The University of Tehran Press

Iranian Journal of Animal Science

Online ISSN: 2008-4773

Homepage: http:// ijas.ut.ac.ir/

Genetic parameter estimation of sport performance traits in Iranian jumping horses using REML

Moein Taned[1] |Mohammad Bagher Zandi[2]✉ | Morad Pasha Eskandari Nasab[3]| Mohammad Abdoli[4]

1. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: moein.taned@znu.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: mbzandi@znu.ac.ir
3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: eskandarinasab_M@znu.ac.ir
4. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: m.abdoli@znu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 14 January 2023

Received in revised form: 20 April 2023

Accepted: 23 April 2023

Published online: 20 March 2024

Keywords:

Genetic parameters,

Horse sport,

Performance traits,

REML

ABSTRACT

Genetic evaluation of sport horses using various methods is commonly carried out in many countries, except for Iran. Accurate estimation of genetic parameters for functional traits in horses has always been a subject of interest among livestock breeders. The aim of this study was to investigate the genetic parameters of athletic performance traits in Iranian jumping horses. Traits include race completion time (RCT), rank at the end of the competition (REC), and number of errors in the competition (NEC). The study were conducted based on Equestrian Federation of Iran (FEI) athletic performance records of 1498 horses (10–23 years old). The genetic parameters were estimated by using Restricted Maximum Likelihood (REML) procedures and airemf90 software. The statistical model included fixed effects of birth year, sex, age, breed, height of obstacles, date/city, level of difficulty of the event and random effects of rider, permanent environment and an additive genetic effect. Heritability of RCT, REC and NEC traits were estimated 0.03, 0.11 and 0.09 and their repeatability were 0.16, 0.25 and 0.13, respectively. Genetic and phenotypic trends of RCT, REC and NEC traits were estimated -0.002, 0.0091, 0.0003 and -0.7057, 0.2575, -0.0807, respectively. According to this result, the performance traits are highly affected by environmental factors, especially the effect of the rider, but among the studied traits, selection based on rank traits can lead to more genetic progress. It can be concluded that we can apply these parameters to improve the genetic potential of show jumping performance records and design the appropriate breeding strategies for horse jumping population in Iran.

Cite this article: Taned, M., Zandi, M. B., Eskandari Nasab, M. P. & Abdoli, M. (2024). Genetic parameter estimation of sport performance traits in Iranian jumping horses using REML. *Iranian Journal of Animal Science*, 55 (1), 81-93. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2023.353553.653927

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2023.353553.653927

Extended Abstract

Introduction

Genetic evaluation of sport horses using various methods is commonly carried out in many countries, except for Iran. Accurate estimation of genetic parameters of functional traits in horses has always been a subject of interest among livestock breeders. The aim of this study was to investigate the genetic parameters of athletic performance traits in Iranian sport horses. Traits include race completion time (RCT), rank at the end of the competition (REC), and a number of errors in the competition (NEC).

Materials and Methods

The study was conducted based on Equestrian Federation of Iran (FEI) athletic performance records of 1498 horses (10–23 years old). The statistical model included fixed effects of birth year, sex, age, breed, height of obstacles, date/city, level of difficulty of the event and random effects of rider, permanent environment and an additive genetic effect. Data were collected and adjusted using Excel software and R scripts. The quality

controls were applied for performance records and horse with one records and races under 5 race horse for competition were excluded. CFC software was used to survey the structure of the pedigree. Fitting the appropriate model were applied by R software. Variance components and genetic parameters were estimated by the restricted maximum likelihood (REML) method for a single trait animal model using airemf90 software. Genetic trend is a compilation of average estimated breeding value (EBV) per generation and indicates the direction of genetic change across generations. It is often visualized in a curve and is useful to check whether there are exist the genetic progression or not due to a selection scecnario. The genetic trend in the racing traits were estimated by calculating the linear regression of average breeding values on birth years.

Results and discussion

Heritability of RCT, REC and NEC traits were 0.03, 0.11 and 0.09 and their repeatability were 0.16, 0.25 and 0.13, respectively. Genetic trends of RCT, REC and NEC traits were estimated -0.002, 0.0091, 0.0003 and phenotypic trends of RCT, REC and NEC traits were -0.7057, 0.2575, -0.0807, respectively. According to this result, sport performance traits are highly affected by environmental factors, especially by the effect of the rider, although, many environmental effects cannot be measured and included in the model. Among all traits, selection based on rank at the end of the competition (REC) can lead to more genetic gain. Differences between the results of this research compared to other researchers can be attributed to the data structure, pedigree, accuracy of the records, number of records, and applied statistical model.

Conclusion

Selection may be most efficient for the REC trait rather than other traits because of its estimated medium heritability. It is essential to estimate the breeding value of each animal to improve their genetic potential in competitions and appling in the Iranian sport horse breeding strategies. Despite the advances in the field of genetics and animal breeding genetic trend in sport horse performance is slow in Iran, It can be concluded that we can apply these parameters to improve the genetic potential of show jumping performance records and design the appropriate breeding strategies for horse jumping population in Iran.

نشریه علوم دامی ایران، دوره ۵۵، شماره ۱

شاپا الکترونیکی: ۷۹۴۹-۲۴۲۳

انتشارات دانشگاه تهران

Homepage: http://ijas.ut.ac.ir//

برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات عملکردی اسب‌های پرشی ایران با استفاده از روش REML

معین تاند [۱] | محمدباقر زندی [۲] ✉ | مرادپاشا اسکندری نسب [۳] | محمد عبدلی [۴]

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: moein.taned@znu.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: mbzandi@znu.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: eskandarinasab_M@znu.ac.ir

۴. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: m.abdoli@znu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:

اسب ورزشی، پارامتر ژنتیکی، صفات عملکردی، REML.

چکیده

ارزیابی ژنتیکی اسب‌های ورزشی با استفاده از روش‌های مختلف ارزیابی در بسیاری از کشورها به‌جز ایران انجام می‌شود و برآوردهای دقیق از پارامترهای ژنتیکی صفات عملکردی اسب همواره مورد توجه متخصصین اصلاح دام بوده است. بنابراین هدف از این تحقیق، ارزیابی پارامترهای ژنتیکی برای صفات عملکردی شامل زمان اتمام مسابقه، رتبه در پایان مسابقه و تعداد خطای اسب در اسب‌های پرشی ایران بود. در این تحقیق از نتایج مسابقات ۱۴۹۸ رأس اسب (۱۰ تا ۲۳ ساله) موجود در فدراسیون سوارکاری استفاده گردید. پارامترهای ژنتیکی با استفاده از روش درست‌نمایی محدود شده و نرم افزار airemlf90 برآورد شد. مدل آماری شامل اثرات ثابت سال تولد، جنسیت، سن اسب، نژاد، ارتفاع موانع، تاریخ و شهر برگزاری مسابقه، سطح دشواری مسابقات و اثرات تصادفی سوارکار، محیطی دائمی و ژنتیکی افزایشی بود. وراثت‌پذیری و تکرارپذیری برآورد شده برای صفات زمان اتمام مسابقه، رتبه در پایان مسابقه و تعداد خطای اسب در مسابقه به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۱۶، ۰/۱۱ و ۰/۲۵، ۰/۰۹ و ۰/۱۳ بود. روند ژنتیکی صفات زمان اتمام مسابقه، رتبه در پایان مسابقه و تعداد خطای اسب در مسابقه به ترتیب ۰/۰۰۲-، ۰/۰۰۰۳ و ۰/۰۰۹۱ و روند فنوتیپی صفات زمان اتمام مسابقه، رتبه در پایان مسابقه و تعداد خطای اسب در مسابقه به ترتیب ۰/۷۰۵۷-، ۰/۲۵۷۵، ۰/۰۸۰۷- برآورد شد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که صفات عملکردی مذکور بسیار تحت تأثیر اثرات محیطی به ویژه اثر سوارکار قرار دارد ولی از بین صفات مورد بررسی انتخاب بر اساس صفت رتبه می‌تواند منجر به پیشرفت ژنتیکی بیشتری شود. به منظور بهبود صفات عملکردی اسب‌های پرشی در ایران در راستای تکمیل اهداف اصلاح نژادی سیستم پرورش اسب کشور می‌توان از این پارامترها استفاده کرد.

