UMSHA Press

PSJ
Pajouhan Scientific Journal

Pajouhan Sci J,2023; 21(3): 186-195. DOI: 10.61186/psj.21.3.186
http://psj.umsha.ac.ir/

Original Article

Investigating the Person Fit Statistics of Teenagers Participating in the Iranian University Entrance Exam 2022

Elham Pakrad[1], Keyvan Salehi[1,*], Rob Meijer[2], Balal Izanloo[3], Ali Moghadamzadeh[1]

[1] Faculty of Psychology and Education, University of Tehran, Tehran, Iran
[2] Faculty of Behavioral and Social Sciences, University of Groningen, Groningen, Netherlands
[3] Faculty of Psychology and Education, Kharazmi University, Tehran, Iran

Article History:
Received: 20/05/2023
Revised: 01/06/2023
Accepted: 06/06/2023
ePublished: 22/09/2023

***Corresponding author:** Keyvan Salehi, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran, Tehran, Iran.
Email: keyvansalehi@ut.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: Various factors can play a role in producing aberrant response. The presence of aberrant response has a significant effect on the validity of the test. If the test scores do not have adequate validity, the score does not reflect the true latent trait of the test. Individual person fit statistics are indicators for evaluating the compatibility of test scores with a certain measurement model or with a group of examinees. This research was conducted with the aim of investigating how to compute the person fit statistics of the biology course of the 2022 university entrance exam using the PerFit package in the R software.
Materials and Methods: In this descriptive study, the answer sheets of 1000 candidates aged 16 to 18 years of the national exam who answered 50 items in the biology course were examined. To compute individual person fit statistics, PerFit package was used in R software. Also, a number of its functions were also examined.
Results: The commands for compute individual person fit statistics, and were presented and the values of these statistics were calculated.
Conclusion: The PerFit package was introduced as a powerful tool for measuring individual person fit and it was shown that the individual person fit statistics can be easily used for academic achievement tests using this package.

Keywords: Iranian university entrance exam; Person fit; Response pattern; Teenagers

Please cite this article as follows: Pakrad E, Salehi K, Meijer R, Izanloo B, Moghadamzadeh A. Investigating the Person Fit Statistics of Teenagers Participating in the Iranian University Entrance Exam 2022. *Pajouhan Scientific Journal*. 2023; 21(3): 186-195. DOI: 10.61186/psj.21.3.186

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]

Copyright © 2023. Pajouhan Scientific Journal. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

Background and Objective

Various factors can contribute to unusual test answers, including the inappropriateness of the test for the test-takers, as well as the unusual behavior of the test-takers in answering the items, such as cheating. It is crucial to determine the validity of test scores. If test scores are invalid, they do not represent the true latent trait being measured. Several person-fit statistics have been proposed to detect aberrant patterns of item scores. There are some empirical applications of person-fit statistics in related literature. However, some researchers have found it difficult to implement person-fit analysis in practice. The PerFit package discussed in this article can be useful for a wide range of professionals. This article will begin with a theoretical overview of person-fit patterns. Afterward, the introduction and classification of person-fit statistics and the review of person-fit statistics that are available in the PerFit package are discussed. In the final step, it will be shown how to use the main PerFit functions in practice. For this purpose, this study aimed to investigate the person-fit statistics in the answer sheet of the items of the biology course of the 2022 university entrance exam.

Materials and Methods

The study utilized a descriptive method. A theoretical overview was conducted on person-fit statistics, which were then introduced and categorized. Afterward, the person-fit statistics available in the PerFit package of R software were introduced and reviewed. Using 1,000 answer sheets from the 2022 university entrance exam, researchers demonstrated how PerFit functions could be applied on a 50-item biology test. In this article, only the person-fit statistics included in the PerFit package were discussed. Most of the person-fit statistics in the PerFit package were group-based. R is a language and environment for statistical computing and graphics and provides a wide range of statistical techniques (e.g., linear and non-linear modeling, classical statistical tests, time series analysis, classification, and clustering) and graphical techniques that are highly extensible. In the following, to method of using the main PerFit functions to estimate person-fit statistics is introduced; subsequently, the software-based results are presented.

Results

The PerFit package is available on the Comprehensive Archive Network at:https://CRAN.R-project.org/package=PerFit. It is recommended to upload N x I matrices (N=test-takers , I=items) into R, with binary scores of 0 and 1 in dichotomous mode, or scores ranging from 0 to m-1 in polytomous mode ($m \geq 3$), depending on one's person-fit statistics. The number of scoring options should be the same for all questions. Missing values are allowed. By default, this package includes two dichotomous datasets: InadequacyData (N=806, I=28) and Intelligence Data (N=1,000, I=26), and a polytomous dataset: PhysFuncData (N=714, I=10). The purpose of this paper is to demonstrate how person-fit statistics can be used to high-stak test data, and how to compute these persons fit statistics using the PerFit package. In this article, the biology score dataset (N=1,000, I=50) was used, which includes the answer sheets of 1,000 candidates for the 2022 university entrance exam who answered 50 biology items. At first, we converted the answer sheet into dichotomous (correct and incorrect). The data were entered into R software as a 1000Ч50 matrix. We showed how to use the PerFit package commands and functions to compute $U3$, $l_z^*$and H^t statistics.

Discussion

Assessing the fit of an individual to a research background is an active area of interest that has attracted the attention of many psychological researchers. Various research streams, such as evaluating the performance of individual fit statistics in different conditions, identifying sources of non-fit responses, and searching for guidelines for selecting appropriate individual fit statistics, continue to be favored by researchers. Some researchers have attempted to not only conduct quantitative inspections to discover potential sources of non-fit patterns but also to qualitatively examine the sources and reasons for these non-fits. A comprehensive and thorough examination of the sources of individual non-fit can provide valuable information for assessing the validity of psychological assessment tools susceptible to fake responses and also for providing educational advancement tests. As a result, in this study, several individual fit statistics on real data from the biology national exam were discussed, which are used to detect non-fit score patterns.

Conclusion

In this article, we briefly reviewed the main concepts of measuring the person fit and provided an example of how to perform such an analysis in R software using the PerFit package. Developments in this field continue, and researchers are expanding and compiling more packages for this software. Measuring the person fit is an active research field that has attracted the attention of many psychometric researchers. Various research streams, such as evaluating the performance of individual person fit statistics in different conditions, identifying sources of aberrant responses, and seeking guidelines for choosing the appropriate individual person fit statistic, are still of interest to researchers.

