

Research Paper

Construction and validation of the preliminary version of the pictorial-computer test for executive functions

Mohsen Rafikhah¹, AliAkbar Arjmandnia², Mohsen Shokoohi-Yekta³, Saeed HasanZadeh², Ali MoghaddamZadeh⁴

1. Ph.D Student in Psychology and Education of Exceptional Children, Faculty of Psychology and Educational, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Psychology and Education for Exceptional Children, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran. Tehran, Iran.
3. Professor, Psychology and Education of Exceptional Children, Department of Psychology, University of Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Faculty of Psychology and Educational, University of Tehran, Tehran, Iran.

Citation: Rafikhah M, Arjmandnia A.A, Shokoohi-Yekta M, HasanZadeh S, MoghaddamZadeh A. Construction and validation of the preliminary version of the pictorial-computer test for executive functions. J of Psychological Science. 2021; 20(104): 1235-1249.

URL: <https://psychologicalscience.ir/article-1-1106-fa.html>



ORCID



doi [10.52547/JPS.20.104.1235](https://doi.org/10.52547/JPS.20.104.1235)

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords: executive functions, updating, working memory, shifting, inhibition

Background: Executive functions are a set of high-level cognitive processes that, by influencing low-level processes, enable individuals to direct their thoughts and actions. Despite the importance of measuring executive functions Many current tests of executive function are complex, have limited reliability and validity, and suffer from task impurity.

Aims: The purpose of this project was to develop a novel set of executive function test based on the integrated model of executive function.

Methods: The sample consisted of 115 students (18 girls and 97 boys) who were selected by cluster random sampling from 16 and 6 urban areas of Tehran (M=9.2 years; SD=1.7). central nervous system vital signs test was used to evaluate the validity of the test. Pearson correlation tests and exploratory and confirmatory factor analysis were used to analyze the data.

Results: The reliability of the main scores of the subtests was mainly calculated in a significant range ($p < 0.05$). Also, the concurrent validity of the test using the correlation showed a significant correlation. The calculated coefficients for the snake and ladder, gift box, school bag, special route, mannequins, cards, apples, ball and rocket and hands are equal to 0.61, respectively, 0.53, 0.41, 0.79, 0.54, 0.38, 0.66, 0.60 and 0.39. Exploratory factor analysis identified three factors: updating, shifting, and inhibition. The results of confirmatory factor analysis also indicated a good fit of the mode.

Conclusion: The pictorial-computer test of executive functions has outstanding features for measuring students' executive functions.

Received: 05 Jan 2021

Accepted: 30 Jan 2021

Available: 23 Oct 2021

* **Corresponding Author:** AliAkbar Arjmandnia, Associated Professor, Faculty of Psychology and Educational, University of Tehran, Tehran, Iran.

E-mail: arjmandnia@ut.ac.ir

Tel: (+98) 9369676480

2476-5740/ © 2021 The Authors. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



Extended Abstract

Introduction

Executive functions are a set of high-level cognitive processes that, by influencing low-level processes, enable individuals to direct their thoughts and actions (Friedman and Miyake, 2017). Over the years, there has been much debate about the nature of executive functions, their components, and the relationship between these components. One of the most important debates is about the Unity or diverse structure of executive functions. Unity means that there is a common element that is the same for all executive components and diversity indicates that there is some uniqueness for each specific executive component (Miyake, et al., 2000).

Various models have been proposed for executive functions, but the integrated model proposed by Miyake et al. (2000) seems to have the most agreement. Miyake et al. (2000) identified three major EFs: updating (working memory), set-shifting, and inhibition, which are moderately related to each other, but are clearly separable. These processes serve different functions for goal-directed behavior. Inhibition is the ability to purposefully hinder dominant, automatic, or prepotent response. Set-shifting is an executive process that involves disengaging a set of rules for an irrelevant task and activating rules for an alternate task, and updating (WM) is a limited capacity store that retains information that can be manipulated.

This model can also be used in the field of assessing executive functions. There are numerous neuropsychological tests for assessing executive functions, however the measurement of the construct of executive functioning is challenging on many levels. The first issue concerns the construct of executive functions, models and definitions. They also have limited reliability and validity, and suffer from task impurity, so that different components are involved in performing tasks related to executive function. According to Miyake et al. (2000), some of the problems of impurity and reliability of tools can be reduced by using multiple tasks. In addition, some executive function tests are not applicable to clinical groups. For example, some students with learning

disabilities may perform lower than their actual performance due to reading and speech problems.

In accordance with the gaps in the assessment of executive functions, this study intends to reduce the mentioned problems and issues by applying an integrated model of executive functions. The purpose of this project was to develop a novel set of executive function test based on the integrated model of executive function. This test measures the three components of updating, set shifting, and inhibition.

Method

The sample consisted of 115 students (18 girls and 97 boys) who were selected by cluster random sampling from 16 and 6 urban areas of Tehran (M=9.2 years; SD=1.7). Criteria for entering the study were: Conscious consent to enter the study, age range 7 to 13 years, having moderate or higher IQ. Exclusion criteria also included: any cognitive or developmental problems, a history of AD/HD Disorder, learning disabilities, autism, as well as other behavioral or emotional problems based on student records and statements by school officials.

To develop the test, the background of the current tests was first evaluated, and based on their strengths and weaknesses, various tasks were designed for the three main components. The tasks were evaluated and reviewed in several stages, and finally tasks were approved and provided to a computer expert to prepare a software version. The pictorial-computer test was designed by Rafikhah et al. (2020). This test consists of three components and 9 subtests: 1. Updating (snake and ladder, gift box, and school bag); 2. Set-shifting (special route, mannequins, and cards); 3. Inhibition (apples, balls and rockets, and hands). The Central Nervous System Vital Signs (CNSVS) was used to evaluate the concurrent validity of the designed test.

Results

The test-retest method was used to examine the reliability. There is a significant correlation between most of the main scores between the two stages of the test. However, in the card test, there was no significant correlation between Perseverative Errors and Failure to Maintain a Set. Concurrent validity of the test was examined using the correlation between

the main scores of subtests and three tests of CNSVS; visual memory, attention shifting, and inhibition with a sample of 30 students (Table 1). The results show that all subtests have a high correlation.

Exploratory and confirmatory factor analysis were used to examine the construct validity. The results showed that the three factors have the highest factor

loading. Table 2 shows the matrix of rotated components using the varimax rotation method. Each of the nine subtests has the highest load on its own factor, so that the updating subtests on factor 1, the set-shifting subtests on factor 2, and the Inhibition subtests on factor 3 (Table 2).

Table 1. Concurrent validity

Visual memory		Attention shifting		Inhibition	
Snake and ladder	0.61	Special route	0.79	Apples	-0.66
Gift box	0.53	Mannequins	0.54	Balls and rockets	-0.60
School bag	0.41	Cards	0.38	Hands	-0.39

Table 2. Extracted factors

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Span (Snake and ladder)	0.74	0.05	-0.44
Span (Gift box)	0.90	0.06	-0.08
Span (School bag)	0.84	0.14	0.13
Shifting score (Special route)	0.04	0.81	-0.35
Shifting score (Mannequins)	0.03	0.90	-0.15
Categories (Cards)	0.07	0.80	-0.05
Interference error (Apples)	-0.27	0.05	0.72
Stop Signal error (Balls and rockets)	-0.27	-0.05	0.60
Interference error (Hands)	0.03	-0.13	0.67

Table 3. Analysis of covariance the effect of educational intervention on dependent variables

Source of changes	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.	Effect size
fluid reasoning	198.17	1	198.17	58.28	0.001	0.69
verbal comprehension	93.71	1	93.71	27.08	0.001	0.51

Confirmatory factor analysis was used to examine the fit of the proposed model. Figure 1 shows that the subtests designed in the three main components have acceptable standard coefficients. Also, RMSEA, GFI, Chi-square CFI, NFI, IFI and AFGI indices showed that the three-component model has a good fit.

Conclusion

In the present study, we tried to design the tasks as much as possible based on theory. The results generally showed that the pictorial-computer test of executive functions has good validity and reliability. It was also found that the three-factor model of executive functions has a good fit (Figure 1), which is consistent with Miyake et al., 2000; Lehto et al., 2003; Wu et al., 2011; Huizinga et al., 2006; McKenna et al., 2017.

