



A Critical Review of Number Sense Tests¹

Hamideh Yazdi², Maryam Mohsenpour^{3*}

(Received: 2023.02.12 - Accepted: 2023.05.10)

1- This article is an extract from the thesis of Hamideh Yazdi, Ph. D. Candidate in Educational psychology at Alzahra University

2- Ph. D. Candidate in Educational Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Educational Psychology, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran

*- m.mohsenpour@alzahra.ac.ir

Abstract

In the last decades, number sense has received a lot of attention in math education as it is necessary to acquire more advanced math skills. Knowing how to measure and evaluate number sense is important because it plays a crucial role in teaching mathematics at schools, particularly in pre-school and elementary grades. The present study was written to introduce the tests used by researchers and identify their strengths and weaknesses with a critical review methodology. Searching related documents in "Scopus", "Web of Science" "Scientific Information Database" and "Noormags" from 2012 to 2022, 75 documents were retrieved with the key word 'number sense'. Twenty-two of these documents were chosen based on their relevance to assessing the number sense of preschool and elementary school students. The exclusion criteria included review articles, articles related to the age group above 12 years of age as well as the age group-below 5 years of age, and articles analyzing the content of textbooks. By examining the tests used in the selected studies, 6 tests were identified and analyzed using the determined indicators. The results showed that all the number sense tests dealt with the components of counting components, number recognition, number comparison, and operations on numbers. Based on the findings some suggestions were made for designing a native test to measure number sense.

Keywords :test, number sense, assessment, elementary school, pre-primary



مروری نقادانه بر آزمون‌های سنجش حس عدد^۱

حمیده یزدی^۲، مریم محسن‌پور^{۳*}

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰)

چکیده

حس عدد در دهه‌ی اخیر در آموزش ریاضی مورد توجه زیادی قرار گرفته و برای کسب مهارت‌های پیشرفته‌تر در ریاضی مورد نیاز است. با توجه به اهمیت حس عدد در آموزش ریاضی مدرسه‌ای و به خصوص در سال‌های پیش از دبستان و دبستان، شناخت شیوه‌های اندازه‌گیری و سنجش این مهارت مهم است. پژوهش حاضر با هدف معرفی آزمون‌های مورد استفاده‌ی پژوهشگران و شناسایی نقاط قوت و ضعف آزمون‌ها با روش مرور نقادانه نگاشته شده است. پس از جست‌وجو در پایگاه‌های اسکوپوس، وب آف ساینس و پایگاه‌های داخلی اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی و نورمگز در بازه زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲، ۷۵ مطالعه با کلید واژه‌ی حس عدد بازایی شد. از این تعداد ۲۲ مطالعه طبق ملاک مرتبط بودن با سنجش حس عدد دانش‌آموزان پیش‌دبستانی و دبستانی انتخاب شدند. معیار خروج شامل مقاله‌های مروری، مقاله‌های مربوط به گروه سنی بالای ۱۲ سال و گروه سنی کمتر از ۵ سال و مقاله‌های تحلیل محتوای کتاب‌های درسی بود. با بررسی آزمون‌های مورد استفاده در مطالعات منتخب، ۶ آزمون شناسایی و با استفاده از نشانگرهای تعیین شده، مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد همه‌ی آزمون‌های سنجش حس عدد به مؤلفه‌های شمارش، تشخیص اعداد، مقایسه اعداد و عملیات روی اعداد پرداخته‌اند. با توجه به نتایج، پیشنهادهایی در راستای طراحی یک آزمون بومی جهت سنجش حس عدد ارائه شد.

واژگان کلیدی: آزمون، حس عدد، سنجش، دبستان، پیش دبستانی

۱- این مقاله مستخرج از پایان‌نامه حمیده یزدی، دانشجوی دکتری روانشناسی تربیتی دانشگاه الزهرا است.

۲- دانشجوی دکتری روانشناسی تربیتی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

۳- استادیار گروه روانشناسی تربیتی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران.

*- نویسنده مسئول Email: M.Mohsenpour@Alzahra.Ac.Ir

مقدمه

در جامعه مدرن، توانایی ریاضی^۱ به عنوان یک عنصر کلیدی برای عملکرد فکری در نظر گرفته می‌شود. نقص در توانایی ریاضی ممکن است منجر به مشکلات اساسی در عواملی مانند اشتغال، پیشرفت تحصیلی و کیفیت زندگی شود (پارسونز و باینر^۲، ۲۰۰۵). برای توسعه درک ریاضی، دانش‌آموزان باید نقش فعالی را به عنوان بخشی از یک جامعه یادگیری^۳ ایفا کنند که در آن معانی مشترک از تأمل و فعالیت‌های ارتباطی ساخته می‌شوند (شورای ملی معلمان ریاضی^۴، ۲۰۰۰). به ویژه توسعه حس عدد^۵ که یک مهارت اساسی برای شهروندان قرن بیست و یکم است، در آموزش ابتدایی از این جهت که دانش‌آموزان با موقعیت‌های حل مسئله روبه‌رو می‌شوند، مهم است (دولین^۶، ۲۰۱۷).

متخصصان پیشنهاد می‌کنند که به جای رویکرد سنتی در آموزش ریاضی که از دیرباز اتخاذ شده است و فرض آن یکسان بودن کل گروه آموزشی است، لازم است که کودکان با توجه به تفاوت‌های فردی در کلاس درس، در گروه مناسب قرار گیرند. ویژگی‌ها و نیازهای هر گروه باید با توجه به سرعت یادگیری آن‌ها در ساختاری پویا باشد (یونسکو^۷، ۱۹۷۷). از طرفی بدیهی است شیوه‌های سنجش و ارزشیابی که مبتنی بر داده‌ها و هدف قرار دادن نیازهای دانش‌آموزان است، پتانسیل افزایش موفقیت دانش‌آموزان را به همراه دارد. کل فرآیند ارزشیابی با مقیاس‌ها و آزمون‌ها در واقع برای پیش‌بینی قطعی و روشن در مورد دانش‌آموز انجام می‌شود. الزامات شناخت توانایی‌های ریاضی دانش‌آموزان با آزمون را می‌توان به شرح ذیل توضیح داد: ترتیب آموزشی، شناسایی موارد دشوار، تهیه برنامه آموزشی فردی، پیگیری پیشرفت، کمک به تصمیم‌گیری‌های آینده مانند انتخاب شغل، مقایسه افراد بر اساس هنجارها و معیارهای خاص، درک طرز تفکر ریاضی (چین و اشکرافت^۸، ۱۹۹۳). به گفته محققانی مانند گاردنر^۹ (۱۹۸۳) و هارلینگ و رابرتز^{۱۰} (۱۹۸۸)، برخی از افراد در تفکر منطقی ریاضی استعداد دارند. افراد با استعداد ریاضی استدلال می‌کنند که به ندرت از نظر تفکر ریاضی به خوبی درک می‌شوند. بنابراین، اندازه‌گیری توانایی ریاضی یک نیاز مهم است. برای ایجاد مناسب‌ترین اهداف و رفتارها در دانش‌آموز، باید ویژگی‌های دانش‌آموز را به صورت آنی و در جریان یادگیری تعریف کرد. یک ابزار ارزشیابی آموزشی خوب باید شامل سؤالاتی در مورد اینکه دانش‌آموز چه می‌داند و چه چیزی نمی‌داند و همچنین چگونه و چرا می‌آموزد، باشد (ویدفیلد^{۱۱}، ۱۹۸۷). با

-
- 1- Mathematical Ability
 - 2- Parsons & Bynner
 - 3- Learning Society
 - 4- National Council of Teachers of Mathematics
 - 5- Number Sense
 - 6- Devlin
 - 7- Unesco
 - 8- Chinn & Ashcroft
 - 9- Gardner
 - 10- Harling & Roberts
 - 11- Whitfield

توجه به این توضیحات، شناسایی ویژگی‌های ابزارهای سنجش توانایی‌های ریاضی از جمله حس عدد دارای اهمیت فراوانی است.

