



Research Paper

Evaluation of the Effects of Variety and Hatch on Body Weight and Mathematical Description of the Growth Curve Using the Gompertz Model in Guinea Fowl (*Numida meleagris*)

Ghorban Elyasi Zarringhabaie^{*1}, Farhad Parnian Khajehdizaj², Leila gharehdaghi³ and Morteza Gholami⁴

1- Assistant professor, Animal Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran.

Gh.elyasi@Areoo.ac.ir,  0000-0002-4617-583X

2- Assistant professor, Animal Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran.

f.parnian@areeo.ac.ir,  0000-0002-1386-0558

3- Assistant professor, Animal Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran.

l.gharehdaghi@areeo.ac.ir,  0009-0009-7953-6177

4- Master's degree, Animal Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran.

M.Gholami349@Gmail.com,

Article Info

ABSTRACT

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 31 March 2026
Accepted: 12 June 2026
Published online: Spring 2026

Keywords: Breeding, Growth curve, Guinea fowl, Live weight, Phenotype.

This study was conducted to investigate the growth pattern and evaluate the effects of phenotype and hatch order on body weight in guinea fowl chicks from 15 to 210 days of age. The chicks were obtained from two phenotypes, gray and bluish-gray, and from four consecutive hatches produced by native breeding stock. The chicks were reared under identical management and nutritional conditions, and live body weight was individually recorded at two-week intervals. Individual data from 250 chicks were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test in SPSS software. The growth curve was plotted based on mean body weight, the Gompertz model was fitted, and Pearson's correlation coefficients between body weight at different ages and body weight at 210 days of age were calculated. The results showed that body weight growth in guinea fowl followed a sigmoidal pattern. Mean body weight increased from 68.51 g at 15 days of age to 981.94 g at 120 days and 1,289.10 g at 210 days of age. The highest growth rate was observed approximately between 30 and 135 days of age, after which the rate of weight gain decreased markedly after approximately 150 days. Fitting the Gompertz model estimated the asymptotic mature weight at approximately 1,296.87 g. Furthermore, the correlation coefficient between body weight at different ages and body weight at 210 days increased from 0.130 at 15 days to 0.692 at 135 days of age, indicating that body weight at approximately 135 days of age could serve as a suitable indicator for predicting final body weight. Based on these findings, the period from 30 to 135 days of age represents the main phase of rapid growth, while the period from approximately 120 to 150 days is particularly important in terms of weight gain and economic management.

Cite this article: Elyasi Zarringhabaie, Gh., Parnian Khajehdizaj, F., gharehdaghi, L. & Gholami, M. (2026). Evaluation of the Effects of Variety and Hatch on Body Weight and Mathematical Description of the Growth Curve Using the Gompertz Model in Guinea Fowl (*Numida meleagris*). *Journal of Livestock Research*, 8 (1), 1-15. DOI: 10.22077/jlr.2026.12009.1070

Extended Abstract

Introduction and Objective: Guinea fowl (*Numida meleagris*) is an important poultry species with potential for traditional, semi-intensive and intensive production systems. Accurate knowledge of its growth pattern from early ages to near maturity is essential for improving production efficiency, optimizing nutrition and management, determining suitable slaughter ages, and supporting breeding decisions. Growth-curve analysis describes changes in body weight over time, identifies phases of rapid and slow growth, locates the inflection point, estimates asymptotic mature weight, and quantifies the influence of genetic and environmental factors. Nonlinear models, particularly the Gompertz model, have been widely applied to poultry growth data and have often provided realistic estimates of mature weight in guinea fowl. Despite the economic and genetic value of guinea fowl, information on the growth trajectory of indigenous Iranian populations under local management conditions remains limited. Direct transfer of parameters obtained from exotic or intensively selected populations may not accurately reflect the performance of native birds. Therefore, the present study was conducted to (i) characterize body-weight growth of indigenous guinea fowl from 15 to 210 days of age, (ii) evaluate the effects of phenotype (gray versus grayish-blue) and hatch order (four consecutive hatches) on body weight, (iii) determine Pearson correlations between body weight at successive ages and final weight at 210 days, and (iv) fit the Gompertz model to describe the growth trajectory and estimate biological parameters.

Materials and Methods: Keets of two phenotypes (gray and grayish-blue) were obtained from four consecutive hatches produced by native breeding stock. All birds were reared under identical nutritional and management conditions with ad libitum access to feed and water. Diets were formulated according to the nutrient requirements of guinea fowl based on NRC (1994) recommendations. Individual live body weights of 250 birds were recorded at 15-day intervals from 15 to 210 days of age. Mean body weights were calculated for each age, phenotype and hatch group, and growth curves were plotted. Effects of phenotype and hatch order on body weight at each age were analyzed by the General Linear Model procedure followed by Tukey's test in SPSS software (significance level $P \leq 0.05$). Pearson correlation coefficients between body weight at each age and body weight at 210 days were calculated. Age-body-weight data (population means) were fitted to the classical Gompertz model to estimate the asymptotic weight (A), the scaling parameter (b) and the growth-rate parameter (k), and to locate the inflection point.

Results and Discussion: Mean body weight increased from 68.51 g at 15 days to 981.94 g at 120 days (approximately 14-fold increase) and reached 1 289.10 g at 210 days. The most rapid phase of growth occurred between approximately 30 and 135 days of age; after about 150 days the rate of weight gain declined markedly. This sigmoidal pattern is consistent with previously reported growth trajectories of guinea fowl. Hatch order exerted a significant effect on body weight at nearly all ages ($P \leq 0.05$) except 135 days. Hatch 2 generally showed the highest early and intermediate weights, while at later ages Hatches 2, 3 and 4 surpassed Hatch 1. Phenotype significantly affected body weight between 45 and 135 days of age, with grayish-blue birds being heavier; the difference disappeared after 150 days and final weights of the two phenotypes were essentially identical. The Gompertz model provided an excellent fit to the population means ($R^2 \approx 0.9987$). The estimated asymptotic weight was approximately 1 297–1 375 g (depending on the exact parameterization reported), and the inflection point occurred at about 72 days of age (weight ≈ 505 g). These parameters confirm that maximum growth rate is reached in the middle of the rapid-growth phase. Pearson correlations between body weight at successive ages and weight at 210 days increased progressively with age: from 0.130 at 15 days to 0.316 at 75 days, 0.692 at 135 days, 0.824 at 150 days and 0.974 at 195 days. Thus, body weight recorded from approximately 135 days onward constitutes a useful early indicator of final weight. From a practical standpoint, the period 30–135 days represents the critical window for nutritional and environmental management. The interval 120–150 days may be considered a candidate range for evaluation of economic slaughter age, although feed intake, feed-conversion ratio, carcass yield and market prices must also be taken into account. The observed phenotypic and hatch differences, although statistically significant at certain ages, were not large enough at final weight to justify strong selection on phenotype alone.

Conclusion: Indigenous guinea fowl exhibited a clear sigmoidal growth pattern characterized by rapid weight gain between 30 and 135 days and a pronounced slowing thereafter. Phenotype and hatch order influenced body weight mainly during the intermediate growth phase; final weights converged. Body weight at about 135 days showed a strong correlation ($r \approx 0.69$) with weight at 210 days and can therefore serve as a practical early selection criterion. The Gompertz model successfully described the growth trajectory and provided biologically meaningful estimates of mature weight and the inflection point. Systematic recording of body weight, phenotype, hatch and pedigree, combined with growth-curve analysis, offers a solid foundation for future management optimization and genetic improvement programs for indigenous guinea fowl in Iran.

Keywords: Breeding, Growth curve, Guinea fowl, Live weight, Phenotype

Author Contributions

Ghorban Elyasi Zarin Ghabai: Conducted the field experiments, sample collection, and laboratory analyses. Farhad Parnian Khajeh Dizaj: Performed the statistical analysis. Leila Gharadaghi: Conducted the modeling and contributed to the validation of the manuscript. Morteza Gholami: Conducted sample collection and prepared the initial draft of the manuscript.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Conflict of interest

The authors have no competing interests.

Ethical consideration

Animal handling and experimental procedures were performed according to the guidelines of Animal manual for animal experiments and animal care protocol.

AI Tools

The authors would like to acknowledge the use of AI tools for language editing and improvement of the Persian language in this manuscript.

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر وارسته و نوبت هج بر وزن بدن و توصیف ریاضی منحنی رشد با استفاده از مدل گمپرتز در مرغ مروارید (*Numida meleagris*)

قربان الیاسی زرین قبابی^{۱*}، فرهاد پرنیان خواجه دیزج^۲، لیلا قره داغی^۳ و مرتضی غلامی^۴

۱- استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، تبریز، ایران. Gh.elyasi@Areoo.ac.ir

۲- استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، تبریز، ایران. f.parnian@areoo.ac.ir

۳- استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، تبریز، ایران. l.gharedaghi@areoo.ac.ir

۴- کارشناس ارشد بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، تبریز، ایران. M.Gholami349@Gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