This test has important features, for example, the use of several subtests to measure each component of executive functions, the use of meaningful tasks, reducing the impact of other executive and non-executive components, applying for students with learning disabilities and also the use of software to run and score the test.

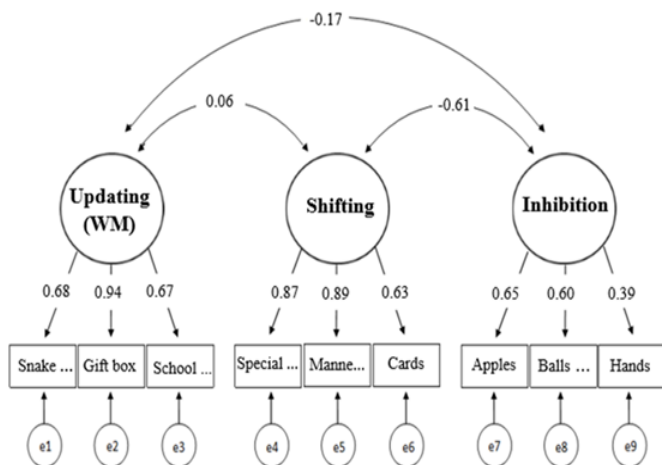


Figure 1. Three-factor model

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This article is extracted from the Ph.D. dissertation of the first author at the Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Tehran. All present students participated in the study with informed consent. Ethics codes 1, 2, 3 and 17 (participants' consent and confidentiality of information) are considered in this study.

Funding: This study was conducted as a PhD thesis with no financial support.

Authors' contribution: The first author was the senior author, the second and third were the supervisors and the fourth and fifth were the advisors.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest for this study.

Acknowledgments: I would like to appreciate the supervisor, the advisors, and the participants in the study.

ساخت و اعتباریابی نسخه مقدماتی آزمون تصویری - رایانه‌ای کارکردهای اجرایی

محسن رفیع خواه^۱، علی اکبر ارجمندنیا^{۲*}، محسن شکوهی یکتا^۳، سعید حسن زاده^۴، علی مقدم زاده^۴

۱. دانشجوی دکتری روانشناسی و آموزش کودکان استثنایی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. دانشیار، گروه روانشناسی و آموزش کودکان استثنایی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳. استاد، گروه روانشناسی و آموزش کودکان استثنایی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴. استادیار، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

مشخصات مقاله

زمینه: کارکردهای اجرایی مجموعه‌ای از پردازش‌های عالی ذهن هستند که در تنظیم افکار و رفتار هدفمند نقش دارند. علی‌رغم اهمیت این کارکردها اما مشکلات زیادی در مورد سنجش صحیح آن‌ها وجود دارد. مشکلاتی از قبیل پیچیدگی، محدودیت‌های پایایی و روایی و همچنین ناخالصی در سنجش مؤلفه‌ها.

هدف: این پژوهش با هدف ساخت و اعتباریابی آزمون تصویری - رایانه‌ای کارکردهای اجرایی انجام پذیرفت تا مشکلات موجود در ابزارهای رایج را به حداقل برساند.

روش: این پژوهش به لحاظ هدف جزء پژوهش‌های تحقیق و توسعه، و به لحاظ شیوه‌ی گردآوری اطلاعات، پیمایشی و از نظر روش‌شناسی از جمله تحقیقات آزمون‌سازی به حساب می‌آید نمونه پژوهش شامل ۱۱۵ دانش‌آموز بود که به صورت نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای و از مناطق ۱۶ و ۶ شهری تهران انتخاب شدند. از آزمون علائم حیاتی سیستم اعصاب مرکزی به عنوان ابزاری جهت تعیین روایی همزمان استفاده شد.

یافته‌ها: پایایی نمرات اصلی خرده‌آزمون‌ها با استفاده از روش باز آزمایی عمدتاً در دامنه معنادار محاسبه شد (p/۰۰۵). همچنین روایی همزمان آزمون با استفاده از همبستگی بین نمرات خرده‌آزمون‌های ابزار و خرده‌آزمون‌های CNS حاکی از همبستگی معنادار بود. ضرایب محاسبه شده برای خرده‌آزمون‌های مار و پله، جعبه‌ی هدیه، کیف مدرسه، خط ویژه، آدمک‌ها، کارت‌ها، سب‌ها، توپ و راکت و دست‌ها به ترتیب برابر با ۰/۶۱، ۰/۵۳، ۰/۴۱، ۰/۷۹، ۰/۵۴، ۰/۳۸، ۰/۶۶، ۰/۶۰ و ۰/۳۹ بود. تحلیل عاملی اکتشافی سه مولفه‌ی بهنگام‌سازی حافظه فعال، جابه‌جایی ذهنی و بازداری را شناسایی کرد.

نتیجه‌گیری: مجموعه آزمون تصویری - رایانه‌ای کارکردهای اجرایی از ویژگی‌های برجسته‌ای جهت سنجش کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان برخوردار است.

کلیدواژه‌ها:

کارکردهای اجرایی، بهنگام‌سازی، حافظه فعال، جابه‌جایی ذهنی، بازداری

دریافت شده: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶

پذیرفته شده: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱

منتشر شده: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱

* نویسنده مسئول: علی اکبر ارجمندنیا، دانشیار، گروه روانشناسی و آموزش کودکان استثنایی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

رایانامه: arjmandnia@ut.ac.ir

تلفن: ۰۹۳۶۹۶۷۶۴۸۰

مقدمه

کارکردهای اجرایی^۱ مجموعه فرآیندهای شناختی سطح بالای مغز هستند که با تأثیرگذاری در فرآیندهای سطح پایین، افراد را قادر می‌سازند تا افکار و اعمال خود را در طی رفتارهای هدفمند هدایت کنند (فریدمن و میاک، ۲۰۱۷). مدل‌های ارائه شده برای کارکردهای اجرایی در کودکان و بزرگسالان اگرچه تا حدی متفاوت هستند اما رویکردهای مطالعه آن‌ها از چند نظر مشابه‌اند. نخستین رویکرد، ساختار کارکرد اجرایی را یک کل واحد در نظر می‌گیرد. پژوهشگرانی همچون موناکاتا (۲۰۰۱)، بارکلی (۱۹۹۷) و پوسنر و روئبارت (۲۰۰۷) از جمله پژوهشگران قائل به این رویکرد هستند. برای مثال پوسنر و روئبارت (۲۰۰۷) در مطالعه کودکان پیش‌دستانی به این نتیجه رسیدند که در مدل کارکرد اجرایی، مکانیسم توجه به عنوان یک عامل کل، نقش ویژه‌ای ایفا می‌کند. دومین رویکرد مرتبط با کارکرد اجرایی، ساختاری از مؤلفه‌های مستقل و مجزا از هم را پیشنهاد می‌کند که مسیر تحولی متفاوتی از یکدیگر دارند (دیاموند، ۲۰۱۳)؛ و در نهایت سومین رویکرد که با هدف پیوند زدن دو دیدگاه قبلی مطرح شد دیدگاهی جامع و یکپارچه به کارکردهای اجرایی دارد. طبق این رویکرد، کارکرد اجرایی دربرگیرنده‌ی مؤلفه‌هایی است که نسبتاً مستقل از یکدیگر اما تا اندازه‌ای با هم مرتبط هستند (میاک و همکاران، ۲۰۰۰؛ لئو، جوجاروی، کویسترا و پولکینن، ۲۰۰۳).

پژوهش میاک و همکاران (۲۰۰۰) از جمله نخستین گام‌های مؤثر برای دست یافتن به مدل یکپارچه کارکردهای اجرایی بود. از نظر آنان بخشی از دشواری ارزیابی مؤلفه‌های کارکرد اجرایی به این علت است که اندازه‌گیری‌ها ناخالص هستند، از این‌رو استفاده از ابزارهای مختلف برای مؤلفه‌های مشخص و استخراج واریانس مشترک، موجب می‌شود که متغیر پنهانی که اندازه‌گیری خالص تر و دقیق‌تری از ساختار کارکرد اجرایی به دست می‌دهد، حاصل شود. میاک و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از تحلیل عاملی، ابزارهای مختلف سنجش کارکردهای اجرایی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که رایج‌ترین مؤلفه‌های کارکرد اجرایی که در اکثر تکالیف و آزمون‌ها مشارکت دارند، سه مؤلفه انعطاف‌پذیری

(جابه‌جایی)^۲ ذهنی، بازداری^۳ و بهنگام‌سازی^۴ اطلاعات (یا حافظه فعال)^۵ هستند.

