

Степаненко Н.В.,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри прикладної математики та економічної кібернетики,
Херсонський державний аграрний університет

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЖИВОЇ МАСИ ЯЄЧНИХ КРОСІВ

Степаненко Н.В. Використання математичних моделей для підвищення економічної ефективності прогнозування живої маси яєчних кросів. Стаття присвячена використанню математичних моделей інтенсивності росту живої маси яєчних кросів для прогнозу продуктивності. Під час вивчення ефективності використанні моделі Т.К. Бріджеса і Ф. Річардса для прогнозу кінцевої живої маси виходили з даних початкового росту за перші 6 тижнів життя курчат. Нами вивчена доцільність використання нових параметрів інтенсивності росту в моделі Т.К. Бріджеса для виявлення генотипових відмінностей між кросами і прогнозування живої маси, виходячи з показників, отриманих в ранньому онтогенезі. Доведена доцільність використання параметрів моделі (кінетична й експоненційна швидкість росту) як додаткових критеріїв за спрямованого відбору за продуктивністю.

Ключові слова: моделювання, жива маса, прогноз продуктивності, експоненційна швидкість росту, інтенсивність росту.

Степаненко Н.В. Использование математических моделей для повышения экономической эффективности прогнозирования живой массы яичных кроссов. Статья посвящена использованию математических моделей интенсивности роста живой массы яичных кроссов для прогноза производительности. При изучении эффективности использованы модели Т.К. Бриджеса и Ф. Ричардса для прогноза конечной живой массы, исходя из данных начального роста за первые 6 недель жизни цыплят. Нами изучена целесообразность использования новых параметров интенсивности роста в модели Т.К. Бриджеса для выявления генотипических различий между кроссами и прогнозирования живой массы, исходя из показателей, полученных в раннем онтогенезе. Доказана целесообразность использования параметров модели (кинетическая и экспоненциальная скорость роста) как дополнительных критериев при направленном отборе по производительности.

Ключевые слова: моделирование, живая масса, прогноз производительности, экспоненциальная скорость роста, интенсивность роста.

Stepanenko N.V. Use of mathematical models for increasing the economic efficiency of prediction of live weight of egg crosses. The article is devoted to the use of mathematical models of the intensity of growth of live weight of egg crosses for the forecast of productivity. While studying the effectiveness, the models by T.C. Bridges and F. Richards were used for the prediction of the final live weight, based on the initial growth data for the first 6 weeks of life of chickens. We have studied the feasibility of using new growth intensity parameters in the model by T.C. Bridges to detect genotype differences between crosses and predict live weight, based on the rates obtained in early ontogenesis. The expediency of using model parameters (kinetic and exponential growth rate) as additional criteria for directed performance selection is proved.

Key words: modelling, live weight, productivity forecast, exponential growth rate, intensity of growth.

Постановка проблеми. Забезпечення населення України високоякісною м'ясною продукцією – стратегічне завдання галузі птахівництва. Для сталого розвитку вітчизняного птахівництва і підвищення ефективності ведення галузі в практику племінних і товарних господарств повинні бути включені нові удосконалені методи оцінки і використання основного і резервного генофонду птиці.

Характерною особливістю аграрних досліджень є активне використання математичних моделей для прогнозування продуктивності тварин. Бурхливий розвиток обчислювальної техніки дозволяє обробляти все більшу кількість статистичних даних, на основі яких можна не тільки дати пояснення об'єкту за описом, але й спробувати побудувати прогноз.

Тому правильно побудована модель і висновки, що отримуються на її основі, дозволяють знизити енергетичні та економічні витрати. Натепер у світі розроблено та впроваджено тисячі біологічних і аграрних моделей, створено низки міжнародних навчальних центрів системних досліджень у сільському господарстві.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним з основних факторів отримання високопродуктивних птахів є спрямоване вирощування ремонтного молодняку, яке передусім контролюється обліком динаміки живої маси та лінійних вимірів. Птахівницькі господарства внаслідок наданих інвестицій отримали змогу модернізувати свою технічну базу, закуповувати курей найпродуктивніших кросів, поліпшувати організацію, якість годівлі та ветеринарне забезпечення галузі.