این تحقیق با هدف بررسی الگوی رشد و ارزیابی اثر فنوتیپ و نوبت هج بر وزن بدن جوجه‌های مرغ مروارید در بازه سنی ۱۵ تا ۲۱۰ روزگی انجام شد. جوجه‌ها از دو فنوتیپ خاکستری و خاکستری مایل به آبی و چهار هج متوالی حاصل از مولدین بومی تهیه شدند. جوجه‌ها تحت شرایط یکسان مدیریتی و تغذیه‌ای پرورش یافتند و وزن زنده به صورت انفرادی و در فواصل دوهفتگی ثبت شد. داده‌های انفرادی ۲۵۰ جوجه با استفاده از تجزیه واریانس و آزمون *Tukey* در نرم‌افزار *SPSS* تحلیل شدند. منحنی رشد بر اساس میانگین وزن ترسیم، مدل گمپرتز برازش و همبستگی پیرسون وزن در مراحل مختلف با وزن ۲۱۰ روزگی محاسبه شد. نتایج نشان داد که رشد وزن مرغ مروارید از الگوی سیگموئیدی پیروی می‌کند. میانگین وزن بدن از ۶۸/۵۱ گرم در ۱۵ روزگی به ۹۸۱/۹۴ گرم در ۱۲۰ روزگی و ۱۲۸۹/۱۰ گرم در ۲۱۰ روزگی افزایش یافت. بیشترین سرعت رشد در فاصله حدود ۳۰ تا ۱۳۵ روزگی مشاهده شد و پس از حدود ۱۵۰ روزگی، نرخ افزایش وزن به طور محسوسی کاهش یافت. برازش مدل گمپرتز، حد نهایی رشد را حدود ۱۲۹۶/۸۷ گرم برآورد کرد. همچنین، ضریب همبستگی وزن بدن با وزن ۲۱۰ روزگی از ۰/۱۳۰ در ۱۵ روزگی به ۰/۶۹۲ در ۱۳۵ روزگی افزایش یافت، که نشان داد وزن بدن از حدود ۱۳۵ روزگی می‌تواند شاخص مناسبی برای پیش‌بینی وزن نهایی باشد. بر اساس نتایج، دوره ۳۰ تا ۱۳۵ روزگی مرحله اصلی رشد سریع و دوره حدود ۱۲۰ تا ۱۵۰ روزگی از نظر افزایش وزن و مدیریت اقتصادی حائز اهمیت است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۲

تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۵

واژگان کلیدی:

اصلاح نژاد، فنوتیپ، مرغ مروارید،

نمودار رشد، وزن زنده

استناد: الیاسی زرین قبابی، قربان؛ پرنیان خواجه دیزج، فرهاد؛ قره داغی، لیلا و غلامی، مرتضی (۱۴۰۵). ارزیابی اثر وارسته و نوبت هج بر وزن بدن و توصیف ریاضی منحنی رشد با استفاده از مدل گمپرتز در مرغ مروارید (*Numida meleagris*). *مجله تحقیقات دام و طیور*، دوره ۸، شماره ۱، ۱-۱۵.

DOI:10.22077/jlr.2026.12009.1070

مقدمه

مرغ مروارید (*Numida meleagris*) به عنوان گونه‌ای مهم و قابل پرورش از ماکیان، در بسیاری از سیستم‌های پرورش سنتی و نیمه متراکم مورد توجه قرار گرفته است (Soara et al., 2020). شناخت دقیق الگوی رشد و تغییرات وزن بدن این پرنده از سنین اولیه تا بلوغ، برای بهبود کارایی تولید، افزایش سودآوری و بهینه‌سازی برنامه‌های تغذیه و مدیریت اهمیت زیادی دارد. منحنی رشد یکی از ابزارهای مهم در مطالعات زیست پروری و تولیدی طیور است که امکان توصیف روند افزایش وزن، مقایسه سرعت رشد در مراحل مختلف زندگی، تعیین نقطه عطف رشد و برآورد وزن نهایی پرنده را فراهم می‌کند. از این طریق می‌توان مراحل مختلف رشد را از نظر شدت افزایش وزن شناسایی و سنین دارای بیشترین بازده رشد را تعیین کرد (Kuhi et al., 2010). تحلیل منحنی رشد همچنین امکان بررسی اثر عوامل ژنتیکی، محیطی و مدیریتی بر عملکرد رشد را فراهم می‌سازد. عواملی مانند ژنوتیپ یا فنوتیپ، جنسیت، شرایط هج، تغذیه، سیستم پرورش و تراکم پرندگان می‌توانند بر سرعت رشد و وزن بدن اثرگذار باشند و منحنی رشد می‌تواند تفاوت‌های ناشی از این عوامل را به صورت کمی و قابل تفسیر نشان دهد. از دیدگاه کاربردی، اطلاعات حاصل از منحنی رشد می‌تواند در تعیین سن مناسب کشتار برای تولید گوشت، طراحی برنامه‌های تغذیه‌ای متناسب با مراحل رشد، تخصیص بهینه منابع و کاهش هزینه‌های تولید مورد استفاده قرار گیرد. افزون بر این، پارامترهای حاصل از مدل‌های رشد می‌توانند در برنامه‌های اصلاح نژاد برای شناسایی و انتخاب پرندگان دارای ظرفیت رشد مطلوب مورد استفاده قرار گیرند (Nahashon et al., 2006a; Agbolosu, 2021).

برای توصیف الگوی رشد حیوانات، مدل‌های غیرخطی مختلفی از جمله مدل گمپرتز و مدل لجستیک مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مدل‌ها با توصیف رابطه بین وزن بدن و سن، امکان برآورد پارامترهای زیستی مهم رشد، از جمله وزن مجانبی، نرخ رشد و سن وقوع حداکثر سرعت رشد را فراهم می‌کنند (Narinç et al., 2017; Nahashon et al., 2006a). در مطالعات انجام شده روی مرغ مروارید، عملکرد مناسب این مدل‌ها برای توصیف رشد بدن گزارش شده است. بر اساس مطالعه جدید انجام یافته (مطالعه بر اساس معیارهای نیکویی برازش)، مدل‌های لویز بهترین و لجستیک بدترین مدل‌ها برای توصیف الگوی رشد مرغ مروارید در مقایسه با سایر مدل‌ها گزارش شده‌اند (Faraji Barough et al., 2026). Nahashon و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی مرغ مروارید گوشتی فرانسوی گزارش کردند که مدل گامپرتز در پیش‌بینی وزن بلوغ عملکرد بهتری نسبت به مدل لجستیک داشت؛ به طوری که وزن بلوغ برآورد شده با مدل گامپرتز حدود ۲/۴۰ کیلوگرم، در مقایسه با حدود ۱/۵۰ کیلوگرم در مدل لجستیک، بود. این یافته نشان داد که انتخاب مدل مناسب می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر برآورد پارامترهای رشد داشته باشد. تفاوت در سرعت و میزان رشد بین جنس‌ها و سیستم‌های پرورش نیز در مطالعات مختلف گزارش شده است. Yamak و همکاران (۲۰۱۶) میانگین وزن بدن مرغ مروارید را در سن ۱۸ هفتگی (۱۲۶ روزگی) حدود ۱/۱۶ کیلوگرم برای ماده‌ها و ۱/۲۴ کیلوگرم برای نرها گزارش کردند. همچنین، سیستم پرورش می‌تواند بر عملکرد رشد اثرگذار باشد؛ به طوری که در برخی مطالعات، پرورش در سیستم فشرده در مقایسه با سیستم آزاد با وزن نهایی بیشتر و ضریب تبدیل خوراک مطلوب‌تر همراه بوده است (Yamak et al., 2018). این نتایج بیانگر آن است که الگوی رشد مرغ مروارید حاصل برهم‌کنش عوامل ژنتیکی و محیطی است و نمی‌توان عملکرد رشد یک جمعیت را بدون توجه به شرایط پرورش و ویژگی‌های ژنتیکی آن ارزیابی کرد (Narinç et al., 2017; Nahashon et al., 2006b).

از نظر ژنتیکی نیز شواهد موجود نشان‌دهنده وجود تنوع قابل توجه در صفات مرتبط با رشد مرغ مروارید است و دامنه‌ای حدود ۰/۲۲ تا ۰/۷۸ را برای وراثت‌پذیری برخی صفات مرتبط با رشد گزارش شده است (Agbolosu, 2021). چنین دامنه‌ای نشان می‌دهد که بخشی از تغییرات مشاهده شده در صفات رشد می‌تواند منشأ ژنتیکی داشته باشد و از این رو، استفاده هم‌زمان از راهکارهای مدیریتی و اصلاح نژادی می‌تواند در بهبود سرعت رشد و وزن بدن این پرنده مؤثر باشد. از سوی دیگر، با افزایش سن، نرخ افزایش وزن کاهش یافته و منحنی رشد به تدریج به سمت مرحله تثبیت یا وزن بلوغ حرکت می‌کند (Nahashon et al., 2006b). بنابراین، شناسایی دوره‌ای که بیشترین افزایش وزن و بالاترین بازده رشد در آن رخ می‌دهد، برای تصمیم‌گیری در زمینه تولید گوشت و مدیریت تغذیه اهمیت ویژه‌ای دارد (Nahashon et al., 2006a).

با وجود مطالعات انجام شده درباره رشد برخی جمعیت‌ها و سویه‌های مرغ مروارید، اطلاعات مربوط به الگوی رشد و پارامترهای منحنی رشد در جمعیت‌های بومی، به ویژه در شرایط پرورش و مدیریت ایران، محدود است. و اکثر گزارش‌ها در مورد واریته‌های مرغ