اگرچه نمونه مورد مطالعه در پژوهش میاک و همکاران (۲۰۰۰) بزرگسالان را شامل می‌شد، اما این مدل در پژوهش‌های مرتبط با کودکان نیز تا حد زیادی مورد تأیید قرار گرفته است (لتو و همکاران، ۲۰۰۳؛ وو و همکاران، ۲۰۱۱؛ هایزینگا و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین داده‌های به دست آمده از تصویربرداری‌های عصب‌شناختی کودکان ۶ تا ۱۸ ساله بر مدل یکپارچه‌ای با سه مؤلفه انعطاف‌پذیری، بهنگام‌سازی و بازداری تأکید کرده است (مک‌کنا و همکاران، ۲۰۱۷).

به‌رغم اینکه مدل یکپارچه مطرح شده توسط میاک و همکاران (۲۰۰۰) با ادغام کردن مدل‌های پیشین از حمایت زیادی برخوردار است اما همچنان بحث‌هایی در ارتباط با مؤلفه‌های اصلی آن وجود دارد. برای مثال برخی مطالعات با انجام تحلیل عاملی شواهدی از وجود دو مؤلفه حافظه فعال و انعطاف‌پذیری گزارش کرده‌اند اما در شناسایی مؤلفه سوم (بازداری) ناکام بوده‌اند (ون در اسلويس و همکاران، ۲۰۰۷؛ هایزینگا و همکاران، ۲۰۰۶؛ هال، مارتین، بیر، لین و همیلتون، ۲۰۰۸). ون در اسلويس و همکاران (۲۰۰۷) این دو مؤلفه را در بررسی کارکردهای اجرایی کودکان ۹ تا ۱۲ سال شناسایی کردند. آنان همچنین با استفاده از تکالیفی که واریانس آن‌ها مهار شده بود، علاوه بر این دو عامل به یک عامل کلی دست یافتند که در بین تمامی تکالیف دارای بار عاملی بود.

با وجود اختلاف نظرهای ذکر شده، به نظر می‌رسد آنچه که تا حد زیادی مورد تأیید اکثر پژوهشگران پیرو مدل یکپارچه کارکرد اجرایی قرار دارد، اعتقاد به وجود چند مؤلفه اصلی کارکردهای اجرایی (انعطاف‌پذیری، حافظه فعال / بهنگام‌سازی و بازداری) است. نقص در این مؤلفه‌ها همچنین در بسیاری از اختلال‌های رشدی نیز مشاهده می‌شود.

همچنین مشخص شده است که استفاده از آموزش‌های صحیح موجب ارتقای مؤلفه‌های مذکور (جعفری، ارجمندیا و رستمی، ۱۴۰۰) و به طور کلی کارکردهای اجرایی می‌شود (شکوهی‌یکتا، زمانی، پورکریمی و شریفی، ۱۳۹۳). این آموزش‌ها همچنین می‌توانند موجب کاهش نشانه‌های اختلال در نارسایی‌های رشدی شوند (قاسمی، کجباف، قمرانی، ترکان،

1. Executive function

2. Set-shifting

3. Inhibition

4. Updating

5. Working Memory

۱۳۹۹). بدیهی است که آموزش و ارتقای کارکردهای اجرایی پیش از هر چیز مستلزم ارزیابی و سنجش صحیح است اما چند مسئله اساسی در ارتباط با ابزارها و آزمون‌های رایج وجود دارد. نخستین موضوع مربوط به ماهیت کارکردهای اجرایی، مدل‌ها و تعاریف مختلف ارائه شده برای آن است که با توجه به مدل یکپارچه ارائه شده توسط میاک و همکاران (۲۰۰۰) این مشکل تا حد زیادی مرتفع است. مشکل جدی دیگر بحث روایی سازه است، بسیاری از ابزارهایی که در محیط‌های بالینی برای تشخیص به کار می‌روند، به جای ویژگی‌های روان‌سنجی، عمدتاً بر روایی صوری متکی هستند (اشتراس، شرم‌ن و اسپرین، ۲۰۰۶). سومین نقص ابزارهای رایج را می‌توان ناخالص بودن آن‌ها دانست. عمده ابزارهای سنجش کارکرد اجرایی به گونه‌ای طراحی شده‌اند که مستلزم عملکردهای غیراجرایی^۱ (مثل توانایی کلامی، توانایی خواندن، سرعت و...) هستند (ون در اسلويس و همکاران، ۲۰۰۷)؛ بنابراین شکست در تکلیفی که برای سنجش یک عملکرد اجرایی طراحی شده ممکن است به دلیل تأثیرات دیگر عملکردها باشد نه صرفاً آن عملکرد اجرایی مشخص. بخش دیگری از ناخالصی ابزارهای سنجش کارکردهای اجرایی از تعامل بین مؤلفه‌های کارکرد اجرایی نشأت می‌گیرد. به طوری که برای عملکرد در تکالیف مرتبط با کارکرد اجرایی، مؤلفه‌های مختلفی مشارکت دارند. از نظر میاک و همکاران (۲۰۰۰) بخشی از مشکلات ناخالصی و پایایی ابزارها را می‌توان با استفاده از تکالیف چندگانه کاهش داد. به این ترتیب ارزیابی دقیق‌تری از هر عملکرد به دست خواهد آمد. افزون بر موارد یاد شده، باید گفت که استفاده از ابزارهای سنجش برای برخی از گروه‌های دچار اختلال‌های بالینی با محدودیت‌هایی روبروست. برای نمونه برخی از دانش‌آموزان با ناتوانی یادگیری به دلیل مشکلاتی که در زمینه خواندن و کلام با آن مواجه‌اند ممکن است عملکردی پایین‌تر از حد واقعی خود نشان دهند، بنابراین نمی‌توان چندان به نتایج این ارزیابی‌ها اتکا نمود.

ناظر به خلأهای موجود در پیشینه، در این پژوهش ساخت ابزاری که با استفاده از مدل یکپارچه کارکردهای اجرایی مشکلات و مسائل ذکر شده را به حداقل برساند مطرح نظر است. با توجه به آنکه پژوهش حاضر بر اساس مدل سه مؤلفه‌ای حافظه فعال، جابه‌جایی ذهنی و بازداری طراحی می‌گردد سؤالات پژوهش عبارت بودند از:

- آیا خرده آزمون‌های طراحی شده برای مؤلفه حافظه فعال از روایی و پایایی مناسب برخوردارند؟
 - آیا خرده آزمون‌های طراحی شده برای مؤلفه جابه‌جایی ذهنی از روایی و پایایی مناسب برخوردارند؟
 - آیا خرده آزمون‌های طراحی شده برای مؤلفه بازداری از روایی و پایایی مناسب برخوردارند؟
 شایان ذکر است که آزمون طراحی شده در بستر رایانه اجرا می‌گردد که این امر علاوه بر ایجاد جذابیت برای شرکت‌کنندگان، فرایند اجرا و نمره دهی را تسهیل خواهد کرد.

روش

الف) طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان: پژوهش حاضر از نظر هدف بنیادی - کاربردی و از حیث نوع گردآوری اطلاعات پیمایشی و از نظر روش‌شناسی از جمله مطالعات آزمون‌سازی به حساب می‌آید که در قالب یک طرح پژوهشی همبستگی انجام گرفته است. جامعه این پژوهش را تمامی دانش‌آموزان شهر تهران در سال تحصیلی ۹۸-۹۹ تشکیل می‌دادند. نمونه پژوهش شامل ۱۱۵ دانش‌آموز بود (۱۸ دختر و ۹۷ پسر) که به صورت نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای و از مناطق ۱۶ و ۶ شهری تهران انتخاب شدند. میانگین و انحراف استاندارد سن دانش‌آموزان به ترتیب 11.7 ± 0.2 محاسبه شد. ملاک‌های ورود به پژوهش برای این دانش‌آموزان عبارت بودند از: رضایت آگاهانه جهت ورود به پژوهش، قرار داشتن در دامنه‌ی سنی ۷ تا ۱۳ سال، برخورداری از بهره هوشی متوسط و یا بالاتر. ملاک‌های خروج از پژوهش نیز شامل این موارد بود: وجود هرگونه مشکلات شناختی و یا رشدی، دارا بودن و یا سابقه اختلالات بیش‌فعالی / نقص توجه، اختلالات یادگیری، اوتیسم و همچنین مشکلات رفتاری یا هیجانی دیگر بر اساس پرونده دانش‌آموز و اظهارات مسئولین مدارس.