Це дало можливість вести виробничий процес отримання продукції на рівні сучасних світових стандартів виробництва [1, с. 154; 2, с. 3].

Мета наукових досліджень. Завданням дослідження було обґрунтування і розроблення ефективних моделей для підвищення живої маси птиці та її прогнозу.

Для досягнення наміченої мети були поставлені такі завдання:

– вивчення онтогенетичних змін живої маси шляхом удосконалення показників, що характеризують інтенсивність росту і формування особин;

– провести порівняльну оцінку математичних моделей для опису і прогнозування живої маси курей.

Основний матеріал. Одним з основних факторів отримання високопродуктивних птахів є спрямоване вирощування ремонтного молодняку, яке передусім контролюється обліком динаміки живої маси і лінійних вимірів. Як вказують В.Д. Лук'янова, Н.Д. Косенко, В.П. Коваленко [8], для ефективного ведення птахівництва селекція повинна бути спрямована на зменшення живої маси дорослих особин усіх видів птиці. Такий підхід сприяє меншим витратам кормів на одиницю продукції або одну голову родинного стада.

Генетики провідних селекційних фірм Західної Європи і США використовують у селекційних програмах систему генів «нормальний – карликовий ріст» (DW – dw) для створення материнських ліній бройлерних і яєчних кросів [6]. Але при цьому слід враховувати, що такий прийом не повинен сприяти зниженню інших селекційних ознак, зокрема таких, як маса яєць, жива маса м'ясного молодняку в забійному віці, а також збереженість поголів'я. Тому для кожної лінії, що входить у структуру кросу, а також птиці родинних форм і фінальних гібридів розроблені відповідні стандарти, де вказані параметри живої маси у відповідні періоди вирощування.

У рекомендаціях із племінної роботи з птицею в племінних заводах і племрепродукторах [10] вказано, що поряд із щотижневим контролем до 120 діб вирощування обов'язковим є визначення живої маси птиці в 5-, 7- і 12-місячному віці. У селекції на тривалість несучості рекомендується визначати цей показник і в кінці періоду несучості (14-16-місячний вік курей). Особливу увагу слід приділяти, як вказують В.Д. Лук'янова, Ю.Н. Батюжевський, Р.К. Жук та інші [9], отриманню стандартної маси особини до 8-тижневого віку, щоб максимально проявився генетичний потенціал. Слід враховувати, що максимально допустимі відхилення від середніх показників живої маси у стаді повинні бути $\pm 10\%$, до 13 тижневого віку і $\pm 5\%$ після 13 тижнів. Стадо, в якому маса тіла 80% молодняка не відхиляється на $\pm 10\%$, вважається однорідним.

Для удосконалення селекційних програм у яєчному птахівництві важливе значення має розроблення критеріїв оцінки закономірностей росту молодняку і дорослих птахів з метою прогнозування у наступних поколіннях і для корекції системи вирощування, зокрема, використання обмеженої годівлі ремонтного молодняку. Для вирішення цього завдання використано два підходи:

1. Вивчення онтогенетичних змін живої маси шляхом удосконалення показників, що характеризують інтенсивність росту і формування особин.

Традиційно з метою оцінки інтенсивності росту тварин використовуються параметри абсолютного середньодобового приросту і відносного приросту, як вка-

зують Л.Ф. Красота, В.Т. Лобанов, Т.Г. Джепарідзе [7], С. Броді [4], І.І. Шмальгаузен та С.І. Кочаловський [11].

