فصلنامه علمی – پژوهشی
پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی
سال ششم، شماره چهارم (پیاپی ۲۴)، بهار ۱۳۹۸ (ص ۹ – ۳۰)

Quarterly Journal of
Research in School and Virtual Learning
Year 6, No 4 (Serial Number 24), Spring 2019 (P 9-30)

شناسایی زیرگونه‌های ناتوانی یادگیری ریاضی در دانش‌آموزان ایرانی: رویکرد خوشه‌بندی مدل- مبنا

محمدجواد یزدانی ورزنه[۱]، حمیدرضا حسن‌آبادی*[۲]، پروین کدیور[۳]، محمدحسین عبدالهی[۴]

۱. دکتری روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. استاد، گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۴. دانشیار، گروه روان‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۹

Identifying the Subtypes of Mathematical Learning Disability in Iranian Students: The Model-based Clustering Approach

M.J. Yazdani Varzaneh[1], H.R. Hassanabadi[*2], P.Kadivar[3], M.H. Abdollahi[4]

1. PhD in Educational Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Educational Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran
3. Professor, Department of Educational Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran
4. Associate Professor, Department of Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 2019/01/29 **Accepted:** 2019/06/19

چکیده

هدف پژوهش حاضر شناسایی زیرگونه‌های شناختی ناتوانی ریاضی با استفاده از خوشه‌بندی مدل- مبنا در یک نمونه بالینی بود. شرکت‌کنندگان در این پژوهش، ۴۱ دانش‌آموز دارای ناتوانی ریاضی مشغول به تحصیل در پایه‌های سوم، چهارم و پنجم با میانگین سنی ۹/۹۳ سال و انحراف استاندارد سنی ۱/۱۱ (۱۳/۳۳ ماه) بودند که در مراکز درمان ناتوانی یادگیری آموزش و پرورش به عنوان ناتوان در یادگیری ریاضی، آموزش ویژه دریافت می‌کردند. شرکت کنندگان در دو جلسه به صورت انفرادی با استفاده از مجموعه‌ای از آزمون‌ها و تکالیف شناختی حوزه- عام و حوزه-ویژه‌ی مداد-کاغذی و رایانه‌ای ارزیابی شدند. خوشه‌بندی داده‌ها به روش مدل- مبنا حاکی از وجود چهار خوشه مجزا از دانش‌آموزان بود که روایی آماری و تجربی آنها تایید شد و شامل نقص دسترسی (۳۱/۱ درصد)، نقص دیداری- فضایی (۲۶/۸ درصد)، نقص سرعت پردازش و کنش‌های اجرایی (۲۶/۸ درصد)، نقص سیستم عددی تقریبی (ANS) (۱۲/۲ درصد) گردید. این یافته‌ها، دلالت‌هایی برای ارائه تعاریف ایجابی از ناتوانی ریاضی دارد و می‌تواند برای تدارک مداخله‌های متناسب با هر زیرگونه پژوهش‌های بعدی را برانگیزد.

واژگان کلیدی

پردازش عددی، زیرگونه‌های شناختی، شناخت حوزه- عام، کنش‌های اجرایی، ناتوانی یادگیری ریاضی.

Abstract

The aim of the present study was identifying the cognitive subgroups of mathematical disability by using the model- based clustering in a clinical sample. The Participants were 41 mathematical disabled students studying in third, fourth, and fifth grades with average age of 9.93 years and age standard deviation of 1.11 years (13.33 months) that received special education as learning disables in the centers of learning disabilities treatment of education organization. Utilizing a battery of paper and pencil and computerized tests and tasks, the researchers assessed participants individually during two sessions. Model- based data clustering revealed four distinct clusters of students that their statistical and empirical validity was confirmed: symbolic processing deficit (31.1 percent), visual-spatial deficit (26.8 percent), executive functions and processing speed deficit (26.8 percent), non-symbolic processing deficit (12.2 percent). These results have implications for presenting positive definitions of mathematical learning disability and are able to motivate future researches for preparing interventions appropriate to each subgroups.

Keywords

Number Processing, Cognitive Subgroups, Domain-General Cognition, Executive Functions, Mathematical Learning Disability.

این پژوهش با حمایت مالی ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی انجام شد.

***نویسنده مسئول:** حمیدرضا حسن‌آبادی

*Corresponding Author: dr_hassanabadi@khu.ac.ir

مقدمه

حدود ۷ درصد از دانش‌آموزان با وجود هوش نرمال دچار دشواری‌های شدید در ریاضیات هستند که ناتوانی یادگیری ریاضی خوانده می‌شود (گیری[1]، ۲۰۱۱؛ ۲۰۱۴). درباره برخی علل ناتوانی ریاضی در سطح شناختی، به ناتوانی خاصی مربوط نیست (متغیرهای حوزه عام) و برخی که به طور ویژه به ریاضیات مربوط است (متغیرهای حوزه ویژه)، مطرح شده است (کووان[2] و پاول[3]، ۲۰۱۴؛ پاسولونگی[4] و لانفرانچی[5]، ۲۰۱۲). مهم‌ترین نقص‌های حوزه عام افراد با ناتوانی ریاضی، مشکلات در سرعت پردازش و حافظه کاری (پرایس[6] و انصاری[7]، ۲۰۱۳؛ گیری، ۲۰۱۱) و کنش‌های اجرایی (دیاموند[8]، ۲۰۱۳) است.

در راستای فرضیه حوزه عام، نتایج برخی مطالعات نشان‌دهنده نقص افراد با ناتوانی ریاضی در دستیابی سریع و خودکار به اطلاعات حافظه بلند مدت و سرعت پردازش این اطلاعات است (دآمیکو[9] و پاسولونگی، ۲۰۰۹؛ گیری، هووارد[10]، ناجنت[11] و بایلی[12]، ۲۰۱۲). این متغیر در پژوهش‌های فراتحلیلی گذشته (جانسون[13]، هامفری[14]، ملارد[15]، وود[16] و سوانسون[17]، ۲۰۱۰)، به ویژه درباره مقایسه دو گروه با ناتوانی ریاضی و با ناتوانی توأم ریاضی و خواندن (شاین[18] و برایانت[19]، ۲۰۱۳) دارای اندازه اثرمتوسط بوده است. همچنین، پژوهش‌های فراتحلیلی متعددی نقش حافظه کاری را در ناتوانی ریاضی و ناتوانی توأم (شاین و برایانت، ۲۰۱۳؛ جانسون و همکاران، ۲۰۱۰) نشان داده‌اند. در برخی پژوهش‌ها (اندرسن[20] و لیکسل[21]، ۲۰۰۷) هر دو بعد کلامی و دیداری- فضایی حافظه کاری و در برخی از آنها (اندرسن، ۲۰۱۰) فقط بعد دیداری- فضایی آن با ناتوانی ریاضی مرتبط بوده است. فراتحلیل پنگ[22] و فاچس[23] (۲۰۱۶) نشان داد که هر دو بعد کلامی و عددی حافظه کاری در ناتوانی خواندن، ناتوانی ریاضی، و ناتوانی توأم دخیل است؛ اما شدت مشکلات هر دو بعد در ناتوانی توأم بیشتر از دو گروه دیگر و شدت مشکلات عددی در ناتوانی ریاضی بیشتر از ناتوانی خواندن است. در نهایت، در پژوهش‌ها نقش کنش‌های اجرایی شامل بازداری (امین‌زاده و حسن‌آبادی، ۱۳۹۲؛ سزاکس[24]، دوین[25]، سولتز[26]، نوبز[27] و گابریل[28]، ۲۰۱۳؛ تُل[29]، ون‌درون[30]، کراسبرگن[31]، و ون‌لوئیت[32]، ۲۰۱۱)، کنترل توجه (اشکنازی[33] و هنیک[34]، ۲۰۱۲؛ گیری و همکاران، ۲۰۱۲؛ محموعلیلو، هاشمی نصرت‌آباد و فلاحی، ۱۳۹۴) و جابجایی یا انعطاف‌پذیری شناختی (ون‌دراسلویس[35]، دجانگ[36]، وان‌درلیج[37]، ۲۰۰۴؛ امین‌زاده و حسن آبادی، ۱۳۸۹) در یادگیری و ناتوانی یادگیری ریاضی یا ناتوانی خواندن به خوبی مستند شده‌اند؛ اگر چه، برخی از پژوهش‌ها تاثیر نداشتن برخی از این کنش‌ها در ناتوانی ریاضی را نشان داده‌اند (برای مثال، روزبهانی و حسن‌آبادی، ۱۳۹۴).

فرضیه‌های حوزه ویژه مهم عبارت است از فرضیه نقص در سیستم عددی تقریبی[38] (ANS) و فرضیه نقص دسترسی[39]. فرضیه اول به سیستم پیش عددی و غیرنمادی

1. Geary
2. Cowan
3. Powell
4. Passolunghi
5. Lanfranchi
6. Price
7. Ansari
8. Diamond
9. D'Amico
10. Hoard
11. Nugent
12. Bailey
13. Johnson
14. Humphrey
15. Mellard
16. Woods
17. Swanson
18. Shin
19. Bryant
20. Andersson
21. Lyxell
22. Peng
23. Fuchs
24. Szucs
25. Devine
26. Soltesz
27. Nobes
28. Gabriel
29. Toll
30. Van Der Ven
31. Kroesbergen
32. Van Luit
33. Ashkenazi
34. Henik
35. Van Der Sluis
36. De Jong
37. Van Der Leij
38. Approximate Number System
39. Access Deficit

بازنمایی کمیت و فرضیه دوم به سیستم نمادی و عددی مربوط است. سیستم نمادی به زبان نیز تکیه دارد (اندرسون و آسترگن[۱]، ۲۰۱۲؛ مول[۲]، گوبل[۳] و اسنولینگ[۴]، ۲۰۱۵). فرضیه نقص دسترسی با مشکل در فقط پردازش نمادی (نه غیرنمادی) عدد می‌تواند تایید شود و فرضیه نقص سیتم عدد تقریبی (ANS) با مشکل در پردازش عدد نمادی و غیرنمادی مشخص می‌شود (راسل[۵] و نوئل[۶]، ۲۰۰۷). تاکنون پژوهش‌های متعددی به آزمون این فرضیه‌ها پرداخته‌اند و هر یک به نتیجه‌ای در راستای تایید یا رد یک یا چند فرضیه رسیده‌اند (راسل و نوئل، ۲۰۰۷؛ اولسون[۷]، آسترگن و تراف، ۲۰۱۶)؛ برای مثال، اسلامی و حسن‌آبادی (۱۳۹۷) در پژوهشی روی دانش‌آموزان پایه پنجم ایرانی دریافتند که در مقایسه با عادی‌ها، گروه با ناتوانی ریاضی در هر دو تکالیف پردازش عددی نمادی و غیرنمادی ضعف داشتند.

اندرسون و آسترگرن (۲۰۱۲) احتمال می‌دهند که هر یک از فرضیه‌های حوزه- ویژه و حوزه- عام ممکن است فقط برای گروهی از افراد با ناتوانی ریاضی درست باشد و نه همه آنها. سایر مولفان در توضیح این مطلب ادعا می‌کنند که ناتوانی ریاضی نیز همانند سایر اختلال‌های عصبی- رشدی، ناهمگن است (کافمن[۸] و همکاران، ۲۰۱۳). به احتمال، به این دلیل که مهارت‌های ریاضی به طور ذاتی ناهمگن هستند (پرایس و انصاری، ۲۰۱۳) و حوزه‌هایی از قبیل حساب، حل مسئله، هندسه، جبر، احتمال، آمار و حسابان را در بر می‌گیرند و متکی بر کاربست تنوعی از توانایی‌های پایه مربوط به درک کمّیت، رمزگشایی از نمادها، حافظه، ظرفیت دیداری- فضایی و منطق هستند (کاراگیاناکیس[۹]، باکاگلینی-فرانک[۱۰] و پاپاداتوس[۱۱]، ۲۰۱۴)؛ از این رو به نظر می‌رسد مهارت‌های ریاضی وابسته به توانایی‌های شناختی پیچیده‌ای باشند (رابینستن[۱۲] و هنیک، ۲۰۰۹) و بر همین پایه ناتوانی ریاضی نیز زیربناهای شناختی متعدد و ناهمگنی داشته (راداتز و همکاران، ۲۰۱۶) و در نتیجه یک ناتوانی ناهمگن است (هنیک، رابینستن و اشکنازی، ۲۰۱۱؛ کافمن و همکاران، ۲۰۱۳).

تعریف (عملیاتی) ناتوانی ریاضی و ارائه ویژگی‌های اصلی آن به دلیل ناهمگنی این ناتوانی (پرایس و انصاری، ۲۰۱۳؛ واتسون و گابل، ۲۰۱۳) و همبودی آن با ناتوانی خواندن (باترورث[۱۳]، ۲۰۰۵) دشوار است. در تعریف‌های ناتوانی یادگیری از شروع آن در سال ۱۹۶۳ توسط ساموئل کرک[۱۴]، تاکنون (حتی در DSM-5 بویژه در ملاک D) بر تعریف سلبی ناتوانی یادگیری تاکید شده است («ناتوانی یادگیری چه نیست»: ناشی از نابینایی، ناشنوایی، نبود انگیزه، عقب ماندگی ذهنی نیست)، نه تعریف‌های ایجابی آن که بر عناصر تشکیل‌دهنده ناتوانی یادگیری تاکید داشته باشد (اسکانلون، ۲۰۱۳). این که مشخص شود «ناتوانی یادگیری چه هست» یکی از ضرورت‌های پژوهش در این حوزه است (واتسون و گابل،۲۰۱۳)؛ از این رو تلاش برای طبقه‌بندی مبانی شناختی ناتوانی ریاضی می‌تواند به توسعه تعریف ایجابی و تعیین مکانیسم‌های شناختی زیربنایی آن کمک کند (بارتلت[۱۵]، انصاری، واسن[۱۶] و بلومرت[۱۷]، ۲۰۱۴). غیر از چند مطالعه، زیرگونه‌های شناسایی شدهٔ ناتوانی ریاضی و طبقه‌بندی آنها بر اساس متغیرهای حوزه- عام و حوزه- ویژه تأیید تجربی نگرفته‌اند و جداسازی و تعریف ایجابی ناتوانی ریاضی از ناتوانی توأم بر حسب این متغیرها کمتر مورد توجه بوده است؛ در این راستا، هدف کلی مطالعه حاضر، شناسایی زیرگونه‌های ناتوانی ریاضی بر اساس متغیرهای شناختی «حوزه ویژه» و «حوزه عام» در دانش‌آموزان ابتدایی است.