استناد: تاند، معین؛ زندی، محمدباقر؛ اسکندری نسب، مرادپاشا و عبدلی، محمد (۱۴۰۳). برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات عملکردی اسب‌های پرشی ایران با استفاده از روش REML. *نشریه علوم دامی ایران*، ۵۵ (۱)، ۹۳-۸۱. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2023.353553.653927

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2023.353553.653927

مقدمه

پرورش اسب در دنیا با اهداف متفاوتی اعم از سوارکاری، مسابقه، مدیریت دام در مرتع، بارکشی و غیره استفاده می‌شود. امروزه اسب برتر را بر اساس تعداد جوایز آن در مسابقات و عملکرد والدین آنها ارزیابی و انتخاب می‌کنند. با وجود سازمان‌های توسعه‌یافته اسب و در دسترس بودن تمام اطلاعات مسابقه و شجره‌ها، هنوز برای ارزیابی عملکرد اسب‌ها در برخی کشورها ازجمله ایران از روش علمی استفاده نمی‌شود. معیارهای تخمین عملکرد شامل صفات زمان مسابقات، رتبه در پایان مسابقه، جایزه، نرخ عملکرد، فرم و شکل بدن می‌باشد (Bakhtiari & Kashan, 2009).

از آنجائی که تعیین پارامترهای ژنتیکی برای طراحی برنامه‌های اصلاح نژادی مورد نیاز است، لذا برآوردهای صحیح از پارامترهای ژنتیکی این صفات همواره مورد توجه متخصصین اصلاح نژاد دام بوده است. این پارامترها اغلب پس از تصحیح عوامل محیطی به منظور پیش‌بینی ارزش‌های اصلاحی و پیشرفت ژنتیکی برآورد می‌شوند. انتخاب بر اساس ارزش‌های اصلاحی، نمایانگر بهتری از پتانسیل ژنتیکی حیوان بوده و یکی از ابزارهای اصلاحی جهت حداکثر نمودن برنامه پیشرفت ژنتیکی می‌باشد (Hossein-Zadeh & Ardalan, 2010).

ارزیابی ژنتیکی نریان و مادیان صرفا بر اساس رکوردهای فنوتیپی نسبت به زمانی که اطلاعات شجره‌ای و نتاج حیوان نیز در نظر گرفته شود، دارای اریب بوده و به همین خاطر جزئیات کمتری از توانایی انتقال حیوان به نتاجش در دسترس قرار می‌گیرد (Mrode & Thompson, 2005). بنابراین در نظر گرفتن اطلاعات شجره و همچنین اطلاعات نتاج و کره‌های اسب امری مهم است و به طور معنی‌داری موجب افزایش قابلیت اعتماد نتایج می‌شود. با توجه به اینکه[1]استفاده از آزمون نتاج در آنالیز ژنتیکی موجب افزایش فاصله‌ی نسلی می‌شود، از این رو انتخاب مولدین باید در پایین‌ترین سن ممکن اتفاق بیفتد تا فاصله‌ی نسلی در اندازه معقول باقی بماند (Hellsten & Philipsson, 2012; Huizinga & van der Meij, 1989).

پارامترهای ژنتیکی صفات عملکردی اسب‌های ورزشی با استفاده از روش‌های مختلف در بسیاری از کشورها برآورد می‌شود. یکی از این روش‌ها، روش ارزیابی مستقیم است که از نتایج به دست آمده از رقابت‌های اسب‌های بزرگسال استفاده می‌شود، روش دوم ارزیابی غیر مستقیم است که از نتایج آزمون مربوط به نتایج و کره‌ها استفاده می‌شود و روش سوم ترکیبی از هر دو روش می‌باشد (Stewart *et al*., 2010). رایج‌ترین صفات برای ارزیابی اسب‌های ورزشی، عملکرد در مسابقات، رتبه بندی اسب‌ها (Mezei *et al*., 2015) و تعداد خطای دریافتی (Zurovacová *et al*., 2008) می‌باشد. همچنین ارزیابی عملکرد می‌تواند بر اساس جوایز سالیانه نیز باشد (Langlois & Blouin, 2004).

با توجه به اینکه در آلمان برای ارزیابی پارامترهای ژنتیکی، عملکرد اسب در مسابقه بیشتر مورد توجه قرار گرفت، در مدل ارزیابی ژنتیکی که در سال ۲۰۱۶ ارائه شد، برای ارزیابی ارزش اصلاحی از دو روش عملکرد اسب‌ها در مسابقه و عملکرد اسب‌های جوان، به طور جداگانه استفاده کردند (Vit, 2016). از آنجایی که در ایران تا به حال برای اسب‌های پرشی مطالعه یا تحقیق در مورد برآورد پارامترهای ژنتیکی انجام نشده بود و اهمیت این مسئله در صنعت اسب هر روز بیشتر می شود. لذا هدف این تحقیق ارزیابی پارامترهای ژنتیکی برای صفات زمان اتمام مسابقه، رتبه در پایان مسابقه و تعداد خطای اسب با استفاده از مدل تک صفتی و بررسی روند ژنتیکی و فنوتیپی اسب‌های ورزشی ایران بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از اطلاعات عملکردی و نتایج مسابقات اسب‌های پرشی ثبت شده از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ در فدراسیون سوارکاری جمهوری اسلامی ایران، استفاده گردید. در این تحقیق از اطلاعات عملکردی ورزشی تعداد ۱۴۹۸ راس اسب (۱۰ تا ۲۳ ساله) استفاده شد. صفات مورد بررسی در این پژوهش شامل: زمان اتمام مسابقه، رتبه در پایان مسابقه و تعداد خطای

1- Transmitting ability
2- Reliability

اسب در مسابقه است. آماره‌های میانگین، انحراف معیار، حداقل، حداکثر و ضریب تغییرات مربوط به صفات عملکردی پرش اسب‌های ورزشی در **Error! Reference source not found.** نمایش داده شده است.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی صفات عملکردی پرش اسب‌های ورزشی