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]

UMSHA Press

مجله علمی پژوهان

دوره ۲۱، شماره ۳، تابستان ۱۴۰۲، صفحات: ۱۹۵-۱۸۶
DOI: 10.61186/psj.21.3.186
http://psj.umsha.ac.ir/

مقاله پژوهشی

بررسی آماره‌های برازش فرد در نوجوانان شرکت کننده در آزمون سراسری سال ۱۴۰۱

الهام پاک راد[۱]، کیوان صالحی[۱،*]، راب میجر[۲]، بلال ایزانلو[۳]، علی مقدم زاده[۱]

[۱] دانشکده‌ی روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[۲] گروه روان‌سنجی و آمار، دانشکده‌ی علوم رفتاری و اجتماعی، دانشگاه خرونینگن، خرونینگن، هلند
[۳] دانشکده‌ی روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰
تاریخ داوری مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۱۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۳۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: عوامل مختلفی می‌توانند در تولید پاسخ‌های نامتعارف نقش داشته باشند. وجود پاسخ‌های نامتعارف بر روایی آزمون تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. اگر نمرات آزمون روایی مناسب نداشته باشند، نمره نشان‌دهنده ویژگی پنهان واقعی آزمون نیست. آماره‌های برازش فرد شاخص‌هایی برای ارزیابی تطابق نمره‌ی آزمون با یک مدل اندازه‌گیری معین یا با گروهی از آزمون شوندگان هستند. این پژوهش با هدف بررسی نحوه محاسبه آماره‌های برازش فرد در پاسخنامه درس زیست شناسی آزمون سراسری سال ۱۴۰۱ با استفاده از بسته PerFit در نرم‌افزار R انجام شد.

مواد و روش ها: در مطالعه توصیفی حاضر پاسخنامه ۱۰۰۰ داوطلب ۱۶ تا ۱۸ ساله آزمون سراسری رشته تجربی که به ۵۰ سوال درس زیست‌شناسی پاسخ داده بودند، بررسی شد. برای محاسبه آماره‌های برازش فرد از بسته PerFit در نرم‌افزار R استفاده شد. همچنین تعدادی از توابع محاسباتی و گرافیکی آن نیز بررسی شد.

یافته‌ها: دستورات محاسبه آماره‌های برازش فرد $U3$ و l_z^* و H^t ارائه و مقادیر این آماره‌ها محاسبه شد.

نتیجه‌گیری: بسته‌ی PerFit به عنوان ابزاری قدرتمند برای سنجش برازش فرد معرفی شد و نشان داده شد که آماره‌های برازش فرد را با استفاده از این بسته می‌توان به راحتی برای آزمون‌های پیشرفت تحصیلی به کار برد.

واژگان کلیدی: برازش فرد؛ الگوی پاسخ؛ نوجوانان؛ آزمون سراسری

* **نویسنده مسئول:** کیوان صالحی، دانشکده‌ی روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
ایمیل: keyvansalehi@ut.ac.ir

استناد: پاک راد، الهام؛ صالحی، کیوان؛ میجر، راب؛ ایزانلو، بلال؛ مقدم زاده، علی. بررسی آماره های برازش فرد در نوجوانان شرکت کننده در آزمون سراسری سال ۱۴۰۱. مجله علمی پژوهان، تابستان ۱۴۰۲؛۲۱(۳): ۱۹۵-۱۸۶.

مقدمه

پاسخ به سؤال های یک آزمون و نمره‌ی کسب‌شده می تواند از عوامل مختلفی، از جمله مناسب‌بودن آزمون برای آزمون دهنده از نظر سطح توانایی و نوع دانش و مهارتی که آزمون برای سنجش آن در نظر گرفته شده است، تأثیر پذیرد [۱]. هنگامی که یک آزمون برای آزمون‌دهنده‌ای با سطح مشخصی از توانایی مناسب است، الگوی پاسخ سؤال یا نمره‌ی آزمون را می‌توان با درجه‌ی خاصی از قطعیت بر اساس مدل اندازه‌گیری زیربنایی استفاده‌شده یا الگوهای پاسخ و نمرات دیگر آزمون دهندگان با سطح توانایی مشابه در نمونه یا جامعه پیش‌بینی کرد. اگر الگوی پاسخ مشاهده‌شده و نمره‌ی آزمون برای یک آزمون دهنده با الگو و نمره‌ی مورد انتظار یا نمره‌ی سایر آزمون-دهندگان مطابقت نداشته باشد، الگوی پاسخ نامتعارف شکل می گیرد [۲]. عوامل متعدد و متنوعی، شامل نامناسب‌بودن آزمون برای آزمون دهندگان، رفتارهای نامتعارف آزمون دهندگان در پاسخ به سؤالات نظیر تقلب و بسیاری از موارد دیگر وجود دارند که می توانند پاسخ‌های غیرعادی ایجاد کنند [۳].

تقلب یا پیش آگاهی از سؤال ممکن است نمرات آزمون را افزایش

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]

دهد؛ در حالی که بی‌توجهی یا حدس‌زدن ممکن است نمرات آزمون را کاهش دهد. تشخیص معتبربودن نمرات آزمون بسیار مهم است. اگر نمرات آزمون نامعتبر باشند، نشان‌دهنده‌ی ویژگی پنهان واقعی در حال اندازه‌گیری نیستند [۴]. چندین آماره‌ی برازش فرد برای تشخیص الگوهای نامتعارف نمرات سؤال ها پیشنهاد شده است. برخی از کاربردهای تجربی تحلیل های برازش فرد (Person fit) در متون مرتبط وجود دارند؛ به‌عنوان مثال [۲] و [۵] و [۶] به‌ترتیب برای کاربرد در آموزش ابتدایی، آزمون های سرنوشت ساز و آزمون‌های شناختی دست به تحلیل آماره‌های برازش فرد زده‌اند. با این حال، برخی از محققان و متخصصان اجرای تحلیل برازش فرد را در عمل دشوار می‌دانند. این ممکن است با پیچیدگی ریاضی برخی از آماره‌های برازش فرد و فقدان نرم افزاری که به متخصصان در انجام این نوع تحلیل کمک کند، توضیح داده شود [۷]. بسته‌ی PerFit [۸] که در این مقاله درباره‌ی آن بحث شده است، می تواند برای طیف وسیعی از متخصصان مفید باشد.