روش اجرای پژوهش به این صورت بود که ابتدا با مطالعه پیشینه ابزارهای موجود (اعم از آزمون‌ها و بسته‌های توان‌بخشی) و تعیین نقاط قوت و ضعف آن‌ها، نسخه مقدماتی تکالیف مدنظر بر اساس مدل سه مؤلفه‌ای طراحی شد. تکالیف طراحی شده به همراه شیوه‌نامه‌ی گذاری آن‌ها جهت تعیین بررسی اولیه در اختیار ۵ نفر از اساتید متخصص دانشگاه تهران و

¹. Non-Executive

دانشگاه علوم بهزیستی و توان‌بخشی قرار گرفت. در این مرحله سؤالاتی در رابطه با مناسب بودن خرده‌آزمون‌ها و تناسب آن‌ها با مؤلفه‌های مدنظر، میزان قابل فهم بودن، میزان دشواری آزمون، مناسب بودن نمرات ارائه شده، تأثیر یا عدم تأثیر احتمالی دیگر مؤلفه‌های کارکرد اجرایی (میزان خالصی سنجش) و... مدنظر بود. با جمع‌آوری پرسشنامه، موارد اصلاحی مدنظر اساتید اعمال شد. موارد تغییر یافته مجدداً توسط اساتید مورد بررسی قرار گرفتند و پس از تأیید توسط ایشان نسخه اولیه تهیه و جهت تبدیل به نرم‌افزار آماده شد.

ساخت نسخه رایانه‌ای آزمون توسط یک متخصص در حوزه مهندسی نرم‌افزار انجام شد. این نسخه پس از ساخت و ارزیابی ابتدایی، به صورت پایلوت بر روی ۱۰ دانش‌آموز با سنین مختلف انجام شد. در این مرحله تجربیات هریک از دانش‌آموزان و نحوه پاسخ‌دهی آنان به آزمون‌ها ثبت شد. مواردی از جمله میزان دشواری آزمون، جذابیت، وجود خطاهای نرم‌افزاری، الگوهای غالب پاسخ‌دهی شرکت‌کنندگان، محدوده‌های زمانی تعیین شده برای پاسخگویی و... در این مرحله ارزیابی شد. در نهایت و پس از چند مرحله بازبینی و رفع خطاهای نرم‌افزاری نسخه نهایی آزمون طراحی شد.

معرفی آزمون

آزمون تصویری - رایانه‌ای کارکردهای اجرایی مشتمل بر سه مؤلفه و نه خرده‌آزمون است که در سال ۱۳۹۹ توسط محققین این پژوهش طراحی شده است. مؤلفه‌های مورد سنجش و عناوین خرده‌آزمون‌ها عبارتند از: ۱. بهنگام‌سازی حافظه فعال (مار و پله، جعبه هدیه و کیف مدرسه)؛ ۲. جابه‌جایی ذهنی (خط ویژه، آدمک‌ها، کارت‌ها)؛ ۳. بازداری (سیب‌ها، توپ و راکت، دست‌ها).

مار و پله. در این تکلیف شرکت‌کننده می‌بایست بر روی تاس‌هایی که به نمایش درمی‌آید کلیک کرده، تعداد و ترتیب آن‌ها را به خاطر بسپرد و در مرحله آزمون بر اساس دستورالعمل و به تعداد اعدادی که مشاهده کرده بر روی صفحه مارپیچ حرکت کند.

جعبه هدیه. وظیفه شرکت‌کننده در این تکلیف این است که در مرحله نخست جعبه‌های دارای هدیه را به خاطر بسپرد و در مرحله آزمون مواردی که دارای هدیه بودند را بازشناسی کند. به شرکت‌کنندگان تأکید می‌شود که هر جعبه دارای هدیه فقط یک‌بار باید انتخاب شود و پس از مشاهده

هدیه، جعبه مذکور به عنوان جعبه خالی قلمداد شده و بنابراین در نمایش دوم نباید انتخاب شود. وجه تمایز این آزمون این است که علاوه بر دو نمره تعداد کوشش و نمره دامنه، نوع و فراوانی خطاها نیز ثبت می‌شود.

کیف مدرسه. این خرده‌آزمون شامل تصویر یک کیف مدرسه و اشیاء مربوط به آن است. شرکت‌کننده موظف است از بین تصاویر نمایش داده شده، اشیائی که داخل یا بیرون از کیف قرار دارند را ارزیابی کرده و در نهایت تصاویر داخل کیف را انتخاب نماید.

خط ویژه. در این تکلیف، شرکت‌کننده می‌بایست بر اساس دستورالعمل، دو اتوبوس زرد و قرمز را در یک دوراهی هدایت کند. هدایت اتوبوس‌ها بر اساس علامتی است که در مسیر اصلی قرار دارد و به‌طور تصادفی به رنگ قرمز یا زرد درمی‌آید. با این حال یک استثنا وجود دارد و آن زمانی است که یک آمبولانس در پشت اتوبوس قرار دارد. در این حالت همیشه آمبولانس به جای اتوبوس در مسیر اصلی قرار می‌گیرد.

آدمک‌ها. در خرده‌آزمون آدمک‌ها جابه‌جایی ذهنی با استفاده از چهار الگوی رنگ، تعداد، اندازه و جنسیت انجام می‌شود. ساختار کلی آزمون شامل دو تصویر از آدمک‌هاست که در سمت راست و چپ صفحه قرار گرفته‌اند. تکلیف شرکت‌کننده این است که دیگر آدمک‌های نمایش داده شده در مرکز تصویر را بر اساس الگوی مرتبط با آن به سمت یکی از دو تصویر اصلی هدایت کند.

کارت‌ها. این خرده‌آزمون اقتباسی از آزمون مرتب کردن کارت‌های ویسکانسین و شامل ۵۴ کارت است که سه کارت به صورت ثابت در مرکز تصویر قرار دارند. وظیفه شرکت‌کننده این است که دیگر کارت‌ها را بر اساس الگوی رنگ، تعداد و نوع بچیند. از جمله مزیت‌های این خرده‌آزمون نسبت به آزمون ویسکانسین مهار کردن مؤلفه حافظه فعال است. به این صورت که کارت‌هایی که به درستی انتخاب شده‌اند در بالای کارت اصلی قرار می‌گیرند و به این صورت نیاز به پایش و یادآوری پاسخ پیشین نیست.

سیب‌ها. این خرده‌آزمون متشکل از ۱۷ دایره است که در مرکز آن‌ها تصویر یک سیب قرمز رنگ به صورت ثابت قرار دارد که در واقع الگو و دستورالعمل آزمون است. دو سیب دیگر به رنگ‌های زرد و سبز در این تصویر وجود دارند که به صورت متحرک و در کنار سیب قرمز در ردیف‌ها یا ستون‌های سه‌تایی به نمایش در می‌آیند. شرکت‌کننده باید در هنگام

یافته‌ها

نمرات توصیفی هر یک از نه خرده آزمون در جدول ۱ قابل مشاهده است. به منظور بررسی پایایی آزمون از روش بازآزمایی با فاصله زمانی دو هفته استفاده شد. در این راستا ۲۵ نفر از دانش آموزان مجدداً مورد آزمون قرار گرفتند. جدول ۲ نتایج آزمون پیرسون جهت بررسی همبستگی بین دو مرحله آزمون را به تفکیک ۳ مؤلفه اصلی نشان می‌دهند.