صفت	تعداد رکورد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات
زمان (ثانیه)	۴۱۳۱۰	۶۰/۷۰	۱۸/۵۱	۱۶/۲۲	۱۲۰/۷۹	۳۰/۴۹
رتبه	۳۵۲۷۵	۲۴/۳۵	۱۷/۷۰	۱	۸۰	۷۲/۷۲
خطا	۴۵۴۸۶	۴/۰۶	۳/۵۲	۰	۱۳	۸۶/۶۹

فایل شجره با ترکیب اطلاعات انساب اسب‌های ثبت شده در معاونت فنی فدراسیون سوارکاری ایران و فدراسیون دیگر کشورهای خارجی و انجمن‌های مرتبط با اسب‌های ورزشی ایجاد و تکمیل شد. پس از مرتب کردن داده در نرم‌افزار Excel، با استفاده از نرم‌افزار CFC و پکیج visPedigree در نرم‌افزار R ویرایش شدند. در ویرایش داده، داده‌های پرت و اسب‌های که کمتر از پنج رکورد داشتند، از آنالیز حذف شدند. از آنجائی که صفات رتبه و خطا در پایان مسابقه دارای توزیع نرمال نیستند، امکان برازش مدل یا بررسی معنی‌داری اثرات به صورت مستقیم ممکن نبود و برای صفات مذکور تبدیل داده صورت گرفت و برای تبدیل داده در این پژوهش از روش باکس – کاکس (Box & Cox, 1964) استفاده گردید. برای برازش مدل با استفاده از نرم‌افزار R از روش تجزیه واریانس و آزمون مقایسه میانگین دانکن[1] برای بررسی معنی‌داری اثرات استفاده شد. سطوح اثرات ثابت مؤثر بر صفات عملکردی در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. سطوح اثرات ثابت موثر بر صفات عملکردی

اثرات ثابت	سطوح اثرات
سال تولد	۲۷
جنسیت	۳
سن	۲۴
سوارکار	۱۵۵۵
ارتفاع موانع	۱۶
تاریخ / شهر مسابقه	۱۰۳۱۴

معادله مدل اولیه برای برازش مدل و بررسی پارامترهای مؤثر بر صفات مورد بررسی به صورت زیر بود:

$$Y_{ijklmnopqrse}= \mu + BY_i + Sex_j + Age_k + B_l + H_m + DC_n + Level_o + BR_p + A_q + PE_r + R_s + e_{ijklmnopqrse}$$

برای صفت زمان اتمام مسابقه پس از ویرایش، تبدیل داده و حذف اسب‌های دارای تعداد رکورد کمتر از پنج مسابقه، معادله مدل آماری برای هر یک از صفات تشکیل شد و مدل آماری به صورت زیر بود:

$$Y_{ikmnoqrse} = \mu + BY_i + Age_k + H_m + DC_n + Level_o + A_q + PE_r + R_s + e_{ikmnoqrse}$$

و معادله مدل آماری به کار گرفته شده برای صفت رتبه در پایان مسابقه و تعداد خطای اسب در مسابقه به صورت زیر بود:

$$Y_{ijkmoqrse}= \mu + BY_i + Sex_j + Age_k + H_m + Level_o + A_q + PE_r + R_s + e_{ijkmoqrse}$$

که در این معادلات Y= مشاهدات مربوط به اسب‌های پرشی، μ= میانگین جامعه، BY= سال تولد، Sex= جنسیت، Age= سن، B= اثر نژاد، H= اثر ارتفاع مانع، DC= تاریخ و شهر مسابقه، Level= سطح دشواری مسابقه، BR= اثر متقابل نژاد و

1 Duncan

سوارکار، A=اثر تصادفی ژنتیک افزایشی، R= اثر سوارکار، PE= اثر محیطی دائمی و e= اثر تصادفی عوامل باقی‌مانده (خطا) می‌باشد.

معادله مدل ماتریسی آنالیز تک صفتی به صورت زیر استفاده شد:

$$y = Xb + Z_1 a + Z_2 pe + Z_3 r + e$$ رابطه ۱)

y= بردار مشاهدات مربوط به صفت موردنظر، **X**= ماتریس ضرایب اثرات ثابت، b= بردار مجهول اثرات ثابت، $\mathbf{Z_1}$= ماتریس ضرایب اثر تصادفی ژنتیکی افزایشی، a= بردار مجهول اثر تصادفی ژنتیکی افزایشی، $\mathbf{Z_2}$= ماتریس ضرایب اثر تصادفی محیطی دائمی، pe= بردار مجهول اثر تصادفی محیطی دائمی، $\mathbf{Z_3}$ = ماتریس ضرایب اثر تصادفی سوارکار، r= بردار مجهول اثر تصادفی سوارکار، e= بردار اثرات باقی‌مانده.

ساختار واریانس این مدل به شرح زیر می‌باشد:

$$var(e) = I\sigma_e^2 = R$$ رابطه ۲)

$$var(r) = I\sigma_r^2$$ رابطه ۳)

$$var(pe) = I\sigma_{pe}^2$$ رابطه ۴)

$$var(a) = A\sigma_a^2 = G$$ رابطه ۵)

$$var(y) = Z_1 G Z_1' + Z_2 I\sigma_{pe}^2 Z_2' + Z_3 I\sigma_r^2 Z_3' + R$$ رابطه ۶)

پس از تشکیل مدل آماری با استفاده از مدل تک صفته و نرم‌افزار airemlf90 پارامترهای ژنتیکی برآورد شد. به دنبال پیش‌بینی ارزش‌های ارثی، روند ژنتیکی و روند فنوتیپی برآورد شد.

نتایج و بحث

نتایج بررسی شجره‌ی اسب‌های مورد بررسی در این مطالعه در جدول ۳ ارایه شده است. تعداد کل افراد موجود در شجره ۸۱۹۹ راس و تعداد اسب‌های دارای رکورد ۱۴۹۸ راس بود. ۳۸/۳۷ درصد اسب‌های دارای عملکرد ورزشی جنسیت نر (نریان)، ۴۳/۹۲ درصد جنسیت ماده (مادیان) و ۱۸/۶۹ درصد اخته بودند. تعداد اسب‌های همخون در کل شجره ۱۱۵۰ راس و درصد همخونی در بین اسب‌های همخون ۰/۰۱ برآورد شد. میزان همخونی در کل شجره ۰/۰۰۲ و بالاترین میزان همخونی ۰/۲۵ محاسبه شد. میانگین همخونی در تحقیق حاضر کمتر از نتایج مدیروز و همکاران (۲۰۱۶) اسچوبرتوآ و همکاران (۲۰۱۶) و پروچنیاک و همکاران (۲۰۲۱) بود که به ترتیب میانگین همخونی را ۰/۶، ۰/۰۰۶۸ و ۰/۲۲ گزارش کرده بودند.