این مقاله با مروری نظری بر الگوهای برازش فرد آغاز خواهد شد؛ سپس، به معرفی و دسته‌بندی آماره‌های برازش فرد و بررسی آماره‌های برازش فردی که در بسته‌ی PerFit موجود است، پرداخته می شود. در مرحله‌ی نهایی نشان داده خواهد شد که چگونه می‌توان از عملگرهای اصلی PerFit در عمل استفاده کرد. بدین منظور، در این مطالعه به بررسی الگوهای برازش فرد در پاسخ‌نامه‌ی سؤال های درس زیست شناسی آزمون سراسری سال ۱۴۰۱ پرداخته شده است.

مواد و روش ها

مطالعه‌ی حاضر با روش تحلیلی‌توصیفی انجام شد. بدین منظور، در ابتدا مروری نظری بر انواع آماره‌های برازش فرد انجام گرفت و این آماره‌ها معرفی و دسته‌بندی شدند. سپس، به معرفی و بررسی آماره‌های برازش فردی که در بسته‌ی PerFit از نرم‌افزار R موجود است، پرداخته شد. در نهایت، با استفاده از ۱۰۰۰ پاسخ نامه‌ی درس ۵۰سؤالی زیست شناسی داوطلبان آزمون سراسری رشته‌ی تجربی سال ۱۴۰۱ نشان داده شد که چگونه می‌توان از عملگرهای اصلی PerFit در عمل استفاده کرد.

الگوهای پاسخ نمرات آزمون دهندگان ممکن است اطلاعات بیشتری را نسبت به نمره‌ی کل یک آزمون فراهم کند [۹]. یکی از رویکردهای استفاده‌شده برای مطالعه‌ی الگوهای پاسخ سؤال، تحلیل برازش فرد است که به‌طور کلی، شامل مقایسه‌ی الگوی پاسخ مشاهده‌شده‌ی آزمون دهنده با الگوی پاسخ مورد انتظار وی است [۳]. به‌طور کلی برای تعیین الگوی پاسخ مورد انتظار دو رویکرد وجود دارد: ۱. الگوی پاسخ مورد انتظار با استفاده از یک مدل نظری یا ریاضی، مانند مدل نظریه‌ی پاسخ سؤال تولید می‌شود که مشخص‌کننده‌ی رابطه‌ی بین فرد و سؤال های آزمون است؛ ۲. رویکرد دوم الگوی پاسخ مورد انتظار بر اساس الگوهای پاسخ مشاهده‌شده از همه‌ی آزمون دهندگان موجود در نمونه است. آماره‌های برازش فرد مرتبط با رویکرد اول و دوم، به‌ترتیب، شاخص‌های پارامتریک و ناپارامتریک نامیده می‌شوند [۹].

پاسخ‌های نامتعارف می تواند به کسب نمرات کاذب بالا یا کاذب پایین برای شرکت کنندگان در آزمون منجر شود. وجود انحراف در نتایج آزمون می تواند نمرات آزمون را نادرست و تفسیرها و کاربردهای پیشنهادی آن‌ها را کم ارزش کند[۱۰] . میجر به پنج عامل شامل تقلب (Cheating)، خوابیدن (sleeping)، حدس زدن (guessing)، پاسخ‌گویی خلاقانه (Extremely Creative Examinees) و پاسخ‌گویی تصادفی اشاره می‌کند که می‌توانند به نامتعارفی پاسخ‌های آزمون‌دهنده به سؤال های یک آزمون منجر شوند و نمرات کاذب بالا یا پایین ایجاد کنند [۱].

تقلب به رفتارهایی اطلاق می شود که در آن، آزمون دهنده به‌طور نامشروع برای سؤال هایی که قادر به پاسخ‌گویی صحیح به آن‌ها نیست، از طریق پیش آگاهی از سؤال‌ها یا کپی کردن پاسخ‌های سایر آزمون دهندگان یا پاسخ‌های ارائه‌شده توسط معلمان، پاسخ‌های صحیح را دریافت می کند. در الگوی خوابیدن، آزمون‌شونده در شروع آزمون مشکل دارد و پس از سازگاری با آزمون، پاسخ برخی از سؤالات آسان تر را که معمولاً در ابتدای آزمون می آیند، بررسی نمی کند؛ در نتیجه، نسبت پاسخ های صحیح در سؤالات آسان به پاسخ های صحیح در سؤالات با دشواری متوسط و زیاد، کمتر است. حدس‌زدن زمانی اتفاق می‌افتد که آزمون‌دهنده پاسخ‌های صحیح برخی از سؤال‌های آزمون را که پاسخ صحیح آن‌ها را نمی‌داند، حدس بزند. پاسخ‌گویی خلاق زمانی اتفاق می‌افتد که آزمون‌دهنده با توانایی بالا به‌دلیل تفسیرهای خلاقانه و پیچیده از سؤال‌ها، پاسخ‌های نادرستی به برخی از سؤال های آسان بدهد[۱].

آماره‌های برازش فرد

آماره‌ی برازش فرد میزان معقول‌بودن پاسخ های آزمون دهنده به مجموعه‌ای از سؤال های آزمون را اندازه می گیرد. همان‌طور که در [۱۱]نشان داده شده است، تعداد زیادی آماره به‌منظور شناسایی آزمودنی‌ها با پاسخ نامتعارف ابداع شده است. اکثر آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده اند. جدول شامل مجموعاً ۳۶ آماره‌ی برازش فرد است که به‌عنوان ناپارامتریک یا پارامتریک طبقه بندی می شوند؛ البته در این مقاله، فقط به بررسی آماره‌های برازش فردی که در بسته‌ی PerFit موجود هستند، پرداخته شده است. بیشتر آماره‌های برازش فرد موجود در بسته‌ی PerFit مبتنی بر گروه هستند. استثناها آماره‌های لگاریتم درست‌نمایی هستند که اسنیدرز [۱۲] معرفی کرده و دراسگو[۱۳] آن‌ها را بهبود بخشیده است. در ادامه، بر آماره‌های برازش فرد و توابع مرتبط که در PerFit در دسترس هستند، تمرکز خواهیم کرد.

آماره های پارامتریک؛ برازش فرد مبتنی بر مدل

در این حالت مفروضات مدل بررسی می شوند: ۱. تک‌بعدی‌بودن: همه‌ی سؤال ها در آزمون عمدتاً یک ویژگی نهفته را اندازه‌گیری می کنند؛ ۲. استقلال موضعی: پاسخ به سؤال های مختلف مشروط به توانایی از نظر آماری مستقل هستند؛ ۳. یکنواختی توابع پاسخ سؤال: هر تابع پاسخ سؤال به‌طور یکنواخت غیرکاهشی است [۹].