جدول ۱. داده‌های توصیفی به دست آمده از خرده آزمون‌ها

خرده آزمون‌ها	نمرات	کمترین	بیشترین	میانگین (انحراف استاندارد)
مار و پله	دامنه	۲	۶	۳/۱۷ (۱/۰۲)
	کوشش صحیح	۲	۱۱	۵/۴۳ (۱/۹۱)
	دامنه	۲	۶	۳/۴۰ (۱/۰۶)
	کوشش صحیح	۲	۱۰	۵/۸۳ (۱/۸۷)
جعبه هدیه	خطای انتخاب	۰	۴	۱/۳۹ (۱/۱۵)
	خطای حذف	۰	۵	۱/۴۲ (۱/۳۲)
	خطای تکرار	۰	۶	۲/۰۴ (۱/۳۵)
کیف	دامنه	۲	۸	۴/۵۰ (۱/۲۷)
مدرسه	کوشش صحیح	۳	۱۲	۷/۵۹ (۲/۱۲)
	پاسخ صحیح	۳۳	۶۰	۴۷/۵۲ (۶/۹۱)
	پاسخ اشتباه	۰	۲۰	۷/۷۹ (۴/۵۱)
خط ویژه	پاسخ از دست رفته	۰	۱۴	۴/۸۲ (۳/۸۰)
	نمره جابه‌جایی	۸	۲۰	۱۴/۴۱ (۳/۱۷)
	زمان واکنش (جابه‌جایی)	۸۶۰	۲۵۳۱	۱۶۶۰/۲۵ (۳۲۴/۸۸)
	زمان واکنش (عادی)	۹۴۳	۲۲۷۶	۱۱۵۳/۷۰ (۲۷۸/۵۱)
	پاسخ صحیح	۲۷	۶۱	۴۶/۸۰ (۷/۷۵)
	پاسخ اشتباه	۲	۲۷	۱۱/۵۵ (۵/۹۲)
آدمک‌ها	پاسخ از دست رفته	۰	۲۰	۵/۶۷ (۳/۸۲)
	نمره جابه‌جایی	۴۲	۹۵	۷۲/۸۷ (۱۲/۳۴)
	زمان واکنش	۱۰۲۶	۲۶۲۰	۱۷۰۵/۱۱ (۳۰۲/۱۳)
	طبقات	۱	۶	۲/۸۷ (۱/۱۷)
	پاسخ صحیح	۱۸	۴۸	۳۱/۶۷ (۸/۰۷)
	پاسخ اشتباه	۶	۳۶	۲۲/۲۲ (۸/۱۱)
کارت‌ها	کل پاسخ‌ها	۵۱	۵۴	۵۳/۹۴ (۰/۳۵)
	خطای در جاماندگی	۰	۲۴	۸/۳۱ (۵/۸۶)
	شکست در حفظ توالی	۰	۶	۲/۰۴ (۱/۳۹)
	خطای ارتکاب	۳	۱۸	۸/۸۱ (۳/۳۵)
	پاسخ از دست رفته	۰	۶	۲/۷۴ (۱/۵۶)
سیب‌ها	خطای تداخل	۰	۹	۳/۳۸ (۱/۶۹)
	زمان واکنش (ساده)	۲۲۲	۴۸۴	۳۶۹/۸۱ (۷۱/۰۶)
	زمان واکنش (پیچیده)	۲۴۷	۴۹۵	۴۰۵/۹۳ (۶۸/۲۱)

قرار گرفتن سیب قرمز مابین دو سیب دیگر دکمه فاصله‌انداز (اسپیس) را فشار دهد.

توپ و راکت. این آزمون اکتسابی از الگوی آزمون نشانه توقف است که در ۲ مرحله و با یک توقف کوتاه بین مراحل انجام می‌شود. تکلیف شرکت‌کننده این است که با استفاده از کلیدهای صفحه، راکت دارای توپ را انتخاب کند. در برخی مواقع یک محرک بازدارنده (علامت توقف) بعد از محرک اصلی به نمایش درمی‌آید. شرکت‌کننده باید با مشاهده محرک بازدارنده از پاسخ‌دهی خودداری کند. ارائه محرک بازدارنده در این خرده‌آزمون از الگوی متغیر پیروی می‌کند، به این صورت که نخستین محرک بازدارنده در فاصله زمانی ۲۵۰ میلی‌ثانیه پس از محرک اصلی به نمایش درمی‌آید و موفقیت شرکت‌کننده موجب افزایش ۵۰ میلی‌ثانیه‌ای به فاصله زمانی قبلی می‌گردد. همچنین در صورت شکست شرکت‌کننده در بازداری صحیح ۵۰ میلی‌ثانیه از فاصله زمانی محرک اصلی و بازدارنده کاسته می‌شود.

دست‌ها. ساختار کلی آزمون شامل تصویر یک دست است که به یکی از چهار جهت چپ، راست، بالا و یا پایین اشاره کرده است. تکلیف شرکت‌کننده در این آزمون توجه کردن به مسیر حرکتی دست‌هایی است که به نمایش درمی‌آیند نه جهتی که به آن اشاره می‌کنند.

ب) ابزار

آزمون علائم حیاتی سیستم اعصاب مرکزی (CNSVS): این آزمون عصب روان‌شناختی رایانه‌ای شامل مجموعه‌ای جامع از آزمون‌ها از جمله حافظه کلامی و دیداری، ضربه انگشت، رمزگذاری اعداد، آزمون استروپ، آزمون تغییر توجه، آزمون عملکرد پیوسته و کارکردهای اجرایی است. این آزمون به ۵۲ زبان از جمله زبان فارسی در دسترس است و انتخاب آن در پژوهش حاضر در وهله نخست به دلیل وجود سه مؤلفه حافظه تصویری، جابه‌جایی توجه و بازداری در مجموعه خرده‌آزمون‌های آن و ثانیاً به جهت اجرای رایانه‌ای آن صورت پذیرفت. هنجاریابی این آزمون توسط گالتیری و جانسون (۲۰۰۶) بر روی نمونه‌ای ۱۰۶۹ نفری و در دامنه سنی ۷-۹۰ سال انجام شده است. پایایی آزمون در تمامی تکالیف مناسب و در سطح کمتر از ۵ صدم معنادار گزارش شده است.

خرده آزمون‌ها	نمرات	کمترین	بیشترین	میانگین (انحراف استاندارد)
پاسخ صحیح	۶۹	۱۱۵	۹۱/۹۱ (۹/۶۲)	
خطای جهت	۰	۴	۱/۶۴ (۱/۱۹)	
پاسخ از دست رفته	۱	۲۸	۹/۱۸ (۶/۳۰)	
خطای نشانه توقف	۳	۳۰	۱۵/۲۷ (۶/۱۷)	
زمان واکنش صحیح	۶۳۹	۱۱۰۲	۸۳۶/۵۶ (۸۷/۰۲)	
زمان تأخیر نشانه توقف	۲۵۰	۶۲۵	۴۴۱/۹۱ (۸۳/۶۳)	
زمان واکنش نشانه توقف	۱۴۰	۷۵۲	۴۱۴/۵۰ (۱۱۰/۷۲)	
پاسخ صحیح	۲۶	۳۲	۲۹/۶۱ (۱/۴۷)	
پاسخ از دست رفته	۰	۴	۱/۴۵ (۱/۰۸)	
خطای تداخل	۰	۳	۰/۹۳ (۰/۸۹)	
زمان واکنش (ساده)	۱۰۹۲	۱۶۸۶	۱۴۱۴/۹۹ (۱۴۳/۸۱)	
زمان واکنش (پیچیده)	۱۱۱۸	۱۶۸۱	۱۴۳۶/۳۷ (۱۲۰/۰۲)	

همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد در اکثر نمرات اصلی بین دو مرحله آزمون همبستگی معناداری وجود دارد. تنها در خرده آزمون کارت‌ها، دو

نمره خطای درجاماندگی و شکست در حفظ توالی با وجود آنکه جزء نمرات اصلی هستند اما همبستگی معناداری در دو مرحله نشان ندادند. به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت که با توجه به نمرات اصلی خرده آزمون‌ها، پایایی آزمون تأیید می‌شود. بررسی روایی همزمان آزمون با استفاده از همبستگی بین نمرات اصلی خرده آزمون‌های حاضر با سه خرده آزمون حافظه تصویری، جابه‌جایی توجه و بازداری از مجموعه آزمون علائم حیاتی سیستم اعصاب مرکزی و با نمونه‌ای مشتمل بر ۳۰ نفر انجام شد (جدول ۳). این جدول نشان می‌دهد که تمامی خرده آزمون‌ها از همبستگی بالایی برخوردارند، در نتیجه روایی همزمان آزمون تأیید می‌شود. لازم به ذکر است که ضریب همبستگی منفی در خرده آزمون‌های بازداری به این دلیل است که از نمرات خطای خرده آزمون‌های کارکرد اجرایی استفاده شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون پیرسون برای دو مرحله اجرای آزمون