جدول ۳. نتایج بررسی شجره‌ی اسب‌های مورد بررسی در این مطالعه

عنوان	مقدار
تعداد کل اسب‌ها	۸۱۹۹
تعداد اسب‌های هم خون	۱۱۵۰
تعداد اسب‌های دارای رکورد	۱۴۹۸
تعداد کل نریان‌ها	۲۲۰۰
تعداد کل مادیان‌ها	۴۵۵۳
افراد دارای نتاج	۶۷۵۳
جمعیت پایه	۲۹۵۱
میانگین اندازه خانواده	۲/۰۹
میانگین ضریب هم خونی	۰/۰۰۲
میانگین هم خونی در اسب‌های هم خون	۰/۰۱
حداکثر میزان هم خونی	۰/۲۵

مولفه‌های واریانس و پارامترهای ژنتیکی برآورد شده برای صفات عملکردی در جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

وراثت‌پذیری و تکرارپذیری برآورد شده برای صفت زمان اتمام مسابقه به ترتیب برابر ۰/۰۳ و ۰/۱۶ بود. اکیز و کوچاک (۲۰۰۵)، اکیز و کوچاک (۲۰۰۷) با به کارگیری نرم‌افزار DFREML و مدل دام تک صفتی وراثت‌پذیری و تکرارپذیری را به ترتیب ۰/۱۸ الی ۰/۳۵ و ۰/۳۵ الی ۰/۵۰، ۰/۱۸ الی ۰/۳۵ و ۰/۲۹ الی ۰/۴۰ برآورد کردند که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. کُرِئا و داموتا (۲۰۰۷) با استفاده از نرم‌افزار MTGSAM، مدل دام چند صفتی و روش بیزین مبتنی بر نمونه‌گیری گیبس وراثت‌پذیری و تکرارپذیری را به ترتیب ۰/۲۶ الی ۴۱ /۰ و ۰/۳۶ الی ۰/۶۸ برآورد کردند که با نتایج این تحقیق متفاوت بود. با توجه به اینکه در دیگر تحقیقات از روش‌ها و نرم‌افزارهای متفاوتی استفاده شده است و جامعه آماری به کار گرفته شده متفاوت از تحقیق حاضر است می‌تواند دلایلی برای مغایرت این نتایج باشد، از طرفی در منابع یاد شده تبدیل داده صورت نگرفته که همین امر در برآورد نتایج اثر گذار خواهد بود. وِلی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از نرم‌افزار ASReml وراثت‌پذیری را ۰/۰۱ الی ۰/۰۵ و تکرارپذیری را ۰/۰۹ الی ۰/۳۱ برآورد کردند که وراثت‌پذیری و تکرارپذیری گزارش شده توسط این محققین کمتر از تحقیق حاضر بود. نکته قابل توجه در مورد صفات رتبه و زمان مسابقه این است که واریانس اثر سوارکار از واریانس ژنتیکی افزایشی بیشتر است. بنابراین، چنین می‌توان نتیجه گرفت که در دو صفت مذکور تاثیر اثر سوارکار بر عملکرد بیشتر از اثر ژنتیکی افزایشی است.

وراثت‌پذیری و تکرارپذیری برای صفت رتبه در پایان مسابقه به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۱۳ برآورد شد. پروچیناک و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از نرم‌افزار Thrgibbs1f90 و روش بیزین مبتنی بر نمونه‌گیری گیبس، وراثت‌پذیری و تکرارپذیری را به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۱۹ برآورد کردند که در مقایسه با تحقیق حاضر بیشتر بود. در تحقیق جانسون و همکاران (۲۰۱۶) به منظور ارزیابی پارامترهای ژنتیکی از روش REML، مدل دام تک صفتی و نرم‌افزار DMU استفاده و وراثت‌پذیری را ۰/۱۶ برآورد کردند که بیشتر از تحقیق حاضر بود. جانسون و همکاران (۲۰۱۶) از روش ریشه‌ی دوم برای تبدیل داده استفاده کردند. اسچوبرتوآ و همکاران (۲۰۱۶) با به کارگیری نرم‌افزار ACCF90، مدل دام تک صفتی و روش تبدیل بلوم وراثت‌پذیری را بیشتر از تحقیق حاضر یعنی ۰/۱۰ برآورد و گزارش کردند. سوله و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای وراثت‌پذیری صفت رتبه را برای اسب‌های جوان ۰/۱۵ الی ۰/۱۷و برای اسب‌های بزرگسال ۰/۱۱ الی ۰/۱۳ برآورد کردند که بیشتر از وراثت‌پذیری برآورد شده در تحقیق حاضر بود. در مطالعه‌ای که پروچیناک و همکاران (۲۰۱۹) انجام دادند وراثت‌پذیری و تکرارپذیری را با استفاده از روش بیزین مبتنی بر نمونه‌گیری گیبس به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۳۰ برآورد کردند که بیشتر از این تحقیق بود. از آنجا که در تحقیقات مختلف از مدل‌های آماری، روش‌های تبدیل (در صورت تبدیل داده) و نرم‌افزارهای متفاوت (در خصوص نرم‌افزار Gibbs1f90 تعداد دورهای مختلف هم در نتایج موثر است) استفاده می‌شود لذا نتایج متفاوتی ممکن است برآورد گردند. عامل دیگری که در برآورد مقدار نتایج تاثیر زیادی دارد، اطلاعات و رکوردهای فنوتیپی استفاده شده، در تحقیق است. نتایج مسابقات برگزار شده در کشورهای مختلف تحت شرایط متفاوتی ضبط و ثبت می‌شوند و علاوه‌بر آن جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر شرایط پرورش، نوع نژادها، ترکیب جمعیت و توانایی‌های ژنتیکی یکسان نیستند. مزی و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش‌های مختلف تبدیل داده مانند بلوم، ریشه‌ی دوم و غیره، وراثت‌پذیری و تکرارپذیری را به ترتیب ۰/۰۲ الی ۰/۰۷ و ۰/۰۹ الی ۰/۲۵ برآورد کردند که نزدیک به تحقیق حاضر بود. همچنین گارسیا بالستروس و همکاران (۲۰۱۸) با به کارگیری روش تورستونی و نرم‌افزار Gibbsthur وراثت‌پذیری را ۰/۰۸ گزارش کردند که نزدیک به تحقیق حاضر بود. با توجه به استفاده از مدل‌های آماری مشابه برای ارزیابی پارامترهای ژنتیکی در منابع مذکور و تحقیق حاضر همچنین استفاده از تعداد رکوردهای فنوتیپی مشابه، نتایج تاحدودی مشابه برآورد شده است.

وراثت‌پذیری و تکرارپذیری برآورد شده برای صفت تعداد خطای اسب در مسابقه در مطالعه حاضر به ترتیب برابر ۰/۰۹ و ۰/۱۳ بود. نواتنا و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از مدل دام تک صفتی و چند صفتی و نرم‌افزار Gibbs1f90 پارامترهای ژنتیکی را برای صفت تعداد خطا برآورد کردند.