مدل‌های پارامتریک اغلب برای توصیف داده‌ها استفاده می شوند.

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]

برای این کار، توابع ریاضی شکل‌بسته برای توابع پاسخ سؤال معمولاً بر اساس تابع لجستیک انتخاب می شوند. این توابع هم برحسب پارامترهای فرد و هم پارامترهای سؤال تعریف می شوند [۱۴]. بسته‌های نرم‌افزاری متعددی وجود دارد که امکان برازش مدل‌های پارامتریک را با داده‌ها فراهم می‌کند. در R برخی از بسته‌های مفید عبارت‌اند از: eRm[۱۵] ، irtoys[۱۶]، ltm [۱۷]، mcIRT[۱۸] و TAM[۱۹].

آماره‌های ناپارامتریک؛ برازش فرد مبتنی بر گروه

آماره‌های برازش فرد مبتنی بر گروه یا ناپارامتری، صرفاً به برازش مدل های ریاضی شکل‌بسته برای داده‌ها محدود نمی‌شوند، اگرچه فرض‌های تک‌بعدی‌بودن، استقلال موضعی و یکنواختی هم باید بررسی شوند [۲۰]. به‌طور خاص، الگوی نمره‌ی سؤال در صورتی که تا حد زیادی از معمول ترین رفتار پاسخ در نمونه منحرف شود، به‌عنوان نامتعارف علامت‌گذاری می شود. آماره‌های برازش فرد مبتنی بر گروه معمولاً با استفاده از دشواری های مرحله‌سؤال در حالت چندارزشی که به‌سادگی برابر با نسبت نمره‌های صحیح در حالت دوارزشی هستند، محاسبه می شوند[۵].

مقایسه‌ی عملکرد آماره‌های برازش فرد

با توجه به انبوهی از آماره‌های برازش فرد موجود در دسترس متخصصان، مهم است که بدانیم کدام آماره از سایر آماره‌ها بهتر است؛ یعنی کدام آماره بالاترین توان را برای تشخیص رفتار پاسخ نامتعارف دارد و در عین حال، نرخ های مثبت کاذب را تحت‌کنترل نگه می دارد. ارزیابی عملکرد استراتژی های آماری رقیب به‌طور سنتی، با استفاده از مطالعات شبیه سازی و در موارد نادر، با استفاده از داده‌های تجربی انجام می شود [۹].

یافته‌ها ممکن است با توجه به طراحی مطالعه‌ی شبیه‌سازی و اینکه کدام آماره‌ی برازش فرد در مطالعه استفاده شده است، متفاوت باشند [۹]؛ با این حال، یکی از نتیجه‌گیری‌های کلی تجربی این است که آماره‌های برازش فرد ساده‌ی مبتنی بر گروه مانند H^t و $U3$ نسبت به اکثر آماره‌های برازش فرد مبتنی بر مدل در انواع مختلف مجموعه‌داده‌ها عملکرد بدتری ندارند و در برخی از موارد حتی بهتر عمل می کنند[۳] و[۵] . این خبر خوبی برای متخصصان است، به این معنا که: ۱. آماره‌های برازش فرد مبتنی بر گروه معمولاً ساده‌تر محاسبه می‌شوند؛ ۲. مدل‌های اندازه‌گیری ناپارامتری نسبت به مدل‌های IRT لجستیک پارامتریک محدودتر به داده‌های تجربی هستند[۲۰].

نرم‌افزار R

برخی از آماره‌های برازش فرد در R در دسترس هستند؛ مانند l_z (بسته‌های آی آر توز (irtoys)، ال تی ام (ltm)، ام‌آی‌آرتی (mirt) [۲۱]، اس آی آر تی (sirt) [۲۲]، آماره‌های اینفیت (infit) و اوتفیت (outfit) مبتنی بر مدل راش [۲۳]، بسته‌های ای آر ام (eRm)، ام آی آر تی و اس آی آر ی). PerFit مجموعه‌ی گسترده تری از آماره‌های برازش فرد مبتنی بر مدل و مبتنی بر گروه را ارائه می دهد. به‌طور خاص، PerFit شامل H^t است که در چندین مطالعه‌ی شبیه‌سازی نشان داده‌اند که از اکثر آماره‌های برازش فرد بهتر عمل می کند [۳]، l_z^* به‌عنوان نسخه‌ای به‌روزشده از آماره‌ی رایج l_z و چندین آماره‌ی برازش فرد مناسب برای داده‌های چندارزشی، در این بسته موجود است[۵].

استفاده از بسته‌ی PerFit

آر (R) زبان و محیطی برای محاسبات آماری و گرافیک است. پروژه‌ی R را از سال ۱۹۹۵ در گروه آمار دانشکده‌ی اوکلند (Auckland)، روبرت جنتلمن (Robert Gentleman) و راس ایهاکا (Ross Ihak) (نام این برنامه از حرف اول نام این دو نفر گرفته شده است) شروع کردند و به‌سرعت مخاطبان زیادی یافت.R طیف گسترده‌ای از فنون آماری (نظیر مدل‌سازی خطی و غیرخطی، آزمون‌های آماری کلاسیک، تحلیل سری‌های زمانی، طبقه‌بندی و خوشه‌بندی) و فنون گرافیکی را که بسیار توسعه‌پذیر است، ارائه می‌کند. در حال حاضر، این زبان را تیمی بین المللی نگهداری می کند و داوطلبانه توسعه می‌دهد. R به‌عنوان نرم‌افزار رایگان تحت شرایط مجوز عمومی جنو (بنیاد نرم افزارهای رایگان) در قالب کد منبع باز است. این برنامه بر طیف گسترده ای از پلتفرم های یونیکس (UNIX) و سیستم‌های مشابه از جمله فری بی اس دی (FreeBSD) و لینوکس (Linu)، ویندوز و مک‌اواس (MacOS) کامپایل و اجرا می شود.

در ادامه، چگونگی استفاده از عملگرهای اصلی PerFit به‌منظور برآورد آماره‌های برازش فرد معرفی می‌شود و بعد از آن، نتایج مبتنی بر نرم‌افزار می‌آید و تفسیر می‌شود.