شاخ‌دار بر مقایسه وزن بدن، کیفیت لاشه و ترکیب گوشت تمرکز دارند، بنابراین اطلاعات محدودی در مورد پارامترهای منحنی رشد این وارسته‌ها در دسترس است. تفاوت‌های ژنتیکی میان جمعیت‌ها، شرایط محیطی، تغذیه و سیستم مدیریت می‌تواند موجب تفاوت در سرعت رشد، زمان وقوع نقطه عطف و وزن بلوغ شود (Narinç et al., 2017). بنابراین، استفاده مستقیم از پارامترهای گزارش شده برای جمعیت‌های خارجی ممکن است الگوی واقعی رشد مرغ مروارید بومی را به درستی نشان ندهد. از این رو، بررسی روند تغییرات وزن بدن و مدل‌سازی منحنی رشد در مرغ مروارید بومی می‌تواند اطلاعات پایه و کاربردی ارزشمندی برای شناخت ظرفیت رشد این جمعیت فراهم کند. چنین اطلاعاتی علاوه بر تعیین الگوی رشد و برآورد پارامترهای زیستی آن، می‌تواند در طراحی برنامه‌های تغذیه و مدیریت، تعیین سن مناسب بهره‌برداری گوشتی و نیز شناسایی ظرفیت‌های موجود برای برنامه‌های اصلاح نژادی مورد استفاده قرار گیرد. بر همین اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی الگوی رشد و تغییرات وزن بدن مرغ مروارید بومی و برازش مدل گامپرتز برای توصیف منحنی رشد آن انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه با هدف بررسی الگوی رشد بدن جوجه‌های مرغ مروارید، ارزیابی اثر فنوتیپ و نوبت هج بر وزن زنده و روند افزایش وزن در فاصله سنی ۱۵ تا ۲۱۰ روزگی، برازش مدل گمپرتز بر وزن بدن در سنین مختلف و بررسی همبستگی وزن بدن در سنین مختلف با وزن بدن در ۲۱۰ روزگی انجام شد. جوجه‌ها از مولدین پرورشی متعلق به دو فنوتیپ خاکستری و خاکستری مایل به آبی^۱ و در چهار نوبت هج متوالی تولید شدند. پس از تفریخ، در طول دوره پرورش، تمامی جوجه‌ها تحت یک برنامه مدیریتی و تغذیه‌ای یکسان قرار داشتند. آب و خوراک به صورت آزاد در اختیار پرندگان قرار گرفت و جیره غذایی بر اساس نیازهای تغذیه‌ای مرغ مروارید و جداول NRC (1994) تنظیم و ارائه شد. وزن زنده جوجه‌ها از ۱۵ تا ۲۱۰ روزگی، در فواصل دوهفته‌ای، ثبت شد. برای بررسی روند تغییرات وزن بدن، وزن زنده پرندگان در هر سن، به تفکیک فنوتیپ و نوبت هج، محاسبه و منحنی تغییرات وزن در طول دوره رشد با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel ترسیم شد. همچنین، افزایش وزن در هر فاصله سنی از طریق محاسبه اختلاف وزن بین دو زمان متوالی اندازه‌گیری تعیین شد. به منظور بررسی اثر فنوتیپ و نوبت هج بر وزن زنده در سنین مختلف، داده‌ها با استفاده از General Linear Model و تجزیه واریانس در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در مواردی که اختلاف بین میانگین گروه‌ها معنی‌دار بود، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون Tukey انجام شد. سطح معنی‌داری آزمون‌ها ۵ درصد در نظر گرفته شد.

$$Y_{ij} = \mu + H_i + P_j + e_{ij}$$

که در آن Y_{ij} وزن بدن مشاهده شده، μ میانگین کل، H_i اثر ثابت هج P_j اثر ثابت فنوتیپ iii و e_{ij} خطای تصادفی است. به منظور بررسی ارتباط وزن بدن در سنین مختلف با وزن نهایی، ضریب همبستگی پیرسون بین وزن زنده در سنین مختلف و وزن زنده در ۲۱۰ روزگی محاسبه شد. این تحلیل با هدف شناسایی سنینی انجام گرفت که وزن بدن در آن‌ها بیشترین ارتباط را با وزن نهایی داشته و می‌توانند به عنوان سنین مناسب برای پیش‌بینی عملکرد رشد نهایی مورد توجه قرار گیرند. برای توصیف کمی الگوی رشد و برآورد پارامترهای زیستی منحنی رشد، داده‌های وزن زنده در سنین مختلف با استفاده از مدل غیرخطی گمپرتز برازش شدند. پارامترهای مدل شامل وزن بالغ یا وزن نهایی پیش‌بینی شده، پارامتر نرخ رشد و زمان وقوع نقطه عطف رشد بود. برازش مدل برای داده‌های وزن زنده کل جمعیت و میانگین وزن فنوتیپ و نوبت هج انجام شد و کیفیت برازش مدل بر اساس شاخص‌های آماری مناسب با مدل عمومی گمپرتز ارزیابی گردید.

$$W(t) = A \exp[-B \exp(-kt)]$$

که در آن: $W(t)$ وزن بدن در سن t روز، A : وزن بالغ یا وزن حدی، B : پارامتر مکان مدل، K : نرخ رشد نسبی و t : سن بر حسب روز است

1. Gray

2. Grayish Blue

به منظور بررسی روند تغییر میزان ارتباط وزن بدن در سنین مختلف با وزن بدن در سن ۲۱۰ روزگی، ابتدا ضریب همبستگی پیرسون بین وزن بدن در هر یک از سنین مورد مطالعه و وزن بدن در ۲۱۰ روزگی محاسبه شد. معنی داری آماری ضرایب همبستگی در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

که در آن X_i وزن بدن پرنده در سن مورد نظر، Y_i وزن همان پرنده در ۲۱۰ روزگی، و r ضریب همبستگی پیرسون است. مقدار r در دامنه ۱- تا ۱+ قرار دارد و علامت آن جهت و مقدار مطلق آن شدت رابطه خطی بین دو متغیر را نشان می دهد. سپس مقادیر به دست آمده از ضرایب همبستگی به عنوان متغیر وابسته و سن پرندگان به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد و روند تغییر ضریب همبستگی در طول دوره رشد با استفاده از تابع غیرخطی گمپرتز برازش گردید. مدل مورد استفاده به صورت زیر بود. در این تحلیل، هدف از برازش تابع گمپرتز، برآورد مستقیم ضریب همبستگی بین وزن بدن و وزن ۲۱۰ روزگی نبود. بلکه مدل برای توصیف روند تغییر ضرایب همبستگی مشاهده شده در سنین مختلف و تعیین الگوی افزایش یا نزدیک شدن این ضرایب به یک مقدار مجانبی در طول رشد استفاده شد. بدین ترتیب، ابتدا مقادیر ضرایب همبستگی سنین مختلف با وزن در سن ۲۱۰ روزگی محاسبه و سپس رابطه بین این ضرایب و سن با مدل گمپرتز بررسی شد. میزان برازش مدل با استفاده از شاخص های مناسب برازش، از جمله ضریب تعیین و خطای باقیمانده، ارزیابی شد. همچنین از پارامترهای برآورد شده مدل برای توصیف سرعت افزایش ضریب همبستگی و مقدار مجانبی آن در سنین بالاتر استفاده شد.

$$r_t = A \exp[-B \exp(-kt)]$$

که در آن، r_t ضریب همبستگی برآورد شده در سن t ، A مقدار مجانبی ضریب همبستگی در سنین بالاتر، B پارامتر تعیین کننده موقعیت منحنی و k پارامتر نرخ تغییر ضریب همبستگی با افزایش سن است و t سن پرنده بر حسب روز است.

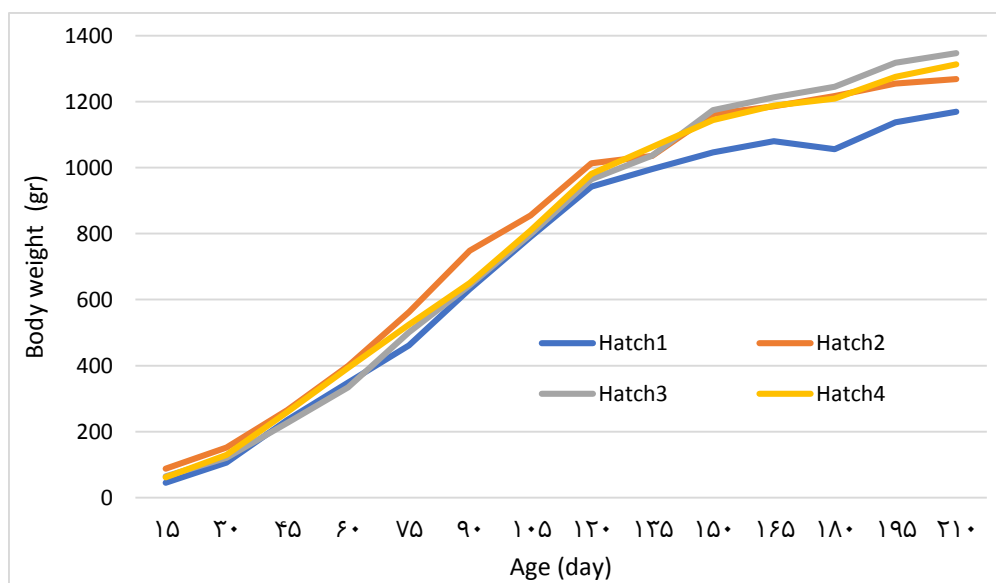
یافته های پژوهش

بر اساس جدول ۱، میانگین وزن زنده مرغان مروارید از ۶۸/۵۱ گرم در ۱۵ روزگی به ۹۸۱/۹۴ گرم در ۱۲۰ روزگی افزایش یافت. بنابراین در این فاصله وزن بدن حدود ۱۴/۳۳ برابر شد و افزایش مطلق وزن برابر با ۹۱۳/۴۳ گرم بود. با توجه به فاصله ۱۰۵ روزه بین این دو سن، متوسط افزایش وزن روزانه حدود ۸/۷۰ گرم در روز برآورد می شود که بیانگر رشد سریع پرندگان در مراحل ابتدایی و میانی دوره پرورش است. پس از ۱۲۰ روزگی، وزن زنده همچنان افزایش یافت، اما با سرعت کمتری، به طوری که میانگین وزن از ۹۸۱/۹۴ گرم در ۱۲۰ روزگی به ۱۲۸۹/۱۰ گرم در ۲۱۰ روزگی رسید. بنابراین افزایش مطلق وزن در این دوره ۹۰ روزه برابر با ۳۰۷/۱۶ گرم و متوسط افزایش وزن روزانه حدود ۳/۴۱ گرم در روز بود، در حالی که وزن بدن در ۲۱۰ روزگی حدود ۳۱/۲۸ درصد بیشتر از وزن ۱۲۰ روزگی بود. در نتیجه، متوسط سرعت افزایش وزن در فاصله ۱۲۰ تا ۲۱۰ روزگی به حدود ۳۹ درصد سرعت متوسط افزایش وزن در فاصله ۱۵ تا ۱۲۰ روزگی کاهش یافت که نشان دهنده کاهش محسوس سرعت رشد با افزایش سن و نزدیک شدن پرندگان به مرحله تثبیت وزن است. مقایسه میانگین های چهار هج با آزمون *Tukey* نیز نشان داد که اثر هج در سنین مختلف یکسان نبود؛ در قریب به اتفاق سن ها (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۶۵، ۱۸۰، ۱۹۵ و ۲۱۰ روزگی) اختلاف بین هج ها معنی دار بود ($P \leq 0.05$)، در حالی که فقط در سن ۱۳۵ روزگی اختلاف بین هج ها معنی دار نبود ($P \geq 0.05$). در سنین اولیه، هج ۲ در اغلب موارد میانگین وزن بالاتری داشت اما در سنین بالاتر الگوی برتری تغییر کرد. به طوری که از ۱۵۰ روزگی به بعد هج های ۲، ۳ و ۴ عموماً وزن بیشتری نسبت به هج ۱ داشتند و در ۲۱۰ روزگی بالاترین میانگین وزن مربوط به هج ۴ با ۱۳۱۳/۲۱ گرم بود، در حالی که هج های ۳، ۲ و ۱ به ترتیب ۱۳۴۶/۹۶، ۱۲۶۸/۵۴ و ۱۱۶۹/۲۴ گرم بودند. بنابراین، نتایج نشان می دهد که افزایش وزن مرغان مروارید عمدتاً در مراحل اولیه و میانی رشد رخ داده و با افزایش سن سرعت رشد کاهش یافته است (شکل ۱)، اما تفاوت معنی دار بین هج ها نشان می دهد که بخشی از تغییرات وزن بدن می تواند به تفاوت های بین هج ها، از جمله عوامل ژنتیکی، شرایط جوجه کشی، زمان تولد، مدیریت و شرایط محیطی، مربوط باشد. این الگوی افزایش سریع وزن در سنین پایین و