حس عدد یکی از عناصر کلیدی و موضوع اصلی در برنامه درسی ریاضی است (پرینسیپل^۱، ۲۰۰۰). به دلیل اهمیت حس عدد در ریاضی، اخیراً این موضوع، توجه پژوهش‌های فزاینده‌ای را به خود جلب کرده است (سنگال و گلباغی^۲، ۲۰۱۴). حس عدد در مطالعات مربوط به حیوانات و نوزادان، روانشناسی شناختی، علوم عصب شناختی و آموزش ریاضی به طور متفاوتی تعریف شده است (دهن^۳، ۲۰۱۱). در رابطه با آموزش ریاضی، پیچیدگی‌ها و تنوع، نحوه کسب حس عدد ریشه در رشد توانایی‌های شناختی دانش‌آموزان دارد (یلماز^۴، ۲۰۱۷). در روانشناسی شناختی، مفهوم حس عدد اغلب به عنوان توانایی تعیین شده بیولوژیکی برای درک، تقریب و دستکاری کمیت‌های غیرنمادین در نظر گرفته می‌شود. در مقابل، معلمان ریاضی حس عدد را مجموعه‌ای از توانایی‌های پیچیده‌تر می‌دانند که محصول آموزش ریاضی است (برث و همکاران^۵، ۲۰۰۶). براساس تعاریف شورای ملی معلمان ریاضی (۲۰۰۰) حس عدد توانایی اکتسابی یک فرد بر اساس تجربه یادگیری ریاضی از سنین پایین است. این فرآیند از شناخت اعداد و نمایش آن‌ها به شکل معنادار شروع می‌شود؛ تا زمانی که فرد عملکرد و معنای استفاده از آن را در زندگی روزمره تشخیص دهد. اگر تجربه یادگیری به دست آمده، یک تجربه یادگیری معنادار باشد؛ این توانایی می‌تواند به خوبی شکل بگیرد. به عبارت دیگر، حس عدد، شهود^۶ اعداد است (گورگانوس^۷، ۲۰۰۴) و متضمن تفکر منطقی، خلاق، مؤثر و منعطف است و دانش‌آموزان با توانایی حس عددی کافی، می‌توانند مسائل را به شیوه‌ای خلاقانه، تحلیلی و انعطاف‌پذیر حل کنند (بوتونر^۸، ۲۰۱۸).

در برخی از پژوهش‌ها حس عدد را زیربنای همه‌ی مهارت‌های ریاضی معرفی کرده و آن را توانایی فکر کردن در مورد اعداد و فهم اینکه چگونه اعداد بکار گرفته می‌شوند، تعریف کرده‌اند (به نقل از گرسن، جردن و فلوجو^۹، ۲۰۰۵). اگرچه تعریف مشترکی از اصطلاح حس عدد وجود ندارد، اما معمولاً توافق بر این است که حس عدد شامل ترکیب اعداد^{۱۰}، شناسایی عدد^{۱۱}، بزرگی عدد^{۱۲}، عملیات اعداد^{۱۳} و قضاوت^{۱۴}

-
- 1- Principles
 - 2- Şengül & Gülbağcı
 - 3- Dehaene
 - 4- Yılmaz
 - 5- Barth Et Al
 - 6- Intuition
 - 7- Gurganus
 - 8- Büttiner
 - 9- Gersten, Jordan, & Flojo
 - 10- Number Composition
 - 11- Number Identification
 - 12- Magnitude Number
 - 13- Number Operation
 - 14- Judgment Making

- است(غزالی، محمد و مصطفی^۱، ۲۰۱۱). بر اساس پژوهش یانگ و تسای^۲ (۲۰۱۰) ویژگی‌های توانایی حس عدد می‌تواند در پنج مؤلفه به شرح زیر خلاصه شود:
- ۱- درک معانی اعداد و عملیات که شامل درک معنای اصلی اعداد^۳، سیستم پایه ده^۴، مفاهیم ارزش مکانی و الگوهای اعداد، مفهوم کسر و اعشار و چهار عمل اصلی است. مانند دانستن اینکه اگر اعشار را به سمت چپ حرکت دهید، عدد اصلی کاهش می‌یابد.
 - ۲- تشخیص اندازه عدد^۵ که شامل استفاده از روش‌های معنی‌دار (نه بر اساس روش‌های نوشتاری استاندارد) برای مقایسه اعداد (مانند مقایسه دو کسر) است.
 - ۳- نمایش اعداد و عملیات با چند روش مختلف مانند نمایش اعداد کسری به صورت اعشاری و برعکس، عملیات تقسیم به صورت خطی یا ستونی.
 - ۴- تشخیص اثر نسبی عملیات بر روی اعداد. یعنی دانستن اینکه چگونه چهار عملیات اصلی بر نتایج تأثیر می‌گذارد. برای مثال دانش‌آموز تشخیص دهد که ضرب همیشه نتیجه را بزرگ‌تر نمی‌کند (به عنوان مثال، نتیجه $۰,۹ \times ۱۹۹$ کمتر از ۱۹۹ خواهد بود).
 - ۵- قضاوت در مورد معقول بودن نتایج محاسباتی بدان معنی که می‌توان از استراتژی‌های تخمین استفاده کرد یا محاسبات ذهنی را برای قضاوت در مورد معقول بودن نتایج انجام داد. برای مثال دانش‌آموز تخمین بزند $۴۰۰ \times ۰,۲۴۹$ نزدیک به ۱۰۰ است.
- بررسی ادبیات پژوهشی نشان داد مطالعاتی وجود دارد که مهارت‌های حس عددی دانش‌آموزان را ارزیابی می‌کند. آرتوت و ار^۶ (۲۰۲۲) راهبردهایی را که توسط دانش‌آموزان تیزهوش کلاس پنجم در حل مسائل حس اعداد استفاده می‌شود مورد بررسی قرار دادند. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده با تکنیک‌های پژوهش کیفی نشان داد که حتی دانش‌آموزان تیزهوش نیز نمی‌توانند به سطح کافی در استفاده از راهبردهای مبتنی بر حس عدد برسند. در پژوهشی طولی لوکونیاک و جردن^۷ (۲۰۰۸) از حس عددی کودکان در مهدکودک برای پیش‌بینی تسلط محاسباتی آنها در کلاس دوم استفاده کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد ۸۴٪ کودکانی که در مهدکودک مهارت حس عدد بالایی داشتند، در دوره دبستان مشکلات محاسباتی نداشتند. در پژوهش طولی دیگری جردن، گلوئینگ، رامینی و واتکینز^۸ (۲۰۱۰) نشان دادند که

1- Ghazali, Mohamed, & Mustafa

2- Yang & Tsai

3- Basic Meaning of Numbers

4- Base-Ten System

5- Number Size

6- Artut & Er

7- Locuniak & Jordan

8- Jordan, Glutting, Ramineni, & Watkins

حس عدد با زیرمؤلفه‌های: شمارش^۱، دانش عدد^۲، عملیات عدد^۳، بازنمایی^۴ و ارتباطات در دوره پیش از دبستان به میزان زیادی پیشرفت ریاضی در دوره ابتدایی را پیش‌بینی می‌کند. همچنین نتایج پژوهش استار، لیبرتوس و برانون^۵ (۲۰۱۳) نشان می‌دهد حس عدد در دوران نوزادی توانایی‌های ریاضی را در کودکان پیش‌دبستانی پیش‌بینی می‌کند. در پژوهش‌های مختلف، ابزارهای مختلفی جهت سنجش حس عدد مورد استفاده قرار گرفته است و هر کدام مؤلفه‌های مختلفی را مورد سنجش قرار داده‌اند.