جدول ۲. برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات عملکردی اسب های پرشی

صفت	σ_p^2	σ_a^2	σ_{pe}^2	σ_R^2	σ_e^2	h^2(SE)	r
زمان (ثانیه)	٦٥/٥٣	٢/١٤	٨/٥٦	٢٢/٠٤	٣٢/٧٩	٠/٠٣(٠/٠١)	٠/١٦
رتبه	١/٦٤	٠/١٨	٠/٢٣	٠/٤١	٠/٨٢	٠/١١(٠/٠٢)	٠/٢٥
خطا	٠/٧٤	٠/٠٧	٠/٠٣	٠/٠٢	٠/٦٢	٠/٠٩ (٠/٠٢)	٠/١٣

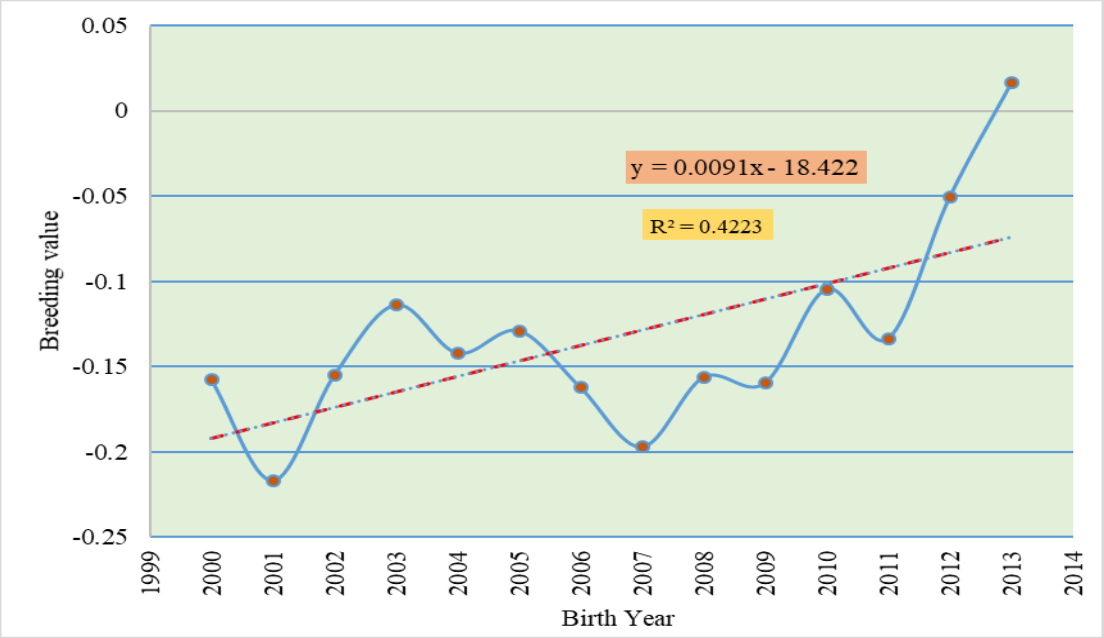
σ_p^2= واریانس فنوتیپی، σ_a^2= واریانس ژنتیکی افزایشی، σ_{pe}^2= واریانس محیطی دائمی، σ_R^2= واریانس سوارکار، σ_e^2= واریانس باقی مانده، h^2= وراثت‌پذیری، r= تکرارپذیری

نواتنا و همکاران (۲۰۱۴) وراثت‌پذیری و تکرارپذیری را با مدل تک صفتی به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۱۸ و با مدل چند صفتی به ترتیب ۰/۰۷ الی ۰/۱۶ و ۰/۱۸ الی ۰/۲۵ برآورد کردند که نتایج حاصل از مدل رگرسیون تصادفی نزدیک تحقیق حاضر بود، باوجود اینکه در تحقیق ذکر شده از مدل‌ها و نرم‌افزار متفاوتی استفاده شده است، اما نتایج تحقیقات پیشین نزدیک به تحقیق حاضر بود. پروچنیاک و همکاران (۲۰۱۵) تحقیقی را به منظور ارزیابی پارامترهای ژنتیکی با استفاده از نرم‌افزار Thrgibbs1f90 و روش بیزین مبتنی بر نمونه‌گیری گیبس انجام دادند. در این تحقیق وراثت‌پذیری و تکرارپذیری به ترتیب ۰/۱۹ الی ۰/۲۷ و ۰/۴۰ الی ۰/۴۷ برآورد شد که در مقایسه با تحقیق حاضر بیشتر بود. اسچوبرتوآ و همکاران (۲۰۱۶) با به کار گرفتن مدل دام تک صفتی، نرم‌افزار ACCF90 و روش تبدیل بلوم وراثت‌پذیری را ۰/۱۷ برآورد کردند که در مقایسه با تحقیق حاضر بیشتر بود. پروچیناک و همکاران (۲۰۱۹) وراثت‌پذیری و تکرارپذیری را با کمک نرم‌افزار Thrgibbs1f90 و روش بیزین مبتنی بر نمونه‌گیری گیبس به ترتیب ۰/۳۲ الی ۰/۳۸ و ۰/۵۱ الی ۰/۵۷ برآورد کردند که بیشتر از نتایج تحقیق حاضر بود. در منابع مذکور با وجود برخی روش‌ها، نرم‌افزارها و مدل‌های مشترک با تحقیق حاضر، نتایج متفاوتی گزارش شد. وجود سیستم‌های مدیریتی متفاوت حاکم بر مسابقات ورزشی در کشورهای مختلف، تفاوت در نحوه‌ی به کارگیری رکوردها و تعداد متفاوت رکوردهایی که در تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرند، موجب متفاوت بودن نتایج برآورد شده در بین تحقیقات مختلف می‌شود.

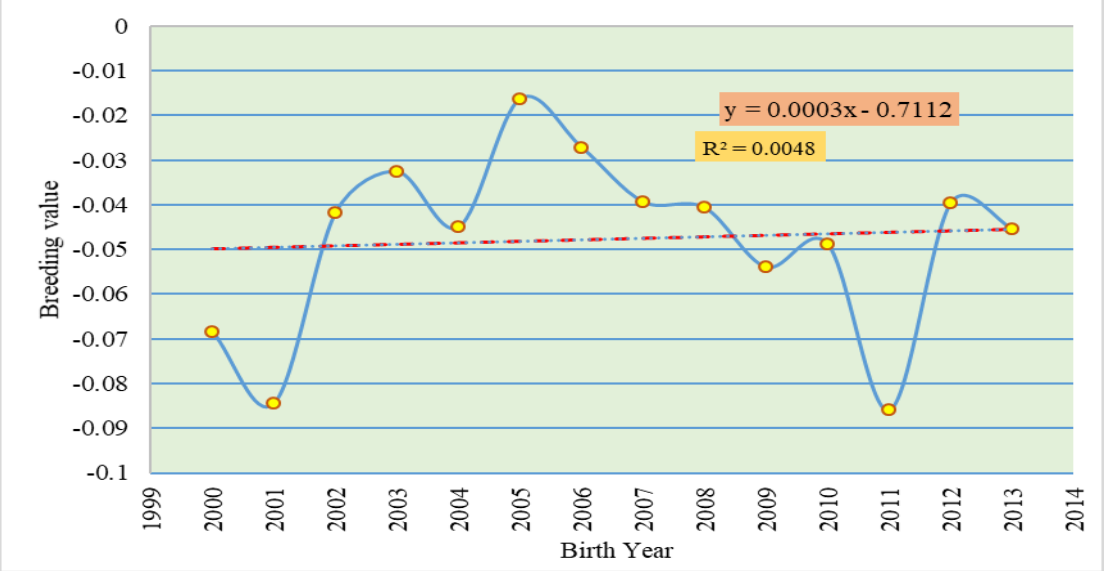
جدول ۳. روند ژنتیکی و فنوتیپی صفات عملکردی