کاهش تدریجی سرعت رشد در سنین بالاتر، با شکل عمومی منحنی‌های رشد سیگموئیدی و کاربرد مدل‌های غیرخطی مانند Gompertz برای توصیف رشد طیور سازگار است.

جدول ۱- وزن زنده مرغان مروارید در سنین مختلف پرورش در هج‌های ۱ تا ۴ (گرم)
Table 1- Live body weight of guinea fowl at different rearing ages in hatches 1 to 4 (g)

Age (day)	Hatch-1			Hatch-2			Hatch-3			Hatch-4			Sig	Total		
	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N		Mean	SD	N
15	45.12 ^c	3.39	17	87.47 ^a	13.45	70	64.01 ^b	8.73	92	61.24 ^b	11.14	71	0.001	68.51	16.57	250
30	105.76 ^c	17.41	17	151.96 ^a	22.74	70	120.41 ^b	19.23	88	129.70 ^b	25.48	66	0.001	131.08	26.34	241
45	235.53 ^{bc}	42.32	17	265.04 ^a	45.66	69	226.41 ^c	33.94	84	259.48 ^{ab}	60.06	61	0.001	247.44	49.04	230
60	348.71 ^b	60.63	17	398.88 ^a	58.67	69	334.48 ^b	48.45	83	393.18 ^a	81.26	60	0.001	370.32	68.73	229
75	461.29 ^c	59.45	17	562.29 ^a	78.30	69	501.35 ^{bc}	65.05	83	524.52 ^{ab}	100.56	60	0.001	522.81	84.48	229
90	631.76 ^b	87.06	17	748.65 ^a	98.06	69	643.99 ^b	77.07	83	649.90 ^b	116.77	60	0.001	676.17	106.59	229
105	790.24 ^b	104.40	17	855.13 ^a	114.50	69	797.54 ^b	104.19	83	809.83 ^b	125.17	59	0.011	817.61	115.18	228
120	942.12 ^b	112.95	17	1012.96 ^a	105.61	69	964.49 ^{ab}	107.37	83	981.68 ^{ab}	127.67	59	0.027	981.94	114.42	228
135	995.59	112.33	17	1035.33	90.79	69	1036.83	103.23	82	1062.53	112.50	59	0.105	1039.96	103.59	227
150	1046.00 ^b	105.88	17	1162.54 ^a	98.22	69	1174.32 ^a	93.16	82	1144.10 ^a	108.70	59	0.001	1153.27	104.47	227
165	1080.65 ^b	109.26	17	1186.35 ^a	94.27	69	1213.21 ^a	90.54	82	1188.10 ^a	102.85	59	0.001	1188.59	101.34	227
180	1055.65 ^b	102.69	17	1216.90 ^a	97.25	69	1245.22 ^a	88.92	82	1208.92 ^a	94.57	59	0.001	1212.98	104.73	227
195	1137.35 ^c	109.39	17	1255.39 ^b	98.32	69	1318.13 ^a	96.21	82	1275.75 ^{ab}	95.23	59	0.001	1274.51	107.79	227
210	1169.24 ^c	126.37	17	1268.54 ^b	96.97	69	1346.96 ^{ab}	75.56	46	1313.21 ^a	72.44	33	0.001	1289.10	103.78	165



شکل ۱- منحنی رشد مرغان مروارید در چهار هج متفاوت مرغ مروارید تا ۲۱۰ روزگی
Figure 1 - Growth curve of guinea fowl from four different hatches up to 210 days of age

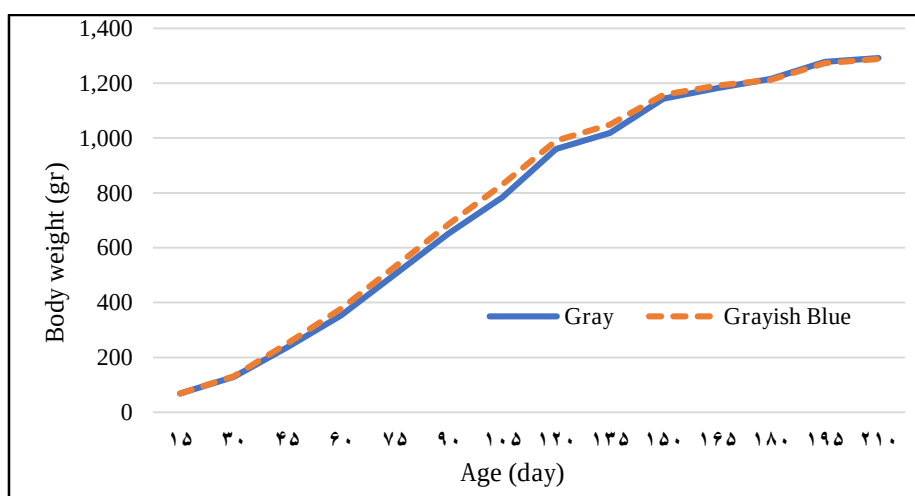
نتایج حاصل از بررسی اثر فنوتیپ بر وزن زنده (جدول ۲) نشان داد که هر دو فنوتیپ خاکستری و خاکستری مایل به آبی در طول دوره مطالعه روند افزایشی مشابهی را نشان دادند، با این حال اثر فنوتیپ بر وزن بدن در سنین مختلف یکنواخت نبود و به سن پرنده وابسته بود. در ۱۵ و ۳۰ روزگی تفاوت میانگین وزن بین دو فنوتیپ از نظر آماری معنی‌دار نبود، اگرچه از ۳۰ روزگی به بعد میانگین وزن فنوتیپ خاکستری مایل به آبی در بیشتر سنین بیشتر از فنوتیپ خاکستری بود. این برتری از ۴۵ تا ۱۰۵ روزگی از نظر آماری معنی‌دار شد، به‌طوری‌که میانگین وزن خاکستری مایل به آبی در ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۰۵ روزگی در مقایسه با فنوتیپ

خاکستری بیشتر بوده و اختلاف‌ها در این سنین معنی‌دار بودند ($P \leq 0.05$). بیشترین اختلاف بین دو فنوتیپ در ۱۰۵ روزگی مشاهده شد و فنوتیپ خاکستری مایل به آبی با اختلاف ۴۶/۷۶ گرم، حدود ۵/۹۶ درصد وزن بیشتری نسبت به فنوتیپ خاکستری داشت. در ۱۲۰ روزگی نیز میانگین وزن خاکستری مایل به آبی بیشتر بود اما این اختلاف به سطح معنی‌داری آماری نرسید، در حالی که در ۱۳۵ روزگی اختلاف مجدداً معنی‌دار بود و میانگین وزن خاکستری مایل به آبی ۱۰۴۸/۷۵ گرم در مقابل ۱۰۱۸/۵۵ گرم در فنوتیپ خاکستری ثبت شد. از ۱۵۰ روزگی به بعد، اختلاف میانگین وزن دو فنوتیپ کاهش یافت و در هیچ‌یک از سنین ۱۵۰، ۱۶۵، ۱۸۰، ۱۹۵ و ۲۱۰ روزگی معنی‌دار نبود. بنابراین، برخلاف تفاوت‌های عددی مشاهده‌شده در برخی سنین، نمی‌توان برتری فنوتیپ خاکستری یا خاکستری مایل به آبی را از نظر وزن نهایی تأیید کرد. بلکه یافته‌ها نشان می‌دهند که فنوتیپ خاکستری مایل به آبی عمدتاً در دوره رشد میانی، به‌ویژه از ۴۵ تا ۱۰۵ روزگی، از نظر وزن بدن برتری داشته است، اما این برتری با افزایش سن کاهش یافته و در پایان دوره رشد تقریباً به‌طور کامل از بین رفته است (شکل ۲). میانگین وزن کل جمعیت نیز از ۶۸/۵۱ گرم در ۱۵ روزگی به ۱۲۸۹/۱۰ گرم در ۲۱۰ روزگی افزایش یافت و الگوی رشد شامل افزایش سریع وزن در دوره ابتدایی و میانی و سپس کاهش تدریجی سرعت افزایش وزن و نزدیک‌شدن به فلات در سنین بالاتر بود که مناسب‌بودن داده‌ها برای برازش مدل‌های غیرخطی رشد، به‌ویژه مدل گمپتر، را نشان می‌دهد.