علاوه بر این مطالعه پیشینه پژوهش در خصوص ارتقا کیفیت یادگیری ریاضی دانش‌آموزان حاکی از آن است که مداخلات طراحی شده عمدتاً به تقویت حس عدد توجه ویژه‌ای دارند، برای مثال برنامه‌های مداخله‌ای که بر آموزش راهبردهای شمارش^۶، راهبردهای استدلال ریاضی^۷، دانش مفهومی و بنیادی^۸ و مهارت‌های برآورد و تخمین^۹ تأکید دارند، به رشد حس عدد منجر می‌شود و این مهم گویای تأثیر معنادار بر مهارت‌های محاسباتی به تنهایی و یا دیگر مهارت‌ها مانند درک توالی اعداد، مفهوم عدد، توانایی تناظر یک به یک، درک مفهوم جایگاه اعداد و اعداد اصلی است (بارودی، آیلند و تامپسون^{۱۰}، ۲۰۰۹). در پژوهش‌های داخلی حوزه حس عدد نیز به این مهم پرداخته شده است. برای مثال نتایج پژوهش پوشنه و نیکنام^{۱۱} (۱۳۹۸) نشان داد برنامه مداخله آموزش حس عدد، بر مهارت‌های عددی و پیشرفت تحصیلی ریاضی دانش‌آموزان دیر آموز پایه اول ابتدایی به گونه معنی‌داری تأثیر داشته و منجر به افزایش آن شده است. ابزار مورد استفاده در این پژوهش آزمون حس عدد جردن^{۱۲} (۲۰۰۸) است. همچنین در پژوهش دیگری که با استفاده از آزمون حس عدد جردن^{۱۳} (۲۰۰۸) توسط قاسمی، درتاج، سعدی پور، دلاور و سرابی^{۱۴} (۱۳۹۶) صورت گرفت، نتایج پژوهش تفاوت معنی‌داری بین پیشرفت دانش‌آموزان تحت تأثیر آموزش مداخله‌ای حس عدد در مؤلفه‌های شمارش، عملیات عدد و دانش عدد در پس آزمون با گروه کنترل نشان داد. بنابراین تجزیه و تحلیل عملکرد دانش‌آموزان در حس عدد برای معلمان جهت کشف درک دانش‌آموزان از این مفهوم بسیار مهم است (اکایا^{۱۵}، ۲۰۱۶)، زیرا از نتایج ارزیابی عملکرد حس عدد می‌توان برای پیش‌بینی‌ها و پشتیبانی‌های اولیه مداخلات در آموزش و یادگیری حس عدد، قبل از شروع آموزش رسمی ریاضی بهره برد (جردن، گلوئینگ، رامینی، ۲۰۱۰).

- 1- Counting
- 2- Number Knowledge
- 3- Number Operation
- 4- Representations
- 5- Starr, Libertus, & Brannon
- 6- Counting Strategies
- 7- Reasoning Strategies
- 8- Conceptual and Factual Knowledge
- 9- Estimation Proficiency
- 10- Baroody, Eiland, & Thompson
- 11- Akkaya

با توجه به اینکه در پژوهش‌های داخلی تنها ابزار مورد استفاده جهت سنجش حس عدد، آزمون حس عدد جردن (۲۰۰۸) است و از سوی دیگر داشتن معیارهای مناسبی که بتواند تصورات غلط درباره‌ی حس عدد را تشخیص دهد، مهم است (دورکین و ریتل جانسون، ۲۰۱۵) و با توجه به اهمیت حس عدد در آموزش ریاضی پیش از دبستان و دبستان و فقدان پژوهش‌های داخلی در زمینه ارزیابی حس عدد با روش‌های جدید، وجود آزمون‌های ارزیابی حس عدد برای ارائه تصویری از عملکرد دانش‌آموزان، تشخیص مشکلات یادگیری و طراحی آموزش‌های جبرانی براساس نتایج آزمون می‌تواند راه‌گشا باشد. وقتی معلمان از نتایج آزمون‌ها برای طراحی یا اصلاح اهداف و فعالیت‌های آموزشی استفاده کنند، این عمل برای آموزش و یادگیری بسیار ارزشمند است. بنابراین هدف پژوهش حاضر توصیف ساختار آزمون‌های طراحی شده مربوط به سنجش حس عدد کودکان پیش از دبستان و دبستانی به منظور شناسایی ویژگی‌های این آزمون‌ها در مطالعات مرتبط است تا بتوان در جهت طراحی و یا بومی‌سازی آزمون‌های مناسب گام برداشت.

روش پژوهش

پژوهش حاضر با روش مرور نقادانه صورت گرفته و مراحل جست‌وجو و تحلیل به شرح ذیل است:

- ۱- شناسایی: اسناد مرتبط با توجه به استفاده بیشتر از "number sense" در ادبیات پژوهشی، جست‌وجو با این کلید واژه صورت گرفت. بنابراین اصطلاحات دیگری که ممکن است به عنوان مفهوم مشابه اطلاق شود، محدودیت این پژوهش است.
- ۲- جست‌وجو در پایگاه داده‌های اسکوپوس و وب آف ساینس و پایگاه‌های داخلی اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، نورمگز و پروتال جامع علوم انسانی
- ۳- با توجه به اینکه هدف پژوهش بررسی آزمون‌های مورد استفاده پژوهشگران در ده سال اخیر بود با محدود کردن سال پژوهش به ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲ و محدود کردن جست‌وجو به فقط "مقاله‌ها"، تعداد ۲۳۴ مقاله با کلید واژه حس عدد در "عنوان مقاله‌ها" یافت شد. سپس با محدود کردن جست‌وجو به مقالات فیلد آموزش، ریاضی و روانشناسی تعداد ۷۵ مقاله یافت شد.
- ۴- معیار ورود شامل مقاله‌های مرتبط با هدف پژوهش بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲، مربوط به دانش‌آموزان پیش‌دبستانی و دبستانی و داشتن آزمونی جهت سنجش حس عدد، بود. معیار خروج شامل مقاله‌های مروری، مقاله‌های مربوط گروه سنی بالای ۱۲ سال و گروه سنی کمتر از ۵ سال و مقاله‌های تحلیل محتوای کتاب‌های درسی بود. پس از لحاظ کردن معیارهای ورود و خروج و بررسی چکیده مقاله‌ها، ۲۲ مقاله برای بررسی قسمت ابزار پژوهش شناسایی شدند.

۵- با بررسی ۲۲ پژوهشی که برای سنجش حس عدد از آزمون استفاده کرده بودند، مشخص شد که تعداد ۱۰ پژوهش از آزمون حس عدد جردن، گلوئینگ و رامینی (۲۰۰۸)، پنج پژوهش از آزمون تشخیص عددی هالبردا و فایگنسون (۲۰۰۸)، یک پژوهش از آزمون توانایی ریاضیات اولیه بلیس^۳ (۲۰۰۶)، دو پژوهش از آزمون دو مرحله‌ای آنالین حس عدد یانگ (۲۰۱۰)، دو پژوهش از آزمون سه مرحله‌ای آنالین حس عدد یانگ (۲۰۱۰)، یک پژوهش از آزمون چهارمرحله‌ای آنالین حس عدد یانگ (۲۰۱۵) و یک پژوهش از آزمون سه مرحله‌ای حس عدد تونالی^۴ (۲۰۲۲) استفاده کرده بودند.

۶- پس از شناسایی آزمون‌ها جهت بررسی ویژگی‌های روانسنجی این آزمون‌ها جست‌وجویی برای یافتن پژوهش‌های مربوط به ساخت این آزمون‌ها در مقاله‌ها و پایان‌نامه‌ها صورت گرفت. در این جست‌وجو به جز پژوهش مربوط به ساخت آزمون تشخیص عددی هالبردا و فایگنسون (۲۰۰۸)، پژوهش مربوط به ساخت ۶ آزمون دیگر یافت شد.