گیری (۱۹۹۳) از پیشروان طبقه‌بندی ناتوانی ریاضی از جبنه تئوریکی است و بر این اساس ناتوانی ریاضی را به سه نوع روندی (مشکلات در پیگیری روند و ترتیب حل مسائل و انجام محاسبات)، حافظه معنایی (مشکل رمزگشایی کارامد و بازیابی سریع اطلاعات ریاضی لازم برای محاسبات و حل

1. Östergren
2. Moll
3. Göbel
4. Snowling
5. Rousselle
6. Noël
7. Olsson
8. Kaufmann
9. Karagiannakis
10. Baccaglini-Frank
11. Papadatos
12. Rubinsten
13. Butterworth
14. Samuel Alexander Kirk
15. Bartelet
16. Vaessen
17. Blomert

مسائل مثل حفظ جدول ضرب) و دیداری- فضایی (مشکل در بازنمایی اعداد به صورت یک محور عددی و مشکل در رمزگردانی و رمزگشایی اشکال هندسی) دسته‌بندی کرده است. او درباره رابطه ناتوانی ریاضی با ناتوانی خواندن پیشنهاد می‌کند که ناتوانی ریاضی روندی دارای رابطه نامشخص، ناتوانی ریاضی حافظه معنایی با نوع واج شناختی ناتوانی خواندن، مرتبط نیست و نوع دیداری- فضایی ناتوانی ریاضی با ناتوانی خواندن رابطه‌ای ندارد.

در یک طبقه‌بندی جدیدتر (کاراگیاناکیس، و همکاران، ۲۰۱۴) ناتوانی ریاضی به چهار نوع فرعی تقسیم شده است: نوع «هسته عدد[1]» که به بازنمایی درونی کمیت‌ها مربوط است، و مشکلاتی مثل برآورد دقیق تعداد کم اشیاء و اکتساب اصول پایه شمارش را ایجاد می‌کند. نوع «حافظه (بازیابی و پردازش)[2]» که به حافظه کاری و حافظه بلندمدت مربوط است و مشکلات ریاضی مثل بازیابی حقایق عددی و انجام دقیق محاسبه ذهنی را ایجاد می‌کند. نوع «استدلال[3]» که به کنش‌های اجرایی مثل بازداری و روزآوری مربوط است و مشکلات ریاضی مثل اکتساب مفاهیم، ایده‌ها و روابط ریاضی و حل مساله را ایجاد می‌کند. نوع «دیداری- فضایی[4]» که به حافظه کاری و استدلال دیداری- فضایی مربوط است و مشکلات ریاضی از قبیل تفسیر و کاربرد سازماندهی فضایی بازنمایی اشیای ریاضی (مثلا جایگاه اعداد در نمادگذاری اعشاری، توان یا اشکال هندسی) را سبب می‌شود.

تعجب آور است با این که در پیشینه، ناتوانی ریاضی به عنوان یک پدیده ناهمگن تعریف شده است، به طور تقریبی، در همه پژوهش‌ها به عنوان یک پدیده همگن مطالعه شده است؛ حتی در پژوهش‌های «دیوید، سی. گیری[5]» که خود ناتوانی ریاضی را تقسیم‌بندی کرده است (به عنوان نمونه گیری، هووارد[6]، بردکراون[7]، ناجنت و نامتی[8]، ۲۰۰۷؛ گیری و همکاران، ۲۰۱۲). گرچه این طبقه‌بندی‌های نظری تلاش‌های با ارزشی برای فهم دقیق‌تر زیربنای شناختی ناتوانی ریاضی هستند؛ اما از یک سو این طبقه‌بندی‌ها از بالا به پایین هستند (تئوری به پژوهش) و به همین دلیل ممکن است در واقعیت طبقاتی نیز وجود داشته باشد که از قلم افتاده باشد یا دو یا چند طبقه در یک طبقه جای گرفته باشد و از سوی دیگر پژوهش‌های تجربی برای آزمون روایی طبقه‌بندی‌های نظری انجام نشده است؛ بنابراین لازم است برای فهم بهتر این ناهمگنی و آزمون طبقه‌بندی‌های موجود، از پژوهش‌های تجربی پایین به بالا (پژوهش به تئوری) و به عبارتی طبقه‌بندی بر پایه داده‌ها استفاده شود.

در زمینه ناتوانی ریاضی، تنها در سه پژوهش تلاش شده است تا ناتوانی ریاضی با استفاده از روش داده-مبنا[9] و با تکنیک تحلیل خوشه‌ای طبقه‌بندی شود. در پژوهش یکم، ون استر[10] (۲۰۰۰) دو زیرمجموعه را در دشواری‌های ریاضی از هم متمایز کرد: گروه با عملکرد ضعیف و گروه با ناتوانی ریاضی. گروه ناتوانی ریاضی خود شامل سه زیر گروه می‌شود: ۱. گروه با ضعف در اعداد عربی (مشکل در رمزخوانی و مقایسه اعداد)، ۲. گروه با ضعف کلامی (مشکل در شمارش و تفریق) و ۳. گروه با ضعف فراگیر (مشکل در همه مقیاس‌های قبلی). در پژوهش دوم (بارتلت و همکاران، ۲۰۱۴)، زیرمجموعه‌های شناختی دشواری‌های ریاضی در دوره ابتدایی شناسایی شد و شش زیرگونه از هم متمایز شد: «محور عددی ذهنی ضعیف»، «سیستم عددی تقریبی ضعیف»، «دشواری‌های فضایی»، «نقص دسترسی»، «بدون نقص شناختی عددی» و «معمولی[11]» (با هوش کمتر از میانگین، بدون ضعف شناختی خاص و لی قابل برچسب دشواری یادگیری). پژوهش سوم (پیترز[12]، رویرز[13]، راسل[14] و وان‌والولد[15] و دی‌سوت[16]، ۲۰۱۵) دو زیرگونه با نیمرخ‌های متفاوت را شناسایی کرد. زیرگونه یکم، در یادآوری حقایق عددی، محاسبات رویه ای، مهارت‌های حرکتی و مهارت‌های دیداری-حرکتی و زیر گروه دوم در

1. Core Number
2. Memory (Retrieval and Processing)
3. Reasoning
4. Visual- Spatial
5. David C. Geary
6. Hoard
7. Byrd-Craven
8. Numtee
9. Data- Based
10. Von Aster
11. Garden Variety
12. Pieters
13. Roeyers
14. Rosseel
15. Van Waelvelde
16. Desoete

محاسبات رویه‌ای و مهارت‌های دیداری- حرکتی ضعف داشتند. وجود این خوشه‌ها در پژوهش‌ها می‌تواند تاییدی برای درستی تبیین اندرسون و آسترگرن (۲۰۱۲) مبنی بر احتمال وجود زیرگونه‌ها و صادق بودن هر فرضیه حوزه- ویژه و حوزه- عام برای یک زیرگونه ویژه به شمار آید.

مشکل دیگر پیچیده‌کنندهٔ تعریف و طبقه‌بندی ناتوانی ریاضی، همبودی شدید ناتوانی ریاضی با ناتوانی خواندن است (باترورث، ۲۰۰۵؛ واتسون و گابل، ۲۰۱۳). مدل رمز سه گانه[1] (دهین[2]، ۱۹۹۲) یکی از چارچوب‌های نظری است که به ویژه در پژوهش هایی که به ناتوانی توأم خواندن و ریاضی (مول[3]، گوبل[4] و اسنولینگ[5]، ۲۰۱۴) یا دشواری‌های ریاضی در افراد با ناتوانی خواندن (تراف[6] و پاسولونگی[7]، ۲۰۱۵؛ دی اسمت[8] و بوئتس[9]، ۲۰۱۰) پرداخته‌اند استفاده شده و سه متغیر حوزه- ویژه موثر در ناتوانی ریاضی را معرفی می‌کند. بر پایه این مدل در پردازش اعداد سه نوع رمز استفاده می‌شود: ۱. رمز کلامی (کاربرد در شمارش، به یادسپاری و یادآوری حقایق عددی)، ۲. رمز دیداری (کاربرد در پردازش اعداد نوشتاری، محاسبات چند رقمی)، ۳. رمز بازنمایی مقدار همسان (که در ANS که مسئول مقایسه اعداد، تخمین عددی و حساب تقریبی است، مورد استفاده قرار می‌گیرد).

در پژوهش‌ها، الگوی متفاوتی از نقایص شناختی برای گروه دارای یک ناتوانی و ناتوانی توأم گزارش شده است (به فراتحلیل شاین و برایانت، ۲۰۱۳ مراجعه شود). یک نقد وارد به پژوهش‌های طبقه‌بندی اکتشافی، کنترل نکردن همبودی ناتوانی ریاضی با ناتوانی خواندن (ناتوانی توأم ریاضی و خواندن) است. پژوهش‌های خوشه‌بندی اکتشافی انگشت شماری نشان داده‌اند که ناتوانی خواندن نیز ناهمگن است و افراد با ناتوانی خواندن قابل طبقه‌بندی به چند زیرگونه هستند (برای نمونه هاویز، بیگلر، لاوسون و برلینگام، ۱۹۹۹). پترسون و همکاران (۲۰۱۶) نرخ همبودی ناتوانی ریاضی و خواندن را بین ۳۰ تا ۷۰ درصد برآورد کرده‌اند. بنابر این به نظر می‌رسد با توجه به همبودی بالای ناتوانی خواندن و ناتوانی ریاضی، افراد زیادی در پژوهش‌های طبقه‌بندی اکتشافی حضور داشته‌اند که علاوه بر ناتوانی ریاضی، ناتوانی خواندن نیز داشته‌اند و این احتمال وجود دارد که حضور این افراد، نتیجه خوشه‌بندی را نسبت به وقتی که خوشه‌بندی فقط روی افراد دارای ناتوانی ریاضی خالص و بدون ناتوانی خواندن انجام می‌شد متفاوت کرده باشد.

همچنین، پژوهش‌های تراف و پاسولونگی (۲۰۱۵) و دی اسمت و بوئتس (۲۰۱۰) درباره نقص‌های ریاضی افراد با ناتوانی خواندن نشان داد که ضعف در خواندن و پردازش آوایی باعث ایجاد ضعف هایی در ریاضیات به ویژه قسمت‌هایی از ریاضیات که لازمه آن‌ها دستکاری رمزهای کلامی است (سرعت شمارش، یادآوری حقایق عددی)، می‌شود؛ از این رو می‌توان پیش‌بینی کرد که فرضیه نقص دسترسی در افراد با ناتوانی توأم ریاضی و خواندن بیشتر صادق باشد؛ چنان که نتیجه پژوهش مول و همکاران (۲۰۱۵) این فرض را تایید می‌کند. بنابراین ممکن است در صورت کنترل وجود/نبود ناتوانی خواندن، نتیجه آزمون برخی از فرضیه‌های حوزه- ویژه متفاوت شود.

در مجموع، با مطالعه ادبیات پژوهشی مربوط به طبقه‌بندی ناتوانی ریاضی به نظر می‌رسد ضعف‌ها و کمبودهای زیر در این پژوهش‌ها وجود دارد:

۱. اگر چه در مبانی نظری، ناتوانی ریاضی یک پدیده ناهمگن با طبقه‌بندی‌های متعدد در نظر گرفته شده است؛ اما در پژوهش‌ها به مثابه یک ناتوانی واحد و همگن مطالعه شده است.

۲. نبود آزمون تجربی طبقه‌بندی‌های نظری موجود و در نتیجه نداشتن پشتوانه تجربی (روایی).

۳. نبود آزمون کافی فرضیه‌هایی که به تبیین و سبب‌شناسی ناتوانی ریاضی می‌پردازند.

۴. تلاش اندک/ تلاش نکردن برای توسعه تعاریف ایجابی برای ناتوانی ریاضی.

۵. کنترل نکردن همبودی ناتوانی خواندن با ناتوانی ریاضی و انجام ندادن پژوهش در افراد با ناتوانی ریاضی تنها.

به نظر کافمن (۲۰۰۸؛ نقل از واتسون و گابل، ۲۰۱۳)، دانش‌آموزان با ناتوانی ریاضی، گروهی ناهمگن با نیمرخ‌های بسیار متفاوت هستند و این ناهمگنی تلاش‌های بعدی را

1. Triple Code Model
2. Dehaene
3. Moll
4. Göbel
5. Snowling
6. Träff
7. Passolunghi
8. De Smedt
9. Boets

برای تعریف ناتوانی با مشکل مواجه می‌کند، بنابراین در تعریف ناتوانی ریاضی لازم است ناهمگنی در نیمرخ‌های شناختی مشاهده شده در کودکان مورد توجه قرار گیرد (تولار[1]، فاچس[2]، فلتچر[3]، فاچس و هملت[4]، ۲۰۱۶). پژوهش حاضر تلاش دارد کمک کند این ناهمگنی به‌صورت عینی و مشخص توصیف شود؛ به همین دلیل می‌توان پژوهش حاضر را گامی در بهسازی و کاهش مشکلات در تعریف و طبقه‌بندی ناتوانی ریاضی و به‌تبع آن شناسایی و تشخیص بهینه ناتوانی ریاضی به همراه تشخیص زیرگونه خاص آن به‌حساب آورد.

به طور خلاصه، در پژوهش حاضر این سوال مطرح است که بر اساس متغیرهای شناختی «حوزه- ویژه» و «حوزه- عام» شناختی با استفاده از روش خوشه‌بندی مدل- مبنا و با کنترل ناتوانی توأم خواندن و ریاضی چه زیرگونه‌های ناتوانی ریاضی در دانش‌آموزان ابتدایی دارای مشکلات ریاضی قابل شناسایی است تا از خلال این عمل بتوان تعریف‌های ایجابی از ناتوانی یاگیری ویژه ریاضی را توسعه داد.

روش

طرح پژوهش

اگر مانند مه‌یر[5] به پیوستار پژوهش از بنیادی تا کاربردی معتقد باشیم، این پژوهش از نوع «پژوهش بنیادی ناظر به مسائل کاربردی[6]» (مه‌یر، ۲۰۰۸، ص ۷۶۱) است؛ همچنین این پژوهش بر حسب چگونگی به دست‌آوردن داده‌های مورد نیاز (طرح تحقیق) از نوع طرح‌های توصیفی یا غیرآزمایشی با رویکرد تحلیل ساختار کواریانس (سرمد، بازرگان و حجازی، ۱۳۸۷) است. در این مطالعه چندمتغیری از نوع تحلیل خوشه‌بندی مدل-مبنا تلاش می‌شود بر اساس داده‌های متنوع از نوع شناختی حوزه- عام و حوزه- ویژه، طبقه‌بندی زیرگونه‌های ناتوانی ریاضی به گونه‌ای شکل گیرد تا تعریفی ایجانی و نه سلبی از این ناتوانی به دست دهد.