جدول ۲- وزن زنده مرغان مروارید در سنین مختلف پرورش در فنوتیپ‌های مختلف (گرم)

Table 2- Live body weight of guinea fowl at different rearing ages in different phenotypes (gr)

Age (day)	Gray			Grayish Blue			Sig	Total		
	Mean	SD	N	Mean	SD	N		Mean	SD	N
15	68.95	16.36	73	68.33	16.70	177	0.789	68.51	16.57	250
30	129.04	28.55	71	131.94	25.39	170	0.438	131.08	26.34	241
45	237.24 ^b	45.30	66	251.55 ^a	50.01	164	0.045	247.44	49.04	230
60	352.89 ^b	66.86	66	377.38 ^a	68.42	163	0.014	370.32	68.73	229
75	502.97 ^b	84.18	66	530.84 ^a	83.53	163	0.023	522.81	84.48	229
90	652.05 ^b	110.36	66	685.93 ^a	103.77	163	0.029	676.17	106.59	229
105	784.38 ^b	114.80	66	831.14 ^a	112.91	162	0.005	817.61	115.18	228
120	960.70	116.09	66	990.59	112.95	162	0.074	981.94	114.42	228
135	1018.55 ^b	103.37	66	1048.75 ^a	102.71	161	0.046	1039.96	103.59	227
150	1143.65	101.39	66	1157.22	105.76	161	0.375	1153.27	104.47	227
165	1181.45	92.83	66	1191.52	104.76	161	0.498	1188.59	101.34	227
180	1215.79	89.22	66	1211.83	110.71	161	0.796	1212.98	104.73	227
195	1277.91	90.52	66	1273.11	114.34	161	0.761	1274.51	107.79	227
210	1292.02	87.37	47	1287.94	109.96	118	0.820	1289.10	103.78	165

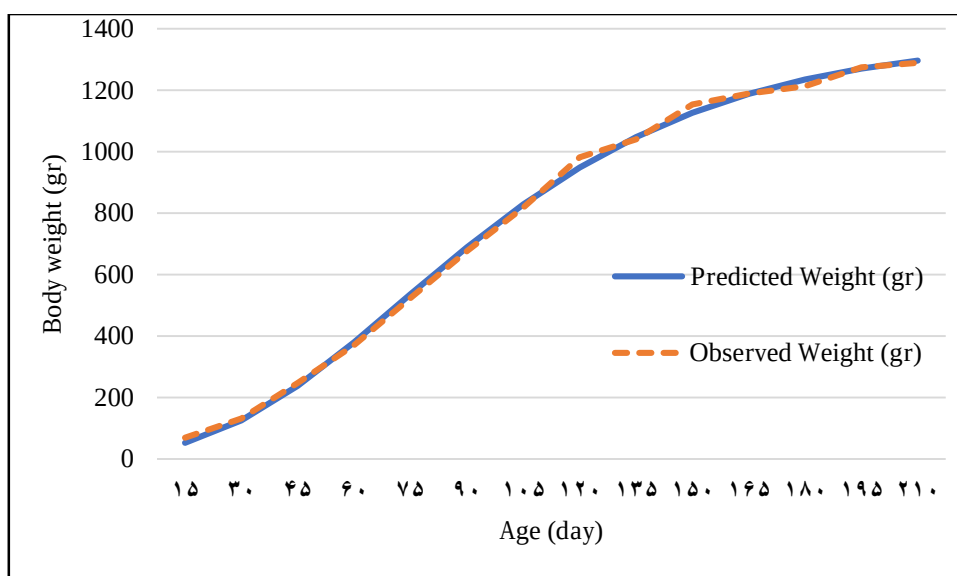


شکل ۲- شیب منحنی رشد مرغان مروارید دو وارینه خاکستری و خاکستری مایل به آبی از ۱۵ تا ۲۱۰ روزگی
Figure 2 – Growth curve of two varieties of guinea fowl, gray and grayish-blue, up to 210 days of age

مدل کلاسیک گمپرتز با وزن‌دهی بر اساس جذر N روی ۱۴ نقطه میانگین برازش شد. برازش بسیار عالی است ($R^2=0.9987$). نقطه عطف در حدود ۷۲ روزگی رخ می‌دهد که با شروع تفاوت‌های فنوتیپی قبلی هم‌خوانی دارد. در حالی که *Faraji-Arough* و همکاران (۲۰۲۶) نقطه عطف را برای وارسته سفید، لاوند و مرواریدی بر اساس مدل لویز، در محدوده ۴۷ روز، برآورد کرد. و وزن بدن در نقطه عطف برای این سه وارسته به ترتیب ۴۳۱/۹۵، ۴۱۵/۴۰ و ۴۰۸/۷۰ گرم بدست آورد. وزن مجانبی حدود ۱۳۷۵ گرم برآورد شد که کمی بالاتر از آخرین مشاهده (۱۲۸۹ گرم در ۲۱۰ روز) است و منطقی به نظر می‌رسد.

$$W(t) = 1374.84 \times \exp(-4.4568 \times \exp(-0.02071 \times t))$$

برازش منحنی رشد با مدل گمپرتز برای کل جمعیت نشان داد که منحنی رشد از یک الگوی سیگموئیدی پیروی کرده و پارامتر وزن مجانبی^۱ مدل برابر با ۱۳۷۴/۸۴ گرم برآورد شد (شکل ۳). این مقدار بیانگر وزن نهایی پیش‌بینی‌شده توسط مدل در شرایط فرضی ادامه روند رشد بر اساس تابع گمپرتز است و نشان‌دهنده نزدیک شدن تدریجی منحنی رشد به یک حد بالایی است. بنابراین، بر اساس مدل برازش‌شده، وزن بالغ یا وزن نهایی برآوردشده جمعیت حدود ۱۳۷۵ گرم است. این در حالی است که *Nahashon* و همکاران (۲۰۰۶) میانگین وزن مجانبی را برای مرغ مروارید سویه گوشتی فرانسه ۱/۵۰ کیلوگرم برآورد نمودند. با این حال، باید توجه داشت که پارامتر مجانبی الزاماً معادل وزن بلوغ فیزیولوژیک به معنای دقیق زیستی نیست، بلکه حد بالایی است که منحنی گمپرتز بر اساس داده‌های موجود به آن میل می‌کند. با استفاده از معادله گمپرتز برازش‌شده، می‌توان وزن مورد انتظار پرندگان را در سنین مختلف دوره مورد مطالعه برآورد کرد. این مدل همچنین امکان تعیین پارامترهای مهم منحنی رشد، از جمله نرخ رشد و زمان وقوع نقطه عطف، را فراهم می‌کند که می‌توانند برای تفسیر دقیق‌تر الگوی رشد و تعیین دوره اوج رشد مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین نقطه عطف ۷۲ روزگی بدین معنی است که سرعت رشد وزن بدن در این سن به حداکثر می‌رسد و پس از آن کاهش می‌یابد. یافته‌های حاضر، در مجموع، با نتایج مطالعات پیشین درباره وجود تفاوت در سرعت رشد و وزن نهایی میان جمعیت‌ها و وارسته‌های مختلف مرغ مروارید، از جمله گزارش‌های *Nahashon* و همکاران (۲۰۰۶a) و *Eleroglu* و همکاران (۲۰۱۶)، هم‌راستا است. با این حال، از آنجا که تفاوت‌های مشاهده‌شده بین دو فنوتیپ در مطالعه حاضر عمدتاً از نظر آماری معنی‌دار نبود، شواهد این تحقیق از وجود اثر قطعی فنوتیپ بر وزن زنده حمایت نمی‌کند و بیشتر نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های عددی و تغییرات نسبی در روند رشد دو فنوتیپ است.



شکل ۳- منحنی وزن نهایی برازش شده با مدل گمپرتز بر اساس داده‌های پژوهشی تحقیق
Figure 3 – Final weight curve fitted using the Gompertz model based on the research data

بررسی ضریب همبستگی پیرسون بین وزن بدن در سنین مختلف و وزن بدن در ۲۱۰ روزگی (جدول ۳) نشان داد که ارتباط وزن در سنین اولیه با وزن نهایی نسبتاً پایین‌تر بوده و با افزایش سن، در مجموع افزایش می‌یابد. ضریب همبستگی در ۱۵ روزگی برابر با ۰/۱۳۰ بود که بیانگر ارتباط بسیار پایین است. این مقدار در ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روزگی به ترتیب به ۰/۱۹۶، ۰/۱۹۳ و ۰/۱۷۶ افزایش یافت. در ۷۵ روزگی، ضریب همبستگی به ۰/۳۱۶ رسید که نشان‌دهنده ارتباط ضعیف تا متوسط بین وزن بدن در سن ۷۵ روزگی با وزن بدن در ۲۱۰ روزگی است. در سنین بالاتر ضرایب همبستگی افزایش یافت به طوری که در ۱۳۵، ۱۵۰، ۱۶۵، ۱۸۰ و ۱۹۵ روزگی به ترتیب حدود ۰/۶۹۲، ۰/۸۲۴، ۰/۸۹۸، ۰/۹۰۳ و ۰/۹۷۴ به دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که وزن بدن در سنین میانی و پایانی رشد، ارتباط نزدیکی با وزن بدن در ۲۱۰ روزگی دارد و وزن در حدود ۱۳۵ روزگی، در جمعیت مورد مطالعه، می‌تواند به عنوان یک شاخص بالقوه برای انتخاب زود هنگام پرندگان با وزن نهایی بالاتر مورد توجه قرار گیرد.

