври 19-мартдан ($k=78$) 19-апрелгача ($k=109$) давом этишини кўрсатади. Туғиш даврини бошида туғишлар сони кам бўлиб, кун ўтган сайин туғишлар сони ортиб боради. Туғиш даврининг ўртасида туғишлар сони максимал даражага етади ва секин аста камайиб боради. Бу чиябўриларнинг туғиш қонуниятини парабола кўринишида аниқлаш ҳақиқатга яқинроқ бўлишини кўрсатади.

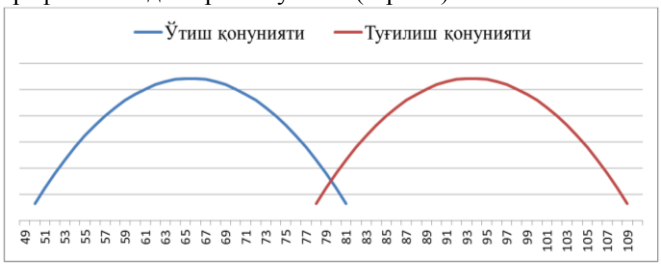
$$R(k)=\begin{cases} 0, & агар \quad 1 \le k \le 77; \\ -\dfrac{1-Y}{5984}(k-77)(k-110), & агар \quad 78 \le k \le 109; \\ 0, & агар \quad 110 \le k \le 365; \end{cases} \qquad (7)$$

Бу ерда $0 \le Y \le 1$ урғочи чиябўриларнинг бепуштлик даражаси.

Янги туғилган урғочи чиябўрилар 11 ойда, эркак чиябўрилар эса 2 йилда жинсий вояга етади. Шу сабабли урғочи чиябўриларнинг 1-гуруҳдан 2-гуруҳга ўтиш қонунияти туғилиш қонуниятини 336 кунга (11 ойга) ўнг тамонга силжитган билан бир хил бўлади. Туғилган чиябўрилар баъзилари балоғат ёшига етмасдан ўлиб кетиши мумкин. Тирик қолганларининг барчаси кейинги гуруҳга ўтади. Шу сабабли ўтиш қонуниятида $Y=0$ деп олиш керак.

$$P_{12}(k)=\begin{cases} 0, & агар \quad 1 \le k \le 49; \\ -\dfrac{1}{5984}(k-49)(k-82), & агар \quad 50 \le k \le 81; \\ 0, & агар \quad 82 \le k \le 365; \end{cases} \qquad (8)$$

Туғилиш ва кейинги гуруҳга ўтиш қонуниятини график шаклда бериш мумкин (1-расм).



1-расм. Урғочи чиябўриларнинг туғилиш ва балоғат ёшига ўтиш қонуниятлари

Эркак чиябўрилар учун 3-гуруҳдан 4-гуруҳга ўтиш қонунияти туғилиш қонуниятини 730 кунга (24 ойга) ўнг тамонга силжитишдан келиб чиқишини кўриш қийин эмас. Натижада янги туғилган эркак чиябўриларни 4-гуруҳга ўтиш қонуниятига эга бўламиз:

$$P_{34}(k)=\begin{cases} 0, & агар \quad 1 \le k \le 77; \\ -\dfrac{1}{5984}(k-77)(k-110), & агар \quad 78 \le k \le 109; \\ 0, & агар \quad 110 \le k \le 365; \end{cases} \qquad (9)$$

Гуруҳдаги чиябўриларнинг омон қолиши, уларнинг шу гуруҳда максимал қанча вақт бўлишига боғлиқ бўлиб, фоизларда берилади. Шу фоизлар орқали ўлиш қонуниятини, яъни кунлик ўлиш фоизини аниқлаш талаб этилади.