جامعه آماری و نمونه مورد مطالعه

جامعه آماری یا هدف پژوهش را دانش‌آموزان با ناتوانی ریاضی شکل دادند. جامعه در دسترس این پژوهش دانش‌آموزان پایه‌های سوم، چهارم و پنجم ابتدایی، مشغول به تحصیل در مدارس دولتی شهرهای تهران، اصفهان، قم، کاشان، نجف‌آباد، و آران و بیدگل در سال تحصیلی ۹۶-۱۳۹۵ بودند که به مراکز دولتی ناتوانی‌های یادگیری ارجاع داده شده بودند. تعداد این مراکز ۱۶ مرکز بود که در برهه زمانی اجرای پژوهش به طور متوسط در هر مرکز ۴۰ دانش‌آموز با انواع ناتوانی‌های یادگیری پذیرش شده بودند.

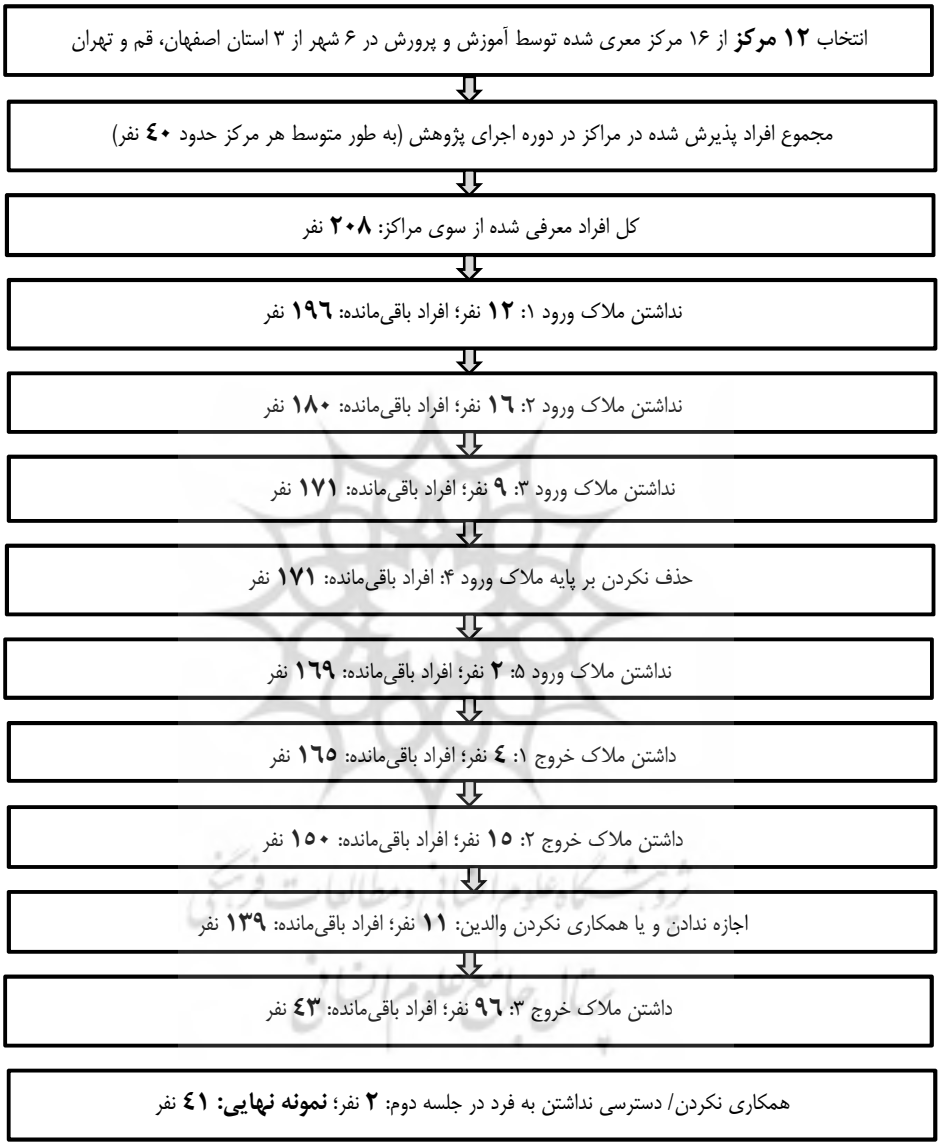
درباره اندازه نمونه، تاکنون هیچ قاعده استانداردی برای تعیین کمینه اندازه نمونه در تحلیل خوشه‌ای مشخص نشده است (موی[7] و سارستد[8]، ۲۰۱۱ نقل از ساویج[9]، جاکوب[10]، وایتهد[11]، جونز[12] و کینگری[13]، ۲۰۱۴). روش خوشه‌بندی مدل- مبنا در مقایسه با سایر روش‌های خوشه‌بندی روشی است که کمتر تحت تاثیر تورش‌ها قرار می‌گیرد و قابلیت کاربست با اندازه‌های نمونه کوچک را نیز دارد (مون[14]، ون‌ای[15]، باتز[16] و واشیلو[17]، ۲۰۰۸)؛ به طوری که، در پژوهش‌های طبقه‌بندی اکتشافی مدل- مبنای پیشین، در زمینه شناخت ریاضیاتی و نه ناتوانی یادگیری ریاضی اندازه نمونه، ۵۲ نفر (وانبینست[18]، سلمانز[19]، قشکوئیر[20] و دی اسمت[21]، ۲۰۱۵) نیز بوده است.

نمونه‌گیری در دو مرحله انجام شد: نخست، انتخاب مراکز و سپس، انتخاب دانش‌آموزان دارای ناتوانی. در مرحله اول، از مراکز دولتی ناتوانی‌های یادگیری، مراکزی که دارای ملاک‌های ورود بودند در نمونه باقی ماندند؛ در غیر این صورت آن مرکز/مراکز از نمونه حذف شدند. ملاک‌های ورود مراکز عبارت بود از: دولتی بودن، داشتن امکانات لازم

1. Tolar
2. Fuchs
3. Fletcher
4. Hamlett
5. R. E. Mayer
6. Basic Research on Applied Problems

7. Mooi
8. Sarstedt
9. Suveg
10. Jacob
11. Whitehead
12. Jones
13. Kingery
14. Mun
15. Von Eye
16. Bates
17. Vaschillo
18. Vanbinst
19. Ceulemans
20. Ghesquière
21. De Smedt

و تمایل به همکاری، اجرای یکی از آزمون‌های استاندارد هوش (وکسلر، بینه)، داشتن دست کم سه مراجع با ناتوانی ریاضی در بازه انجام پژوهش. ملاک‌های ورود شرکت کنندگان به پژوهش عبارت بودند از: (۱) تحصیل در پایه تحصیلی از سن تقویمی و انتظارات تحصیلی بر اساس آزمون‌های استاندارد یا معلم‌ساخته ریاضی به نحوی که پیشرفت فرد را دچار مشکل شدید کند (بر اساس مصاحبه روان‌شناس و گزارش معلم؛ ملاک B در DSM-5)، (۴)



شکل ۱. روند دستیابی به نمونه نهایی با توجه به ملاک‌های ورود و خروج

سوم، چهارم یا پنجم ابتدایی، مشکل صرفا در ریاضی (بر اساس گزارش معلم، و دانش‌آموز به مدت دست کم ۶ ماه (ملاک A در DSM-5)؛ به عبارت دیگر دانش‌آموز فقط به دلیل ناتوانی ریاضی به مرکز ارجاع شده باشد و ترمیم این مشکل برای مراجع در برنامه درمانی مرکز باشد، (۲) داشتن هوش نرمال یا بالاتر از نرمال، (۳) پایین‌تر بودن مهارت‌های مشکل در سال‌های مدرسه به آرامی بروز کرده باشد نه ناگهانی (و احتمالا ناشی از آسیب مغزی؛ ملاک‌های C و D در DSM-5).

ملاک‌های خروج از پژهش عبارت بودند از: (۱) وجود مشکلات انگیزشی، تسلط کافی نداشتن به زبان رسمی، مشکلات جسمی بینایی، شنوایی، آسیب مغزی یا بیماری

پزشکی دیگری که توجیه بهتری برای مشکلات یادگیری فرد باشد (ملاک D در DSM-5). بر اساس مصاحبه بالینی روان‌شناس، (۲) وجود مشکلات روانپزشکی دیگری از جمله ADHD، افسردگی شدید، اوتیسم، اختلالات دوقطبی بر اساس نظر و تشخیص روان‌شناس، (۳) وجود ناتوانی خواندن به همراه ناتوانی در ریاضی (به عبارت دیگر علاوه بر مشکل ریاضی فرد، مشکل خواندن او نیز در برنامه درمانی مرکز ناتوانی یادگیری باشد).

در نهایت اطلاعات ۴۱ نفرکه دارای ناتوانی ریاضی خالص بودند تجزیه و تحلیل شد. روند دستیابی به نمونه نهایی پژوهش در شکل ۱ به صورت نمودار نمایش داده شده است. لازم به توضیح است که بخش بزرگی از افراد (۹۶ نفر) دارای ناتوانی توام ریاضی و خواندن تشخیص داده شدند و وارد پژوهش نشدند. متوسط سن شرکت‌کنندگان در پژوهش، ۹/۹۳ سال با انحراف استاندارد سنی ۱/۱۱ (۱۳/۳۳ ماه) بود. اطلاعات جمعیت‌شناختی نمونه نهایی پژوهش در جدول ۱ توصیف شده است.

جدول ۱. توزیع فراوانی شرکت کنندگان بر اساس جنسیت و پایه تحصیلی

جنسیت	پایه سوم	پایه چهارم	پایه پنجم	کل
پسر	۴(۲۱/۱)	۵(۲۶/۳)	۱۰(۵۲/۶)	۱۹
دختر	۵(۲۲/۷)	۱۰(۴۵/۵)	۷(۳۱/۸)	۲۲
کل	۹(۲۲)	۱۵(۳۶/۶)	۱۷(۴۱/۵)	۴۱

نکته: اعداد درون پرانتز، درصدها هستند.

تکالیف و ابزارهای اندازه‌گیری

برخی از ابزارها استاندارد و برخی محقق‌ساخته بودند. طراحی ابزارهای محقق‌ساخته با توجه به پژوهش‌های گذشته انجام شد. برنامه‌نویسی ابزارهای رایانه‌ای توسط یک مهندس نرم‌افزار صورت گرفت. تمام ابزارهای محقق‌ساخته پس از آماده شدن، توسط پژوهشگر روی سه کودک پایه سوم ابتدایی اجرا شد تا میزان برقراری ارتباط شرکت‌کننده با ابزار و ضعف‌ها و نواقص احتمالی مشخص شود و در صورت وجود، رفع شود. پس از انجام چند اصلاح روی ابزارها، ابزارهای نهایی محقق ساخته در یک نمونه ۱۲ نفری از دانش‌آموزان، دو بار، با فاصله ۲ هفته اجرا شد تا ضریب اعتبار بازآزمایی ابزارها به دست آید و در صورت لزوم، ابزار اصلاح شود.

هوش: در این پژوهش از فرم دوتایی (اطلاعات و تکمیل تصاویر) مقیاس تجدید نظر شده‌ی هوش وکسلر کودکان که در جامعه ایرانی هنجاریابی شده است (شهیم، ۱۳۷۳الف) استفاده می‌شود. پژوهش شهیم (۱۳۷۳ب) نشان داد که فرم‌های دوتایی اطلاعات و تکمیل تصاویر، و واژگان و فهم با ضریب روایی (همبستگی با نمره کل مقیاس) ۰/۸۷ بین فرم‌های دوتایی دیگر بالاترین ضریب روایی را دارند.

تکلیف زمان واکنش: در این پژوهش تکلیفی مشابه با تکلیف‌های زمان واکنش به کار رفته در پژوهش مول و همکاران (۲۰۱۵) برنامه‌نویسی رایانه‌ای شد. در این تکلیف از فرد خواسته می‌شود تا به دقت به صفحه مانیتور نگاه کند و به محض دیدن شکل در مربع خالی کلید فاصله را فشار دهد. شکل داخل مربع در هر یک از ۳۰ کوشش آزمایشی و چند کوشش تمرینی در یک فاصله زمانی کوتاه (۳۰۰، ۶۰۰ یا ۹۰۰ میلی‌ثانیه) ظاهر می‌شود. متغیر وابسته میانگین زمان واکنش فرد بر حسب هزارم ثانیه است. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر (P=۰/۰۰۲، r=۰/۷۸۶، n=۱۲) مطلوب بود.

تکلیف نامیدن سریع خودکار (RAN)[1]: در برخی پژوهش‌ها، RAN به عنوان تکلیف سرعت پردازش به کار رفته است (مثل گیری و همکاران، ۲۰۱۲). در این تکلیف از فرد خواسته می‌شود تا در یک محدوده زمانی کوتاه (اغلب زیر یک دقیقه) محرک‌های آشنا مثل حروف، اشیاء و اعداد را تا حد ممکن سریع نام ببرد (کریستوفر و همکاران، ۲۰۱۲). در پژوهش حاضر تکلیف RAN (ترکیب اعداد: ۳، ۴، ۵، ۸، ۹ و حروف: د، س، ع، م، ه) از خرده آزمون مقیاس هوشی وکسلر کودکان، ویرایش پنجم- نسخه ایرانی استفاد شد که توسط شریفی، حسن‌آبادی، ایزانلو و فرزاد (۱۳۹۷) و به کارفرمایی ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی برای کودکان ایرانی انطباق و هنجاریابی شده است. در این تکلیف، متغیر وابسته، متوسط تعداد پاسخ درست در هر ثانیه است. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر مطلوب (P=۰/۰۰۱، r=۰/۹۰۶، n=۱۲) بود.