با این حال، به دلیل اینکه وزن ۲۱۰ روزگی خود بخشی از همان مسیر رشد است و افزایش همبستگی با نزدیک شدن سن اندازه‌گیری به ۲۱۰ روزگی تا حدی قابل انتظار است، تفسیر این ضرایب به عنوان پیش‌بینی وزن بلوغ باید با احتیاط انجام شود. بنابراین، ضریب همبستگی بالا به تنهایی اثبات نمی‌کند که وزن ۱۳۵ روزگی می‌تواند با دقت کافی وزن ۲۱۰ روزگی را پیش‌بینی کند. برای تأیید ارزش پیش‌بینی‌کنندگی یک سن مشخص، بهتر است از رگرسیون، خطای پیش‌بینی و اعتبارسنجی مستقل نیز استفاده شود. در همین راستا، یافته‌های مطالعه حاضر با گزارش‌های پیشین درباره وجود همبستگی قابل توجه بین وزن بدن در سنین مختلف مرغ مرارید هم‌راستا است. *Agbolosu* (۲۰۲۱) دامنه گسترده‌ای از همبستگی فنوتیپی بین وزن بدن در سنین مختلف مرغ مرارید بومی غنا را گزارش کرد و در برخی سنین ضرایب بسیار بالایی مشاهده شد. این نتایج در مجموع نشان می‌دهد که وزن بدن در سنین میانی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره ظرفیت رشد آتی پرند فراهم کند. نتیجه مهم مطالعه حاضر این است که وزن‌کشی در حدود ۱۲۰ تا ۱۳۵ روزگی ممکن است برای غربالگری اولیه پرندگان دارای ظرفیت رشد بالاتر مفید باشد. با این حال، پیش از استفاده از این سن به عنوان معیار انتخاب قطعی در برنامه اصلاح نژادی، لازم است رابطه وزن این سنین با وزن نهایی در جمعیت‌های مستقل و نسل‌های بعدی نیز اعتبارسنجی شود. همچنین در برنامه‌های اصلاح نژادی، صرفاً انتخاب بر اساس وزن بالا ممکن است موجب افزایش اندازه بدن بدون توجه کافی به صفات اقتصادی دیگر شود بنابراین بهتر است وزن با صفاتی مانند ضریب تبدیل خوراک، بقاء، باروری و سایر صفات هدف اصلاحی در یک شاخص انتخاب مناسب ترکیب شود.

با توجه به اینکه برای توصیف روند تغییرات وزن بدن در طول دوره رشد، مدل گمپرتز مستقیماً بر روی داده‌های وزن بدن و سن پرندگان برازش شد. در این مدل، سن به عنوان متغیر مستقل و وزن بدن به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و پارامترهای منحنی رشد شامل وزن مجانبی، پارامتر نرخ رشد و پارامتر تعیین‌کننده موقعیت منحنی برآورد شدند. سپس بر اساس پارامترهای برآوردشده، وزن مورد انتظار در سنین مختلف و زمان و وزن متناظر با نقطه عطف رشد محاسبه شد که منحنی برازش‌شده و مقادیر مشاهده‌شده وزن بدن در شکل ۵ ارائه شده است. لازم به تأکید است که ضرایب همبستگی بین وزن در سنین مختلف و وزن ۲۱۰ روزگی برای ارزیابی ارتباط و شناسایی سنین مناسب برای انتخاب اولیه استفاده شدند و مبنای برازش مدل گمپرتز نبودند.

برازش تابع گمپرتز به روند تغییر ضرایب همبستگی نیز افزایش کلی این ارتباط را با افزایش سن نشان داد. مقدار ضریب همبستگی پیش‌بینی‌شده توسط مدل از ۰/۰۸۵ در ۱۵ روزگی به ۰/۳۱۱ در ۷۵ روزگی، ۰/۵۶۶ در ۱۲۰ روزگی و ۰/۸۴۳ در ۱۶۵ روزگی افزایش یافت (شکل ۴). مقدار پیش‌بینی‌شده در ۱۸۰ روزگی برابر با ۰/۹۳۲ بود که به مقدار مشاهده‌شده ۰/۹۰۳ نزدیک بود. با این حال، مدل در ۱۹۵ روزگی مقدار ۰/۰۱۸ را پیش‌بینی کرد که از دامنه مجاز ضریب همبستگی خارج است. بنابراین، این مقدار نشان‌دهنده محدودیت تابع گمپرتز در توصیف انتهای منحنی است و نباید به عنوان ضریب همبستگی واقعی تفسیر شود. برازش تابع گمپرتز برای توصیف روند تغییر ضریب همبستگی بین وزن بدن در سنین مختلف و وزن بدن در ۲۱۰ روزگی، معادله زیر را به دست داد.

$$r(t) = 1.862 \times \exp(-3.530 \times \exp(-0.009055 \times t))$$

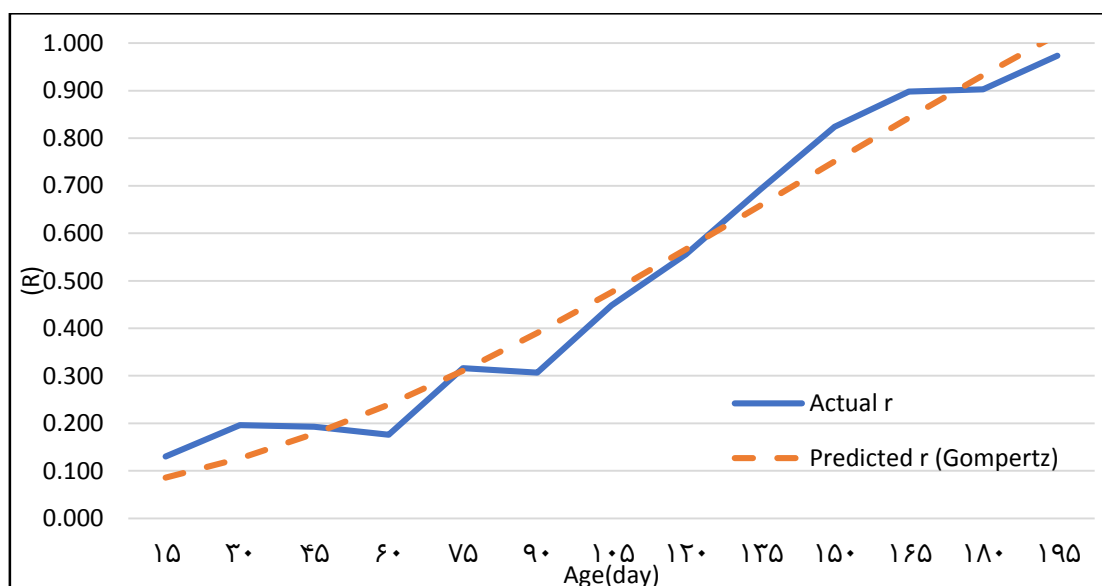
در این معادله $A=1/862$: حد مجانبی مدل برای ضریب همبستگی، $B=3/530$ پارامتر شکل و موقعیت منحنی، $K=0/009055$: نرخ افزایش ضریب همبستگی با افزایش سن است

پارامتر نرخ $k=0.009055$ نشان‌دهنده روند افزایشی ضریب همبستگی با افزایش سن بود. روند افزایش پیش‌بینی شده با افزایش مشاهده‌شده ضرایب همبستگی پیرسون در طول دوره رشد مطابقت داشت و نشان داد که با نزدیک شدن سن پرندگان به ۲۱۰ روزگی، وزن بدن ارتباط بیشتری با وزن نهایی پیدا می‌کند. با این حال، مقدار مجانبی برآوردشده توسط مدل ($A=1/862$) از محدوده نظری ضریب همبستگی بیشتر است. از این رو، پارامتر A صرفاً به عنوان پارامتر ریاضی مدل و برای توصیف روند داده‌ها در محدوده سنی مورد مطالعه تفسیر شد و بیانگر حد نهایی واقعی ضریب همبستگی نیست.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین وزن بدن در سنین مختلف و وزن بدن در سن ۲۱۰ روزگی

Table 3- Correlation coefficients between body weight at different ages and body weight at 210 days of age

Age (day)	Actual r	p-value	Interpretation	Predicted r (Gompertz)
15	0.130	0.096	Very weak	0.085
30	0.196	0.012	Weak	0.126
45	0.193	0.013	Weak	0.178
60	0.176	0.024	Weak	0.240
75	0.316	< 0.001	Weak to moderate	0.311
90	0.307	< 0.001	Weak to moderate	0.390
105	0.448	< 0.001	Moderate	0.476
120	0.556	< 0.001	Moderate to strong	0.566
135	0.692	< 0.001	Strong	0.658
150	0.824	< 0.001	Very strong	0.751
165	0.898	< 0.001	Very strong	0.843
180	0.903	< 0.001	Very strong	0.932
195	0.974	< 0.001	Almost perfect	1.018



شکل ۴- الگوی همبستگی وزنی در سنین مختلف با وزن ۲۱۰ روزگی بر اساس مدل گمپرتز

Figure 4 – Weight correlation pattern at different ages with 210-day body weight based on the Gompertz model.

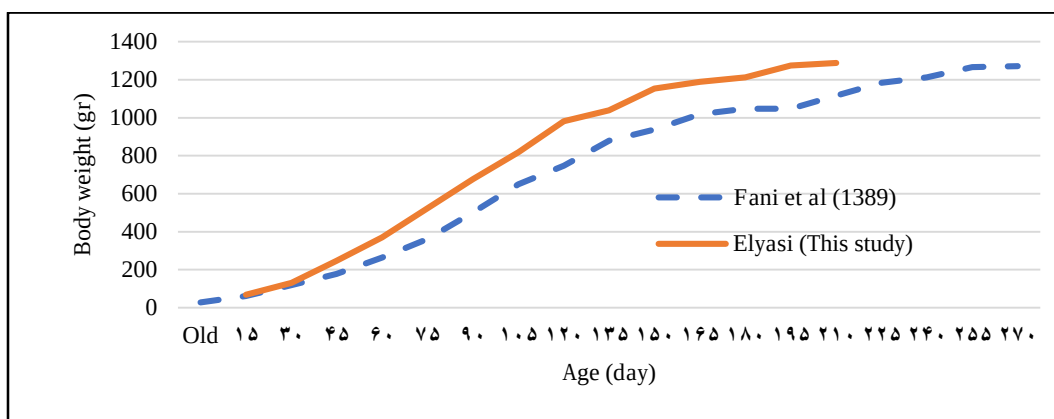
بحث

از نظر کاربردی، روند مشاهده شده در این مطالعه نشان می‌دهد که بخش عمده افزایش وزن مرغ مروارید در ماه‌های نخست رشد اتفاق می‌افتد و پس از حدود ۱۲۰ تا ۱۵۰ روزگی، سرعت افزایش وزن کاهش می‌یابد. بنابراین، در صورتی که هدف اصلی پرورش، تولید گوشت باشد، بازه ۱۲۰ تا ۱۵۰ روزگی می‌تواند به عنوان یک دوره قابل بررسی برای تعیین سن اقتصادی کشتار مطرح شود. با این حال، تعیین دقیق سن بهینه کشتار صرفاً بر اساس کاهش سرعت رشد امکان‌پذیر نیست و نیازمند بررسی هم‌زمان مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک، هزینه خوراک، قیمت گوشت و ارزش اقتصادی افزایش وزن است. بنابراین، پیشنهاد سن ۱۲۰ تا ۱۵۰ روزگی در این مطالعه باید به عنوان یک فرضیه مدیریتی و نه یک نتیجه قطعی اقتصادی مطرح شود. با کاهش سرعت رشد پس از دوره رشد سریع، اهمیت برنامه‌ریزی تغذیه‌ای متناسب با سن افزایش می‌یابد. در مراحل رشد سریع، تأمین مناسب انرژی، پروتئین، اسیدهای آمینه، مواد معدنی و سایر مواد مغذی مورد نیاز برای دستیابی به ظرفیت رشد ضروری است. در سنین بالاتر، کاهش نیاز به رشد بافتی می‌تواند ضرورت بازنگری در سطح مواد مغذی جیره و هزینه‌های تغذیه‌ای را افزایش دهد. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که تفاوت در برنامه تغذیه‌ای می‌تواند بر الگوی رشد و پارامترهای منحنی رشد مرغ مروارید اثرگذار باشد (Nahashon et al., 2006a; Eleroğlu et al., 2018).