صفت	روند ژنتیکی	Pvalue	روند فنوتیپی	Pvalue
زمان (ثانیه)	−۰/۰۰۲	۰/۲۸	−۰/۷۰۷۵	۰/۰۰۰۱
خطا	۰/۰۰۰۳	۰/۶۴	−۰/۰۸۰۷	۰/۰۰۰۱
رتبه	۰/۰۰۹۱	۰/۰۱	۰/۲۵۷۵	۰/۱۱

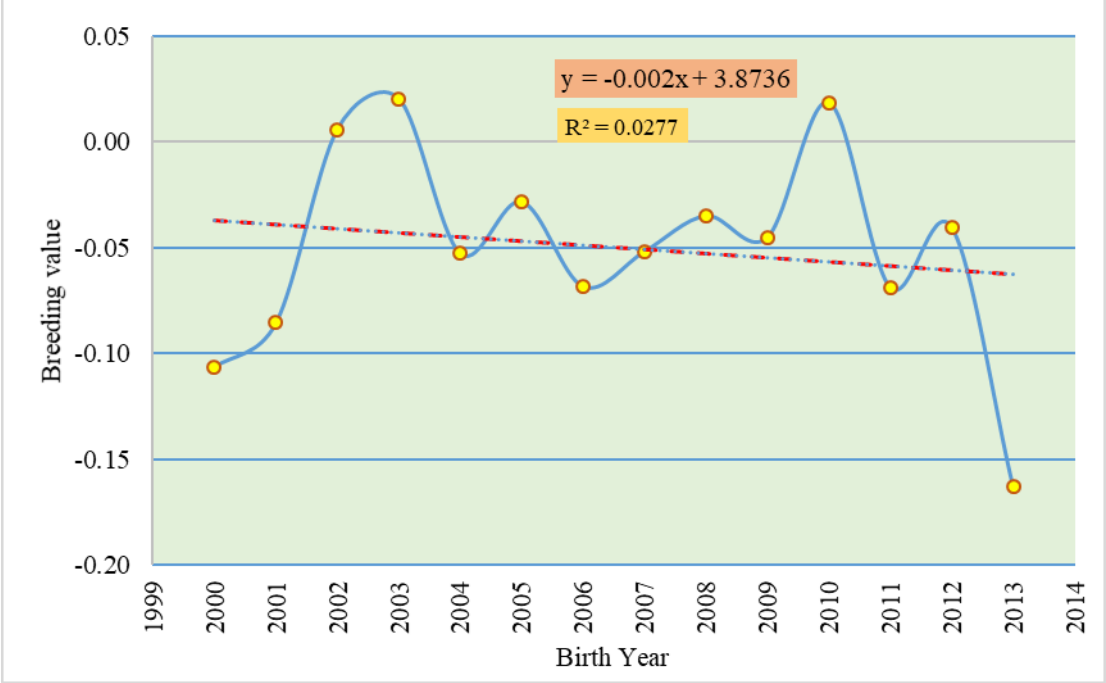
جدول ۵ روندهای ژنتیکی و فنوتیپی را برای صفات عملکردی نشان می‌دهد. روند ژنتیکی برای صفات زمان اتمام مسابقه، تعداد خطای اسب در مسابقه و رتبه در پایان مسابقه به ترتیب ۰/۰۰۲−، ۰/۰۰۰۳ و ۰/۰۰۹۱ برآورد شد. همان طور که مشاهده می‌شود روند ژنتیکی برای صفت زمان مطلوب‌تر از صفات دیگر است. با وجود اینکه از وضعیت ژنتیکی نسل‌های پیشین اسب‌های مورد مطالعه در این تحقیق در راستای بررسی روند ژنتیکی آنها در طولانی مدت اطلاعاتی در دسترس نیست، اما از بین صفات مورد بررسی، روند ژنتیکی متعلق به صفت رتبه در پایان مسابقه بیشترین و صفت زمان اتمام مسابقه کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است و این نتیجه نشان می‌دهد صفت زمان اتمام مسابقه روند بهتری داشته و پیشرفت بیشتری در این صفت اتفاق افتاده است هر چند که این پیشرفت، یک پیشرفت معنی دار نیست. اسچوبرتوآ و همکاران (۲۰۱۶) روند ژنتیکی برای صفت رتبه در جمعیت اسب‌های ورزشی اسلواکی را ۰/۳۰۳ گزارش کردند که بیشتر از نتیجه‌ی تحقیق حاضر بود که نشان می‌دهد وضعیت روند ژنتیکی در تحقیق حاضر مطلوب‌تر است. شکل‌های ۱ تا ۶ نمودار روند ژنتیکی و فنوتیپی را برای صفات مختلف نشان می‌دهد.



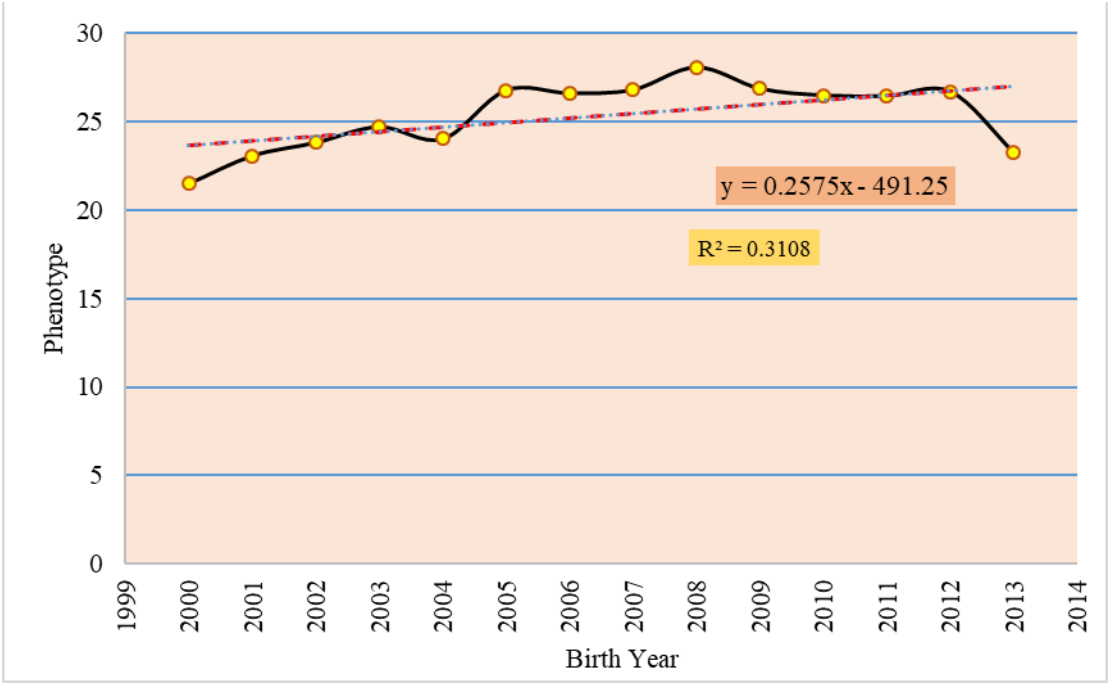
شکل ۱. روند ژنتیکی صفت رتبه در پایان مسابقه