j - груҳдаги чиябўриларнинг омон қолиш кўрсаткичи v_j бўлсин. Гуруҳда кунлик омон қолиш кўрсаткичини d_j деб белгиласак, у ҳолда $d_j^{T_j}=v_j$ ёки $d_j=\sqrt[T_j]{v_j}$ бўлади. Бу ерда T_j чиябўриларнинг j - груҳда бўлиш вақти. $T_1=336$ кун эканлиги юқорида ҳисобланди. Бошқа гуруҳлар учун йиллик омон қолиш кўрсаткичи ишлатилади. Шу сабабли улар учун $T_j=365, j=2,3,4$. Ўлимчилик кунлар бўйича тенг тақсимланган деб ҳисобласак, қуйидаги тенгликларга эга бўламиз:

$$S_1(k)=1-d_1=1-\sqrt[336]{v_1},\ S_j(k)=$$
$$=1-d_j=1-\sqrt[365]{v_j},\ j=2,3,4. \qquad (10)$$

Шундай қилиб, (3) тенгламалар тизими ёки (4) матрицали тенглама (7)-(10) формулалар билан биргаликда чиябўрилар популяцияси сони ва таркиби динамикасининг дискрет математик модели бўлади.

Сонли таҳлил. (3) модель ёрдамида прогноз қилиш жуда кўп сондаги ҳисоблашларни талаб этади. Шу сабабли ҳисоблашлар C# тилида яратилган компьютер дастури ёрдамида амалга оширилди.

Дастурда ҳар бир урғочи чиябўрининг туққан болаларининг сони - ξ тасодифий миқдори ва у тенг ўлчамли тақсимланган деб фараз қилинди.

Чиябўрилар популяциясини дастлабки холати $X(0)=(10,16,10,14)^T$ кўринишда, янги туғилган чиябўри болаларнинг 48% эркак ва 52% урғочи (кўп йиллик кузатувлар натижаси бўйича) бўлсин деб олдик. Омон қолиш кўрсаткичи барча гуруҳларда бир хил ва 60% га, бепуштликни 20% тенг деб олиб, йил давомида

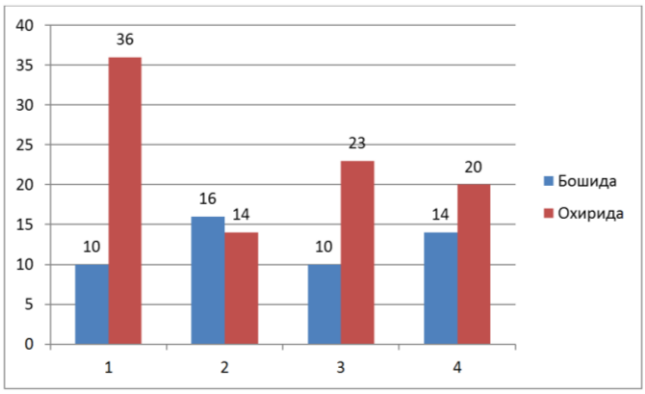
чиябўрилар популяцияси сонини ўзгаришини моделлаштирамиз (1- жадвалда).

1-жадвал. Моделлаштириш натижалари

Гуруҳлар	Бошида	Ўлганлар	Туғилганлар	Ўтишлар	Охирида
1	10	18	47	-6	36
2	16	8	0	6	14
3	10	12	44	-16	23
4	14	10	0	16	20
Жами:	50	48	91	0	93

Йил бошида чиябўриларнинг сони 50 та эди, йил давомида уларнинг 48 таси ўлган, 91 таси туғилган ва йил сўнгида 50-48+91 =93 таси қолган. Уларнинг 43 таси эркак ва 50 таси урғочи. Йил давомида 22 та чиябўри вояга етиб кейинги катта ёшли гуруҳга ўтган.

Йил давомида чиябўрилар популяцияси таркибининг ўзгариши 2-расмда берилган.



2-расм. Йил давомида чиябўрилар популяцияси таркибининг ўзгариши.