یافته‌ها

محاسبه‌ی آماره‌های برازش فرد

بسته‌ی PerFit در شبکه‌ی جامع بایگانی (CRAN) به آدرس زیر در دسترس است:

https://CRAN.R-project.org/package=PerFit

و می توان از آنجا با استفاده از دستور زیر برنامه را نصب کرد:

```
R> install.packages ("PerFit")
```

آماره‌های برازش فرد موجود در بسته‌ی PerFit در جدول ۱ فهرست شده اند. بسته به آماره‌های برازش فرد، ماتریس‌های $N \times I$ با نمره‌های ۰ و ۱ (در حالت دوارزشی) یا نمره‌های $0,1,\dots,m-1$ (در حالت چندارزشی) باید در R بارگذاری شوند. تعداد گزینه‌های نمره باید برای همه‌ی سؤال‌ها یکسان باشد. مقادیر گم‌شده مجاز هستند. این بسته به‌طور پیش‌فرض شامل دو مجموعه‌ی داده‌ی دوارزشی InadequacyData $(N = 806, I = 28)$، و IntelligenceData $(N = 1000, I = 26)$ ، و یک مجموعه‌ی داده‌ی چندارزشی PhysFuncData $(N = 714, I = 10)$ است (8). در این مقاله، از مجموعه‌ی داده‌ی ZistData $(N = 1000, I = 50)$ که شامل پاسخ نامه‌ی ۱۰۰۰ داوطلب آزمون سراسری سال

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]

۱۴۰۱ است که به ۵۰ سؤال زیست شناسی پاسخ داده‌اند، استفاده شد.

به‌طور معمول، برای استفاده از تابع برازش فرد فقط می توان ماتریس داده (ماتریس آرگومان) را ارائه داد. به‌عنوان مثال، برای محاسبه‌ی مقادیر H^t برای مجموعه‌ی داده‌ی ZistData ، کد زیر اجرا شد:

```
R> library("PerFit")
R> data("ZistData ", package = "PerFit")
R> Ht("ZistData")
```

تابع H^t آرگومان های بیشتری دارد؛ اما همه‌ی آن‌ها پیش‌فرض های ازپیش‌تعریف‌شده دارند. به‌طور کلی، آرگومان‌های توابع برازش فرد دوارزشی به قرار زیر هستند:

```
(matrix,
   NA.method = "Pairwise", Save.MatImp = FALSE,
   IP = NULL, IRT.PModel = "2PL", Ability = NULL,
Ability.PModel = "ML",
   mu = 0, sigma = 1)
```

و آرگومان های توابع برازش فرد چندارزشی به قرار زیر هستند:

```
(matrix, Ncat,
   NA.method = "Pairwise", Save.MatImp = FALSE,
   IP = NULL, IRT.PModel = "GRM", Ability = NULL,
Ability.PModel = "EAP")
```

کاربر ممکن است انتخاب کند که ماتریس داده‌های واردشده را در یک فایل ذخیره کند (Save.MatImp = TRUE). وقتی نسبت مقادیر گم‌شده اندک است و از مکانیسم MCAR پیروی می کند، رویه‌های مقادیر گم‌شده‌ی موجود در PerFit احتمالاً برای اکثر اهداف عملی مناسب هستند؛ اما در صورتی که به طرح‌های دقیق‌تری برای مقابله با مقادیر گم‌شده نیاز باشد، باید به بسته‌های تخصصی R مانند آملیا (Amelia) [۲۴] و می (mi)[۲۵] مراجعه شود. با این حال، زمانی که نسبت گم‌شده زیاد است، هر دو استراتژی حذف دوتایی و انتساب توصیه نمی شوند؛ زیرا ممکن است به نتایج اریب برازش فرد منجر شوند. برای نسبت‌های بزرگ مقادیر گم‌شده، بهتر است آماره های برازش فرد محاسبه نشود[۲۶] .

خروجی یک تابع آماره‌ی برازش فرد یک شیء (object) از کلاس "PerFit"است که از لیستی با ۱۲ عنصر تشکیل شده است:

۱. PFscores : لیستی به‌طول N از مقادیر آماره‌های برازش فرد؛
۲. PFStatistic: آماره‌های برازش فرد به‌کاربرده‌شده؛
۳. PerfVects: پیامی که نشان می‌دهد آیا بردارهای پاسخ کامل (همه ۰ یا همه ۱) از تحلیل حذف شده‌اند؛
۴. ID.all0s : نشانگرهای ردیفی بردارهای حذف‌شده پاسخ همه-۰ از تحلیل (در صورت وجود)؛
۵. ID.all1s : نشانگرهای ردیفی بردارهای حذف‌شده پاسخ همه-۱ از تحلیل (در صورت وجود)؛
۶. matrix: ماتریس داده پس از تعیین مقادیر گم‌شده (در صورت وجود، در غیر این صورت ماتریس داده‌ی اصلی است)؛
۷. Ncat: تعداد دسته‌های پاسخ؛
۸. IRT.PModel: مدل پارامتری آی‌آرتی استفاده‌شده؛
۹. IP: ماتریس پارامترهای سؤال؛
۱۰. Ability.PModel: روشی که برای برآورد توانایی‌ها استفاده می شود؛
۱۱. Ability: بردار پارامترهای توانایی N؛
۱۲. NAs.method: روشی که برای مقابله با مقادیر گم‌شده استفاده می شود.

به‌غیر از آماره‌هایی که در حال حاضر در بسته گنجانده شده است،

جدول ۱: دسته‌بندی آماره‌های پارامتریک و ناپارامتریک برازش فرد

آماره های برازش فرد	توابع PerFit	نوع سؤال	رویکرد
r_{pbis}	r_{pbis}	دوارزشی	ناپارامتری
C	C.Sato	دوارزشی	ناپارامتری
G, G_n	G.Gnormed	دوارزشی	ناپارامتری
A, E, D	A.KB, E.KB, E.KB	دوارزشی	ناپارامتری
$U3, ZU3$	U3, ZU3	دوارزشی	ناپارامتری
C^*	Cstar	دوارزشی	ناپارامتری
NCI	NCI	دوارزشی	ناپارامتری
H^T	HT	دوارزشی	ناپارامتری
G^P	Gpoly	دوارزشی	ناپارامتری
G_n^p	Gnormed.poly	چندارزشی	ناپارامتری
$U3^p$	U3poly	چندارزشی	ناپارامتری
l_z	lz	دوارزشی	پارامتری
l_z^p	lzpoly	چندارزشی	پارامتری
l_z^*	lzstar	دوارزشی	پارامتری

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]

توابع بیشتری نیز در دسترس هستند، به این نام‌ها:

PerFit.PFS، PerFit.SE، cutoff، flagged.resp، the print، summary، plot methods in PerFit