حافظه فعال		جابه‌جایی ذهنی		بازداری	
تکلیف	نمرات	تکلیف	نمرات	تکلیف	نمرات
مار و پله	۰/۴۴*	پاسخ صحیح	۰/۵۰**	خطای ارتکاب	۰/۶۳**
کوشش	۰/۴۹*	پاسخ اشتباه	۰/۳۵	پاسخ ازدست‌رفته	۰/۶۹**
دامنه	۰/۴۶*	خط	۰/۳۹	خطای تداخل	۰/۵۳**
کوشش	۰/۴۰*	نمره جابه‌جایی	۰/۷۱**	زمان واکنش (ساده)	-۰/۰۷
جعبه هدیه	۰/۰۱	زمان واکنش (جابه‌جایی)	۰/۱۸	زمان واکنش (پیچیده)	-۰/۰۹
خطای حذف	۰/۰۷	زمان واکنش (عادی)	-۰/۳۶	پاسخ صحیح	۰/۶۶**
خطای تکرار	۰/۱۳	پاسخ صحیح	۰/۵۵**	خطای جهت	۰/۱۹
کیف	۰/۴۲*	پاسخ اشتباه	۰/۴۰*	پاسخ از دست رفته	۰/۴۳*
مدرسه	۰/۴۰*	پاسخ از دست رفته	۰/۱۱	خطای نشانه توقف	۰/۵۸**
		نمره جابه‌جایی	۰/۶۸**	زمان واکنش صحیح	۰/۴۸*
		زمان واکنش	۰/۱۸	زمان تأخیر نشانه توقف	۰/۶۸**
		طبقات	۰/۴۹*	زمان واکنش نشانه توقف	۰/۶۱**
		پاسخ صحیح	۰/۴۲*	پاسخ صحیح	۰/۱۶
		پاسخ اشتباه	۰/۴۶*	پاسخ ازدست‌رفته	۰/۲۲
	کارت‌ها	خطای درجاماندگی	۰/۱۹	خطای تداخل	۰/۴۱*
		شکست در حفظ توالی	۰/۱۷	زمان واکنش (ساده)	-۰/۰۸
				زمان واکنش (پیچیده)	۰/۰۱

به منظور بررسی روایی سازه از تحلیل عاملی اکتشافی با روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و همچنین تحلیل عاملی تأییدی استفاده شد. لازم به ذکر است که با توجه به عدم تعیین نمره استاندارد مشخص برای هر آزمون، یکی از نمرات اصلی در هر آزمون به عنوان شاخص و معرف آزمون مربوطه انتخاب شد.

جدول ۳. نتایج بررسی همبستگی با آزمون CNSVS

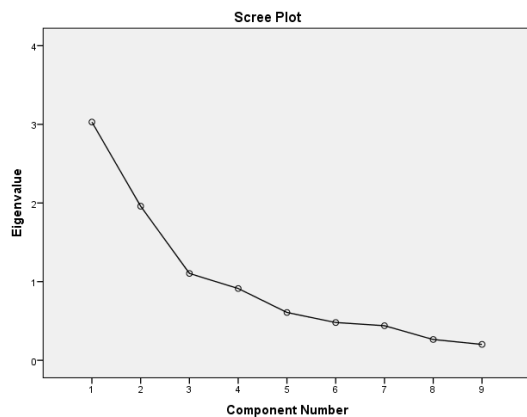
حافظه CNSVS	جابه‌جایی CNSVS	بازداری CNSVS
مار و پله ۰/۶۱**	خط ویژه ۰/۷۹**	سیب‌ها -۰/۶۶**
جعبه هدیه ۰/۵۳**	آدمک‌ها ۰/۵۴**	توپ و راکت -۰/۶۰**
کیف ۰/۴۱*	کارت‌ها ۰/۳۸*	دست‌ها -۰/۳۹**

پیش از انجام تحلیل، از آزمون‌های کیزر-میر-الکین و بارتلت جهت بررسی تناسب اولیه داده‌ها استفاده شد. آزمون کیزر-میر-الکین کفایت حجم نمونه را مورد بررسی قرار می‌دهد. نمرات بالاتر از ۰/۷ بیانگر کفایت

حجم نمونه است. همچنین از آزمون بارتلت جهت بررسی میزان همبستگی کافی بین داده‌ها استفاده شد. عدد محاسبه شده برای این آزمون برابر با ۳۵۱/۷۸ بود که در سطح کمتر از ۱ صدم معنادار است. لذا می‌توان گفت مفروضه وجود همبستگی کافی بین داده‌ها برقرار است. در جدول ۴ مقدار واریانس تبیین شده به وسیله هر مؤلفه بعد از چرخش یافته‌ها خلاصه شده است. لازم به ذکر است که با توجه به همبستگی نه چندان زیاد بین داده‌ها، از فرمان چرخش واریمکس استفاده شده است. همانطور که مشخص است نه مؤلفه شناسایی شده‌اند که ۱۰۰ درصد واریانس را تبیین می‌کنند. پیش فرضی که اجازه داریم این تحلیل را مطابق با آن انجام دهیم شامل مؤلفه‌هایی است که ارزش ویژه‌ی آن‌ها ۱ یا بالاتر از ۱ هستند. چنانچه مشخص است این ملاک فقط در مورد سه عامل تحقق یافته است. این سه عامل بر روی هم حدود ۶۸ درصد واریانس را تبیین می‌کنند.

جدول ۴. واریانس مؤلفه‌های شناسایی شده

مؤلفه	ارزش‌های ویژه آغازین		مجموع مجذور بارهای استخراج		مجموع مجذور بارهای استخراجی	
	درصد واریانس	درصد تراکمی	درصد واریانس	درصد تراکمی	درصد واریانس	درصد تراکمی
۱	۳۳/۶۶	۳۳/۶۶	۲۵/۴۶	۲۵/۴۶	۲۵/۴۶	۲۵/۴۶
۲	۲۱/۷۷	۵۵/۴۳	۲۳/۴۱	۵۵/۴۳	۴۸/۸۷	۴۸/۸۷
۳	۱۲/۲۷	۶۷/۷۰	۱۸/۸۳	۶۷/۷۰	۶۷/۷۰	۶۷/۷۰
۴	۱۰/۱۴	۷۷/۸۴	-	-	-	-
۵	۶/۷۶	۸۴/۶۰	-	-	-	-
۶	۵/۳۳	۸۹/۹۳	-	-	-	-
۷	۴/۸۸	۹۴/۸۱	-	-	-	-
۸	۲/۹۴	۹۷/۷۵	-	-	-	-



شکل ۱. نمودار سنگ‌ریزه برای شناسایی عامل‌های مستخرج

شکل ۱ نمودار سنگ‌ریزه مربوط به راه‌حل اولیه را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است سه نقطه به صورت تقریباً عمود بر هم قرار گرفته‌اند و از نقطه چهارم تقریباً حالت نقاط در موازات محور افقی است؛ بنابراین به نظر می‌رسد این نمودار نیز راه حل سه مؤلفه‌ای را تأیید می‌کند.

جدول ۶. شاخص‌های برازش مدل سه مؤلفه‌ای

مدل	آستانه پذیرش
X2	۴۴/۲۳
df	۲۴
X2/df	۱/۸۴
CFI	۰/۹۴
RMSEA	۰/۰۸
IFI	۰/۹۴
NFI	۰/۹۰
AGFI	۰/۸۶
GFI	۰/۹۲

جدول ۵ ماتریس مؤلفه‌های چرخش یافته با استفاده از روش واریمکس را نشان می‌دهد. ۵ چرخش جهت تعیین مدل انجام شده است.