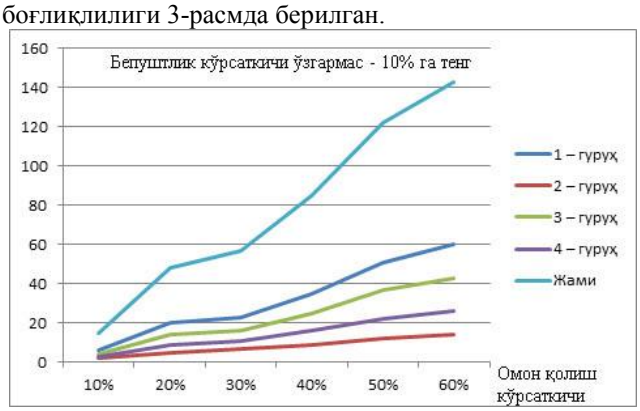
Дастур ёрдамида чиябўрилар популяцияси сони ва таркибини бир неча йилга прогноз ўсиш мумкин. Бу учун йил охирида олинган моделлаштириш маълумотларини дастлабки маълумотлар сифатида дастурга киритиб, дастурни ишга тушириш керак бўлади. Натижада келаси йил учун дастлабки маълумотларга эга бўламиз.

Омон қолиш – 60% ва бепуштлик – 20% кўрсаткичлари ўзгармаган холда чиябўрилар популяцияси сонини 5 йилга прогнози 2-жадвалда берилган.

2-жадвал. Чиябўрилар популяцияси сонининг 5 йилга прогнози

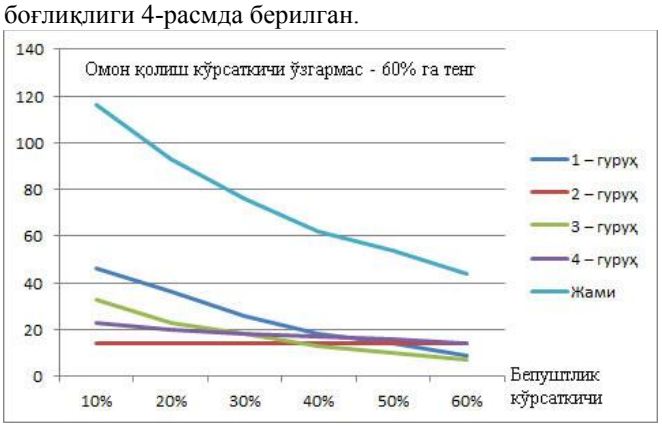
Чиябўрилар гуруҳи	**Йил бошида**	**Бир неча йилга прогноз**				
		1	2	3	4	5
1 – гуруҳ	10	36	98	306	982	2769
2 – гуруҳ	16	14	22	51	148	463
3 – гуруҳ	10	23	70	206	666	1850
4 – гуруҳ	14	20	45	129	392	1164
Жами	50	93	235	692	2188	6246

Дастур ёрдамида чиябўрилар сони ва таркибининг айрим параметрга боғлиқлигини ўрганишга бўлади. Бунда бошқа параметрларни ўзгаришсиз қолдириш керак бўлади. Масалан чиябўрилар сонининг омон қолиш кўрсаткичига боғлиқлигини ўрганмоқчимиз. Бепуштлик кўрсаткичи ўзгармас ва 10% га тенг бўлганда чиябўрилар сонини омон қолиш кўрсаткичидан боғлиқлилиги 3-расмда берилган.



3-расм. Популяция сонининг омон қолиш кўрсаткичига боғлиқлиги

Омон қолиш кўрсаткичи ўзгармас хам 60% га тенг бўлганда чиябўрилар сонини бепуштлик кўрсаткичига боғлиқлиги 4-расмда берилган.



4-расм. Популяция сонини бепуштлик кўрсаткичига боғлиқлиги

Натижалар ва муҳокамалар. Яратилган математик модель Чиябўрилар популяциясини дастлабки холати $X(0)$, янги туғиладиган чиябўри болаларнинг жинсий таркиби, омон қолиш ва бепуштлик кўрсаткичлари ёрдамида популяциянинг кейинги ҳолатини йил кунлари бўйича аниқлаш имкониятини беради.