تابع PerFit.PFS:

```
PerFit.PFS(matrix, method = NULL, simplified = TRUE, NA.method = "Pairwise",
Save.MatImp = FALSE, IP = NULL, IRT.PModel = NULL, Ability = NULL,
Ability.PModel = NULL, mu = 0, sigma = 1)
```

تابع PerFit.PFS امکان محاسبه‌ی بیش از یک آماره‌ی برازش فرد را به‌طور هم‌زمان فراهم می کند.

```
R> PFS.out <- PerFit.PFS(ZistData, method = c("U3", "lzstar", "Ht"), simplified = TRUE)
R> PFS.out

     U3    lzstar    Ht
1  0.2962   0.0578   0.1237
2  0.1859   1.5706   0.1793
3  0.0848   1.8427   0.2426
4  0.3654   0.3611   0.0649
5  0.3104  - 0.5771  0.1093
…
```

تابع PerFit.SE خطاهای استاندارد جک‌نایف را برای نمرات آماره‌ی برازش فرد در شیء x محاسبه می کند. این فرایند شامل محاسبه‌ی آماره‌های برازش فرد برای هر مجموعه‌ی داده با حذف iامین سؤال $(i = 1,\ldots,I)$ و به‌دنبال آن، محاسبه‌ی انحراف استاندارد جک‌نایف مقادیر I آماره‌های برازش فرد، برای هر آزمون شونده در مجموعه‌ی داده است.

```
R> Ht.out <- Ht (ZistData)
R> Ht.SE <- PerFit.SE (Ht.out)
R>Ht.S

     PFscores  PFscores.SE
[1,]  0.1237    0.0591
[2,]  0.1793    0.0598
[3,]  0.2426    0.0720
[4,]  0.0649    0.0459
[5,]  0.1093    0.0591
...
```

تابع cutoff:

```
cutoff(x, ModelFit = "NonParametric", Nreps = 1000, IP = x$IP, IRT.PModel =
x$IRT.PModel, Ability = x$Ability, Ability.PModel = x$Ability.PModel,
mu = 0, sigma = 1, Blvl = 0.05, Breps = 1000, CIlvl = 0.95, UDlvl = NA)
```

این تابع اجازه می دهد تا مقدار یک نقطه‌ی برش را در یک سطح ازپیش‌تعیین‌شده برآورد کنیم. مقادیر آماره‌ی برازش فرد در نمونه در حد یا بیشتر از مقدار نقطه‌ی برش به پرچم گذاری بردارهای نمرات سؤال مربوط به‌عنوان نامتعارف منجر می شود.

نقطه‌ی برش مقادیر H^t محاسبه‌شده از داده‌های ZistData بر اساس نرخ خطای اسمی ۱۰ درصد به شرح زیر است:

```
R> set.seed (123)
R> cutoff (Ht.out, Blvl = 0.10)
$Cutoff
[1] 0.0072
$Cutoff.SE
[1] 0.0058
$Prop.flagged
[1] 0.152
$Tail
[1] "lower"
$Cutoff.CI
  2.5%     97.5%
-0.0062   0.0156
```

تابع flagged.resp:

```
flagged.resp(x, cutoff.obj = NULL, scores = TRUE, ord = TRUE, ModelFit =
"NonParametric", Nreps = 1000, IP = x$IP, IRT.PModel = x$IRT.PModel,
Ability = x$Ability, Ability.PModel = x$Ability.PModel, mu = 0, sigma = 1,
Blvl = 0.05, Breps = 1000, CIlvl = 0.95, UDlvl = NA)
```

این تابع مشخص می کند که کدام آزمون شوندگان در نمونه بر اساس یک نقطه‌ی برش پرچم‌گذاری آماره‌ی برازش فرد توسط یک شده‌اند.

```
R> U3.out <- U3(ZistData)
R> set.seed(72)
R> U3.cutoff <- cutoff(U3.out, Blvl = .01)
R> flagged.resp(U3.out, cutoff.obj = U3.cutoff, ord = TRUE)

$Scores
  FlaggedID It3  It21  It15  It23  …  It47  It13  It28  It27  PFscores
[1,]   91   0   0   0   0      0   0   0   0   0.7310
[2,]  130   0   0   0   0      0   1   0   0   0.7080
[3,]  345   0   0   0   0      0   0   0   0   0.7822
[4,]  412   0   0   0   0      0   0   0   0   0.7837
[5,]  421   0   0   0   0      0   0   0   0   0.7873
[6,]  478   0   0   0   0      1   0   0   0   0.7049
[7,]  507   0   0   0   0      0   0   0   0   0.7488
[8,]  549   0   0   0   0      0   0   0   0   0.7366
[9,]  589   0   0   0   0      0   0   0   0   0.7120
[10,]  607  0   0   0   0  …   0   0   0   1   0.7374
[11,]  649  0   0   0   0  …   0   0   0   0   0.7031
[12,]  683  0   0   0   0  …   0   0   0   1   0.7023
[13,]  72   0   0   0   0  …   0   0   0   0   0.7261
[14,]  769  0   0   0   0  …   0   0   0   0   0.7873
[15,]  778  0   0   0   0  …   0   0   0   0   0.7057
[16,]  797  0   0   0   0  …   0   0   0   0   0.7388
[17,]  822  0   0   0   1  …   0   0   0   0   0.7044
[18,]  864  0   0   0   0  …   0   0   0   0   0.8643
[19,]  897  0   0   0   0  …   0   0   0   0   0.8760
[20,]  931  0   0   0   0  …   0   0   0   0   0.7313
[21,]  956  0   0   0   0  …   0   0   0   1   0.7222
```

تابع PRFplot:

```
PRFplot (matrix, respID, h = .09, N.FPts = 101, VarBands = FALSE,
VarBands.area = FALSE, alpha = .05, Xlabel = NA, Xcex = 1.5, Ylabel = NA,
Ycex = 1.5, title = NA, Tcex = 1.5, NA.method = "Pairwise", Save.MatImp =
FALSE, IP = NULL, IRT.PModel = "2PL", Ability = NULL, Ability.PModel =
```

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]

"ML", mu = 0, sigma = 1, message = TRUE)

تابع PRFplot آماره‌های برازش فرد ناپارامتری را برای همه‌ی آزمون دهندگان شناسایی‌شده در بردار respID ترسیم می‌کند. این تابع فقط برای داده‌های دوارزشی اعمال می شود. محور طول‌ها مقادیر دشواری و محور عرض‌ها مقادیر احتمال پاسخ صحیح را نشان می‌دهد (نمودار ۱).