۷- چک لیست تحلیل شامل نام آزمون، مؤلفه‌های مورد بررسی آزمون، نوع آزمون از نظر انفرادی یا گروهی بودن و مدادکاغذی یا آنالین بودن، مدت زمان اجرا، سن آزمودنی‌ها، ویژگی‌های پایایی و روایی تهیه شد و آزمون‌ها بر اساس چک لیست مذکور مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

با بررسی و تحلیل آزمون‌های حس عدد در اسناد منتخب با توجه به ویژگی‌هایی شامل نام آزمون، سن آزمودنی‌ها، مؤلفه‌های مورد بررسی، ویژگی‌های روانسنجی، یافته‌های به دست آمده از اسناد مکتوب مرتبط با هدف پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های آزمون‌های حس عدد دوره پیش از دبستان و دبستان

Table 1

Features of preschool and elementary school number sense test

ویژگی‌های روانسنجی Psychometric properties	مؤلفه‌های مورد سنجش Measured components	مدت زمان اجرا Running time	سن آزمودنی age	آزمون و طراح title of tests & designer
پایایی با روش بازآزمایی 0.82 تا 0.93 روایی محتوا با تعیین میزان همبستگی گویه‌های آزمون با سایر موارد آزمون 0.90 تا 0.53 روایی ملاک از 0.54 تا 0.91	ریاضیات اولیه غیررسمی (مفاهیم قدر نسبت، شمارش، محاسبه با اشیاء موجود) و درک ریاضیات رسمی (خواندن و نوشتن اعداد، حقایق اعداد، محاسبه به شکل نمادین)	بیشتر از ۴۵ دقیقه More than 45 minutes	۳ تا ۹ سال 3 - 9 years old	آزمون توانایی ریاضیات اولیه، ویرایش سوم بلیس (2006) Test of Early Mathematics Ability

1- Halberda and Feigenson

2- Test of Early Mathematics Ability

3- Bliss

4- Tunali

<p>Reliability with retest method 0.82 to 0.93, content validity by determining the correlation of test items with other test items 0.53 to 0.90 Criterion validity from 0.54 to 0.91 پایایی تفکیک فرد و گویه به ترتیب 0.80 و 0.99 پایایی تفکیک گویه‌ها: 0.99 ضریب آلفای کرونباخ برای پایایی همسانی درونی 0.84 Reliability of individual and item separation is 0.80 and 0.99, respectively Reliability of separation of items: 0.99 Cronbach's alpha coefficient for internal consistency reliability is 0.84</p>	<p>Basic informal mathematics (concepts of ratio, counting, calculating with existing objects) and understanding formal mathematics (reading and writing numbers, number facts, calculating in symbolic form)</p>				Bliss (2006)
<p>ضریب آلفای کرونباخ برای پایایی همسانی درونی 0.84 Reliability of individual and item separation is 0.80 and 0.99, respectively Reliability of separation of items: 0.99 Cronbach's alpha coefficient for internal consistency reliability is 0.84</p>	<p>شمارش، تشخیص، مقایسه، محاسبه غیرکلامی، مسائل داستانی، و ترکیب اعداد Counting, recognition, comparing, non-verbal calculation, story problems, and combining numbers</p>	30 دقیقه 30 minutes	5 تا 6 سال 5 - 6 years old	آزمون حس عدد جردن و همکاران (2008) Number sense test at el. Jordan (2008)	
<p>نامشخص Unknown</p>	<p>مقایسه مقدار اعداد Comparing the value of numbers</p>	نامشخص Unknown	3 تا 4 سال 20 - 3 years old	آزمون تشخیص عددی هالبردا و فایگنسون (2008) Number recognition test Halberda and Feigenson (2008)	
<p>ضریب روایی محتوا با روش لایوشه برای هر گویه بین 0.80 تا 0.95 ضریب پایایی بین 0.67 تا 1 روایی سازه برای بارهای عاملی بین 0.63 تا 0.83 The content validity coefficient with Lavshe's method for each item is between 0.80 and 0.95. Reliability coefficient between 0.67 and 1 Construct validity for factor loadings between 0.63 and 0.83</p>	<p>درک معنای اعداد، تشخیص اندازه اعداد، استفاده از نمایش‌های مختلف اعداد، تشخیص اثرات نسبی یک عملیات روی اعداد، قضاوت در مورد معقول بودن نتیجه محاسبات Understand the meaning of numbers, Recognize relative number size, Be able to use different representations, Recognize the relative effects of an operation on numbers, Be able to judge the reasonableness of a computational result</p>	بیشتر از 30 دقیقه More than 30 minutes	5 تا 6 سال 6 - 5 years old	آزمون دو مرحله‌ای آنلاین حس عدد یانگ (2010) Number Sense via a Web-Based Two Tier Test Yang (2010)	
<p>ضرایب آلفای کرونباخ برای هر مؤلفه حس عددی و کل آزمون 0.82، 0.85، 0.87، 0.84، 0.85 و 0.90</p>	<p>درک معنای اعداد، تشخیص اندازه اعداد، استفاده از نمایش‌های مختلف اعداد، تشخیص اثرات نسبی یک</p>	بیشتر 45 دقیقه More than 45 minutes	6 تا 7 سال 7 - 6 years old	آزمون سه مرحله‌ای آنلاین حس عدد یانگ (2010)	

روایی سازه هر مؤلفه و کل آزمون 0.82، 0.83، 0.84، 0.84، 0.82، 0.83، 0.90 Cronbach's alpha coefficients for each numerical sense component and the whole test are 0.85, 0.84, 0.87, 0.85, 0.82 and 0.90. The construct validity of each component and the whole test is 0.82, 0.83, 0.84, 0.82, 0.83, 0.90	عملیات روی اعداد، قضاوت در مورد معقول بودن نتیجه محاسبات Understand the meaning of numbers, Recognize relative number size, Be able to use different representations, Recognize the relative effects of an operation on numbers, Be able to judge the reasonableness of a computational result			Number Sense via a Web-Based Three Tier Test Yang (2010)
آلفای کرونباخ برای هر مؤلفه حس عدد به ترتیب 0.90، 0.91، 0.91 و 0.91 آلفای کرونباخ برای کل مقیاس 0.98 Cronbach's alpha for each number sense component is 0.90, 0.91, 0.91 and 0.90 respectively. Cronbach's alpha for the entire scale is 0.98	درک معنای اعداد، تشخیص اندازه اعداد، استفاده از نمایش‌های مختلف اعداد، تشخیص اثرات نسبی یک عملیات روی اعداد، قضاوت در مورد معقول بودن نتیجه محاسبات Understand the meaning of numbers, Recognize relative number size, Be able to use different representations, Recognize the relative effects of an operation on numbers, Be able to judge the reasonableness of a computational result	بیشتر از 45 دقیقه More than 45 minutes	۱۰ تا ۱۱ سال 11 - 10 years old	آزمون چهار مرحله‌ای آنلاین حس عدد یانگ (2015) Number Sense via a Web-Based Four Tier Test Yang (2015)
میانگین دشواری 0.54 شاخص‌های تمیز سؤال‌ها 0.30-0.40 ضریب پایایی گویه‌های ردیف اول آزمون با کودریچاردسون 0.81 ضریب پایایی کودریچاردسون ردیف دوم 0.74 Average Difficulty 0.54 Discrimination Values of questions 0.30-0.40 The reliability coefficient of the items of the first row of the test with Kr-20 formula is 0.81 Kr-20 reliability coefficient of the second row is 0.74	درک اعداد، روابط چندگانه بین اعداد، درک بزرگی نسبی اعداد، اثرات نسبی عملیات بر روی اعداد، توانایی ایجاد مرجع برای اندازه‌گیری اشیا و موقعیت‌ها Ability to understand the basic meanings of numbers and operations, recognize number sizes, use multiple representations of numbers and operations, recognize the relative effects of operations on numbers, develop different strategies as appropriate and evaluate the reasonableness of an answer.	نامشخص Unknown	۱۱ تا ۱۴ سال 14 - 11 years old	آزمون سه مرحله‌ای آنلاین تونالی (2022) three-tier number sense test Tunali (2022)