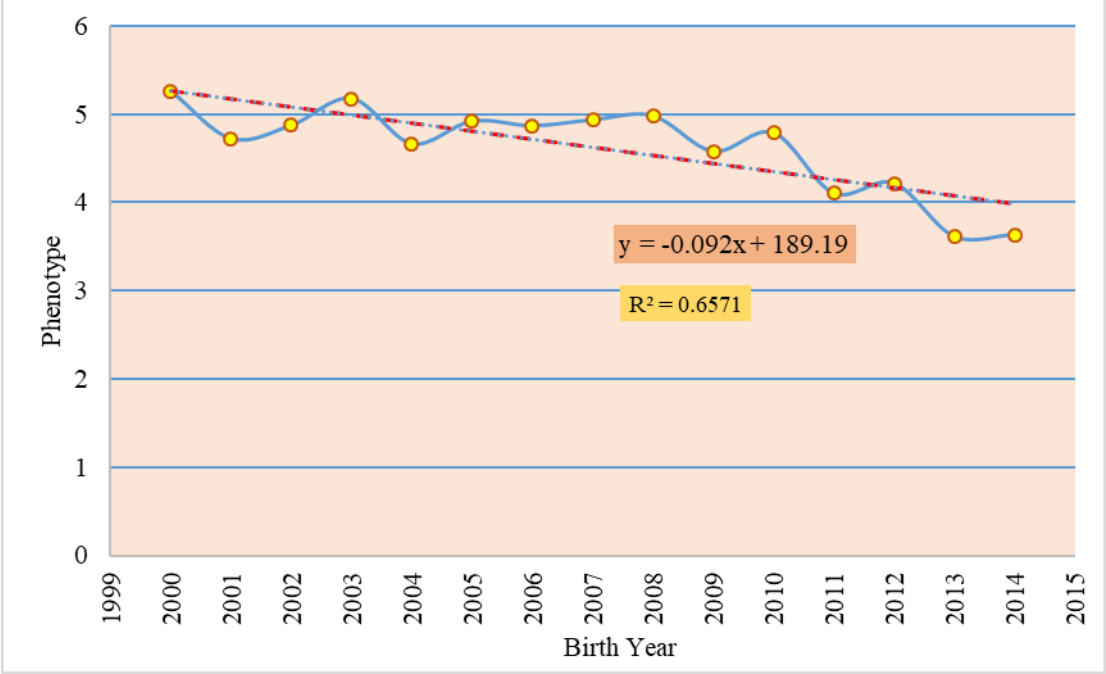
شکل ۲. روند ژنتیکی صفت تعداد خطای اسب در مسابقه



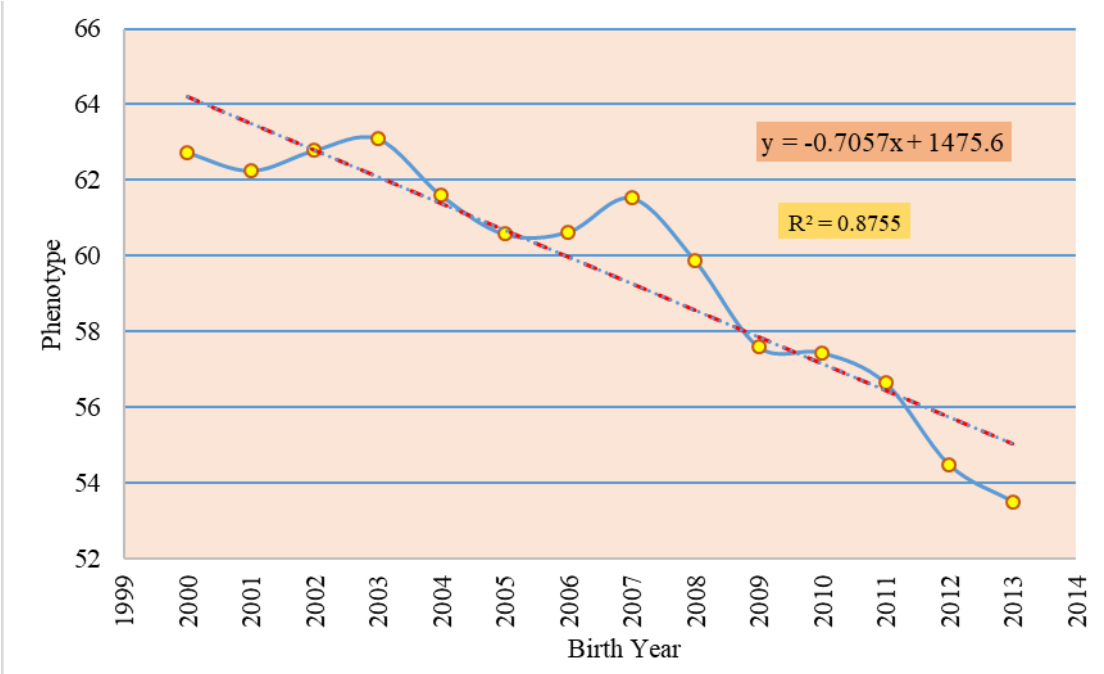
شکل ۳. روند ژنتیکی صفت زمان اتمام مسابقه