از دیدگاه مدیریتی، پایش منظم وزن بدن در سنین مشخص می‌تواند برای شناسایی زودهنگام پرندگان یا گروه‌هایی که از روند مورد انتظار رشد فاصله دارند، مفید باشد. استفاده از وزن‌های ثبت شده در سنین مختلف و مقایسه آنها با منحنی رشد مرجع می‌تواند امکان شناسایی انحراف از الگوی مطلوب رشد و اتخاذ اقدامات اصلاحی در تغذیه و مدیریت را فراهم کند. ولی از نظر اصلاح نژادی نیز وجود تنوع در صفات رشد و گزارش وراثت‌پذیری متوسط تا بالا برای برخی صفات مرتبط با رشد مرغ مروارید، ظرفیت بالقوه‌ای برای بهبود ژنتیکی این صفات ایجاد می‌کند (Agbolosu, 2021). بنابراین، ثبت منظم وزن بدن، نگهداری سوابق شجره‌ای و هج، انتخاب پرندگان دارای عملکرد رشد مطلوب و حفظ تنوع ژنتیکی می‌تواند در برنامه‌های بلندمدت اصلاح نژادی جمعیت‌های بومی مورد توجه قرار گیرد.

داده‌های به دست آمده در مطالعه حاضر با الگوی عمومی رشد مرغ مروارید مطابقت دارد به گونه‌ای که افزایش وزن در مراحل اولیه و میانی رشد سریع‌تر بوده و با افزایش سن و نزدیک شدن پرندگان به وزن نهایی، سرعت رشد کاهش یافت. میانگین وزن زنده پرندگان در ۲۱۰ روزگی حدود ۱۲۸۹ گرم بود. این مقدار، با توجه به تفاوت در سن، جمعیت مورد مطالعه و شرایط پرورش، در محدوده مقادیر گزارش شده در برخی مطالعات پیشین قرار دارد. برای مثال، Yamak و همکاران (۲۰۱۶) میانگین وزن مرغ‌های مروارید را در ۱۸ هفته‌گی (۱۲۶ روزگی) در محدوده حدود ۱۱۵۰ تا ۱۲۴۰ گرم گزارش کردند. اگرچه مقایسه مستقیم این مقادیر به دلیل تفاوت سن و شرایط آزمایش باید با احتیاط انجام شود. از طرفی مقایسه نتایج مطالعه حاضر با داده‌های گزارش شده توسط فانی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که وزن زنده ثبت شده در آن مطالعه، که در شرایط پرورش روستایی و در سنین متوالی اندازه‌گیری شده بود، در بیشتر سنین پایین‌تر از مقادیر متناظر در مطالعه حاضر قرار داشت (شکل ۵). این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت در شرایط پرورش و مدیریت باشد. سیستم پرورش، دسترسی و کیفیت خوراک، سطح تغذیه، شرایط محیطی و میزان کنترل عوامل مدیریتی از جمله عواملی هستند که می‌توانند بر سرعت رشد و وزن نهایی مرغ مروارید اثرگذار باشند. بنابراین، پایین‌تر بودن وزن پرندگان در شرایط روستایی در مقایسه با پرندگان مطالعه حاضر می‌تواند تا حدی بیانگر نقش شرایط مدیریتی و تغذیه‌ای در بروز تفاوت عملکرد رشد باشد. هرچند برای تعیین سهم هر یک از این عوامل، انجام مطالعات کنترل شده و مقایسه مستقیم شرایط تغذیه و مدیریت ضروری است.

از ابتدای زندگی تا رسیدن به بلوغ، افزایش وزن بدن یکی از شاخص‌های مهم بهره‌وری در تولید طیور محسوب می‌شود و مرغ مروارید نیز از این نظر مستثنی نیست. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که رشد وزن بدن در مراحل اولیه و میانی دوره پرورش سریع‌تر بوده و با نزدیک شدن به سنین بالاتر، سرعت افزایش وزن به تدریج کاهش می‌یابد. بیشترین افزایش وزن در بخش میانی دوره رشد، به‌ویژه در فاصله حدود ۳۰ تا ۱۲۰ یا ۱۵۰ روزگی، مشاهده شد و پس از آن شیب افزایش وزن کاهش یافت. این الگو با ویژگی عمومی منحنی رشد سیگموئیدی و گزارش‌های پیشین درباره رشد مرغ مروارید، از جمله نتایج Nahashon و همکاران (۲۰۰۶) و Zamyatin و Zabyakin (۲۰۲۱)، مطابقت دارد.



شکل ۵- مقایسه وزن زنده در فواصل دو هفته‌ای در مرغ مروارید در دو مرحله زمانی و سیستم پرورش متفاوت

Figure 5 – Comparison of live body weight at two-week intervals in guinea fowl across two different time periods and rearing systems.

از نظر فیزیولوژیک، کاهش سرعت رشد پس از یک دوره رشد سریع را می‌توان با تغییر تدریجی تخصیص مواد مغذی از رشد بافتی به نگهداری بدن و نزدیک‌شدن پرند به وزن بلوغ توضیح داد. در منحنی رشد سیگموئیدی، سرعت رشد در مراحل ابتدایی نسبتاً پایین است، سپس با ورود پرند به مرحله رشد سریع افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به نقطه عطف، به تدریج کاهش پیدا می‌کند. زمان وقوع نقطه عطف و شکل منحنی رشد تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، جنسیت، تغذیه، شرایط محیطی و سیستم پرورش قرار دارد و بنابراین مقایسه میان مطالعات مختلف باید با توجه به تفاوت جمعیت‌ها و شرایط آزمایشی انجام شود. در مطالعه حاضر، افزایش وزن در فاصله ۳۰ تا ۱۲۰ روزگی بسیار قابل توجه بود. به‌طوری‌که میانگین وزن از حدود ۱۳۱/۰۸ گرم به ۹۸۱/۹۴ گرم افزایش یافت. پس از این دوره، سرعت افزایش وزن کاهش یافت و در سنین بالاتر، به‌ویژه پس از حدود ۱۵۰ روزگی، وزن بدن به سمت یک وضعیت نسبتاً پایدار حرکت کرد. این یافته از دیدگاه مدیریتی اهمیت دارد، زیرا با کاهش سرعت افزایش وزن، در صورت ثابت ماندن یا کاهش نیافتن متناسب مصرف خوراک، مقدار خوراک مورد نیاز برای ایجاد هر واحد افزایش وزن بیشتر خواهد شد. بنابراین، تعیین سن مناسب پایان دوره پرورش گوشتی باید بر اساس هم‌زمانی روند رشد، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک و قیمت محصول انجام شود. بر این اساس، دوره ۳۰ تا ۱۲۰ روزگی را می‌توان مهم‌ترین مرحله رشد سریع در جمعیت مرغ مروارید دانست و تأمین مناسب انرژی، پروتئین، اسیدهای آمینه و سایر مواد مغذی در این دوره اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین کنترل دما، رطوبت، تهویه، تراکم و شرایط بهداشتی می‌تواند به دستیابی پرندگان به ظرفیت رشد بالقوه کمک کند (Batkowska et al., 2021). اگرچه در برخی مطالعات سنین حدود ۱۰ تا ۱۲ هفته‌گی برای بهره‌برداری گوشتی پیشنهاد شده است (Zabyakin and Zamyatin, 2021). از این رو، بر اساس داده‌های وزن بدن در این پژوهش، می‌توان بازه ۱۲۰ تا ۱۵۰ روزگی را به‌عنوان یک محدوده مناسب برای بررسی بیشتر سن اقتصادی کشتار پیشنهاد کرد، اما نمی‌توان صرفاً بر اساس داده‌های رشد، اقتصادی بودن قطعی این سن را اثبات کرد. از نظر اصلاح نژادی، وجود وراثت‌پذیری متوسط تا بالا برای برخی صفات رشد مرغ مروارید، که در مطالعات مختلف در دامنه ۰/۲۲ تا ۰/۷۸ گزارش شده است (Agbolosu, 2021)، نشان‌دهنده وجود ظرفیت بالقوه برای بهبود ژنتیکی صفات رشد است. بنابراین، ثبت منظم وزن بدن در سنین کلیدی و استفاده از این اطلاعات در انتخاب پرندگان می‌تواند در برنامه‌های اصلاح نژادی جمعیت‌های بومی مفید باشد.