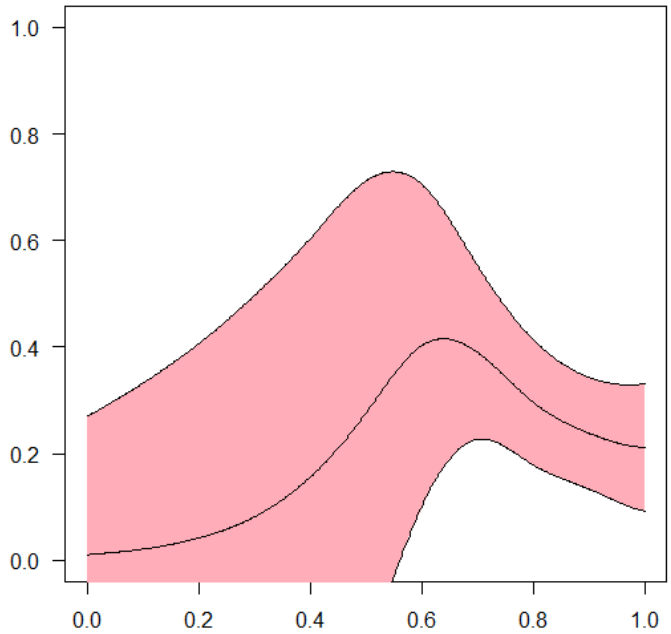
PRFplot(ZistData, 1000, VarBands = TRUE, VarBands.area = TRUE, message = FALSE)

روش plot برای PerFit :

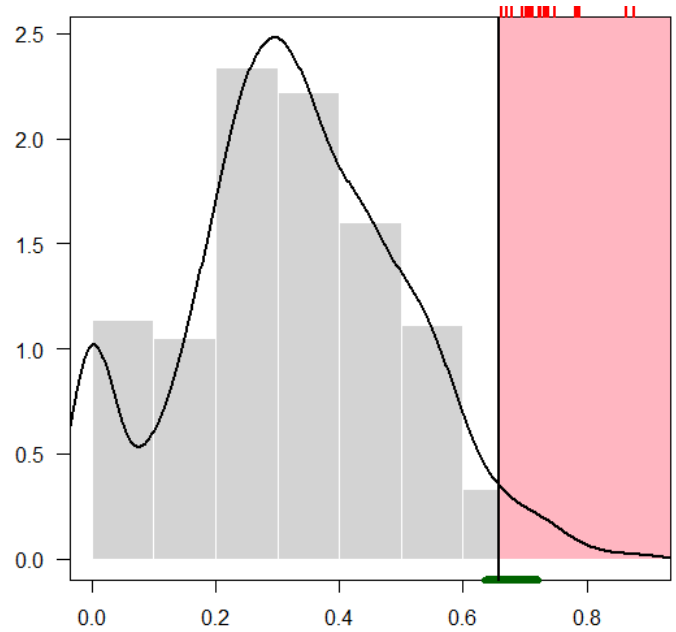
plot(x, cutoff.obj = NULL, ModelFit = "NonParametric", Nreps = 1000, IP =
x$IP, IRT.PModel = x$IRT.PModel, Ability = x$Ability, Ability.PModel =
x$Ability.PModel, mu = 0, sigma = 1, Blvl = 0.05, Breps = 1000, CIlvl =
0.95, UDlvl = NA, Type = "Density", Both.scale = TRUE, Cutoff = TRUE,
Cutoff.int = TRUE, Flagged.ticks = TRUE, Xlabel = NA, Xcex = 1.5, title =
NA, Tcex = 1.5, col.area = "lightpink", col.hist = "lightblue", col.int =
"darkgreen", col.ticks = "red", ...)

نمودار ۲ توزیع تجربی مقادیر آماره‌های برازش فرد مشخص‌شده توسط شیء x کلاس PerFit را نشان می دهد. هیستوگرام، چگالی یا ترکیبی از هر دو نمایشگر امکان‌پذیر است (آرگومان Type با گزینه های "Histogram" ، "Density"(default) و "Both"). (نمودار ۲).

plot(U3poly(data, Ncat = 2), Blvl = 0.01)



نمودار ۱: تابع آماره‌های برازش فرد ناپارامتری



نمودار ۲: تابع آماره‌ی برازش فرد U3

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]

بحث

در این مقاله، به‌طور خلاصه مفاهیم اصلی سنجش برازش فرد را بررسی کردیم و یک مثال درباره‌ی نحوه‌ی انجام چنین تحلیلی در نرم‌افزارR با استفاده از بسته‌ی PerFit ارائه کردیم. تحولات در این زمینه ادامه دارد و پژوهشگران در حال گسترش و تدوین بسته های بیشتری برای این نرم افزار هستند. سنجش برازش فرد زمینه‌ی تحقیقاتی فعالی است که توجه بسیاری از محققان روان‌سنجی را به خود جلب کرده است. جریان های تحقیقاتی متنوعی، مانند ارزیابی عملکرد آماره‌های برازش فرد در شرایط مختلف، شناسایی منابع پاسخ نامتعارف[۲۷] و[۵] جست‌وجوی دستورالعملی برای انتخاب آماره‌ی برازش فرد مناسب [۲۸] همچنان مورد علاقه‌ی پژوهشگران است. برخی از محققان سعی کردند علاوه بر بازرسی‌های کمی برای کشف منابع بالقوه‌ی الگوهای پاسخ نامتعارف، به بررسی کیفی منابع و دلایل این عدم برازش ها بپردازند. بررسی همه‌جانبه و دقیق منابع ایجادکننده‌ی عدم برازش فرد می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را برای بررسی اعتبار نمرات ابزارهای روان‌شناختی که مستعد پاسخ‌های جعلی هستند و همچنین، آزمون‌های پیشرفت تحصیلی ارائه دهد.