تکلیف بازیابی سریع مسائل ساده حساب: برای سنجش سیالی حساب نمرات کارایی به دست آمده از این

1. Rapid Automatized Naming

تکلیف استفاده شد. در این تکلیف از فرد خواسته می‌شود تا در سریعترین زمان ممکن ۳۰ مسئله ساده جمع و تفریق یک رقمی را که در صفحه کاغذ می‌بیند حل کند. زمان شروع و پایان و تعداد پاسخ‌های درست فرد توسط آزمون‌گر ثبت شده و نمره کارائی محاسبه می‌شود. چنین تکلیفی در سایر پژوهش‌ها (مول و همکاران، ۲۰۱۵) نیز به کار رفته است. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر (P=۰/۰۰۱، r=۰/۸۷۴، n=۱۲) بود.

تکلیف فراخنای واژگانی معکوس: برای سنجش حافظه کاری کلامی از این تکلیف استفاده شد. در این تکلیف، لیستی از واژگان به کودک داده می‌شود و از وی خواسته می‌شود تا واژه‌ها را به صورت معکوس به یاد بیاورد (پنگ و فاچس، ۲۰۱۴). برای هر فراخنا دو کوشش در نظر گرفته می‌شود و زمانی که فرد در دو کوشش متوالی مربوط به یک فراخنا شکست بخورد تکلیف به پایان می‌رسد. این تکلیف توسط محقق و با استفاده از واژگان کتاب‌های درسی «بخوانیم» در پایه‌های یکم و دوم ابتدایی طراحی شد؛ به این دلیل که شرکت‌کنندگان پژوهش که دانش‌آموزان پایه‌های سوم، چهارم و پنجم بودند، با واژگان آشنایی کامل داشته باشند. تمام واژگان مورد استفاده تک سیلابی بود (باد، شب، خاک و...). متغیر وابسته تعداد کوشش‌های صحیح است. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر (P=۰/۰۰۱، r=۰/۸۵۳، n=۱۲) مطلوب بود.

تکلیف فراخنای عددی معکوس: برای سنجش حافظه کاری عددی از این تکلیف از فرم تجدید نظر شده وکسلر کودکان (شهیم، ۱۳۷۳الف) استفاده شد. در این تکلیف مجموعه‌ای از اعداد برای فرد خوانده می‌شود و از وی خواسته می‌شود آنها را با ترتیب معکوس به یاد بیاورد. متغیر وابسته تعداد کوشش‌های صحیح است. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر (P=۰/۰۰۱، r=۰/۸۶۴، n=۱۲) مطلوب بود.

تکلیف فراخنای حرکتی معکوس: برای سنجش حافظه کاری دیداری- فضایی از این تکلیف استفاده شد. در این تکلیف ۴ کوشش تمرینی و ۲۰ کوشش آزمایشی وجود دارد. کودک یک ردیف مربع چهارتایی را روی صفحه رایانه می‌بیند. با ترتیب تصادفی تعدادی از خانه‌ها (۲ تا یا بیشتر) روشن می‌شود. از فرد خواسته می‌شود تا ترتیب روشن شدن خانه‌ها را به صورت معکوس مشخص کند. سایر پژوهش‌ها از جمله اندرسن و آسترگن (۲۰۱۲) نیز مشابه این تکلیف را به کار برده‌اند. متغیر وابسته، تعداد پاسخ‌های درست فرد است. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر (P=۰/۰۰۱، r=۰/۸۱۰، n=۱۲) مطلوب بود.

به منظور سنجش سه کنش اجرایی کنترل توجه، بازداری و جابجایی، به ترتیب از نسخه‌های رایانه‌ای آزمون‌های توجه مداوم (CPT)، رنگ- واژه استروپ (STROOP) و دسته‌بندی کارت ویسکانسین (WCST) استفاده شد. فرم کاغذی یا رایانه‌ای این سه آزمون بارها در پژوهش‌های ایرانی در زمینه ناتوانی‌های یادگیری و سایر حوزه‌ها استفاده شده است (به عنوان نمونه امین‌زاده و حسن‌آبادی، ۱۳۸۹).

آزمون توجه مداوم (CPT): در این پژوهش، کنترل توجه از طریق محرک‌های عددی نسخه رایانه‌ای آزمون عملکرد مداوم (خدادادی، مشهدی و امانی، ۱۳۹۳ب) سنجش شد. آزمون عملکرد مداوم شامل ۱۵۰ محرک است که بیست درصد آن محرک هدف است. فرد باید در صورت دیدن محرک هدف (یک عدد یا یک شکل خاص) کلید فاصله را فشار دهد ولی با دیدن سایر محرک‌ها عکس‌العملی نشان ندهد. اعتبار فرم رایانه‌ای مشابه این آزمون در ایران در پژوهش هادیانفرد، نجاریان، شکرکن و مهرابی‌زاده هنرمند (۱۳۷۹) از طریق بازآزمایی و نیز روایی آن از طریق تایید قدرت تفکیک آزمون بین گروه عادی و گروه با نقص توجه- بیش‌فعالی تایید شده است. در پژوهش حاضر از دو نمره زمان و تعداد صحیح این آزمون استفاده شد.

آزمون استروپ ساده: برای سنجش کنش اجرایی بازداری از دو نمره فرم رایانه‌ای آزمون استروپ ساده (خدادادی، مشهدی و امانی، ۱۳۹۳ الف) استفاده شد: نمره تداخل (کم کردن نمره تعداد صحیح ناهمخوان از نمره تعداد صحیح همخوان) و زمان تداخل (کم کردن زمان پاسخ به محرک ناهمخوان از زمان پاسخ به محرک همخوان). هر چه این دو نمره بیشتر باشد، نشان از بازداری کمتر و تداخل بیشتر دارد. این آزمون شامل ۹۶ کلمه (۴ کلمه سبز، زرد، قرمز و آبی که با رنگ همخوان با کلمه یا رنگ ناهمخوان دیده می‌شود) است که نیمی همخوان و نیمی ناهمخوان هستند و به صورت متوالی و با ترتیب تصادفی ارائه می‌شوند. زمان ارائه، ۲ ثانیه و فاصله دو محرک ۸۰۰ هزارم

ثانیه است. فرد باید صرف نظر از معنای واژه، صرفا رنگ آن را روی صفحه کلید علامت بزند. در پژوهش حاضر از دو نمره تعداد تداخل و زمان تداخل استفاده شد.

آزمون دسته‌بندی کارت‌های ویسکانسین: فرم رایانه‌ای این آزمون (خدادادی، شاهقلیان و امانی، ۱۳۹۳) برای سنجش کنش اجرایی جابجایی استفاده شد. در آزمون ویسکانسین، ۶۴ کارت وجود دارد که از ترکیب ۴ رنگ × ۴ شکل × ۴ تعداد به وجود آمده است. از آزمودنی خواسته می‌شود کارت‌ها را با توجه به قاعده دسته‌بندی (بر اساس شکل یا رنگ یا تعداد) که خود بر اساس بازخورد صحیح یا غلطی که از آزمون‌گر (در این جا، رایانه) دریافت می‌کند، دسته‌بندی کند. قاعده دسته‌بندی بارها عوض می‌شود و فرد باید قاعده جدید را کشف و مبنای طبقه‌بندی خود را تغییر بدهد. در پژوهش حاضر از دو شاخص تعداد طبقات و تعداد خطای درجاماندگی استفاده شد.

تکلیف حذف واج: برای سنجش آگاهی واجی از مجموع نمره فرد در خرده‌آزمون‌های حذف واج آغازین، حذف واج میانی و حذف واج پایانی در آزمون آگاهی واج‌شناسی سلیمانی (۱۳۷۹) استفاده شد. این آزمون شامل ۱۰ ماده برای هر خرده‌مقیاس است که به صورت تصویری ارائه می‌شود. در مطالعه سلیمانی و دستجردی کاظمی (۱۳۸۴) روایی (صوری، محتوایی، همزمان، عاملی و تفکیکی) آزمون در حد قابل قبول و نیز اعتبار آن به دو روش بازآزمایی و همسانی درونی به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۹۸ گزارش شده است. متغیر وابسته تعداد پاسخ‌های صحیح فرد است.

تکلیف مقایسه نقاط: برای انجام این تکلیف از برنامه رایانه‌ای پانامت[1] که توسط هالبردا[2]، مازوکو[3] و فیگنسون[4] (۲۰۰۸) تهیه شده است و قابلیت اجرای تنظیمات آزمون‌گر را دارد استفاده می‌شود. در هر کوشش، دو مجموعه از نقاط آبی و زرد به صورت همزمان و سریع (۱۵۰۶ هزارم ثانیه) روی صفحه نمایش داده می‌شود تا از شمارش جلوگیری شود. شرکت‌کننده باید در سریع‌ترین زمان ممکن تصمیم بگیرد که کدام مجموعه نقاط بیشتر است و کلید مربوطه را روی صفحه کلید فشار دهد. در پژوهش حاضر، عینا از تنظیمات مورد استفاده اولسون و همکاران (۲۰۱۶) استفاده شد. ۵ تا ۲۱ نقطه و چهار نسبت (۲/۶۰، ۱/۶۰، ۱/۳۷، ۱/۲۴) به کار گرفته شده است که هر نسبت شامل ۲۶ کوشش و در مجموع ۱۰۴ کوشش می‌شود. در پژوهش اولسون و همکاران (۲۰۱۶) ضریب اعتبار اسپیرمن براون برای صحت در نمونه‌ای از ۲۲۲ دانش‌آموز پایه سوم برابر با ۰/۷۷ و برای زمان واکنش برابر با ۰/۹۸ محاسبه شد. همانند اولسون و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهش حاضر از نمرات کارایی این ابزار استفاده شد.

تکلیف محور عددی ۰تا ۱۰۰: در تکلیف محور عددی یک خط افقی ۲۵ سانتی متری روی صفحه رایانه نشان داده می‌شود و صفر در سمت چپ آن و ۱۰۰ در سمت راست آن نوشته می‌شود. اعداد هدف عبارت است از ۲، ۱۱، ۴۲، ۴، ۱۸، ۶، ۹۴. این اعداد در هر کوشش بالای محور عددی قرار می‌گیرند و از شرکت‌کننده خواسته می‌شود که جایگاه عدد مورد نظر را در محور عددی مشخص کند. متغیر وابسته عبارت از میانگین قدر مطلق انحراف از جایگاه صحیح عدد است. این تکلیف، همان تکلیف به کار رفته و طراحی شده توسط لاندرل[5]، فاسینگر[6]، مول و ویلبرگر[7] (۲۰۰۹) است که توسط محقق برنامه‌نویسی مجدد شد. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر، مناسب (n=۱۲ ،r=۰/۷۸۷ ،P=۰/۰۰۱) بود.

تکلیف مقایسه اعداد نمادی (مقایسه اعداد دو رقمی): این تکلیف برای سنجش پردازش عدد نمادی استفاده شد و نمرات کارائی (متوسط تعداد پاسخ صحیح در ثانیه) آن به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. این تکلیف عینا در پژوهش اولسون و همکاران (۲۰۱۶) طراحی و برای کودکان ۱۰ ساله استفاده شده است و ضریب اعتبار اسپیرمن براون آن برابر با ۰/۹۰ بوده است. این تکلیف توسط محقق برنامه‌نویسی مجدد شد. در این تکلیف مشابه با تکلیف مقایسه نقاط، فرد با دو عدد روی صفحه مواجه می‌شود. این دو عدد تا زمانی که فرد تصمیم بگیرد کدام یک بزرگ‌تر هستند روی صفحه باقی می‌ماند. از فرد

1. Panamath
2. Halberda
3. Mazzocco
4. Feigenson
5. Landerl
6. Fussengger
7. Willburger

خواسته می‌شود در سریعترین زمان ممکن با فشار دادن کلید مربوطه نظر خود را اعلام کند. جمعا ۳۲ کوشش و ۲ فاصله وجود دارد. برای هر فرد اندازه کارایی (میانگین تعداد درست‌ها تقسیم بر زمان پاسخدهی آن‌ها) محاسبه می‌شود. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر برای فاصله ۱ (P=۰/۰۰۱، r=۰/۹۱۳، n=۱۲) و فاصله ۵ (P=۰/۰۰۱، r=۰/۸۸۸، n=۱۲) مطلوب بود.

تکلیف رمز کلامی (شمارش شفاهی): در این تکلیف که در پژوهش مول و همکاران (۲۰۱۵) استفاده شده است از فرد خواسته می‌شود در مدت ۲۰ ثانیه ابتدا اعداد فرد و سپس اعداد زوج را به صورت شفاهی بشمرد (شروع شمارش از صفر). تعداد اعدادی که فرد با ترتیب صحیح شمرده است متغیر وابسته است. اگر فرد بیش از دو عدد را بدون ترتیب صحیح بگوید، آزمون متوقف می‌شود. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر (P=۰/۰۰۱، r=۰/۸۱۰، n=۱۲) مطلوب بود.

تکلیف صحت نوشتاری اعداد خوانده شده: این تکلیف که در پژوهش بارتلت و همکاران (۲۰۱۴) استفاده شده است، برای سنجش رمز دیداری استفاده شد. در این تکلیف که شامل ۳۲ ماده است، آزمون‌گر عددی را به صورت شفاهی به شرکت‌کننده اعلام می‌کند. سپس عددی روی صفحه رایانه نمایش داده می‌شود و از فرد خواسته می‌شود درستی یا نادرستی عدد نوشته‌شده روی صفحه را مشخص کند. نیمی از اعداد درست و نیم دیگر غلط هستند. تمام اعداد دو رقمی است. هر پاسخ درست یک نمره می‌گیرد. ضریب بازآزمایی این تکلیف در پژوهش حاضر (P=۰/۰۰۱، r=۰/۸۸۳، n=۱۲)مطلوب بود.

شیوه اجرا

پژوهش به کمک ۶ نفر کارشناس ارشد روان‌شناسی به عنوان دستیار پژوهشگر اجرا شد. این افراد در ۴ جلسه آموزش دیدند. جلسه یکم : آموزش هدف پژوهش، روند کار و ملاک‌های تشخیصی و ورود و خروج به پژوهش، جلسه دوم: نصب ابزارها و آموزش کار با آن‌ها، جلسه سوم: تمرین اجرای ابزارها روی پژوهشگر و رفع اشکال، جلسه چهارم: تمرین و رفع اشکال اجرا روی دانش‌آموز. ابزارهای رایانه‌ای توسط لپ‌تاپ‌های ۱۴ اینچی اجرا شد. برای ایجاد همسانی در شرایط اجرا، از ماوس و صفحه کلید خارجی واحد برای تمام دستیاران استفاده شد. ماوس مورد استفاده از برند ای‌فورتک (A4TECH) مدل N-100 (که اندازه کوچکی دارد و کودکان راحت از آن استفاده می‌کنند) و صفحه کلید مورد استفاده از برند فراسو (FARRASSOO) مدل FCR-5740 بود.