جدول ۵. مؤلفه‌های شناسایی شده با چرخش واریمکس

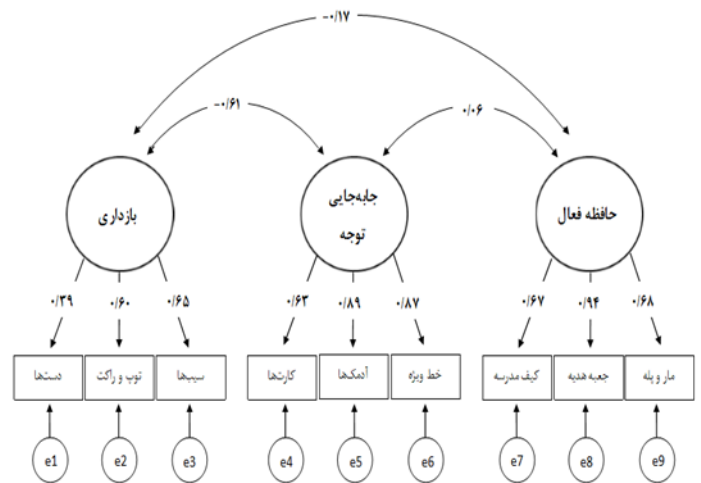
مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳
دامنه (مار و پله)	۰/۷۴	-۰/۴۴
دامنه (جعبه هدیه)	۰/۹۰	-۰/۰۸
دامنه (کیف مدرسه)	۰/۸۴	۰/۱۳
نمره جابه‌جایی (خط ویژه)	۰/۰۴	-۰/۳۵
نمره جابه‌جایی (آدمک‌ها)	۰/۰۳	-۰/۱۵
طبقات (کارت‌ها)	۰/۰۷	-۰/۰۵
خطای تداخل (سیب‌ها)	-۰/۲۷	۰/۷۲
خطای نشانه توقف (توپ و راکت)	-۰/۲۷	۰/۶۰
خطای تداخل (دست‌ها)	-۰/۰۳	۰/۶۷

از شاخص‌های برازش مطلق شاخص ریشه خطای میانگین مجذورات تقریب (RMSEA)، شاخص نیکویی برازش (GFI) و خی دو در دامنه پذیرش قرار دارند. این شاخص‌ها نشان می‌دهند که تا چه میزان مدل فرضی پیشنهادی شبیه مدل مشاهدات است. علاوه بر این شاخص‌های برازش تطبیقی (CFI)، (NFI) و (IFI) و همچنین برازش مقتصد که شامل شاخص تعدیل یافته نیکویی برازش (AGFI) است در دامنه پذیرش قرار دارند.

همانطور که مشخص است هریک از نه خرده آزمون طراحی شده برای هر مؤلفه از کارکردهای اجرایی دارای بیشترین مقدار ویژه با عامل مختص خود هستند. به طوری که نمرات مربوط به آزمون‌های حافظه فعال بر روی عامل ۱، نمرات مربوط به آزمون‌های جابه‌جایی ذهنی بر روی عامل ۲ و نمرات آزمون‌های بازداری بر روی عامل ۳ قرار گرفته‌اند. در ادامه از تحلیل عاملی تأییدی برای ارزیابی برازش مدل اندازه‌گیری استفاده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

مجموعه آزمون طراحی شده مبتنی بر نظریه و شامل نه خرده آزمون است که در دو بخش کلی پایایی و روایی مورد ارزیابی قرار گرفت. در پژوهش حاضر سه خرده آزمون مار و پله، جعبه هدیه و کیف مدرسه مربوط به مؤلفه بهنگام سازی حافظه فعال بودند. تلاش بر آن بود که تا حد امکان بین دو واژه حافظه فعال و بهنگام‌سازی حافظه فعال تمایز قائل شد. بهنگام‌سازی حافظه فعال فرایند پردازشی است که در این حافظه انجام می‌شود تا اطلاعات جدید جایگزین اطلاعات قدیمی شوند (هامرشتین و همکاران، ۲۰۱۹)؛ بنابراین در طراحی هر سه خرده آزمون این مؤلفه تا جای امکان تلاش بر گنجاندن فعالیت‌هایی بود که به تعریف بهنگام‌سازی نزدیک بوده و در برگیرنده کلیدواژه‌های اساسی باشد. همچنین خرده آزمون‌های خط ویژه، آدمک‌ها و کارت‌ها جهت سنجش مؤلفه جابه‌جایی ذهنی طراحی شد. میاک و همکاران (۲۰۰۰)، جابه‌جایی ذهنی را مستلزم پایش محرک‌ها و نگاه رو به جلو و رو به عقب می‌دانند. در خرده آزمون‌های طراحی شده برای این مؤلفه تا حد امکان ویژگی‌های مذکور لحاظ شده است. سه خرده



شکل ۲. مدل اندازه‌گیری آزمون شده با سه مؤلفه

بر اساس اطلاعات شکل ۲، خرده آزمون‌های طراحی شده در سه مؤلفه اصلی دارای ضرایب استاندارد قابل قبول هستند. همچنین شاخص‌های برازش مدل نیز حاکی از برازش مطلوب مدل پیشنهادی است (جدول ۶).

های مربوط به کارکردهای اجرایی، پایایی اندک مرحله بازآزمایی می‌تواند به واسطه استراتژی‌های مختلفی باشد که شرکت‌کننده برمی‌گزیند. این تغییر استراتژی به‌ویژه در تکالیف جدید بیشتر خود را نمایان می‌کند. بررسی پایایی خرده‌آزمون‌های مؤلفه‌بازداری نیز نشان داد که در خرده‌آزمون‌های سیب‌ها و توپ و راکت همبستگی معناداری بین نمرات اصلی برقرار بود. در آزمون دست‌ها اما تنها در نمره جابه‌جایی همبستگی معنادار وجود داشت. اگرچه این نمره به عنوان شاخص اصلی عملکرد در خرده‌آزمون مربوط تلقی می‌شود اما با این حال اظهار نظر قطعی در مورد پایایی خرده‌آزمون دست‌ها نیاز به بررسی بیشتر دارد.

روایی آزمون با استفاده از روش همزمان و سازه انجام شد. در روش همزمان از ضریب همبستگی محاسبه شده بین نمرات شاخص هر خرده‌آزمون با نمرات متناظر آزمون علائم حیاتی سیستم اعصاب مرکزی استفاده شد. به همین منظور در هر خرده‌آزمون یکی از نمرات که شاخصی از عملکرد در خرده‌آزمون مذکور بود انتخاب و همبستگی آن‌ها با نمرات استاندارد خرده‌آزمون‌های حافظه تصویری، جابه‌جایی توجه و بازداری از آزمون علائم حیاتی سیستم اعصاب مرکزی محاسبه شد. نتایج نشان داد که در تمامی خرده‌آزمون‌های هر مؤلفه همبستگی معناداری وجود داشت. لذا می‌توان روایی همزمان مجموعه آزمون را تأیید کرد.

همچنین روایی سازه به عنوان یکی از روش‌های تأیید آزمون با استفاده از روش تحلیل عاملی اکتشافی انجام شد. نتایج این تحلیل نشان داد که سه عامل دارای ارزش ویژه بالاتر از ۱ بودند که بر روی هم حدود ۶۸ درصد از واریانس را تبیین می‌کنند. همچنین مشخص شد که خرده‌آزمون‌های هر مؤلفه دارای بار عاملی بیشتری بر روی مؤلفه مربوط به خود داشتند. این یافته فرضیه سه عامل اصلی کارکردهای اجرایی را که در برخی نظریه‌ها و مدل‌ها مطرح شده بود تأیید می‌کند (میاک و همکاران، ۲۰۰۰؛ لتو و همکاران، ۲۰۰۳؛ وو و همکاران، ۲۰۱۱؛ هایزینگا و همکاران، ۲۰۰۶؛ مک کنا و همکاران، ۲۰۱۷).

با توجه به مباحث ذکر شده می‌توان گفت که اگرچه این پژوهش شامل نسخه مقدماتی مجموعه آزمون تصویری - رایانه‌ای کارکردهای اجرایی است اما نتایج حاصل نشان می‌دهد که این آزمون از اعتبار مناسبی جهت

آزمون دیگر این مجموعه جهت سنجش مؤلفه‌بازداری طراحی شدند. این خرده‌آزمون‌ها عبارتند از سیب‌ها، توپ و راکت و دست‌ها. اگرچه اعتقاد اولیه بر این بوده که بازداری یک پردازش واحد است اما در واقع بازداری مجموعه‌ای از پردازش‌هاست که مواردی از جمله بازداری پاسخ غالب^۱، مقاومت در برابر محرک‌های تداخل‌گر^۲ و مقاومت نسبت به پاسخ فعال شده اولیه (غالب)^۳ را شامل می‌شود (فریدمن و میاک، ۲۰۰۴). در خرده‌آزمون‌های طراحی شده برای این مؤلفه تلاش شد تا تعاریف مذکور گنجانده شود.