طبق اطلاعات جدول ۱، یک آزمون متداول برای سنجش حس عدد، آزمون توانایی ریاضیات اولیه بلیس (۲۰۰۶) است. با توجه به اینکه مؤلفه‌های حس عدد ارتباط نزدیکی با مهارت‌هایی دارند که کودکان در ریاضیات رسمی در دوره ابتدایی به آنها نیاز دارند، در برخی از پژوهش‌های ارزیابی یا مداخله‌ای، جهت سنجش حس عدد از آزمون توانایی ریاضیات اولیه بلیس (۲۰۰۶) استفاده شده بود. این آزمون همچنین می‌تواند به عنوان یک معیار مرجع یا ابزار تشخیصی برای دانش‌آموزان بزرگ‌تر که در ریاضی مشکل دارند استفاده شود (بلیس، ۲۰۰۶). آزمون شامل مؤلفه‌های ریاضی اولیه غیررسمی (مفاهیم قدر نسبی، شمارش، محاسبه با اشیاء موجود) و درک ریاضی رسمی (خواندن و نوشتن اعداد، حقایق اعداد، محاسبه به شکل نمادین) بوده و دارای زمان‌بندی نیست. با این حال یک کودک با توانایی متوسط باید بتواند آزمون را در حدود ۴۵ دقیقه کامل کند. ضرایب آلفا برای هر فرم آزمون در شش بازه سنی (۳ سال تا ۸ سال) بین ۰/۹۲ و ۰/۹۶ به دست آمده است. میانگین ضریب آلفا برای فرم الف ۰/۹۴ و برای فرم ب ۰/۹۶ گزارش شده است. پایایی آزمون با روش بازآزمایی با فاصله زمانی ۲ هفته فرم الف ۰/۸۲ و فرم ب ۰/۹۳ گزارش شده است. میانگین شاخص‌های تمایز گویه‌ها بین ۰/۴۵ (برای کودکان پنج ساله در فرم الف) و ۰/۶۸ (برای کودکان سه ساله در فرم ب) گزارش شده است. میانگین نمرات دشواری گویه از ۰/۱۵ برای کودکان ۴ ساله در فرم ب تا ۰/۸۷ برای کودکان ۸ ساله در فرم ب است. روایی ملاک از طریق روایی همزمان آزمون با سایر آزمون‌هایی که قصد اندازه‌گیری توانایی ریاضیات اولیه را دارند، تعیین شده است. همبستگی از ۰/۵۴ (زیرآزمون مفاهیم پایه آزمون کی مت^۱ کانلی^۲، ۱۹۸۸) تا ۰/۹۱ (برای ضریب ریاضی آزمون پیشرفت کودکان خردسال) است که نشان‌دهنده روابط متوسط تا قوی بین عملکرد در آزمون توانایی ریاضیات اولیه و آزمون‌های مذکور است.

همچنین طبق جدول ۱، آزمون تشخیص عددی هالبردا و فایگنسون (۲۰۰۸) برای کودکان و بزرگسالان طراحی شده است. در این تکلیف دو آرایش از ۱ تا ۱۴ مورد از اقلام مختلف (توپ، کلاه، بیل، گیلان، سنجاب، کلوچه، موز، کلید، توت فرنگی، دوچرخه، گاو، خرس، مدادرنگی، برگ، تراکتور، چکمه، کیک، قطار، پیستاز، بطری، کامیون، چتر، سطل، قایق، ویولن، ساندویچ، پروانه، پرچم، اتوبوس، ماشین، صدف دریایی) در کنار هم روی یک صفحه ویدیویی بزرگ ظاهر می‌شوند. اقلام در اندازه‌های متفاوتند و در هر آزمایش به طور تصادفی از ۴۶ تصویر ممکن از اشیاء آشنا انتخاب می‌شوند. در هر آزمایش، شرکت‌کنندگان صدای ضبط شده‌ای را می‌شنوند که از آنها می‌خواهد مقدار بیشتری از دو مقدار را انتخاب کنند (به عنوان مثال، «چه کسی تکه‌های پیتزا بیشتری دارد؟») عبارت "Who has more" توسط یک زن انگلیسی زبان با صدایی مناسب برای افراد از طریق یک بلندگوی متمرکز کامپیوتر پخش می‌شود. روایی و پایایی این آزمون گزارش نشده بود.

1- Keymath

2- Connolly

مجموعه آزمون جردن و همکاران (۲۰۰۸) برای کودکان از ابتدای مهدکودک تا اواسط پایه اول ابتدایی طراحی شده است و به شیوه انفرادی اجرا می‌شود. به هر پاسخ درست یک نمره و هر پاسخ نادرست صفر داده می‌شود. جهت بررسی پایایی این آزمون از شاخص‌های جداسازی فرد و گویه مدل راش استفاده شده است. پایایی تفکیک فرد و گویه به ترتیب $0/80$ و $0/99$ است. پایایی تفکیک افراد معادل سایر معیارهای سازگاری درونی است و بر این اساس، میزان خطا در اندازه‌گیری را تخمین می‌زند. از طرف دیگر، پایایی تفکیک گویه‌ها که نشان‌دهنده این است که گویه‌ها چقدر متغیرهای مورد اندازه‌گیری را تعریف می‌کنند، $0/99$ است. از ضریب آلفای کرونباخ برای محاسبه پایایی همسانی درونی استفاده شده که $0/84$ است. همبستگی همگرایی بین آزمون حس عدد و آزمون ریاضی وودکاک جانسون از $0/62$ تا $0/65$ متغیر است. ارتباط‌های متفاوت بین آزمون حس عدد و آزمون پیشرفت خواندن تور^۱ از $0/29$ تا $0/40$ متغیر است. روایی همگرا (حس عدد و پیشرفت ریاضی) بسیار بالاتر از روایی واگرا (حس عدد و پیشرفت خواندن) است. در نتیجه، الگوی ارتباط‌های همگرا و واگرا مناسب است و به شدت از استنباط روایی سازه برای آزمون حس عدد پشتیبانی می‌کند. می‌توان گفت این آزمون پتانسیل خوبی برای شناسایی کودکان خردسال در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی دارد. همچنین پیشرفت ریاضی را در سال‌های ابتدایی مدرسه پیش‌بینی می‌کند. قابل ذکر است که آزمون حس عدد جردن و همکاران (۲۰۰۸) در ایران توسط جدیدی (۱۳۹۰) هنجاریابی شده و همسانی درونی آن با روش بازآزمایی $0/89$ و پایایی آن با روش بازآزمایی $0/90$ گزارش شده است.

آزمون حس عدد دو مرحله‌ای آنلاین یانگ (۲۰۱۰) بر اساس مطالعات نویسندگان و داده‌های مصاحبه بیش از ۳۰۰ شرکت‌کننده در ۱۰ سال جمع‌آوری شده است. موارد موجود در آزمون دو مرحله‌ای آنلاین و دلایل مرتبط با آن‌ها با توجه به پاسخ‌های مکرر کودکان در آن مصاحبه‌ها طراحی شده است. آزمون نهایی شامل ۵۰ مورد است که پنج مؤلفه حس عدد را پوشش می‌دهد، با ۱۰ مورد برای هر جزء محتوای اقلام شامل سؤالاتی در مورد کسرها، اعشار، اعداد صحیح و عملیات آن‌ها است. مرحله اول (مرحله پاسخ) شامل سؤال‌های چهارگزینه‌ای است. مرحله دوم (مرحله دلیل) شامل سه یا چهار دلیل برای هر پاسخ مرحله اول است. دلایل انتخاب صحیح (در ردیف پاسخ) معمولاً مبتنی بر «روش مبتنی بر حس عددی»، «روش مبتنی بر قانون»، «تصورات غلط» و «حدس زدن» است. اما دلایل انتخاب نادرست در مرحله اول (مرحله پاسخ) فقط «تصورات غلط» و «حدس زدن» است. به عنوان مثال، سؤال «ارتفاع نخل نارگیل در حیاط مدرسه تقریباً به سه طبقه می‌رسد. قضاوت کنید؛ ارتفاع نخل نارگیل کدام یک از موارد زیر است؟ (۱) ۳ متر؛ (۲) ۹ متر؛ (۳) ۱۵ متر؛ (۴) ۳۰ متر» در آزمون مرحله‌ی اول از کودکان خواسته می‌شود که پاسخ‌های خود را از میان گزینه‌های ارائه شده انتخاب کنند. پس از اینکه کودکان پاسخ‌های خود را انتخاب کردند،