Вважається, що вказані показники визначають кінцевий розмір сформованого організму, що певною мірою є відображенням особливостей реалізації генетичної інформації в онтогенезі. У цьому разі оцінка за динамікою показників живої маси, лінійних вимірів та інтегральних параметрів росту птахів може виступати критерієм визначення специфіки генотипу. Необхідним для цього вважається вивчення загальних закономірностей росту і розвитку. При цьому слід враховувати, що під впливом спадковості в межах цілеспрямованого процесу розгортання генетичної інформації організму в онтогенезі і чинників навколишнього середовища особини розвиваються нерівномірно (М.В. Зубець, В.П. Буркат, Ю.Ф. Мельник [5]). Відмінними є також темпи формування їх на різних фізіологічних стадіях індивідуального розвитку, що пояснюється залежністю темпів формування від інтенсивності обміну речовин.

Враховуючи загальнобіологічну закономірність зниження з віком відносної швидкості росту, Ю.К. Свечиним [10] запропонована методика оцінки спаду інтенсивності формування молодняку в онтогенезі (Δt). В.П. Коваленко, С.Ю. Болілою та В.П. Бородаєм [3] запропонована модифікація цього підходу, що включає в собі поєднання показників відносної й абсолютної швидкості росту. В подальшому необхідні розробки нових критеріїв, які визначають напруженість і рівномірність росту в ранньому онтогенезі і мають високий кореляційний зв'язок із показниками живої маси, екстер'єрними показниками в наступні після визначення вікові періоди. Цим досягається прогноз значень кінцевої живої маси.

2. Використання математичних моделей для опису і прогнозування живої маси.

Основні моделі, що придатні і досить широко використовуються в селекції тварин і птахів, розглянуті в огляді літератури, але, на наш погляд, необхідна певна їх модифікація відповідно до напрямку продуктивності та спеціалізації ліній, порід і кросів. Це дозволить здійснити відбір за компонентами складної полігенної ознаки, до яких відносяться більшість господарсько корисних показників.

Цим підходом реалізується «залишковий» принцип оцінки генотипу кожної особини – за різницею між реалізованою продуктивністю потомства і теоретично очікуваною, що розрахована за допомогою параметрів конкретної моделі.

Виходячи з цих передумов, нами проведені дослідження з порівняльного вивчення ефективності використання низки математичних моделей для опису й прогнозуванню живої маси ремонтного молодняку яєчних кросів.

Метою дослідження є вибір найефективнішої моделі, за допомогою якої досягається прогнозування живої маси у 18–20-тижневому віці, виходячи з показників, отриманих за період 6 тижнів вирощування. Поряд із цим проведена оцінка вихідних ліній і кросів за показниками відносного приросту, індексами напруги й рівномірності росту.

В аналіз включені показники живої маси птиці за даними проведеної нами оцінки родинних форм яєчного кросу «Прогрес» у племінному птахівничому підприємстві ЗАТ «Чорнобаївське» (табл. 1).

Особливість динаміки живої маси полягає в тому, що вона відображає призначення ліній у структурі кросу. Особливо наочно це спостерігається на курчатах кросу «Прогрес», який найбільш широко використову-

Динаміка живої маси молодняку кросу «Прогрес» за 20 тижнів вирощування, г (n=50)