Прогноз тажрибалари натижаларидан чиябўрилар популяцияси сонини камаймаслиги учун бепуштлик 20% тенг бўлганда уларнинг омон қолиш кўрсаткичи 40% дан кам бўлмаслигини, бепуштлик 10% тенг бўлганда уларнинг омон қолиш кўрсаткичи 30% дан кам бўлмаслигини кўрсатади.

Модель популяция омон қолиши учун гуруҳларни вақт бўйича қандай тақсимланиши кераклигини аниқлайди.

Сезувчанликни таҳлили, бепуштлик ва омон қолиш кўрсаткичлари популяцияни умумий ўсишига катта таъсир этишини кўрсатади. Омон қолиш кўрсаткичи 60% бўлиб, бепуштлик кўрсаткичи 50% дан юқори бўлса популяция сони камайиб боради. Худди шунга ўхшаган жараённи бепуштлик 10% бўлиб, омон қолиш кўрсаткичи 30% дан паст бўлганда ҳам кузатилади.

Олинган натижалар таклиф этилган дискрет модель Чиябўрилар популяцияси динамикасини натижали ифодалашини кўрсатади.

Таклиф этилаётган модель классик Лесли моделидан сезиларли фарқларни намойиш этади. Хусусан, жинсий таркибни ўз ичига олиш кўпайиш жараёнларини

аниқроқ акс эттиришга имкон беради, чунки насл қолдиришга асосан урғочи чиябўрилар бевосита ҳисса қўшадилар. Бундан ташқари, кунлик вақт ўлчовидан фойдаланиш моделнинг ўлчамларини яхшилайди ва мавсумий эффектларни таҳлил қилишга имкон беради, стандарт йиллик шкалали моделларда эса бунга эришиш мумкин эмас. Ушбу хусусиятлар моделни ҳақиқий экологик дастурлар учун кўпроқ мослаштиради.

Хулоса. Шундай қилиб прогноз тажрибалари натижаларидан чиябўрилар популяцияси сонини камаймаслиги учун уларнинг омон қолиш кўрсаткичи 40% дан кам бўлмаслиги керак экан. Омон қолиш кўрсаткичи 30% дан ошмаса бу тур йўқ бўлиб кетади.

Таклиф этилаётган моделнинг асосий янгилиги классик Лесли моделни жинсий таркиб ва кунлик вақт динамикасини ҳисобга олган ҳолда кенгайтириши бўлди. Бу популяция жараёнларини янада аниқроқ тавсифлаш имконини беради.

Чиябўрилар популяциясининг келажак тенденцияларини аниқ прогноз қилиш учун мунтазам мониторинг ишларини олиб бориш ва кенг қамровли экологик маълумотларни тўплаш ҳамда масъул бошқарув стратегияларини ривожлантириш зарур. Шу йўналишда олиб бориладиган ишлар табиий муҳитни муҳофаза қилиш ва биологик хилма-хилликни сақлашда муҳим ўрин тутади.

Адабиётлар

1. Бердибаев А.С. Қорақалпоғистон йиртқич сут эмизувчилари (Mammalia: Carnivora) гельминтлари.: Дисс. … био. фан. фалсафа. докт. (PhD). – Нукус, 2021.

2. Палваниязов М. Хищные звери пустынь средней Азии. – Нукус, 1974.

3. Timothy E. Essington. Introduction to Quantitative Ecology. // Mathematical and Statistical Modelling for Beginners. – P 47-60.

4. Nicolas Grosjean. On simple age-structured population models. // Applied Mathematical Modelling. Volume 41, January 2017. – P. 68-82.

5. Fujiwara M, Diaz-Lopez J. Constructing stage-structured matrix population models from life tables: comparison of methods. PeerJ 5: e3971. 2017.

6. Dmitrii O. Logofet, Roberto Salguero-Gómez. Novel challenges and opportunities in the theory and practice of matrix population modelling: An editorial for the special feature -“Theory and Practice in Matrix Population Modelling” of Ecological Modelling. // Ecological Modelling. Volume 443, 1 March 2021. – P. 109457.