شکل ۴. روند فنوتیپی صفت رتبه در پایان مسابقه



شکل ۵. روند فنوتیپی صفت تعداد خطای اسب در مسابقه



شکل ۶. روند فنوتیپی صفت زمان اتمام مسابقه

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که اثرات محیطی متعدد بر روی صفات عملکردی اسب‌های پرش تأثیر می‌گذارند. به ویژه در خصوص صفات رتبه و زمان اثر سوارکار تأثیر به سزایی در عملکرد اسب دارد. البته با توجه به ساختار مسابقات و نحوه برگزاری آن، بسیاری از اثرات محیطی را نمی‌توان اندازه‌گیری و در مدل لحاظ کرد. این اثرات تحت عنوان خطا یا عوامل باقی‌مانده در مدل آماری قرار می‌گیرد. نتایج به دست آمده حاصل از این تحقیق در مقایسه با نتایج دیگر محققان دارای یک‌سری تفاوت‌هایی بود که از دلایل آن می‌توان به ساختار داده، عمق شجره، صحت رکوردبرداری، تعداد رکورد و نوع مدل آماری اشاره کرد که این عوامل به صورت انفرادی و یا کلی می‌توانند نتایج پارامترهای به دست آمده را تحت تأثیر قرار دهند. با توجه به اینکه صفت رتبه دارای وراثت‌پذیری بیشتری نسبت به صفات دیگر است، انتخاب بر اساس این صفت می‌تواند به پیشرفت ژنتیکی کمک کند. استفاده از پارامترهای ژنتیکی در ارزیابی‌ها موجب انتخاب اسب‌های بهتر برای تولید نسل بعد خواهد شد. لذا برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات عملکردی مرتبط با توانایی اسب در مسابقات برای پیش‌بینی ارزش اصلاحی حیوان به منظور حداکثرسازی توان ژنتیکی اسب‌ها در مسابقات و به‌کارگیری آنها در برنامه‌های اصلاح نژادی، لازم است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در طی چندین سال گذشته با وجود پیشرفت علم ژنتیک، روند ژنتیکی جامعه‌ی اسب پرشی ایران تغییر چشمگیری نداشته و انتخاب‌های مؤثری صورت نگرفته است.

REFERENCES

Bakhtiari, J., & Kashan, N. E. J. (2009). Estimation of genetic parameters of racing performance in Iranian Thoroughbred horses. *Livestock Science*, *120*(1–2), 151–157. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.05.007 .

Box, G. E. P., & Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, *26*(2), 211–243.

Corrêa, M. J. M., & Da Mota, M. D. S. (2007). Genetic evaluation of performance traits in Brazilian Quarter Horse. *Journal of Applied Genetics*, *48*(2), 145–151. https://doi.org/10.1007/BF03194672

Ekiz, B., & Kocak, O. (2005). Phenotypic and genetic parameter estimates for racing traits of Arabian horses in Turkey. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, *122*(5), 349–356. https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2005.00544.x

EKiZ, B., & Koçak, Ö. (2007). Estimates of genetic parameters for racing times of Thoroughbred horses. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *31*(1), 1–5.

García-Ballesteros, S., Varona, L., Valera, M., Gutiérrez, J. P., & Cervantes, I. (2018). Cross-validation analysis for genetic evaluation models for ranking in endurance horses. *Animal*, *12*(1), 20–27. https://doi.org/10.1017/S1751731117001331

Hellsten, T., & Philipsson, J. (2012). *Interstallion study shows : Efficient young horse testing procedures in Europe – but further improvements possible ! Table 1*, 7–9.

Hossein-Zadeh, N. G., & Ardalan, M. (2010). Estimation of genetic parameters for body weight traits and litter size of Moghani sheep, using a Bayesian approach via Gibbs sampling. *Journal of Agricultural Science*, *148*(3), 363–370. https://doi.org/10.1017/S0021859610000080.

Huizinga, H. A., & van der Meij, G. J. W. (1989). Estimated parameters of performance in jumping and dressage competition of the Dutch Warmblood horse. *Livestock Production Science*, *21*(4), 333–345. https://doi.org/10.1016/0301-6226(89)90093-6

Jönsson, L., Madsen, P., & Mark, T. (2016). Modelling repeated competition records in genetic evaluations of Danish sport horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, *133*(4), 291–302. https://doi.org/10.1111/jbg.12190

Langlois, B., & Blouin, C. (2004). Practical efficiency of breeding value estimations based on annual earnings of horses for jumping, trotting, and galloping races in France. *Livestock Production Science*, *87*(2–3), 99–107. https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.10.003

Medeiros, B. R., Bertoli, C. D., Garbade, P., Concepta, &, Mcmanus, M., & Mcmanus, C. M. (2016). *Italian Journal of Animal Science Brazilian Sport Horse: Pedigree Analysis of the Brasileiro*

de Hipismo Breed Brazilian Sport Horse: pedigree analysis of the Brasileiro de Hipismo breed. https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3146

Mezei, A. R., Posta, J., & Mihók, S. (2015). Comparison of different measurement variables based on hungarian show jumping results. In *Annals of Animal Science* (Vol. 15, Issue 1, pp. 177–183). Walter de Gruyter GmbH. https://doi.org/10.2478/aoas-2014-0063

Mrode, R. A., & Thompson, R. (2005). Linear models for the prediction of animal breeding values: Second Edition. In *Linear Models For the Prediction of Animal Breeding Values: Second Edition*. CABI Publishing.

Novotná, A., Bauer, J., Vostrý, L., & Jiskrová, I. (2014). Single-trait and multi-trait prediction of breeding values for show-jumping performance of horses in the Czech Republic. *Livestock Science*, *169*(C), 10–18. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.09.016

Próchniak, T., Kasperek, K., Knaga, S., Rozempolska-Rucińska, I., Batkowska, J., Drabik, K., & Zięba, G. (2021). Pedigree Analysis of Warmblood Horses Participating in Competitions for Young Horses. *Frontiers in Genetics*, *12*. https://doi.org/10.3389/fgene.2021.658403

Próchniak, T., Rozempolska-Rucińska, I., & Zięba, G. (2019). Maternal effect on sports performance traits in horses. *Czech Journal of Animal Science*, *64*(8), 361–365. https://doi.org/10.17221/156/2018-CJAS

Próchniak, T., Rozempolska-Rucińska, I., Zięba, G., & Łukaszewicz, M. (2015). Genetic variability of show jumping attributes in young horses commencing competing. Asian-Australasian *Journal of Animal Sciences*, *28*(8), 1090–1094. https://doi.org/10.5713/ajas.14.0866

Schubertová, Z., Candrák, J., & Rolinec, M. (2016). Genetic evaluation of show jumping horses in the Slovak Republic. Annals of Animal Science, 16(2), 387–398. https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0072

Solé, M., Bartolomé, E., José Sánchez, M., Molina, A., & Valera, M. (2017). Predictability of adult Show Jumping ability from early information: Alternative selection strategies in the Spanish Sport Horse population. *Livestock Science*, *200*, 23–28. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.03.019

Stewart, I. D., Woolliams, J. A., & Brotherstone, S. (2010). Genetic evaluation of horses for performance in dressage competitions in Great Britain. *Livestock Science*, *128*(1–3), 36–45. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.10.011

Velie, B. D., Hamilton, N. A., & Wade, C. M. (2015). Heritability of racing performance in the Australian Thoroughbred racing population. *Animal Genetics*, *46*(1), 23–29. https://doi.org/10.1111/age.12234

vit (IT Solutions for Animal Production). (2016). *FN-Zuchtwertschätzung Pferde*. http://www.vit.de/fileadmin/user_upload/vitfuerspferd/zuchtwertschaetzung/FN_ZWS_ Pferde_2016.pdf (accessed 02.05.2017)

Zurovacová, B., Candrák, J., Židek, R., Jiskrová, I., Buleca, J., & László, Z. (2008). The BLUP-animal model for the estimation of the breeding value of show jumping horses. *Magyar Allatorvosok Lapja*, *130*(11), 651–657.