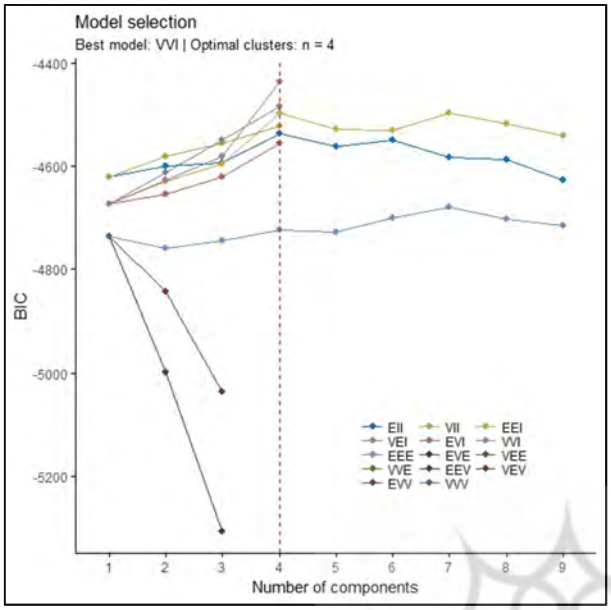
در روند نمونه‌گیری از مراکز خواسته شد افرادی را که با تشخیص ناتوانی یادگیری در مرکز پذیرفته شده‌اند و دارای ملاک‌های ورود ۱ و ۲ هستند، معرفی کنند. پس از معرفی دانش‌آموزان توسط مراکز تمام ملاک‌های ورود و خروج مجددا بررسی شد. دستیاران به مراکز ناتوانی‌های یادگیری که توسط آموزش و پرورش استثنایی هر استان/شهرستان تعیین شده بود معرفی شدند. آنان با هماهنگی و همکاری مدیریت و درمانگران مراکز، دانش‌آموزانی که جلسات ابتدایی درمان را طی می‌کردند و قبلا به عنوان واجد شرایط دریافت آموزش ویژه و دارای ناتوانی یادگیری تشخیص داده شده بودند را با بررسی پرونده، مصاحبه با درمانگر و دانش‌آموز و در صورت نیاز، والدین و معلم از لحاظ ملاک‌های ورود و خروج بررسی مجدد کردند. شرکت‌کنندگان در یک اتاق کم یا بدون صدا با استفاده از ابزارهای پژوهش طی دو جلسه یک ساعتی با فاصله ۱ روز تا ۱ هفته به صورت انفرادی ارزیابی شدند. ترتیب اجرای ابزارها برای هر فرد متفاوت از فرد دیگر و به صورت تصادفی بود.

شیوه تحلیل آماری داده‌ها

به منظور تحلیل آماری داده‌ها و انجام تحلیل خوشه‌ای از روش خوشه‌بندی مدل- مبنا استفاده شد. در این روش فرض بر آن است که داده‌ها از جامعه‌ای گرفته شده است که خود دارای زیر جامعه‌هایی است. در واقع توزیع داده‌ها ترکیبی از توزیع‌های نرمال چندمتغیری است و هریک از توزیع‌های فرعی یک خوشه را تعریف می‌کند. در فرایند خوشه‌بندی میانگین‌ها و ماتریس‌های واریانس- کوواریانس خوشه‌ها و نیز احتمالات پیشین آنها (احتمال پیشین تعلق هر فرد به هر خوشه) محاسبه می‌شود؛ سپس بر پایه این پارامترها، احتمالات پسین (احتمال تخصیص یک فرد خاص به یک خوشه خاص) محاسبه می‌شود (بانفیلد و رافتری، ۱۹۹۳).

دلیل استفاده از این روش غلبه بر محدودیت‌های روش‌های خوشه‌بندی ادغامی[1] سلسله مراتبی[2] و غیر سلسله مراتبی کلاسیک است که به عنوان مثال، می‌توان به فقدان یک شاخص برازش آماری برای کفایت تعداد خوشه‌ها و نیز امکان تاثیرپذیری از ترتیب داده‌های ورودی یا مقادیر شروع اشاره کرد. در این روش‌ها، روایی راه حل‌های خوشه‌بندی نیز زیر سؤال است، زیرا اغلب تعیین تعداد خوشه‌های روا دشوار است و نیز این روش‌ها امکان تولید خوشه‌ها حتی در صورتی که هیچ خوشه‌ی واقعی وجود نداشته باشد را دارند. علاوه بر این، هر یک از روش‌های خوشه‌بندی اکتشافی گرایش منحصر به فردی برای به دست دادن یک راه حل ویژه دارند؛ به عنوان مثال روش‌های خوشه‌بندی وارد یا K میانگین که به مراتب معمول‌ترین روش‌های خوشه‌بندی هستند، به تولید خوشه‌های هم‌اندازه و کروی گرایش دارند و ممکن است تعداد خوشه‌ها را بیش‌برآورد کنند (مون و همکاران، ۲۰۰۸). روش خوشه‌بندی مدل مبنا به منظور غلبه بر این ضعف‌های روش‌های کلاسیک خوشه‌بندی توسعه یافته است. از این رو، خوشه‌بندی مدل- مبنا غالبا بر روش‌های خوشه‌بندی اکتشافی مثل روش K میانگین، یا تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی ترجیح داده می‌شود، زیرا یک رویکرد آماری قاعده‌مند است و تعداد، حجم و شکل خوشه‌ها را داده‌ها تعیین می‌کنند (بانفیلد و رافتری، ۱۹۹۳).

در مدل‌سازی مختلط متناهی[3] به عنوان پایه خوشه‌بندی مدل- مبنا مسئله اصلی این است که چند مولفه باید در ترکیب گنجانده شود. علاوه بر این، باید تصمیم بگیریم که کدام پارامتربندی کوواریانس را انتخاب کنیم. پاسخ هر دو پرسش را می‌توان با استفاده از یک معیار[4] اطلاعات مثل معیار اطلاعات بیز (BIC[5]) داد. معیار اطلاعات، بر مبنای اشکال جریمه شدهٔ[6] لگاریتم درست نمایی[7] محاسبه می‌شود. هر چه درست نمایی با اضافه‌شدن مولفه‌های بیشتر افزایش پیدا کند، یک عبارت جریمه[8] بابت تعداد پارامترهای برآورد شده وجود دارد که از میزان لگاریتم درست نمایی کم می‌کند. در مدل‌سازی مختلط متناهی، BIC یک انتخاب



شکل ۲. نمودار BIC برای خوشه‌بندی گروه با ناتوانی خالص ریاضی

معمول است و روش محاسبه آن چنین است: $BIC_{M,G} = 2\ell_{M,G}(x \mid \hat{\Psi}) - \nu \log(n)$؛ که در آن $\ell_{M,G}(x \mid \hat{\Psi})$ لگاریتم درست نمایی در برآوردکننده بیشینه درست نمایی $\hat{\Psi}$ برای مدل M با G مولفه است، n، اندازه نمونه و V تعداد پارامترهای برآورد شده است. جفت $\{M,G\}$ انتخاب شده است تا $BIC_{M,G}$ را بیشینه کند (اسکراکا، فوپ، مورفی و رافتری، ۲۰۱۶).

برای انجام تحلیل خوشه‌ای مدل- مبنا از نرم‌افزار R (هسته مرکزی R، ۲۰۱۷) و بسته آماری MCLUST نسخه ۵,۴ (اسکراکا و همکاران، ۲۰۱۶) که تحت نرم‌افزار R نسخه ۳,۴,۳ است، استفاده شد. در Mclust، ۱۴ مدل چندمتغیری نرمال که بر پایه چهار مشخصهٔ توزیع[9] (کروی، مورب یا بیضی)، حجم[10] (برابر یا متغیر)، شکل[11] (برابر یا متغیر) و جهت[12] (برابر، متغیر یا محورهای هماهنگ) تفاوت دارند، برای یک تا نه خوشه از داده‌ها آزمون می‌شوند و

1. Agglomerative
2. Hierarchical
3. finite Mixture Modelling
4. Information Criteria
5. Basina Information Criteria
6. Penalised
7. Log-Likelihood
8. Penalty Term

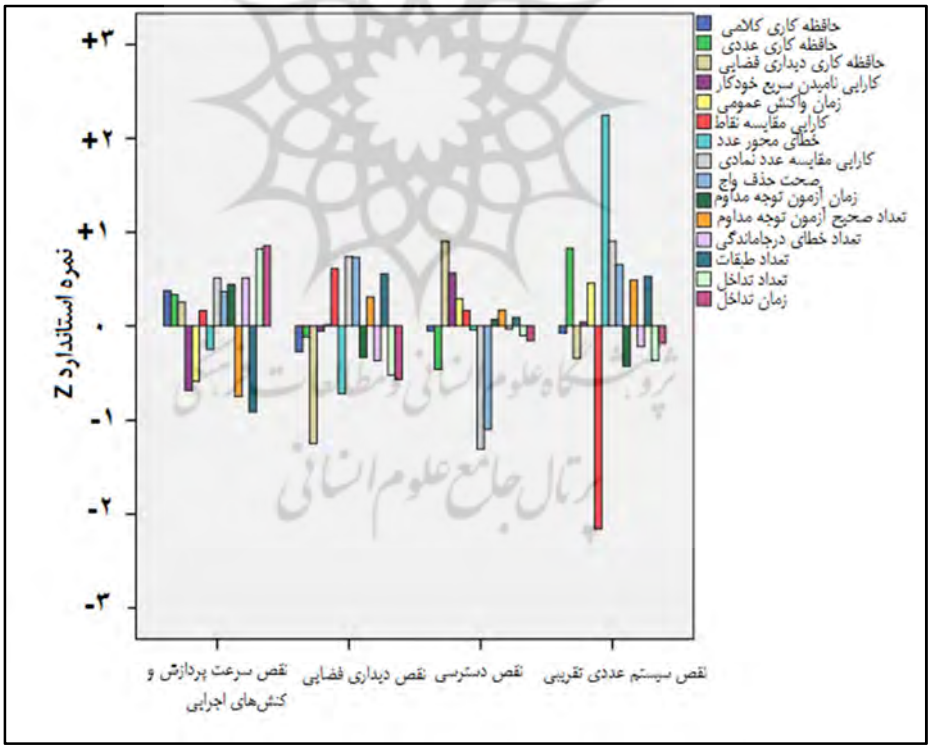
9. Distribution
10. Volume
11. Shape
12. Orientation

شاخص BIC محاسبه و نمودار آن ترسیم می‌شود. نرم‌افزار، سه مورد از مدل‌های با بهترین برازش را پیشنهاد می‌دهد. هر مدلی که دارای BIC بزرگ‌تری باشد، بهترین برازش را با داده‌ها دارد. لازم به ذکر است که در برخی موارد، مدل خاصی با تعداد مولفه (خوشه) خاص برآوردشدنی نیست. این امر در عمل به دلیل تکین‌بودن[1] در برآورد ماتریس کوواریانس اتفاق می‌افتد؛ بنابراین در نمودارهای BIC، مدلی که در بالاترین قسمت نمودار قرار می‌گیرد، مناسب‌ترین مدل است (اسکراکا و همکاران، ۲۰۱۶).

همچنین برای انجام سایر تحلیل‌ها از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۴ (شرکت IBM، ۲۰۱۶) استفاده شد. برای تحلیل داده‌ها، با توجه به متفاوت بودن مقیاس نمرات متغیرهای مختلف، تمام نمرات به نمرات استاندارد T (SD=۱۰ و M=۵۰) تبدیل شدند و خوشه‌بندی بر پایه این نمرات انجام شد. برای ترسیم نیمرخ خوشه‌ها از نمرات استاندارد Z استفاده شد.

نتایج

تعداد ۱۵ متغیر خوشه‌بندی برای ۴۱ شرکت‌کننده دارای ناتوانی خالص ریاضی وارد تحلیل خوشه‌ای شدند. نتایج نشان داد که بر پایه شاخص BIC، مدل با بزرگ‌ترین مقدار BIC یک مدل VVI (مدل با توزیع مورب با شکل و حجم متغیر و به لحاظ جهت، با محورهای هماهنگ) با ۴ خوشه است (BIC=−۴۴۳۵/۹۱۴، df=۱۲۳، $log.likelihood$=−۱۹۸۹/۵۷۲). نمودار BIC در شکل ۱ ارائه شده است. چنان که در شکل ۲ نیز مشخص است، دو مدل بعدی با بزرگ‌ترین BIC عبارت است از مدل VEI با ۴ خوشه (BIC=−۴۴۸۴/۷۵۲۱۳) و مدل EEI با ۴ خوشه (BIC=−۴۴۹۷/۷۹۹۴۱)؛ بنابراین بهینه‌ترین تعداد پیشنهادی برای خوشه‌ها در این پژوهش، ۴ خوشه است.