بررسی پایایی آزمون با استفاده از روش بازآزمایی و پس از حدود دو هفته از آزمون نخست انجام پذیرفت. در هر سه خرده‌آزمون مربوط به بهنگام سازی حافظه فعال بین نمرات دامنه و کوشش رابطه‌ی معناداری بین دو مرحله آزمون وجود داشت. این موضوع پایایی خرده‌آزمون‌های این مؤلفه را تأیید می‌کند. با این حال بین نمرات خطای آزمون جعبه‌هدیه همبستگی معناداری وجود نداشت. به نظر می‌رسد با توجه به اینکه نمونه پژوهش گروه دانش‌آموزان عادی را شامل می‌شد لذا یافتن الگوی مشخص و تکراری از نوع خطاها دشوار باشد. به عبارت بهتر ممکن است نوع خطای مرتکب شده توسط شرکت‌کنندگان شامل یک الگوی پاسخ‌دهی تکرار شونده نبوده و بیشتر جنبه تصادفی داشته باشد.

پایایی خرده‌آزمون‌های جابه‌جایی ذهنی نیز نشان داد که در دو خرده‌آزمون خط ویژه و آدمک‌ها همبستگی بالایی بین نمرات اصلی دو مرحله اجرای آزمون وجود داشت که حاکی از پایایی مناسب خرده‌آزمون‌هاست. در خرده‌آزمون سوم (کارت‌ها) اما علی‌رغم وجود همبستگی بین نمرات طبقات، پاسخ صحیح و پاسخ اشتباه، بین دو نمره دیگر این خرده‌آزمون یعنی خطای درجاماندگی و شکست در حفظ توالی ضرایب همبستگی معناداری گزارش نشد. اگرچه در این خرده‌آزمون نمره طبقات به عنوان شاخص اصلی عملکرد همبستگی معناداری در دو مرحله آزمون را گزارش می‌کند، اما نمرات ذکر شده دیگر (خطای درجاماندگی و شکست در حفظ توالی) نیز به عنوان نمرات خطا، مهم و قابل تفسیر هستند. در نتیجه اظهار نظر قطعی در مورد پایایی این خرده‌آزمون نیاز به بررسی بیشتری دارد. لازم به ذکر است که طبق نظر میاک و همکاران (۲۰۰۰) در آزمون

3. Resistance to Proactive Interference

1. Prepotent Response Inhibition

2. Resistance to Distractor

یادگیری مرتبط است. همانطور که ذکر شد یکی از کاربردهای آتی این آزمون امکان استفاده از آن برای افراد دارای اختلال خواندن و حساب کردن است؛ بنابراین استفاده از گروه‌های با مشکلات یادگیری می‌توانست تا حد زیادی به آزمایش این فرضیه کمک کند.

با توجه به موارد مطرح شده و محدودیت‌های موجود به پژوهشگران علاقه مند پیشنهاد می‌شود که از نمونه‌هایی با حجم بیشتر و در گروه‌های بالینی جهت اعتبارسنجی آزمون استفاده کنند. علاوه بر این هنجاریابی آزمون در سنین مختلف مطمئن‌نظر است که از محققین علاقه‌مند به پژوهش در این بخش نیز استقبال می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش: این پژوهش برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول در رشته روانشناسی و آموزش کودکان استثنایی دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران است. تمامی دانش‌آموزان حاضر با رضایت آگاهانه در پژوهش شرکت داشتند. کدهای اخلاق ۱، ۲، ۳ و ۱۷ (رضایت شرکت‌کنندگان و محرمانه نگه‌داشتن اطلاعات) در این پژوهش رعایت شده است.

حامی مالی: این پژوهش در قالب رساله دکتری و بدون حمایت مالی انجام شده است. **نقش هر یک از نویسندگان:** نویسنده اول نویسنده اصلی پژوهش است. نویسندگان دوم و سوم استادان راهنما و نویسندگان چهارم و پنجم استادان مشاور هستند.

تضاد منافع: نویسندگان هیچ تضاد منافی در رابطه با پژوهش اعلام نمی‌نمایند.

تشکر و قدردانی: بدینوسیله از زحمات استادان راهنما و مشاور، دانش‌آموزان شرکت کننده در پژوهش و مدیران مدارس تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

استفاده در محیط‌های بالینی و پژوهشی برخوردار است. اگرچه در برخی نمرات پایایی آزمون مطلوب گزارش نشد اما به نظر می‌رسد انجام تغییراتی در طراحی و روند اجرا و همچنین استفاده از نمونه‌های بزرگ‌تر ممکن است موجب ارائه نتایج بهتری شود. مجموعه آزمون تصویری - رایانه‌ای کارکردهای دارای ویژگی‌هایی است که به صورت خلاصه عبارتند از استفاده از چند خرده‌آزمون برای سنجش هر مؤلفه از کارکردهای اجرایی، استفاده از تکالیف معنادار و بازی‌گونه، کاستن از تأثیر مؤلفه‌های اجرایی و غیراجرائی دیگر، امکان استفاده برای دانش‌آموزان با اختلال یادگیری و همچنین استفاده از نرم‌افزار جهت اجرا و نمره‌گذاری آزمون.

با وجود تمام ویژگی‌های مثبت ذکر شده اما با توجه به اینکه این ابزار از جمله نخستین مجموعه آزمون‌های طراحی شده توسط پژوهشگران داخلی است که با هدف سنجش کارکردهای عالی شناختی به کار می‌رود قطعاً با مشکلات و محدودیت‌هایی روبروست. یکی از مشکلات مربوط به عدم تعیین نمرات و درصدهای هنجاری است که امکان مقایسه شرکت‌کنندگان با همسالان خود را فراهم نمی‌آورد. محدودیت دیگر این نرم‌افزار نبود روشی جهت ترکیب نمرات شاخص در هر خرده‌آزمون است. شایان ذکر است که این مسائل در گام‌های بعدی توسعه آزمون در نظر گرفته خواهد شد.

محدودیت‌های این پژوهش را می‌توان به دو بخش کلی تقسیم کرد، نخست به نمونه نسبتاً محدود پژوهش و به‌ویژه در گروه دختران مربوط می‌شود. دومین محدودیت پژوهش به عدم استفاده از گروه با اختلال

References

- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168. [\[Link\]](#)
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex*, 86, 186-204. [\[Link\]](#)
- ghasemi K, kajbaf M B, qamarani A, torkan H. (2020). Effectiveness of domestic package of training executive functions specific for teachers on the signs of attention deficit and hyperactivity disorder (ADHD) of the children. *Psychology science*, 19 (90), 755-763. (Persian). [\[Link\]](#)
- Gualtieri, C. T., & Johnson, L. G. (2006). Reliability and validity of a computerized neurocognitive test battery, CNS Vital Signs. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21(7), 623-643. [\[Link\]](#)
- Huizinga, M., Dolan, C., & van der Molen, M. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036. [\[Link\]](#)
- Hull, R., Martin, R. C., Beier, M. E., Lane, D., & Hamilton, A. C. (2008). Executive function in older adults: a structural equation modeling approach. *Neuropsychology*, 22(4), 508. [\[Link\]](#)
- Jafari F, Arjmandnia A A, Rostami R. (2021). The effect of neuropsychological rehabilitation program on working memory and response inhibition of students with dysgraphia. *Psychology science*, 20 (98), 233-246. (Persian). [\[Link\]](#)
- Lehto, J., Juujarvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21, 59-80. [\[Link\]](#)
- McKenna, R., Rushe, T., & Woodcock, K. A. (2017). Informing the structure of executive function in children: A meta-analysis of functional neuroimaging data. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 154. [\[Link\]](#)
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8-14. [\[Link\]](#)
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100. [\[Link\]](#)
- Munakata, Y. (2001). Graded representations in behavioral dissociations. *Trends in cognitive sciences*, 5(7), 309-315. [\[Link\]](#)
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annu. Rev. Psychol.*, 58, 1-23. [\[Link\]](#)
- Shokoohi-Yekta M, Zamani N, Pourkarimi J, Sharifi A. (2015). Effects of cognitive interventions based on social problem solving on improving interpersonal relationships and executive functions of slow-learner students. *Psychology science*, 13 (52), 490-504. (Persian). [\[Link\]](#)
- Wu, K. K., Chan, S. K., Leung, P. W. L., Liu, W.-S., Leung, F. L. T., & Ng, R. (2011). Components and developmental differences of executive functioning for school-aged children. *Developmental Neuropsychology*, 36, 319-337. [\[Link\]](#)