آزمون مرحله‌ی دوم گزینه‌های دلیل مربوطه را برای دانش‌آموزان نشان می‌دهد. اقدامات متعددی برای اطمینان از روایی و پایایی آزمون انجام شده است. بنابراین گزارش طراح، قبل از برگزاری آزمون آنلاین واقعی، دو نفر از متخصصان در زمینه آموزش ریاضی سؤال‌ها را از نظر اعتبار محتوایی بررسی کردند و پنج معلم با تجربه ابتدایی و ۲۰ دانش‌آموز کلاس پنجمی برای شفاف‌سازی هر عبارت انتخاب شدند. علاوه بر این فرآیند ارزیابی اولیه، ۷۰ دانش‌آموز کلاس پنجم برای شرکت در یک مطالعه آزمایشی آنلاین انتخاب شدند. به جز برخی تغییرات جزئی که در فرآیند کلیدزنی یافت شد، تغییر قابل توجهی ایجاد نشد. آلفای کرونباخ آزمون دو مرحله‌ای آنلاین برای دانش‌آموزان کلاس ششم ۰/۸۷۷ گزارش شده است. برای اطمینان از اینکه گویه‌های طراحی شده معرف هستند و فراتر از محدوده برنامه درسی که معمولاً به دانش‌آموزان کلاس ششم در تایوان آموزش داده می‌شود، از سه معلم ریاضی ابتدایی خواسته شد تا موارد آزمون را بررسی کنند. همه آنها موافق بودند که آزمون برای کلاس ششم مناسب است. روایی محتوا برای هر گویه بین ۰/۸۰ تا ۰/۹۵، پایایی بین ۰/۶۷ تا ۱ و روایی سازه بین ۰/۶۳ تا ۰/۸۳ است. همچنین، تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که شاخص‌های دشواری گویه‌های آزمون بین ۰/۷۹ تا ۰/۲۶ و قدرت تمیز بین ۰/۷۷ تا ۰/۲۲ بوده است. از آنجایی که نتایج به دست آمده از طریق آزمون دو مرحله‌ای برای نشان دادن تفاوت بین تصورات غلط و عدم آگاهی، کافی در نظر گرفته نشد، بین درک و حدس‌های شانس، مرحله جدیدی به نام مرحله «اطمینان» علاوه بر «محتوا» و «دلیل» اضافه شد. افزودن مرحله‌ی سوم به آزمون، اطلاعات ارزشمندی در مورد اعتماد به نفس دانش‌آموزان فراهم می‌کند. اگر دانش‌آموز از پاسخ‌های داده شده در ردیف اول و دوم مطمئن نباشد، می‌توان نتیجه گرفت که پاسخ‌های صحیح نتیجه حدس و گمان است. از سوی دیگر، تصور می‌شود دانش‌آموزی که تنها در یک مرحله پاسخ صحیح می‌دهد و اظهار می‌کند که از پاسخ خود مطمئن است، ممکن است تصور اشتباهی داشته باشد. ضرایب آلفای کرونباخ برای هر مؤلفه حس عدد و کل آزمون ۰/۸۵، ۰/۸۴، ۰/۸۷، ۰/۸۵، ۰/۸۲، ۰/۹۰ و روایی سازه هر مؤلفه و کل آزمون ۰/۸۲، ۰/۸۳، ۰/۸۴، ۰/۸۲، ۰/۸۳ و ۰/۹۰ است.

آزمون حس عدد چهار مرحله‌ای آنلاین یانگ (۲۰۱۵) شامل مؤلفه‌های آزمون‌های قبلی مشابه است. با این تفاوت که برای بررسی مرحله اطمینان کودکان برای هر پاسخ، مقیاس رتبه‌بندی اطمینان زیرردیف‌های پاسخ و دلیل هر مورد در این تست به عنوان یک مقیاس لیکرت چهاردرجه‌ای اضافه شده است، بنابراین در مرحله چهارم، اعتماد دانش‌آموزان برای انتخاب‌هایشان در ردیف سوم بررسی می‌شود. برای طراحی مراحل مختلف این آزمون با هشت دانش‌آموز کلاس پنجم به صورت جداگانه مصاحبه‌هایی صورت گرفت. دانش‌آموزان در این مصاحبه‌ها به ۴۰ سؤال پاسخ داده و نظرات خود را در مورد سؤالات، محتوا و دلیل پاسخ‌هایشان بیان کردند. پس از طراحی، روایی محتوایی این آزمون توسط معلمان، محققین و مربیان معلم که در مطالعه حس عدد متخصص هستند، بررسی شد. همچنین پایایی آزمون با محاسبه آلفای کرونباخ

برای هر مؤلفه حس عدد به ترتیب ۰/۹۰، ۰/۹۱، ۰/۹۱، ۰/۹۱ و ۰/۹۰ و برای کل مقیاس ۰/۹۸ گزارش شده است.

آزمون سه مرحله‌ای آنلاین تونالی (۲۰۲۲) که پایایی و روایی آن برای ۴۹۹ دانش‌آموز ۱۱ تا ۱۴ سال صورت گرفته است، در ردیف اول شامل ۲۵ سؤال ریاضی چهار گزینه‌ای، در ردیف دوم (ردیف دلیل) شامل پاسخ به سؤالات ردیف اول (مبتنی بر حس عددی، مبتنی بر قانون، تصور غلط و حدس زدن) و در ردیف سوم شامل سؤال‌های اطمینان است. میانگین دشواری این آزمون ۰/۵۴ محاسبه شده است. از آنجایی که این مقدار نزدیک به ۰/۵ است، به عنوان آزمون دارای سختی متوسط در نظر گرفته می‌شود. شاخص‌های تمیز گویه‌های این آزمون بین ۰/۳ تا ۰/۴ است و نشان می‌دهد که هر ۲۵ سؤال دارای تمایز خوب و بسیار خوب هستند و دانش‌آموزان گروه‌های پایین و بالا را به خوبی متمایز می‌کنند. ضریب پایایی گویه‌های ردیف اول آزمون با روش کودریچاردسون ۲۰ برابر با ۰/۸۱ و ضریب پایایی کودریچاردسون ۲۰ به همراه موارد ردیف دوم ۰/۷۴ محاسبه شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف توصیف آزمون‌های سنجش حس عدد دانش‌آموزان پیش از دبستان و دبستان در مطالعات بین‌المللی صورت گرفت. نتایج حاصل از بررسی مطالعات مربوط به سنجش حس عدد، به شناسایی ۶ تعداد آزمون در بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ منجر شد. در مرحله بعد، ویژگی‌های آزمون‌ها شامل، ساختار آزمون، نوع آزمون، سن اجرا، مدت زمان و نوع اجرا، مؤلفه‌های سنجش حس عدد، روش تجزیه و تحلیل سؤال‌ها، ویژگی‌های فنی پایایی و روایی آن‌ها شناسایی شد.

بر اساس یافته‌های مستخرج از مطالعات، یکی از ویژگی‌های مورد بررسی، نوع آزمون بود. تنها دو مطالعه به سنجش حس عدد با روش مدادکاغذی با ساختار سؤال‌های بسته پاسخ تأکید کرده بودند که این روش علاوه بر صرف زمان و هزینه‌ی بیشتر، به تلاش بیشتری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیاز دارد. اگرچه با استفاده از این آزمون‌ها، می‌توان داده‌های زیادی را جمع‌آوری کرد، اما استفاده از روش‌های مدادکاغذی نمی‌تواند تصویر کاملی از درک دانش‌آموزان از حس عدد ارائه کند؛ چراکه توضیح دانش‌آموزان برای پاسخ‌هایشان مشخص نیست.