شکل ۳. نیمرخ ۴ خوشه استخراج شده بر پایه متغیرهای خوشه‌بندی

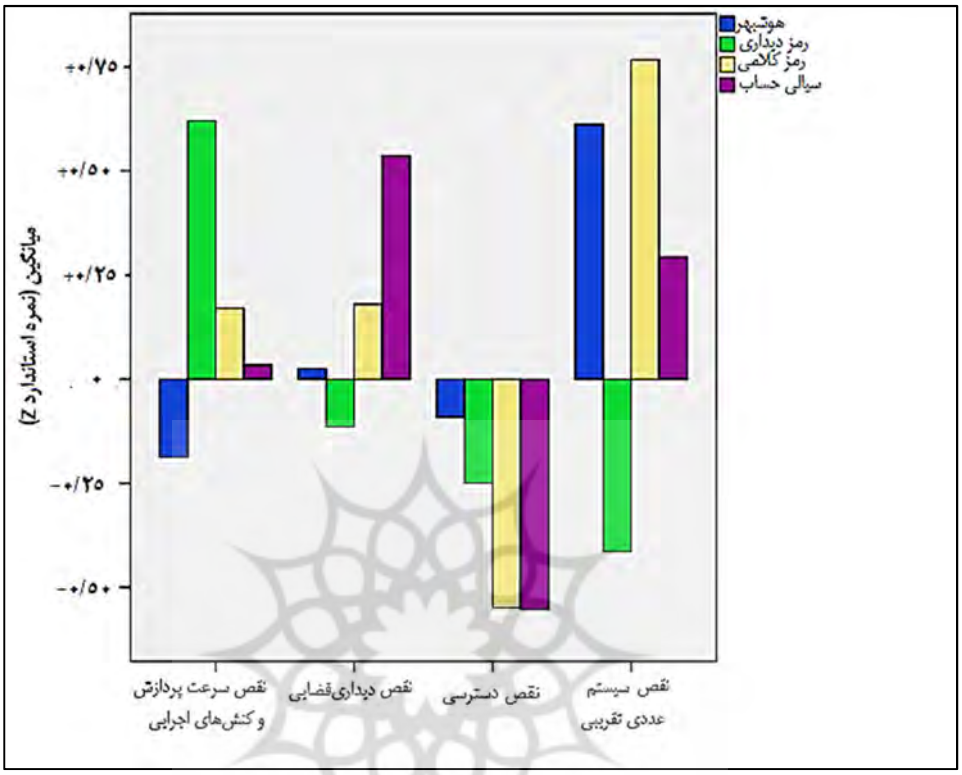
1. Singularity

جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس تک متغیری بین خوشه‌ها در متغیرهای خوشه‌بندی

نوع	متغیر	منبع اثر	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	η^2
حوزه عام	حافظه کاری کلامی	بین خوشه‌ای	۲۴۴/۳۹۸	۳	۸۱/۴۶۶	۰/۸۰۳	۰/۵۰۰	۰/۰۶۱
		درون خوشه‌ای	۳۷۵۵/۶۰۲	۳۷	۱۰۱/۵۰۳			
	حافظه کاری عددی	بین خوشه‌ای	۷۸۱/۴۶۳	۳	۲۶۰/۴۸۸	۲/۹۹۵	۰/۰۴۳	۰/۱۹۵
		درون خوشه‌ای	۳۲۱۸/۵۳۷	۳۷	۸۶/۹۸۷			
	حافظه کاری دیداری فضایی	بین خوشه‌ای	۲۹۹۱/۴۵۶	۳	۹۹۷/۱۵۲	۳۶/۵۸۲	<۰/۰۰۱	۰/۷۴۸
		درون خوشه‌ای	۱۰۰۸/۵۴۴	۳۷	۲۷/۲۵۸			
	نامیدن خودکار سریع	بین خوشه‌ای	۹۵۸/۵۵۴	۳	۳۱۹/۵۱۸	۳/۸۸۷	۰/۰۱۶	۰/۲۴۰
		درون خوشه‌ای	۳۰۴۱/۴۴۶	۳۷	۸۲/۲۰۱			
	زمان واکنش عمومی	بین خوشه‌ای	۶۰۱/۵۹۲	۳	۲۰۰/۵۳۱	۲/۱۸۳	۰/۱۰۶	۰/۱۵۰
		درون خوشه‌ای	۳۳۹۸/۴۰۸	۳۷	۹۱/۸۴۹			
	زمان عملکرد پیوسته	بین خوشه‌ای	۴۳۵/۷۱۷	۳	۱۴۵/۲۳۹	۱/۵۰۸	۰/۲۲۹	۰/۱۰۹
		درون خوشه‌ای	۳۵۶۴/۲۸۳	۳۷	۹۶/۳۳۲			
	تعداد صحیح عملکرد پیوسته	بین خوشه‌ای	۸۷۶/۲۶۱	۳	۲۹۲/۰۸۷	۳/۴۶۰	۰/۰۲۶	۰/۲۱۹
		درون خوشه‌ای	۳۱۲۳/۷۳۹	۳۷	۸۴/۴۲۵			
	تعداد خطای درجاماندگی	بین خوشه‌ای	۴۶۱/۷۲۰	۳	۱۵۳/۹۰۷	۱/۶۰۹	۰/۲۰۴	۰/۱۱۵
		درون خوشه‌ای	۳۵۳۸/۲۸۰	۳۷	۹۵/۶۲۹			
	تعداد طبقات	بین خوشه‌ای	۱۴۰۳/۳۷۴	۳	۴۶۷/۷۹۱	۶/۶۶۶	۰/۰۰۱	۰/۳۵۱
		درون خوشه‌ای	۲۵۹۶/۶۲۶	۳۷	۷۰/۱۷۹			
	تعداد تداخل	بین خوشه‌ای	۱۱۲۹/۸۵۴	۳	۳۷۶/۶۱۸	۴/۸۵۵	۰/۰۰۶	۰/۲۸۲
		درون خوشه‌ای	۲۸۷۰/۱۴۶	۳۷	۷۷/۵۷۲			
	زمان تداخل	بین خوشه‌ای	۱۲۱۴/۲۲۹	۳	۴۰۴/۷۴۳	۵/۳۷۶	۰/۰۰۴	۰/۳۰۴
		درون خوشه‌ای	۲۷۸۵/۷۷۱	۳۷	۷۵/۲۹۱			
حوزه ویژه	کارایی مقایسه نقاط	بین خوشه‌ای	۲۸۰۶/۴۹۷	۳	۹۳۵/۴۹۹	۲۹/۰۰۲	<۰/۰۰۱	۰/۷۰۲
		درون خوشه‌ای	۱۱۹۳/۵۰۳	۳۷	۳۲/۲۵۷			
	خطای محور اعداد	بین خوشه‌ای	۳۱۵۹/۷۷۵	۳	۱۰۵۳/۲۵۸	۴۶/۳۸۱	<۰/۰۰۱	۰/۷۹۰
		درون خوشه‌ای	۸۴۰/۲۲۵	۳۷	۲۲/۷۰۹			
	کارایی مقایسه عدد نمادی	بین خوشه‌ای	۳۶۷۷/۴۶۸	۳	۱۲۲۵/۸۲۳	۱۴۰/۶۲۳	<۰/۰۰۱	۰/۹۱۹
		درون خوشه‌ای	۳۲۲/۵۳۲	۳۷	۸/۷۱۷			
	صحت حذف واج	بین خوشه‌ای	۲۶۲۹/۹۲۸	۳	۸۷۶/۶۴۳	۲۳/۶۷۵	<۰/۰۰۱	۰/۶۵۷
		درون خوشه‌ای	۱۳۷۰/۰۷۲	۳۷	۳۷/۰۲۹			

نیمرخ خوشه‌های استخراج شده بر پایه مدل VVI-4 از ۴۱ دانش‌آموز دارای ناتوانی ریاضی تنها در شکل ۳ ارائه شده است. با توجه به شکل ۳ و نیز بر پایه مبانی نظری، می‌توان این خوشه‌ها را چنین نام‌گذاری نمود: خوشه ۱: نقص سرعت پردازش و کنش‌های اجرایی، ۱۱ نفر (۲۶/۸۳ درصد)؛ خوشه ۲: نقص دیداری- فضایی، ۱۱ نفر (۲۶/۸ درصد)؛ خوشه ۳: نقص دسترسی، ۱۴ نفر (۳۴/۱۵ درصد)؛ خوشه ۴: نقص سیستم عددی تقریبی (ANS)، ۵ نفر (۱۲/۲۰ درصد). در خوشه ۱، به طور کلی همه شاخص‌ها حول میانگین و حداکثر ۱ انحراف استاندارد بالا یا پایین‌تر از میانگین هستند. با این حال، شاخص‌های مربوط به سرعت پردازش (RAN و زمان واکنش عمومی) پایین هستند. همچنین شاخص‌های مربوط به کنش‌های اجرایی نقص این کنش‌ها را در این خوشه نشان می‌دهد (بالابودن زمان و تعداد تداخل در تست استروپ، کم بودن تعداد طبقات و زیادبودن خطای درجاماندگی در تست ویسکانسین، بالابودن زمان و کم بودن تعداد پاسخ‌های صحیح در تست توجه مداوم)؛ بنابراین می‌توان این خوشه را نقص سرعت پردازش و کنش‌های اجرایی نامید. در خوشه ۲، مشهودترین نقص موجود، پایین بودن حافظه کاری دیداری- فضایی است و بقیه شاخص‌ها حول میانگین و بالاتر قرار دارند؛ بنابراین این خوشه را می‌توان خوشه نقص دیداری- فضایی نامید. در خوشه ۳، مشهودترین نقص، پایین بودن کارایی مقایسه اعداد نمادی و نیز پایین بودن آگاهی واج‌شناسی است. به‌جز حافظه کاری کلامی و عددی که کمی پایین‌تر از میانگین هستند، بقیه متغیرها حول میانگین قرار دارند؛ بنابراین می‌توان این خوشه را نقص دسترسی نامید. در خوشه ۴، مشهودترین نقص موجود، پایین بودن کارایی مقایسه نقاط در تست پانامت و نیز بالابودن میانگین خطای محور اعداد است. سایر متغیرها در اطراف میانگین قرار دارند. بنابراین می‌توان این خوشه را نقص سیستم عددی تقریبی (ANS) نامید.

به منظور تعیین قدرت تفکیک و اهمیت متغیرها در خوشه‌بندی، نتایج آزمون تحلیل واریانس تک‌متغیری در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول ۲، بین میانگین



شکل ٤. نیمرخ متغیرهای اعتبار برای خوشه‌بندی دانش‌آموزان با ناتوانی خالص ریاضی

خوشه‌ها در تمام متغیرهای خوشه‌بندی به جز چهار متغیر حافظه کاری کلامی، زمان واکنش عمومی، زمان آزمون عملکرد پیوسته و تعداد خطای درجاماندگی تفاوت معناداری بین خوشه‌ها وجود دارد. بنابراین چهار متغیر مذکور سهم معناداری در تفکیک خوشه‌ها ندارند. مقایسه اندازه‌های اثر در جدول ۲، چند نکته مهم را روشن می‌کند:

۱. به طور کلی متغیرهای حوزه ویژه، سهم بیشتری در تفکیک خوشه‌ها دارند تا متغیرهای حوزه عام.

۲. از بین متغیرهای حوزه ویژه، بزرگ‌ترین اندازه اثر مربوط به کارایی مقایسه عدد نمادی است؛ البته بین اندازه اثر متغیرهای حوزه ویژه تفاوت زیادی دیده نمی‌شود.

۳. از بین متغیرهای حوزه عام، بیشترین اندازه اثر مربوط به حافظه کاری دیداری–فضایی است.

۴. در متغیرهای حافظه کاری، بیشترین تا کمترین اندازه اثر به ترتیب مربوط به دیداری– فضایی، عددی و کلامی است؛ البته حافظه کاری کلامی اندازه اثر معناداری در خوشه‌بندی ندارد.

۵. اندازه اثر شاخص‌های سرعت پردازش (RAN و سرعت پردازش عمومی) کوچک و برای شاخص زمان واکنش عمومی غیرمعنادار است.

۶. در متغیرهای کنش‌های اجرایی شاخص‌های مربوط به بازداری توجه و در مرتبه بعد جابجایی و سپس کنترل توجه دارای بیشترین اندازه اثر هستند. البته متغیر زمان آزمون عملکرد پیوسته (شاخص کنترل توجه) و تعداد خطای درجاماندگی (شاخص جابجایی) اندازه، اثر غیرمعنادار دارند؛ اما هر دو متغیر آزمون استروپ (شاخص بازداری) معنادار هستند؛ بنابراین از میان این کنش‌های اجرایی، بازداری نقش مهم‌تری در خوشه‌بندی دارد.

برای تعیین اعتبار خوشه‌ها علاوه بر ملاک آماری (BIC) از موارد دیگری نیز استفاده شد. نتایج آزمون مجذور کای نشان داد که رابطه خوشه‌بندی با همه متغیرهای آزمون‌گیر (P=۰/۱۲۳، $d.f$=۱۵، X^2=۲۱/۴۶۷)، شهر محل آزمون (P=۰/۱۷۲، $d.f$=۱۵، X^2=۲۰)، پایه تحصیلی (P=۰/۷۹۲، $d.f$=۶، X^2=۳/۱۳۷)، و جنسیت (P=۰/۲۳۷، $d.f$=۳، X^2=۴/۲۳۷) غیرمعنادار است. میانگین متغیرهای

اعتبار بر اساس نمرات استاندارد Z (هوش، رمز دیداری، رمز کلامی و نیز سیالی حساب ساده) در شکل ۴ ارائه شده است. تحلیل واریانس تک متغیری نشان داد که تفاوت میانگین خوشه‌ها در هوش (F(۳، ۳۷)=۰/۷۸۰، P=۰/۵۱۲) و رمز دیداری (F(۳، ۳۷)=۲/۲۲، P=۰/۱۰۲) معنادار نیست؛ اما خوشه‌ها در متغیرهای رمز کلامی (F(۳، ۳۷)=۳/۰۰، P=۰/۰۴۳) و سیالی حساب ساده (F(۳، ۴۱)=۳/۳۷، P=۰/۰۴۱) تفاوت‌های معناداری دارند.

بر پایه شکل ۴، در متغیر هوش تفاوت میانگین‌ها معنادار نیست؛ ولی به لحاظ توصیفی و در گروه نمونه، هوش خوشه‌های نقص سرعت پردازش به همراه نقص کنش‌های اجرایی و نقص دسترسی کمی پایین‌تر از میانگین، خوشه نقص دیداری- فضایی روی میانگین و خوشه نقص دسترسی بالاتر از میانگین قرار دارند. در متغیر رمز دیداری، خوشه نقص دسترسی کمی بالاتر و بقیه خوشه‌ها کمی پایین‌تر از میانگین قرار دارند؛ اما این تفاوت‌ها معنادار نیست. تفاوت خوشه‌ها در متغیر رمز دیداری معنادار است. عملکرد شرکت کنندگان در این متغیر در خوشه‌های ۱ (نقص سرعت پردازش به همراه نقص کنش‌های اجرایی) و ۲ (نقص دیداری- فضایی) کمی بالاتر از متوسط، در خوشه ۴ (نقص سیستم عددی تقریبی (ANS)) بالاتر از متوسط و خوشه ۳ (نقص دسترسی) پایین‌تر از متوسط است. در نهایت، تفاوت میانگین خوشه‌ها در متغیر سیالی حساب ساده معنادار است. اعضای خوشه ۱ (نقص سرعت پردازش به همراه نقص کنش‌های اجرایی) عملکرد متوسطی داشته‌اند؛ در حالی که عملکرد خوشه‌های ۲ (نقص دیداری- فضایی) و ۴ (نقص سیستم عددی تقریبی (ANS)) در این متغیر بالاتر از متوسط است و خوشه ۳ (نقص دسترسی) عملکردی پایین‌تر از متوسط دارد.