Вік, тижні	Лінії та гібриди						
	П1	П2	П3	П4	П12 півні	П34 курочки	П1234 гібридні курочки
	червоний род-айленд		білий род-айленд				
1	2		3		4	5	6
1	80,1±0,51	80,3±0,47	80,3±0,42	80,2±0,42	85,2±0,49	79,5±0,46	75,5±0,45
2	155,3±0,94	151,3±0,87	151,2±0,92	150,5±0,79	190,6±1,17	150,3±0,78	139,6±0,81
3	228,6±1,23	220,1±1,13	220,8±1,32	220,0±1,32	290,0±1,75	232,8±1,31	188,7±0,98
4	309,6±1,66	278,8±1,68	308,5±1,85	298,6±1,77	398,1±2,35	311,4±1,73	259,4±1,56
5	402,3±2,43	402,0±2,34	391,6±2,12	381,5±2,10	512,1±2,62	389,8±2,15	341,2±1,99
6	483,1±3,19	467,1±2,54	463,8±2,63	453,9±2,80	611,8±3,62	481,9±2,56	409,1±2,22
7	581,1±3,75	589,7±3,29	550,7±3,17	540,7±3,18	741,0±4,01	576,5±3,19	484,6±2,73
8	684,6±3,93	687,1±4,27	668,4±4,22	658,4±2,86	848,0±4,72	678,4±4,19	565,0±3,53
9	780,9±4,77	797,6±4,91	765,4±4,45	755,5±4,17	954,3±5,72	760,3±4,49	647,8±4,04
10	890,3±5,21	890,5±5,31	877,3±5,55	867,2±5,18	1109,2±5,88	857,1±4,95	752,6±4,47
11	1006,4±5,94	1017,0±5,71	967,7±5,54	977,7±5,84	1227,1±6,29	964,0±5,50	883,4±4,93
12	1106,0±7,27	1117,3±6,89	1058,1±6,72	1048,2±5,26	1354,7±7,91	1059,5±6,15	973,8±5,98
13	1208,6±7,56	1221,2±7,24	1172,4±7,08	1152,6±6,29	1480,4±8,65	1137,0±5,67	1079,4±6,41
14	1307,1±8,53	1315,1±7,21	1280,9±7,39	1260,8±6,35	1611,1±8,60	1209,7±7,55	1168,0±6,44
15	1409,4±8,09	1421,6±8,01	1391,1±7,02	1361,1±7,99	1721,4±10,55	1292,7±8,19	1265,3±7,16
16	1498,4±7,97	1504,2±7,89	1474,6±7,99	1454,6±7,71	1835,8±10,34	1369,8±7,54	1351,4±7,16
17	1610,0±10,46	1603,4±9,36	1583,9±8,54	1563,8±9,23	1964,8±10,95	1472,8±8,48	1480,7±8,60
18	1710,1±10,93	1672,6±10,81	1677,8±9,36	1667,7±9,95	2089,7±10,73	1572,4±9,50	1591,0±10,11
19	1812,5±10,55	1789,7±9,33	1761,0±9,57	1741,1±9,66	2208,8±11,60	1673,3±9,67	1686,5±8,81
20	1927,6±10,85	1877,2±11,55	1865,8±9,72	1845,8±10,44	2357,4±13,56	1814,3±10,28	1810,2±11,06

ється у господарствах нашої країни. Нами проведено вивчення живої маси ремонтного молодняку чотирьох вихідних ліній (П1, П2, П3, П4), двох родинних форм (батьківської П12 породи червоний род-айленд і материнської П34 породи білий род-айленд), а також фінального гібрида цього кросу П1234.

Виходячи з теоретичних основ формування кросів курей, слід очікувати вищих показників живої маси курчат у батьківських ліній і форм, а мінімальних – у материнських ліній (формах), проміжних – у фінального гібрида. Отримані результати підтвердили, що конструкція кросу «Прогрес» побудована на вказаному принципі спеціалізації ліній за ознакою «жива маса». Так, максимальний показник живої маси отримано для курей батьківської лінії у батьківській формі П1 (1710,1 г), а мінімальний – для материнської лінії материнської форми П4 (1667,7 г).

Лінії П2 і П3 мало відрізнялися за показниками живої маси в 18-тижневому віці, відповідно 1672,6 і 1677,8 г. Цікаво відзначити, що дволінійна батьківська форма суттєво відрізнялась від материнської: 2089,7 і 1572,4 г. Батьківська форма навіть переважала вихідну лінію П1, що свідчить про прояв гетерозисного ефекту за ознакою «жива маса». Таким чином, проведений аналіз показав, що крос, який вивчали, має специфічні генотипи, який визначає їх відмінності в живій масі. Крім цього, простежується тенденція зниження живої маси під час створення нових кросів яєчних курей. Це зумовлено підвищенням ефективності виробництва харчових яєць за рахунок зниження витрат на утримання як родинного стада, так і гібридних курей-несучок.