صفات بیومتریکی، ویژگی‌های ظاهری و وزن اولیه جوجه‌های مرغ مروارید می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره ظرفیت رشد و عملکرد آتی پرند فراهم کنند. مطالعات انجام‌شده روی جمعیت‌های بومی مرغ مروارید نشان داده‌اند که برخی صفات رشد از قابلیت توارث‌پذیری قابل توجهی برخوردارند. برای مثال، Doudu و همکاران (۲۰۲۰) در مرغ مروارید بومی غنا، برای وزن بدن در سنین مختلف وراثت‌پذیری‌هایی در محدوده ۰/۰۶ تا ۰/۵۱ گزارش کردند که نشان‌دهنده وجود مؤلفه ژنتیکی در تغییرات وزن بدن است. همچنین، Houndonougbo و همکاران (۲۰۱۷) وجود تنوع فنوتیپی در ویژگی‌هایی مانند رنگ، شکل و اندازه بدن مرغ مروارید را گزارش کردند و نشان دادند که برخی از این تفاوت‌ها می‌تواند با تفاوت در صفات رشد و وزن بدن همراه باشند. بر اساس این

یافته‌ها، اندازه‌گیری صفات بیومتریکی در سنین اولیه می‌تواند به‌عنوان یک ابزار بالقوه برای ارزیابی ظرفیت رشد پرندگان مورد توجه قرار گیرد. صفاتی مانند وزن اولیه، طول بدن، دور سینه و سایر اندازه‌های خطی بدن، در صورت برخورداری از همبستگی مناسب با وزن آینده، می‌توانند برای شناسایی زود هنگام پرندگان دارای ظرفیت رشد مطلوب مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، وجود همبستگی بین یک صفت بیومتریکی و وزن بدن به‌تنهایی به معنای آن نیست که آن صفت مستقیماً موجب افزایش رشد شده است بلکه می‌تواند نشان‌دهنده ارتباط آن با اندازه کلی بدن یا ظرفیت رشد پرنده باشد. با وجود این، باید میان فنوتیپ اولیه و فنوتیپ ظاهری تمایز قائل شد. در مطالعه حاضر، فنوتیپ خاکستری و خاکستری مایل به آبی به‌عنوان دو گروه ظاهری مورد بررسی قرار گرفتند، اما بر اساس نتایج، اختلاف وزن بین این دو گروه در تمامی سنین از نظر آماری معنی‌دار نبود. بنابراین نمی‌توان صرفاً بر اساس رنگ پرها نتیجه گرفت که یکی از این دو فنوتیپ از نظر ژنتیکی دارای ظرفیت رشد بالاتری است. برای اثبات چنین رابطه‌ای، باید هم‌زمان اطلاعات شجره‌ای، صفات بیومتریکی، عملکرد رشد و در صورت امکان اطلاعات ژنتیکی جمع‌آوری و تحلیل شوند.

از نظر کاربردی، شناسایی سن مناسب برای انتخاب اولیه می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های پرورش و رکوردگیری شود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که وزن بدن از سن ۱۳۵ روزگی همبستگی بالایی با وزن در سن ۲۱۰ روزگی دارد از این‌رو، این دوره می‌تواند برای غربالگری اولیه پرندگان در برنامه‌های اصلاح نژادی مورد توجه قرار گیرد. با این حال، برای تعیین یک سن انتخاب بهینه، علاوه بر ضریب همبستگی، باید پاسخ به انتخاب، دقت پیش‌بینی و هزینه نگهداری پرندگان تا سن انتخاب نیز در نظر گرفته شود. در گله‌های مولد، استفاده از وزن و صفات بیومتریکی اولیه می‌تواند به شناسایی پرندگان دارای عملکرد رشد نامطلوب و مدیریت هدفمند آنها کمک کند. همچنین، ثبت مستمر وزن بدن، فنوتیپ، هج، شجره و سایر صفات اقتصادی می‌تواند پایگاه داده مناسبی برای ارزیابی ژنتیکی جمعیت ایجاد کند. در صورت وجود رکوردهای کافی و ساختار مناسب شجره‌ای، این اطلاعات در آینده می‌تواند برای برآورد ارزش اصلاحی پرندگان و اجرای برنامه‌های انتخاب ژنتیکی مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد که الگوی رشد وزن بدن مرغ مروارید بومی مورد بررسی از یک روند سیگموئیدی پیروی می‌کند، به‌گونه‌ای که افزایش وزن در مراحل اولیه و میانی رشد سریع بوده و با افزایش سن و نزدیک شدن پرندگان به وزن نهایی، سرعت رشد به تدریج کاهش می‌یابد. بیشترین افزایش وزن در سن ۳۰ تا ۱۳۵ روزگی مشاهده شده و پس از حدود ۱۳۵ تا ۱۵۰ روزگی، روند افزایش وزن به‌طور محسوسی کند می‌شود. میانگین وزن زنده در ۲۱۰ روزگی حدود ۱۲۸۹/۱۰ گرم بود و مدل گمپرتز نیز امکان توصیف روند رشد و برآورد وزن نهایی جمعیت را فراهم می‌کند. بین فنوتیپ‌های خاکستری و خاکستری مایل به آبی و همچنین بین نوبت‌های مختلف هج، تفاوت‌هایی در میانگین وزن در بیشتر سنین مشاهده شد، تفاوت‌های عددی مشاهده‌شده نشان می‌دهد که بررسی این عوامل در جمعیت‌های بزرگ‌تر و با کنترل دقیق‌تر عوامل ژنتیکی و محیطی می‌تواند ارزشمند باشد. نتایج همبستگی نیز نشان داد که ارتباط وزن بدن در سنین مختلف با وزن نهایی (۲۱۰ روزگی)، در سنین بالاتر افزایش می‌یابد و در حدود ۱۹۵ روزگی (دو هفته قبل پایانی) به بالاترین سطح می‌رسد. در مجموع، استفاده هم‌زمان از رکوردهای وزن بدن، مدل‌سازی منحنی رشد، اطلاعات فنوتیپی و رکورد هج می‌تواند مبنای مناسبی برای توسعه برنامه‌های مدیریتی و اصلاحی مرغ مروارید بومی فراهم کند. ایجاد سامانه منظم ثبت رکورد، شناسایی سنین مناسب برای انتخاب اولیه و جمع‌آوری اطلاعات شجره‌ای و صفات اقتصادی می‌تواند در آینده امکان ارزیابی دقیق‌تر ظرفیت ژنتیکی این جمعیت و طراحی برنامه‌های اصلاح نژادی هدفمند را فراهم سازد.

منابع

- Agbolosu, A. A. (2021). Genetic Parameters of Growth Traits of Indigenous Guinea Fowls (*Numida meleagris galeatea*) from Northern Ghana. *Asian Journal of Research in Animal and Veterinary Sciences*, 8(4), 121-130.
- Batkowska, J. Drabik, K. Karwowska, M. Ahsan, U. Raza, I. Adamczuk, A. and Horecka, B. (2021). Growth performance and meat quality of meat-type guinea fowl fed different commercial diets. *Archives Animal Breeding*, 64(2), 325-334.
- Doudu, A. Annor, S. Y. Kagya-Agyemang, J. K. Zagbede, G. A. and Kyere, C. G. (2020). Phenotypic and Genetic Parameter Estimates for Local Guinea Fowl Production and Some Other Traits. *Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology*, 4(1), 1-12.
- Eleroğlu, H. Yıldırım, A. Canikli, A. Duman, M. and Birca, H. (2018). Analysis of growth curves of Guinea fowl (*Numida meleagris*) fed diets containing dry oregano (*Origanum vulgare* L.) in an organic system. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 45(2), 99-108.
- Fani, A. Ayazi, A. and Azarfar, S. (2010). Investigation of the Survivability of Indigenous Guinea Fowls under Rural Rearing Conditions. Final Research Report, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center. 95 pages. In Persian.
- Houndonougbo, P. V. Chrysostome, C. A. Mota, R. R. Hammami, H. and Bindelle, J. (2017). Phenotypic, socio-economic and growth features of Guinea fowls raised under different village systems in West Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 12(26), 2232-2241.
- Faraji-Arough, H., Dashab, G. R., and Rokouei, M. (2025). Modelling growth patterns of three guinea fowl varieties using non-linear models. *Poultry Science*, 106297.
- Kuhi, H. D., Porter, T., López, S., Kebreab, E., Strathe, A. B., Dumas, A., and France, J. (2010). A review of mathematical functions for the analysis of growth in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 66(2), 227-240.
- Nahashon, S. N. Aggrey, S. E. Adefope, N. A. and Amenyenenu, A. (2006a). Modeling growth characteristics of meat-type guinea fowl. *Poultry science*, 85(5), 943-946.
- Nahashon, S. N., Aggrey, S. E., Adefope, N. A., Amenyenenu, A., and Wright, D. (2006b). Growth characteristics of pearl gray guinea fowl as predicted by the Richards, Gompertz, and logistic models. *Poultry science*, 85(2), 359-363.
- Narinc, D. O. Ğ. A. N., Narinç, N. Ö., and Aygün, A. (2017). Growth curve analyses in poultry science. *World's Poultry Science Journal*, 73(2), 395-408.
- Orounladji, B. M. Tozo, S. K. and Chrysostome, C. A. (2021). Morphobiometric characteristics and biodiversity of indigenous guinea fowl (*Numida meleagris*) in Benin. *Journal of World's Poultry Research*, 11(1), 136-150.
- Soara, A. E., Talaki, E., Dayo, G. K., Oke, O. E., Belem, A. M. G., and Tona, K. (2020). Indigenous Guinea fowl (*Numida meleagris*) production in West Africa: Inventory, performances and constraints—A review. *European Poultry Science*, 84, 1-13.
- Yamak, U. S. Sarica, M. Boz, M. A. and Ucar, A. (2016). Growth traits of guinea fowl in different production systems. *The International Conference*.
- Yamak, U. S., Sarica, M., Boz, M. A., and Uçar, A. (2018). Effect of production system (barn and free range) and slaughter age on some production traits of guinea fowl. *Poultry Science*, 97(1), 47-53.
- Zabiyakin, V. A. and Zamyatin, S. A. (2021). Growth rate and meat quality of guinea fowl kept in farm conditions. *Agricultural Science Euro-North-East*, 22(4), 581-588.