نتیجه‌گیری و بحث

هدف پژوهش حاضر، تعیین زیرگونه‌های شناختی دانش‌آموزان ابتدایی دارای ناتوانی خالص ریاضی و بدون همبودی با ناتوانی خواندن بود. برای دستیابی به این هدف، مجموعه‌ای از مهم‌ترین متغیرهای شناختی حوزه- ویژه و حوزه – عام موثر بر ناتوانی ریاضی بر پایه پژوهش‌های گذشته شناسایی شدند و با تکنیک تحلیل خوشه‌ای به روش مدل- مبنا تحلیل شدند. در مجموع نتایج حاکی از وجود چهار خوشه از دانش‌آموزان با نقاط قوت و ضعف متفاوت بود. از این چهار خوشه، دو خوشه مربوط به شناخت حوزه- ویژه بود (نقص دسترسی و نقص ANS)، و دو خوشه مربوط به شناخت حوزه- عام (نقص سرعت پردازش وکنش‌های اجرایی، نقص دیداری- فضایی) این یافته به طور کلی از این ادعا که ناتوانی ریاضی چندعلتی و ناهمگن است (هنیک و همکاران، ۲۰۱۱؛ کافمن و همکاران، ۲۰۱۳) حمایت می‌کند و تاکیدی بر این نکته است که در نظر گرفتن یک دلیل اصلی حوزه- ویژه یا حوزه- عام برای ناتوانی ریاضی نادرست است.

علاوه بر شاخص‌های آماری اعتبار خوشه‌ها، نتایج نشان داد که خوشه‌های استخراج شده رابطه‌ای با جنس، پایه تحصیلی، شهر نمونه‌برداری و آزمون‌گر ندارد. همچنین خوشه‌ها در متغیرهای به جز متغیرهای خوشه‌بندی یعنی سیالی حساب و رمز کلامی (شمارش) تفاوت‌های معناداری دارند؛ بنابراین می‌توان روایی خوشه‌ها را تایید کرد. نتایج نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت هوشی وجود ندارد؛ بنابراین تفاوت در نیمرخ شناختی خوشه‌ها قابل انتساب به تفاوت‌های هوش عمومی نیست و مربوط به تفاوت در مهارت‌های شناختی خاص است. این یافته با تاکید گیری (۲۰۱۱) بر لحاظ کردن هوش در بررسی‌های شناختی ناتوانی ریاضی ناهمخوان است.

در زمینه سبب‌شناسی شناختی ناتوانی ریاضی، فرضیه نقص پردازش غیرنمادی (ANS) فرض می‌کند که ناتوانی ریاضی ناشی از نقص در سیستم پردازش پیش عددی و غیر نمادی است و این نقص خود را در تکالیف غیرنمادی و نمادی نمایان می‌سازد (اندرسون و آسترگن، ۲۰۱۲). در خوشه نقص ANS در این پژوهش، تنها در تکالیف غیرنمادی (مقایسه نقاط، محور اعداد) نقص مشاهده می‌شود و سایر تکالیف عددی نمادین (مقایسه نقاط، سیالی حساب ساده، رمز کلامی یا شمارش و رمز دیداری یا درک نمادهای عددی بدون مشکل هستند؛ بنابراین نتایج پژوهش بر خلاف این فرض است که نقص در ANS باعث نقص در تکالیف نمادی و غیرنمادی می‌شود؛ بلکه این نقص فقط با مشکل در تکالیف نمادی مشخص می‌شود. چنین یافته‌ای در پژوهش بارتلت و همکاران (۲۰۱۴) نیز مشاهده شده بود. همچنین مشابه با پژوهش یاد شده، در پژوهش حاضر نیز نقص در ANS کوچک‌ترین خوشه را تشکیل می‌دهد و تنها حدود ۱۲ درصد از افراد دارای این مشکل هستند.

فرضیه حوزه- ویژه، دیگر فرضیه نقص دسترسی است که ادعا می‌کند ناتوانی ریاضی به دلیل مشکل در برقراری ارتباط بین بازنمایی‌های نمادین اعداد با بازنمایی‌های غیرنمادین است،

نه به خاطر مشکل در پردازش کمیت به طور کلی (راسل و نوئل، ۲۰۰۷). نیمرخ شناختی خوشه نقص دسترسی به عنوان بزرگ‌ترین خوشه که بیش از ۳۱ درصد از افراد را در خود گنجانده است، متناسب با این فرضیه است: در این خوشه کارایی پردازش عدد نمادی و نیز درک عدد نمادی (رمز دیداری)، شمارش (رمز کلامی) و سیالی حساب ساده پایین‌تر از میانگین است؛ در حالی که عملکرد این خوشه در تکالیف نمادی (محور اعداد و مقایسه نقاط) در حدود میانگین است. ضمنا آگاهی واجی در این گروه به شدت پایین است. این نشان می‌دهد که احتمالا عددهای نمادی باید برای پردازش با استفاده از یک رابط یعنی زبان پایه (آگاهی واجی) به مقادیر غیرنمادی مربوطه متصل شوند و نقص در مهارت پایه زبانی این ارتباط را دشوار می‌کند. با توجه به این که افراد دارای ناتوانی توام ریاضی و خواندن از نمونه پژوهش حذف شدند و بیشتر انتظار می‌رود که افراد دارای ناتوانی خواندن مشکلات واج شناختی داشته باشند، می‌توان نتیجه گرفت که بخش چشمگیری از افراد دارای ناتوانی ریاضی حتی اگر ناتوانی در خواندن نداشته باشند، در آگاهی واجی به عنوان یک مهارت زبانی پایه، نقص دارند؛ بنابراین نقص آگاهی واجی حتی اگر به ایجاد ناتوانی خواندن منجر نشود، یکی از مکانیسم‌های ایجاد نقص دسترسی است؛ چنان‌که هچت[1]، تورگسن[2]، واگنر[3] و راشوت[4] (۲۰۰۱) بیان می‌کنند، در هنگام حل مسائل ریاضی، کودک ابتدا باید اعداد و عملیات‌ها را به رمزهای گفتاری تبدیل کند. به همین دلیل لازم است بازنمایی واج‌شناختی صحیح از اعداد و عملیات‌ها را داشته باشد و آنها را در حافظه واج‌شناختی ذخیره کند؛ سپس اطلاعات واج‌شناختی را با استراتژی‌های خاص پردازش کند.

برخی مولفان (کووان و پاول، ۲۰۱۴؛ پاسولونگی و لانفرانچی، ۲۰۱۲) بر نقش دلایل حوزه- عام در ایجاد ناتوانی ریاضی تاکید کرده‌اند. موافق با این دیدگاه، در پژوهش حاضر دو خوشه حوزه- عام شناسایی شد. حدود ۲۷ درصد از افراد در حافظه کاری دیداری- فضایی و حدود ۲۷ درصد نیز در کنش‌های اجرایی و سرعت پردازش نقص داشتند. در خوشه دیداری- فضایی واضح‌ترین نقص، نقص در حافظه کاری دیداری- فضایی است و بقیه ابعاد حافظه کاری دست نخورده است. قبلا اندرسن (۲۰۱۰) نشان داده بود که تنها بعد دیداری- فضایی حافظه کاری با ناتوانی ریاضی مرتبط است؛ چنان که فراتحلیلهای گذشته (شاین و برایانت، ۲۰۱۳؛ سزاکس، ۲۰۱۶) نیز تایید می‌کنند، پردازش فضایی نقش مهمی در انجام تکالیف مختلف ریاضی دارد. مثلا حل یک مساله ذهنی حساب نیازمند دنبال کردن یک توالی فضایی از گام‌ها است (سزاکس و همکاران، ۲۰۱۳). در این راستا پژوهش مامارلا[5]، لوکانگلی[6] و کورنولدی[7] (۲۰۱۰) نیز نشان داد افراد دچار نقص دیداری- فضایی نسبت به افراد سالم در محاسبات ریاضی خطاهای جابجایی[8]، محاسبه ناقص[9] و بی‌نظمی ستون[10] بیشتری دارند.

خوشه حوزه- عام دیگر نقص در کنش‌های اجرایی و سرعت پردازش بود. این یافته مطابق با پژوهش‌های گذشته است که کنش‌های اجرایی بازداری (سزاکس و همکاران، ۲۰۱۳)، کنترل توجه (اشکنازی و هنیک، ۲۰۱۲) و جابجایی (ون‌دراسلویس و همکاران، ۲۰۰۴) را در ناتوانی ریاضی بااهمیت ارزیابی کرده‌اند. در هر نوع یادگیری بویژه در یادگیری مهارت‌های متنوع و پیچیده ریاضی لازم است توجه یادگیرنده حفظ شود و به موضوع یادگیری متمرکز باشد، محرک‌های نامربوط مورد توجه قرار نگیرند و تمرکز توجه یادگیرنده در موقع لزوم به بخش‌های اصلی مطلب جدید در حال یادگیری تغییر یابد. بر پایه مرور فراتحلیلی پژوهش‌های قبلی توسط شاین و برایانت (۲۰۱۳)، ضعف در این مهارت‌های فراشناختی سطح بالا می‌تواند از عوامل ناتوانی ریاضی باشد.

همسو با پژوهش‌هایی که نقص سرعت پردازش را به عنوان یکی از ضعف‌های حوزه- عام در افراد با ناتوانی ریاضی شناسایی کرده‌اند (هووارد و همکاران، ۲۰۱۲؛ دآمیکو و پاسولونگی، ۲۰۰۹) و نیز جمع بندی صاحبنظران از پژوهش‌های این حوزه (پرایس و انصاری، ۲۰۱۳؛ گیری، ۲۰۱۱)، کندی سرعت پردازش عمومی و سرعت پردازش ارقام و حروف (RAN) در این خوشه وجود دارد. یکی از تبیین‌های قابل طرح برای چرایی اثر سرعت پردازش پایین در ایجاد ناتوانی ریاضی می‌تواند محدودیت زمانی نگهداری اطلاعات در حافظه کاری باشد. برای پردازش یک مسئله ریاضی که احتیاج به نگهداری چند وجه مسئله به طور همزمان برای پردازش است، سرعت پردازش پایین ممکن است باعث از دست رفتن برخی از اطلاعات مورد نیاز در زمان حل مسئله باشد. در مدل

1. Hecht
2. Torgesen
3. Wagner
4. Rashotte

5. Mammarella
6. Lucangeli
7. Cornoldi
8. Carrying Errors
9. Partial Calculation
10. Column Confusion

شناختی ارائه‌شده توسط گیری (۱۹۹۳) برای عملکرد ریاضی نیز نرخ از دست رفتن[1] اطلاعات در حافظه کاری یکی از متغیرهای اساسی است و احتمالا سرعت پردازش پایین این نرخ را افزایش می‌دهد. در پژوهش حاضر، نامیدن سریع خودکار همراه با کنش‌های اجرایی، یک خوشه را تشکیل داده‌اند. از نظرگیورگیو[2]، تزیراکی[3]، مانولیتسیس[4] و فلا [5] (۲۰۱۳) در نامیدن سریع خودکار، مهارت‌های پردازشی متنوعی از جمله، بازداری پاسخ، که یک کنش اجرایی است، درگیر هستند. با توجه به مختلط بودن تکلیف نامیدن سریع خودکار مورد استفاده در پژوهش حاضر و حضور محرک‌های عددی و حرفی تا حدی مشابه (مثل ۵ و ه یا ع و ۴)، این احتمال وجود دارد که بازداری پاسخ به عنوان یک کنش اجرایی در این تکلیف درگیر باشد.

در مجموع، اگر خوشه‌های پژوهش حاضر با جدیدترین طبقه‌بندی‌های نظری (کارراگیاناکیس و همکاران، ۲۰۱۴) و تجربی (بارتلت و همکاران، ۲۰۱۴) ناتوانی ریاضی مقایسه شود، مشخص می‌شود که خوشه دیداری- فضایی نقطه کاملا مشترک پژوهش حاضر و این دو طبقه‌بندی است. همچنین خوشه نقص دسترسی در پژوهش حاضر در طبقه‌بندی تجربی قبلی شامل دو خوشه محور عددی ضعیف و ANS ضعیف بود. همچنین خوشه نقص دسترسی پژوهش حاضر کاملا مشابه پژوهش تجربی قبلی بود؛ با این حال، در طبقه‌بندی نظری این دو خوشه یک طبقه در نظر گرفته شده بود. متغیرهای مربوط به کنش‌های اجرایی با توجه به طبقه‌بندی نظری در پژوهش حاضر استفاده شد. همچنین متغیرهای مربوط به سرعت پردازش نیز با توجه به تاکید مولفان شناخته‌شده این حوزه (پرایس و انصاری، ۲۰۱۳؛ گیری، ۲۰۱۱) در پژوهش حاضر گنجانده شد. پژوهش تجربی حاضر نشان از وجود خوشه‌ای با نقص در سرعت پردازش و کنش‌های اجرایی در دانش‌آموزان داشت. یافتن چنین خوشه‌ای در افراد دچار ناتوانی یادگیری به صورت تجربی برای اولین بار در پژوهش حاضر اتفاق افتاده و در پژوهش تجربی و کار نظری قبلی نیز وجود نداشت.

در مجموع، تفاوت‌های یافته‌های این پژوهش با سایر پژوهش‌های طبقه‌بندی موجود را باید به این موارد نسبت داد: اول، روش شناسایی. در پژوهش حاضر با توجه به نبود مقیاس جامع و با هنجار روزآمد برای خواندن و ریاضی در ایران از نقطه برش برای شناسایی و تشخیص افراد استفاده نشد و از ملاک‌های کیفی برای این منظور استفاده شد. دوم، نمونه پژوهش؛ در پژوهش حاضر فقط از یک نمونه کلینیکی استفاده شد. در ضمن، در نمونه پژوهش حاضر، فقط افراد دارای ناتوانی ریاضی خالص و بدون ناتوانی خواندن حضور داشتند؛ در حالی که در کارهای قبلی وجود/نبود ناتوانی خواندن در گروه ناتوانی ریاضی، مورد بررسی و تاکید نبوده است. سوم، متغیرهای ورودی؛ در پژوهش حاضر تلاش شد بر پایه ادبیات پژوهشی متغیرهای مهم‌تر شناسایی شوند. تعداد متغیرهای ورودی پژوهش حاضر بیشتر از سایر پژوهش‌ها است؛ مثلا متغیرهای مربوط به کنش‌های اجرایی در سایر پژوهش‌های طبقه‌بندی وارد نشده بود. همچنین این پژوهش در حد اطلاع، دومین پژوهشی است که متغیرهای حوزه- عام و حوزه- ویژه را همزمان وارد تحلیل خوشه‌ای کرده است.