Наступним етапом роботи було вивчення можливостей прогнозування живої маси курчат досліджуваних кросів у кінці періоду вирощування (18 тижнів) на основі даних за початковий період її обліку (6-тижневий вік ремонтного молодняку). Під час вивчення ефективності прогнозу динаміки використані моделі Т.К. Бріджеса $N(t) = A(1 - e^{-\mu(t+T_0)^n})$ і Ф. Річардса $M(t) = A / (((A / M_0)^n - 1) \cdot e^{-kt} + 1)^{1/n}$ для прогнозу кінцевої живої маси, виходили з даних початкового росту за перші 6 тижнів життя курчат. На лінійному поголів'ї і гібридах кросу «Прогрес» встановили, що обидві моделі забезпечують досить високу точність прогнозування (помилки передбачення не перевищують 3,5%, таблиця 2). Але для більшості вивчених генотипів, які були досліджені, кращі показники прогнозу отримані з використанням моделі Т.К. Бріджеса.

Середній відсоток похибок в п'яти групах із семи цього кросу з використанням моделі Т.К. Бріджеса був значно нижчий (1,309–2,532), рис. 1 – для лінії П4), ніж у прогнозі з моделлю Ф. Річардса (1,498–2,635).

Для вихідних ліній П3 і П4 точніший прогноз живої маси забезпечує модель Т.К. Бріджеса.

Висновки. Практика створення моделей показує, що комплексний підхід до планування виробництва продукції птахівництва із застосуванням різних моделей має вирішальне значення у досягненні економічного зростання продукції птахівництва.

Також встановлено доцільність використання генетико-математичних методів і моделей селекційних ознак для оцінки компонентів складних полігенних ознак і прогнозування продуктивності. Порівняльною оцінкою моделей живої маси виявлено, що придатнішими для їх опису й

Прогнозування живої маси курей кросу «Прогрес» за моделями Т.К. Бріджеса та Ф. Річардса