نتیجه‌گیری

PerFit بسته‌ای در نرم افزار R است که آماره‌های پرکاربرد برازش فرد موجود را ارائه می دهد. برخی از روش‌هایی که احتمالاً در نسخه‌های آینده‌ی بسته قرار می‌گیرند، شامل طیف گسترده‌تری از آماره‌های برازش فرد مبتنی بر مدل و روش‌های مناسب برای داده‌های آزمون‌های انطباقی رایانه‌ای خواهند بود. آماره‌های برازش فرد اولین گام برای ردیابی افرادی است که رفتار پاسخ گویی آن‌ها یا بخشی از آن، نتیجه‌ی ویژگی های دیگری غیر از توانایی پنهانی است که آزمون قصد اندازه‌گیری آن را دارد. تحلیل الگوهای نمره‌ی سؤال ممکن است اطلاعات بیشتری را درباره‌ی آزمون شوندگان نسبت به تحلیل نمرات آزمون نشان دهد. در این بررسی، درباره‌ی چندین آماره‌ی برازش فرد بر روی داده‌های واقعی درس زیست شناسی آزمون سراسری بحث شد که می توان از آن‌ها برای تشخیص الگوهای نمره‌ی نامتعارف استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

مقاله ی حاضر حاصل بخشی از رساله ی دکتری نویسنده ی اول در دانشگاه تهران است. نویسندگان بدین وسیله نهایت سپاس و قدردانی خود را ازسازمان سنجش آموزش کشور ابراز می دارند.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.

سهم نویسندگان

تمامی نویسندگان امور مربوط به مقاله و پیگیری‌های آن را بر عهده داشته‌اند.

ملاحظات اخلاقی

ملاحظات اخلاقی مربوط به مقاله به طور کلی رعایت شده است.

حمایت مالی

جهت انجام این پژوهش هیچ گونه حمایت مالی دریافت نشده است.

REFERENCES

1. Meijer RR. Person-fit research: an introduction. *Appl Meas Educ*. 1996;**9**(1):3-8. DOI: 10.1207/s15324818ame0901_2
2. Meijer RR, Egberink IJL, Emons WHM, Sijtsma K. Detection and validation of unscalable item score patterns using item response theory: an illustration with harter's self-perception profile for children. *J Pers Assess*. 2008;**90**(3):227-38. DOI: 10.1080/00223890701884921
3. Karabatsos G. Comparing the aberrant response detection performance of thirty-six person-fit statistics. *Appl Meas Educ*. 2003;**16**(4):277-98. DOI: 10.1207/S15324818AME1604_2
4. Olson JF, Fremer J. TILSA test security guidebook preventing, detecting, and investigating test security irregularities. 2013.
5. Meijer RR, Tendeiro JN. The use of person-fit scores in high-stakes educational testing: how to use them and what they tell us. law school admission council. USA; 2014.
6. Conijn JM. Detecting and Explaining Person Misfit in Non-Cognitive Measurement. Netherlands: Tilburg University; 2013.
7. Meijer RR, Niessen AS, Tendeiro JN. A practical guide to check the consistency of item response patterns in clinical research through person-fit statistics: examples and a computer program. *Assessment*. 2016;**23**(1):52-62. DOI: 10.1177/1073191115577800
8. Tendeiro JN. PerFit: Person Fit. 2021. [available from: https://cran.r-project.org/web/packages/PerFit/index.html]
9. Rupp AA. A systematic review of the methodology for person fit research in Item Response Theory: Lessons about generalizability of inferences from the design of simulation studies. *Psychol Test Assess Model*. 2013;**55**(1):3–8.
10. Santos KCP, de la Torre J, Von Davier M. Adjusting Person Fit Index for Skewness in Cognitive Diagnosis Modeling. *J Classif*. 2020;**37**:399-420. DOI: 10.1007/s00357-019-09325-5
11. Meijer RR, Sijtsma K. Methodology review: evaluating person fit. *Appl Psychol Meas*. 2001;**25**(2):107-35. DOI: 10.1177/01466210122031957
12. Drasgow F, Levine MV, Williams EA. Appropriateness measurement with polychotomous item response models and standardized indices. *Br J Math Stat Psychol*. 1985;**38**(1):67-86. DOI: 10.1111/j.2044-8317.1985.tb00817.x
13. Snijders TA. Asymptotic null distribution of person fit statistics with estimated person parameter. *Psychometrika*. 2001;**66**:331-42. DOI: 10.1007/BF02294437
14. Embretson SE, Reise SP. Item Response Theory. Psychology Press; 2013.
15. Mair P, Hatzinger R. Extended rasch modeling: the **erm** package for the application of irt models in R. *J Stat Softw*. 2007;**20**:1-20. DOI: 10.18637/jss.v020.i09
16. Partchev I, Maris G, Hattori T. irtoys: A collection of functions related to item response theory (IRT). 2022. [available from: https://cran.r-project.org/web/packages/irtoys/index.html]
17. Rizopoulos D. ltm : An *R* Package for Latent Variable Modeling and Item Response Theory Analyses. *J Stat Softw*. 2007;**17**:1-25. DOI: 10.18637/jss.v017.i05
18. Reif M) 2014 .(mcIRT: IRT Models for Multiple Choice Items .R package version 0.41, https://CRAN.R-project.org/package=mcIRT
19. Robitzsch A, Kiefer T, Wu M. TAM: Test Analysis Modules. 2023. [available from: https://cran.r-project.org/web/packages/TAM/index.html]
20. Sijtsma K, Molenaar IW. Introduction to nonparametric item response theory. sage; 2002.
21. Chalmers RP. mirt : A multidimensional item response theory package for the *r* environment. *J Stat Softw*. 2012;**48**:1-29. DOI: 10.18637/jss.v048.i06
22. Robitzsch A. sirt: Supplementary item response theory

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]

models. 2023. [Available from: https://cran.r-project.org/web/packages/sirt/index.html]
23. Wright BD, Masters GN. Computation of OUTFIT and INFIT Statistics. *Rasch Meas Trans*. 1990;**3**(4):84–5.
24. Honaker J, King G, Blackwell M. Amelia II: A program for missing data. *J Stat Softw*. 2011;**45**:1-47. DOI: 10.18637/jss.v045.i07
25. Su YS, Gelman A, Hill J, Yajima M. Multiple imputation with diagnostics (**mi**) in *r* : opening windows into the black box. *J Stat Softw*. 2011;**45**:1-31. DOI: 10.18637/jss.v045.i02
26. Nering ML, Meijer RR. A comparison of the person response function and the lz person-fit statistic. *Appl Psychol Meas*. 1998;**22**(1):53-69. DOI: 10.1177/01466216980221004
27. Cui Y, Mousavi A. Explore the usefulness of person-fit analysis on large-scale assessment. *Int J Test*. 2015;**15**(1):23-49. DOI: 10.1080/15305058.2014.977444
28. Tendeiro JN, Meijer RR, Schakel L, Maij-de Meij AM. Using cumulative sum statistics to detect inconsistencies in unproctored internet testing. *Educ Psychol Meas*. 2013;**73**(1):143-61. DOI: 10.1177/0013164412444787

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/psj.21.3.186]