در بررسی نوع اجرای آزمون‌های سنجش حس عدد مشخص شد که امروزه پژوهشگران حوزه ریاضی بر طراحی آزمون‌های آنلاین دو، سه یا چهار مرحله‌ای تأکید ویژه‌ای دارند. آزمون‌های چندمرحله‌ای دو مزیت دارند: مزیت کیفی بررسی تفکر دانش‌آموزان از نظر توضیحات در مورد گزینه‌های پاسخ و علل احتمالی تصورات نادرست آن‌ها و جمع‌آوری مقدار قابل توجهی از داده‌ها بدون صرف زمان، کاغذ یا تلاش زیاد، همچنین این آزمون‌ها فرصتی برای تجزیه و تحلیل درک حس عدد دانش‌آموزان و کشف فرآیند تفکر

آن‌ها درباره حس عدد فراهم می‌کند. در مجموع پژوهش‌های کمی در مورد آزمون چند مرحله‌ای در آموزش ریاضی وجود دارد. دلیل تأکید کمتر به این آزمون‌ها ممکن است دشواری آن در طراحی مرحله دلیل باشد، زیرا رویکردهای زیادی برای پاسخ صحیح در حل مسائل ریاضی وجود دارد. با توجه به اینکه تشخیص تصورات غلط یا کمبود دانش، کار دشواری است، ممکن است با آزمون دومرحله‌ای دلیل خطا تشخیص داده نشود. همچنین آزمون دومرحله‌ای نمی‌تواند پاسخ‌های صحیح را به دلیل غیرقابل تشخیص بودن پاسخ‌های صحیح حاصل از حدس و گمان متمایز کند. نقاط ضعف آزمون دو مرحله‌ای با کسب شاخص رتبه‌بندی اطمینان (پاسخ‌های مرحله سوم) در آزمون سه مرحله‌ای برطرف می‌شود. درجه اطمینان یک آزمون، اساساً برای ارزیابی دقت عملکرد یک فرد در تکالیف شناختی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه مقدار شاخص رتبه‌بندی اطمینان پایین، نشان دهنده حدس زدن است که به نوبه خود حاکی از فقدان دانش است؛ می‌توان گفت آزمون سه مرحله‌ای با برخورداری از شاخص اطمینان قابلیت تشخیص بهتری نسبت به آزمون دومرحله‌ای دارد. در تکمیل آزمون‌های سه مرحله‌ای، با طراحی مرحله چهارم در آزمون چهارمرحله‌ای اطمینان دانش‌آموزان برای انتخاب‌هایشان را می‌توان مورد بررسی قرار داد. بر اساس یافته‌های این مطالعه، با وجود مزیت‌های آزمون‌های آنلاین چندمرحله‌ای و انفرادی، کاربرد آزمون جردن (۲۰۰۸) که آزمون مدادکاغذی و گروهی است، بیشتر از آزمون‌های آنلاین چندمرحله‌ای و انفرادی بوده است.

همچنین از دیگر تفاوت مهم این آزمون‌ها مربوط به تعداد مؤلفه‌های حس عدد بود. در آزمون جردن مؤلفه‌های شمارش، تشخیص عدد، مقایسه اعداد، محاسبه غیرکلامی، مسائل داستانی، و ترکیب مورد تأکید بود. در آزمون‌های آنلاین چندمرحله‌ای یانگ (۲۰۱۵) درک معنای اعداد، تشخیص اندازه اعداد، استفاده از نمایش‌های مختلف اعداد، تشخیص اثرات نسبی یک عملیات روی اعداد، قضاوت در مورد معقول بودن نتیجه محاسبات مورد بررسی قرار گرفته بود و در آزمون سه مرحله‌ای تونالی (۲۰۲۲) درک عدد، روابط چندگانه بین اعداد، درک بزرگی نسبی اعداد، اثرات نسبی عملیات بر روی اعداد، توانایی ایجاد مرجع برای اندازه‌گیری اشیاء و موقعیت‌ها مورد بررسی قرار گرفته بود. برخی از این مؤلفه‌ها مشترک و با عنوان متفاوتی مطرح شده بودند. نقطه اشتراک آزمون‌ها تأکید بر تشخیص، مقایسه اعداد و محاسبات بود. در اغلب آزمون‌هایی که پژوهشگران جهت سنجش حس عدد به کار برده‌اند، تأکید بر مقایسه مقدار اعداد بود. آزمون تشخیص عددی هالبردا و فایگنسون (۲۰۰۸) نیز فقط به این مؤلفه پرداخته بود. بنابراین می‌توان گفت بر اساس تعاریف متعدد از حس عدد، مؤلفه‌های مورد سنجش در آزمون‌ها متفاوتند.

از دیگر نتایج به دست آمده در این مطالعه، تفاوت آنها در استفاده از روش‌های متفاوت برای بررسی شاخص پایایی آزمون بود. در آزمون توانایی ریاضیات اولیه بلیس (۲۰۰۶) از روش بازآزمایی برای برآورد پایایی استفاده شده بود که روش مناسبی برای اندازه‌گیری خصایصی است که در طول زمان تغییر زیادی نمی‌کنند.

در حالی که در آزمون حس عدد تونالی (۲۰۲۲) از روش کودریچاردسون که آزمون همگنی (ثبات بین سؤالات) است و نسبت پاسخ‌های صحیح به غلط را در هر سؤال آزمون مدنظر قرار می‌دهد، استفاده شده بود. اما در آزمون جردن (۲۰۰۸) و آزمون‌های دو، سه و چهار مرحله‌ای یانگ از آلفای کرونباخ جهت بررسی پایایی استفاده شده بود. اگرچه، آلفای کرونباخ برای بیان ثبات یک ابزار بر خلاف روش آزمون-بازآزمون نیاز به یک بار اندازه‌گیری دارد و استفاده از آن نسبت به سایر شاخص‌ها آسان‌تر است. طبق نظر برخی متخصصان روانسنجی، در برخی موارد پیش فرض‌های آلفای کرونباخ در مطالعات مختلف رعایت نمی‌شود و این باعث برآورد کم یا زیاد آلفا می‌شود. همچنین برخی از پژوهشگران دامنه آلفای کرونباخ را صفر تا یک می‌دانند، اما هنگامی که کوواریانس گویه‌ها خیلی کم باشد، آلفا می‌تواند کمتر از صفر یا منفی شود، بنابراین آلفا نمی‌تواند به آسانی به عنوان یک شاخص برای سازگاری درونی یک آزمون تفسیر شود (به نقل از پاکزاد و علاءالدینی، ۱۳۹۵).

به علاوه، طبق بررسی‌های صورت گرفته در مطالعات منتخب و شناسایی شاخص روایی آزمون‌ها، روایی محتوا تنها در آزمون‌های آنالاین چندمرحله‌ای با روش لاوشه و با استفاده از نظر متخصصان محاسبه شده بود و درخصوص روایی سازه نیز در آزمون‌های آنالاین چند مرحله‌ای، با بررسی همبستگی درون گویه‌ها صورت گرفته بود. روایی سازه در آزمون جردن (۲۰۰۸) با گزارش روایی همگرا با آزمون ریاضی وودکاک جانسون و روایی واگرا با آزمون پیشرفت خواندن تور صورت گرفته بود. همچنین شاخص روایی ملاک در آزمون توانایی ریاضی بلیس (۲۰۰۶) با محاسبه روایی همزمان آزمون با آزمون‌های کی مت و آزمون پیشرفت کودکان خردسال گزارش شده بود.

پیشنهاد‌های کاربردی

در مجموع می‌توان گفت در پژوهش‌های مختلف سنجش حس عدد، نام‌گذاری‌های مختلفی برای اجزایی که مهارت یکسانی را پوشش می‌دهند، استفاده می‌شود. بنابراین می‌توان در فرآیند طراحی و ساخت آزمون بومی حس عدد، مجموعه‌ای از مؤلفه‌های مختلف حس عدد را که در اغلب آزمون‌ها به آن‌ها پرداخته شده و مورد توافق متخصصین است، مورد سنجش قرار داد مانند شمارش، تشخیص اعداد، مقایسه اعداد و عملیات روی اعداد.

آزمون‌های انفرادی اطلاعات جامع‌تر و عمیق‌تری در مورد فرد به دست می‌دهند، بنابراین پیشنهاد می‌شود آزمون بومی انفرادی جهت سنجش حس عدد ساخته شود. همچنین پیشنهاد می‌شود در ابزارهای جدید ساخته شده و یا هنجار شده حس عدد از روش‌های دیگر بررسی ویژگی‌های روانسنجی از جمله روش‌های نظریه سؤال-پاسخ استفاده شود. همچنین با توجه به اشکالات آلفای کرونباخ پیشنهاد می‌شود جهت برآورد پایایی از روش‌هایی مانند ضریب امگا استفاده شود. همچنین برآورد روایی دقیق و کامل گزارش شود.