Вік, тижні	ЛІНІЇ									
	П1					П2				
	Факт. значення	Модель Бріджеса	Відхил., %	Модель Річардса	Відхил., %	Факт. значення	Модель Бріджеса	Відхил., %	Модель Річардса	Відхил., %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Задані										
1	80,1±0,51	83,7	-4,51	81,1	-1,24	80,3±0,47	82,6	-2,94	81,9	-2,00
2	155,3±0,94	148,2	4,62	150,5	3,12	151,3±0,87	144,4	4,57	143,6	5,04
3	228,6±1,23	223,9	2,04	228,6	0,01	220,1±1,13	216,4	1,70	216,5	1,63
4	309,6±1,66	308,7	0,28	312,7	-1,03	278,8±1,68	296,7	-6,41	298,3	-7,00
5	402,3±2,43	400,6	0,44	401,3	0,26	402,0±2,34	383,7	4,54	387,2	3,66
6	483,1±3,19	497,9	-3,05	493,0	-2,05	467,1±2,54	476,2	-1,94	481,8	-3,15
Прогнозовані										
7	581,1±3,75	599,2	-3,12	587,0	-1,01	589,7±3,29	572,8	2,87	580,8	1,51
8	684,6±3,93	703,3	-2,73	682,5	0,31	687,1±4,27	672,7	2,11	683,2	0,57
9	780,9±4,77	808,9	-3,59	779,0	0,24	797,6±4,91	774,8	2,85	788,1	1,18
10	890,3±5,21	915,1	-2,79	876,0	1,61	890,5±5,31	878,5	1,35	894,8	-0,48
11	1006,4±5,94	1021,0	-1,45	973,1	3,31	1017,0±5,71	982,9	3,36	1002,6	1,42
12	1106,0±7,27	1125,7	-1,79	1069,9	3,26	1117,3±6,89	1087,3	2,69	1110,9	0,58
13	1208,6±7,56	1228,6	-1,66	1166,3	3,50	1221,2±7,24	1191,3	2,44	1219,3	0,16
14	1307,1±8,53	1329,2	-1,69	1262,0	3,45	1315,1±7,21	1294,3	1,58	1327,3	-0,92
15	1409,4±8,09	1426,8	-1,23	1356,8	3,73	1421,6±8,01	1395,8	1,81	1434,6	-0,91
16	1498,4±7,97	1521,1	-1,51	1450,6	3,19	1504,2±7,89	1495,5	0,58	1540,8	-2,44
17	1610,0±10,46	1611,7	-0,11	1543,1	4,15	1603,4±9,36	1592,9	0,65	1645,8	-2,65
18	1710,1±10,93	1698,4	0,68	1634,4	4,43	1672,6±10,81	1687,9	-0,91	1749,3	-4,58
19	1812,5±10,55	1781,1	1,73	1724,3	4,87	1789,7±9,33	1780,1	0,54	1851,1	-3,43
20	1927,6±10,85	1859,5	3,53	1812,7	5,96	1877,2±11,55	1869,3	0,42	1951,0	-3,93
Середній % відхилення			2,13	-	2,64	-	-	2,31	-	2,36
Задані										
1	80,3±0,42	83,3	-3,75	81,3	-1,18	80,2±0,42	83,5	-4,14	81,6	-1,70
2	151,2±0,92	145,9	3,47	147,4	2,52	150,5±0,79	144,8	3,81	145,5	3,29
3	220,8±1,32	219,1	0,79	222,1	-0,59	220,0±1,32	215,7	1,93	218,2	0,84
4	308,5±1,85	300,5	2,59	303,1	1,77	298,6±1,77	294,6	1,34	297,3	0,45
5	391,6±2,12	388,7	0,72	388,8	0,70	381,5±2,10	379,8	0,46	381,3	0,06
6	463,8±2,63	482,2	-3,98	478,1	-3,10	453,9±2,80	470,1	-3,57	469,2	-3,38
Прогнозовані										
7	550,7±3,17	579,7	-5,27	570,1	-3,53	540,7±3,18	564,5	-4,39	560,1	-3,58
8	668,4±4,22	680,2	-1,76	664,2	0,63	658,4±2,86	661,9	-0,53	653,2	0,80
9	765,4±4,45	782,5	-2,24	759,7	0,75	755,5±4,17	761,7	-0,82	747,9	1,00
10	877,3±5,55	886,0	-1,00	856,1	2,41	867,2±5,18	863,0	0,48	843,9	2,69
11	967,7±5,54	989,8	-2,28	953,2	1,50	977,7±5,84	965,1	1,28	940,6	3,80
12	1058,1±6,72	1093,1	-3,31	1050,5	0,72	1048,2±5,26	1067,6	-1,85	1037,7	1,00
13	1172,4±7,08	1195,5	-1,97	1147,7	2,11	1152,6±6,29	1169,8	-1,49	1134,9	1,53
14	1280,9±7,39	1296,3	-1,21	1244,8	2,82	1260,8±6,35	1271,2	-0,82	1232,0	2,29
15	1391,1±7,02	1395,1	-0,29	1341,3	3,58	1361,1±7,99	1371,5	-0,76	1328,7	2,38
16	1474,6±7,99	1491,6	-1,15	1437,2	2,54	1454,6±7,71	1470,3	-1,08	1424,9	2,04
17	1583,9±8,54	1585,2	-0,09	1532,3	3,26	1563,8±9,23	1567,2	-0,21	1520,4	2,78
18	1677,8±9,36	1675,9	0,11	1626,5	3,06	1667,7±9,95	1662,0	0,34	1615,1	3,16
19	1761,0±9,57	1763,4	-0,13	1719,6	2,35	1741,1±9,66	1754,4	-0,76	1708,7	1,86
20	1865,8±9,72	1847,4	0,99	1811,6	2,91	1845,8±10,44	1844,3	0,08	1801,3	2,41
Середній % відхилення			1,31	-	2,05	-	-	1,87	-	2,10

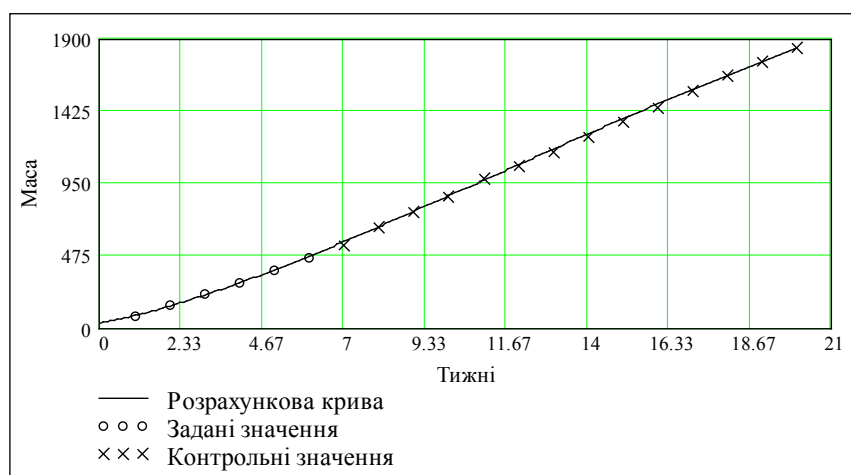


Рис. 1. Прогнозування живої маси птахів кросу «Прогрес» лінії П4

прогнозування є моделі Т.К. Бріджеса та Ф. Річардса. Середній відсоток відхилення для кросів не перевищує 5% порогу безпомилкового судження про вірогідність отриманих даних.

Встановлено ефективність оцінки і відбору курей за компонентами складних полігенних ознак, зокрема нормами кінетичної й експоненціальної швидкості нарощування живої маси і сумарної несучості. Ці показники високо корелюють з цими продуктивними ознаками.

Зважаючи на незначні відхилення показників прогнозу, можна рекомендувати виробництву використання обох моделей для прогнозування живої маси курчат яєчних кросів.

Список використаних джерел:

1. Булик О.Б. Методичні основи оцінки ефективності виробництва продукції птахівництва. Інноваційна економіка. 2016. № 5-6. С. 151–156.
2. Жукорський О. Інформаційне забезпечення і управління селекційно-племінною роботою у птахівництві. Тваринництво України. 2014. № 5. С. 2–4.
3. Бородай В.П., Коваленко В.П., Боліла С.Ю. Моделювання динаміки росту птиці м'ясних кросів // Вісник аграрної науки. 1998. № 9. С. 38–41.
4. Броди С. Цитировано по В.Ф. Красота, В.Т. Лобанів, Т.Г. Джепарідзе. Разведение сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1990. 105 с.
5. Кочиш И.И. Совершенствование и разработка эффективных методов селекции мясной птицы // Дисс. д-ра. с.-х. наук. Москва, 1992. 297 с.
6. Красота В.Ф., Лобанов В.Т., Джепаридзе Т.Г. Разведение сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1983. 463 с.
7. Зубец М.Л., Буркат В.П., Рубан С.Ю., Шапля В.П., В.Е. Никишев. Новое в методологии и селекции животных. Киев, 1993. 18 с.
8. Лукьянова В.Д., Косенко Н.Ф., Коваленко В.П., Лукьянов В.А. Селекционно-генетическая работа в птицеводстве. Киев: Урожай, 1979. С. 18–20.
9. В.Д. Лук'янова, Ю.Н. Батюжевський, Р.К. Жук та інші (1991 р.). Рекомендации по племенной работе с птицей на племязаводах и в племенных хозяйствах-репродукторах // Всесоюз. н.-и. и технол. институт птицеводства. Загорск, 1983. 123 с.
10. Свечин Ю.К. Прогнозирование продуктивности животных в раннем возрасте // Вестник с.-х. науки. 1985. № 4. С. 103–107.
11. Шмальгаузен И.И. Рост и общие размеры тела в связи с их биологическим значением. В кн.: Рост животных. М.: Биометгиз, 1935. С. 71.