همانطور که پیش‌تر گفته شد با استفاده از آزمون‌های آنلاین چندمرحله‌ای مقدار قابل توجهی از داده‌ها بدون صرف زمان، کاغذ و تلاش زیاد در تجزیه و تحلیل جمع‌آوری می‌شود، بنابراین پیشنهاد می‌شود آزمون‌های بومی حس عدد آنلاین چندمرحله‌ای جهت سنجش حس عدد طراحی شود. با توجه به محدودیت بررسی کلیدواژه‌های مترادف حس عدد و محدودیت در بررسی پایگاه‌های اطلاعاتی دیگر، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، آزمون‌های سنجش فهم عدد، درک عدد و شناخت عدد مورد توجه قرار گیرند.

References

منابع

- پاکزاد، رضا و علاء‌الدینی، فرشید (۱۳۹۵). سوء استفاده و سوء برداشت از ضریب آلفای کرونباخ به عنوان شاخصی برای ثبات درونی ابزار سنجش. *مجله تخصصی اپیدمیولوژی ایران*, ۱۲(۴)، ۶۴-۷۱.
- پوشنه، کامبیز و نیکنام، صدف (۱۳۹۸). اثربخشی برنامه آموزش حس عدد بر بهبود مهارت‌های عددی و پیشرفت تحصیلی ریاضی دانش‌آموزان دیرآموز پایه اول ابتدایی. *روانشناسی افراد استثنایی*، ۹(۳۶)، ۵۵-۷۰.
- زارع‌پور، فاطمه؛ قاسمی، مسعود؛ شریعت باقری، محمدمهدی و درتاج، فریبرز (۱۴۰۰). اثربخشی آموزش ریاضی بر حس عدد و حافظه فعال دیداری-فضایی کودکان دختر با مشکلات ریاضی. *نشریه پرستاری کودکان و نوزادان*، ۹(۱)، ۴۶-۴۲.
- Akkaya, R. (2016). An Investigation into the Number Sense Performance of Secondary School Students in Turkey. *Journal of Education and Training Studies*, 4(2): 113-123.
- Artut, P. D., & Er, Z. (2022, February). *Investigation of number sense strategies used by 5th grade gifted students in Turkey*. Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12), Feb 2022, BozenBolzano, Italy
- Baroody, A. J., Eiland, M., & Thompson, B. (2009). Fostering at-risk preschoolers' number sense. *Early Education and Development*, 20(1): 80-128.
- Barth, H., La Mont, K., Lipton, J., Dehaene, S., Kanwisher, N., & Spelke, E. (2006). Non-symbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition*, 98(3): 199-222.
- Bliss, S. (2006). Test of early mathematics ability—Third edition. *Journal of psychoeducational Assessment*, 24(1): 85-98.
- Bütüner, S. Ö. (2018). Comparing the use of number sense strategies based on student achievement levels. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(6): 824-855.
- Chinn, S. J., & Ashcroft, J. R. (1993). *Mathematics for dyslexics*. London: WhulT Publishers Ltd.

- Connolly, A. J. (1988). *KeyMath Revised: A Diagnostic Inventory of Essential Mathematics: Manual*, Forms A and B. American Guidance Service.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*: OUP USA.
- Devlin, K. (2017). *All the mathematical methods I learned in my university math degree became obsolete in my lifetime*. Retrieved January 25, 2019, from HUFFPOST: https://www.huffpost.com/entry/all-the-mathematical-methods-i-learned-in-my-university_b_58693ef9e4b014e7c72ee248
- Durkin, K., & Rittle-Johnson, B. (2015). Diagnosing misconceptions: Revealing changing decimal fraction knowledge. *Learning and Instruction*, 37: 21-29.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligence*. New York: Basic Books Inc
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4): 293-304.
- Ghazali, M., Mohamed, R., & Mustafa, Z. (2021). A Systematic Review on the Definition of Children's Number Sense in the Primary School Years. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(6), 1-12 Article 1968.
- Gurganus, S. (2004). Promote number sense. *Intervention in School and Clinic*, 40(1): 55-56.
- Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the "Number Sense": The Approximate Number System in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental psychology*, 44(5): 1457-1465
- Harling, P., & Roberts, T. (1988). *Primary mathematics schemes*. London: Hodder and Stoughton.
- Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2008). *A number sense assessment tool for identifying children at risk for mathematical difficulties*. In *Mathematical Difficulties* (pp. 45-58): Elsevier.
- Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and individual differences*, 20(2): 82-88.
- Jordan, N. C., Glutting, J., Ramineni, C., & Watkins, M. W. (2010). Validating a number sense screening tool for use in kindergarten and first grade: Prediction of mathematics proficiency in third grade. *School Psychology Review*, 39(2): 181-195.
- Locuniak, M. N., & Jordan, N. C. (2008). Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities*, 41(5): 451-459
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston: NCTM.

- Pakzad, R., & Alaeddini F. (2017). Misuse and misinterpretation of Cronbach's alpha coefficient as an indicator of the internal consistency of the measuring instrument. *Iranian specialized journal of epidemiology*, 12(4): 64-71 [In Persian].
- Parsons, S., & Bynner, J. (2005). *Does numeracy matter more? London*: National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy.
- Principles, N. (2000). *standards for school mathematics*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics. In: Inc.
- poushneh, K., & niknam, S. (2020). The Effectiveness of Number Sense Teaching Program on Number Sense Ability and Math Achievement of Slow Learner Students. *Psychology of Exceptional Individuals*, 9(36): 55-70 [In Persian].
- Şengül, S., & Gülbağcı, D. (2014). The strategies of mathematics teachers when solving number sense problems. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 5(1): 73-88.
- Starr, A., Libertus, M. E., & Brannon, E. M. (2013). Number sense in infancy predicts mathematical abilities in childhood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(45): 18116-18120.
- Tunali, S. D. (2022). A test for identification of math talent: developing a three-tier number sense test. *Journal of Gifted Education and Creativity*, 9(3): 285-301.
- UNESCO. (1977). *New trends in mathematics teaching (Second Impressions)*. Volume In. France.
- Wang, J. J., Halberda, J., & Feigenson, L. (2017). Approximate number sense correlates with math performance in gifted adolescents. *Acta Psychologica*, 176, 78-84. DOI: 10.1016/j.actpsy.2017.03.014
- Whitfield, P. (1987). *Assessment and evaluation*. M. Preston (Ed). Mathematics in Primary Education. London: The Falmer Press
- Yang, D. C. (2007). Investigating the strategies used by preservice teachers in Taiwan when responding to number sense questions. *School Science and Mathematics*, 107(7): 293-301.
- Yang, D. C., M. N. Li, & C. I. Lin. (2008). A Study of the Performance of 5th Graders in Number Sense and Its Relationship to Achievement in Mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 6(4): 789-807.
- Yang, D. C. (2019). Development of a three-tier number sense test for fifth-grade students. *Educational Studies in Mathematics*, 101(3): 405-424.
- Yang, D. C., & Lin, Y. C. (2015). Assessing 10- to 11-year-old children's performance and misconceptions in number sense using a four-tier diagnostic test. *Educational Research*, 57(4): 368-388.
- Yang, D. C., & Tsai, Y. F. (2010). Promoting sixth graders' number sense and learning attitudes via technology-based environment. *Journal of Educational Technology & Society*, 13(4): 112-125.
- Yilmaz, Z. (2017). Young children's number sense development: Age related complexity across cases of three children. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 9(4): 891-902.

Zare, F., ghasemi, M., shariat, M., & dortaj, F. (2022). The effectiveness of mathematics education on numerical sense and visual-spatial working memory of girls with mathematical problems. *Journal of Pediatric Nursing*, 9(1): 42-46 [In Persian]