به عنوان نتیجه‌گیری، اگر بخواهیم با توجه به نتایج پژوهش با به دست دادن مشخصه‌های ناتوانی ریاضی در توسعه یک تعریف ایجابی ناتوانی ریاضی گامی برداریم، باید نقص دسترسی (نقص دسترسی)، نقص دیداری- فضایی و نقص سرعت پردازش و کنش‌های اجرایی به عنوان نشانگرهای اصلی ناتوانی ریاضی در تعریف گنجانده شود؛ همچنین با تاکید کمتر باید نقص در پردازش غیرنمادی را به عنوان نشانگر دیگر معرفی کرد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر و سایر پژوهش‌های طبقه‌بندی این انتقاد متوجه ویراست پنجم راهنمای تشخیصی و آماری بیماری‌های روانی (انجمن روانپزشکی آمریکا، ۲۰۱۳) است که چرا در حالی که بر اساس مبانی نظری و پژوهش‌ها از جمله یافته‌های این پژوهش با وجود آنکه خود ناتوانی ریاضی هم یک ناتوانی خالص نیست، در DSM-5 ناتوانی یادگیری خاص به عنوان یک طبقه چتری که ناتوانی‌های خواندن، ریاضی و نوشتن را در بر می‌گیرد، معرفی شده است و ناتوانی ریاضی فقط به عنوان یکی از اسپسیفایرهای ناتوانی یادگیری خاص مطرح است؛ حال آنکه شاید لازم باشد در آینده برای تسهیل تعریف، طبقه‌بندی و شناسایی، حتی زیرگونه‌های هر یک از اسپسیفایرهای فعلی ناتوانی یادگیری نیز به عنوان ناتوانی‌های جداگانه‌ای تعریف شوند! سایر مولفین نیز نقدهای مشابهی به DSM-5 داشته‌اند (رجوع شود به پولتی[6]، کارتا[7]، بونویسینی[8] و گیورگی روسی[1]، ۲۰۱۸).

1. Decay Rate
2. Georgiou
3. Tziraki
4. Manolitsis
5. Fella

6. Poletti
7. Carretta
8. Bonvicini

یکی از محدودیت‌های پژوهش، کاربرد نداشتن نقطه برش دقیق برای تشخیص ناتوانی ریاضی (به دلیل نبود آزمون با هنجار روزآمد) است. توسعه و هنجاریابی آزمون‌های تشخیصی ریاضی، خواندن و نوشتن در ایران می‌تواند این محدودیت را در پژوهش‌های آتی مرتفع کند. همچنین، کنترل ناتوانی خواندن باعث شد اندازه نمونه به شدت افت کند (از ۱۳۷ نفر به ۴۱ نفر)؛ بنابراین، محدودیت دیگر پژوهش، پایین‌بودن اندازه نمونه است. در صورت امکان، پژوهش‌های بعدی باید برای کنترل خواندن، جامعه در دسترس را بزرگتر در نظر بگیرند. همچنین، میزان آشنایی و علاقه فرد به رایانه و نیز نو بودن تکالیف، ممکن است در نتایج موثر بوده باشند.

پژوهش‌های طولی آینده باید نشان دهند که آیا این زیرگونه‌ها در طول زمان ثابت و پایدار هستند یا ممکن است فرد دچار ناتوانی ریاضی با گذر زمان و در اثر افزایش سن، آموزش و عوامل دیگر بهبود یابد یا در زیرگونه دیگری قرار گیرد. باید اشاره کرد که بر پایه پژوهش‌های طولی، افرادی که در مقطعی به عنوان ناتوانی یادگیری تشخیص داده می‌شوند ممکن است در سال‌های تحصیلی بعد ملاک‌های این تشخیص را کسب نکنند (مازوکو[2] و میر[3]، ۲۰۰۳) یا از یک زیرگونه به زیرگونه دیگر جابجا شوند (گینسبرگ[4]، ۱۹۹۷). بعید نیست که به طور خاص افراد زیرگونه نقص عمومی چنین وضعیتی داشته باشند. با توجه به نتایج پژوهش و اندازه اثر متغیرها، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی بیشتر از متغیرهای حوزه–عام بر متغیرهای حوزه– ویژه تاکید کنند و از متغیرهای حوزه–عام نیز متغیر حافظه کاری دیداری فضایی به دلیل نقش پررنگ‌تر آن در ناتوانی ریاضی و در مراحل بعدی کنش اجرایی بازداری و نامیدن سریع خودکار باید بیشتر بررسی شوند.

از نظر ویتمن[5]، هریس[6]، بکر[7] و وان‌آرل[8] (۲۰۰۷، نقل از جانسون و همکاران، ۲۰۱۰) تشخیص یک ناتوانی خاص یادگیری به طور ایده آل باید شامل سه گام باشد: الف) تشخیص مقوله ای[9]، ب) تشخیص تبیینی[10] و ج) طراحی درمان[11]. به عقیده جانسون و همکاران (۲۰۱۰) در حال حاضر عملا تاکید ویژه‌ای بر گام سوم یعنی درمان است در حالی که عدم توجه به تشخیص تبیینی (تبیین ضعف‌های بنیادی فرد که منجر به ناتوانی شده است) مشکل ایجاد می‌کند، زیرا ممکن است درمان طراحی شده با نیازهای شناختی ویژه فرد مطابقت نداشته باشد؛ بنابراین نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در طراحی پروتکل‌های ترمیمی ویژه و درمان بهینه ارزشمند باشد، زیرا زمینه را برای «تشخیص تبیینی» و سپس طراحی مداخله منطبق با نیازها و ضعف‌های شناختی بنیادی فرد فراهم می‌کند. این که آیا مداخلات اختصاصی قابل طراحی است و آیا هدف‌گرفتن ضعف شناختی بنیادی فرد در مداخله می‌تواند مشکل رفتاری وی (ریاضی) را کاهش دهد سوالی است که با توجه به نظرات ضد و نقیض فراوان در این زمینه (رجوع کنید به فلتچر[12] و میسیاک[13]، ۲۰۱۷) باید پاسخ به آن به پژوهش‌های آینده واگذار شود.

منابع

اسلامی، پروانه و حسن‌آبادی، حمیدرضا (۱۳۹۶). مهارت‌های اختصاصی پردازش عدد در دانش‌آموزان پسر با ناتوانی یادگیری ریاضی. *فصلنامه کودکان استثنایی، ۱۷* (۲)، ۶۷–۸۵.

امین زاده، انوشه و حسن‌آبادی، حمیدرضا (۱۳۸۹). نارسایی‌های شناختی زیربنایی در ناتوانی ریاضی. *روان‌شناسی تحولی*. ۶(۲۳)، ۱۸۷–۲۰۰.

امین‌زاده، انوشه و حسن‌آبادی، حمیدرضا (۱۳۹۱). توانایی شاخص‌های آزمون نام بردن احتمالی در پیش‌بینی عملکرد ریاضی. *روان‌شناسی معاصر، ۸*(۱)، ۴۷–۶۰.

خدادادی، سیدمجتبی، شاهقلیان، مهناز و امانی، حسین (۱۳۹۳). *نرم‌افزار دسته‌بندی کارت ویسکانسین*. تهران: موسسه تحقیقات علوم رفتاری– شناختی سینا

خدادادی، سیدمجتبی، مشهدی، علی و امانی، حسین (۱۳۹۳الف). *نرم‌افزار استروپ ساده*. تهران: موسسه تحقیقات علوم رفتاری– شناختی سینا

خدادادی، سیدمجتبی، مشهدی، علی و امانی، حسین (۱۳۹۳ب). *نرم‌افزار عملکرد پیوسته*. تهران: موسسه تحقیقات علوم رفتاری– شناختی سینا

روزبهانی، شهره و حسن‌آبادی، حمیدرضا (۱۳۹۴). کارکرد اجرایی مرکزی و حلقه واج‌شناختی در دانش‌آموزان ناتوان در حل مسائل کلامی ریاضی. *فصلنامه کودکان استثنایی*،۱۵ (۴)، ۵–۲۰.

1. Giorgi-Rossi
2. Mazzocco
3. Myers
4. Ginsburg
5. Witteman
6. Harries
7. Bekker
8. Van Aarle
9. Categorical Diagnosis
10. Explanatory Diagnosis
11. Treatment Planning
12. Fletcher
13. Miciak

سرمد، زهره، بازرگان، عباس و حجازی، الهه (۱۳۸۷). *روش‌های تحقیق در علوم رفتاری*. تهران: آگاه.

شریفی، ح. پ.، حسن‌آبادی، حمیدرضا و همکاران (۱۳۹۷). *مقیاس هوشی وکسلر کودکان، ویرایش پنجم- نسخه ایرانی*. طرح پژوهشی ملی: ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی.

شهیم، سیما (۱۳۷۳الف). *مقیاس تجدید نظر شده هوش وکسلر برای کودکان، انطباق و هنجاریابی* (چاپ سوم). شیراز: انتشارات دانشگاه شیراز.

شهیم، سیما (۱۳۷۳ب). بررسی فرم‌های کوتاه مقیاس وکسلر کودکان برای استفاده در ایران. *مجله علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز*، ۹(۲)،۶۷-۷۷.

محمودعلیلو، مجید، هاشمی نصرت‌آباد، تورج، و فلاحی، ابوالفضل (۱۳۹۴). مقایسه کارکردهای اجرایی بازداری پاسخ و توجه پایدار در کودکان با ناتوانی یادگیری ریاضیات و کودکان عادی. *اندیشه و رفتار*، ۹(۳۵)،۲۷-۳۶.

هادیانفرد، حبیب، نجاریان، بهمن، شکرکن، حسین، و مهرابی زاده هنرمند، مهناز (۱۳۷۹). تهیه و ساخت فرم فارسی آزمون عملکرد پیوسته. *مجله روان‌شناسی*، ۱۶، ۳۸۸-۴۰۴.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5* (5th ed.). Washington, DC: Author.

Andersson, U. (2010). Skill development in different components of arithmetic and basic cognitive functions: Findings from a three-year longitudinal study of children with different types of learning difficulties. *Journal of Educational Psychology, 102*, 115–134.

Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficits in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology, 96*, 197–228.

Andersson, U., & Östergren, R. (2012). Number magnitude processing and basic cognitive functions in children with mathematical learning disabilities. *Learning and Individual Differences, 22*(6), 701-714.

Ashkenazi, S., & Henik, A. (2012). Does attentional training improve numerical processing in developmental dyscalculia?.

Banfield, J. D., & Raftery, A. E. (1993). Model-based Gaussian and non-Gaussian clustering. *Biometrics, 49*, 803–821.

Bartelet, D., Ansari, D., Vaessen, A., & Blomert, L. (2014). Cognitive subtypes of mathematics learning difficulties in primary education. *Research in developmental disabilities, 35*(3), 657-670.

Butterworth B. (2005) Developmental Dyscalculia. In: Campbell JD, editor. *The Handbook of Mathematical Cognition*.New York: Psychology Press. 455–469.

Cowan, R. & Powell, D. (2014). The contributions of domain-general and numerical factors to third-grade arithmetic skills and mathematical learning disability. *Journal of Educational Psychology, 106*(1), 214-229.

D'Amico, A., & Passolunghi, M. C. (2009). Naming speed and effortful and automatic inhibition in children with arithmetic learning disabilities. *Learning and Individual Differences, 19*, 170–180.

De Smedt, B., & Boets, B. (2010). Phonological processing and arithmetic fact retrieval: evidence from developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, *48*(14), 3973-3981.

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*(1-2), 1-42. doi:10.1016/0010-0277(92)90049-N.

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual. Review of Psychology*, *64*, 135-68.

Fletcher, J. M., & Miciak, J. (2017). Comprehensive cognitive assessments are not necessary for the identification and treatment of learning disabilities. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *32*(1), 2-7.

Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological bulletin, 114*(2), 345.

Geary, D. C. (2011). Consequences, Characteristics, and Causes of Mathematical Learning Disabilities and Persistent Low Achievement in Mathematics. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics, 32*(3), 250-263.

Geary, D. C. (2014). The classification and cognitive characteristics of mathematical disabilities in children. *The Oxford handbook of mathematical cognition. Oxford, UK: Oxford Library of Psychology.doi:* 10.1093/oxfordhb/9780199642342.013.017

Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child development*, *78*(4), 1343-1359.

Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2012). Mathematical cognition deficits in children with learning disabilities and persistent low achievement: A five-year prospective study. *Journal of educational psychology*, *104*(1), 206-223.

Georgiou, G. K., Tziraki, N., Manolitsis, G., & Fella, A. (2013). Is rapid automatized naming related to reading and mathematics for the

same reason (s)? A follow-up study from kindergarten to Grade 1. *Journal of Experimental Child Psychology*, *115*(3), 481-496.

Ginsburg, H. P. (1997). Mathematics learning disabilities: a view from developmental psychology. *Journal of Learning Disabilities, 30,* 20-33.

Halberda, J., Mazzocco, M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in nonverbal number acuity predict maths achievement. *Nature, 455*, 665-668.

Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, *79*(2), 192-227.

Henik, A., Rubinsten, O., & Ashkenazi, S. (2011). The "where" and "what" in developmental dyscalculia. *The Clinical Neuropsychologist*, *25*(6), 989-1008.

Howes, n. L., Bigler, E. D., Lawson, J. S., & Burlingame, G. M. (1999). Reading disability subtypes and the test of memory and learning. *Archives of Clinical Neuropsychology, 14*(3), 317-339.

IBM Corp (2016). IBM SPSS statistics for Windows. Version 24.0. Armonk,NY: IBM Corp.

Johnson, E. S., Humphrey, M., Mellard, D. F., Woods, K., & Swanson, H. L. (2010). Cognitive processing deficits and students with specific learning disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Learning Disability Quarterly, 33*(1), 3-18.

Karagiannakis, G., Baccaglini-Frank, A., & Papadatos, Y. (2014). Mathematical learning difficulties subtypes classification. *Frontiers in human neuroscience, 8*, 1-5.

Kaufmann, L., Mazzocco, M.M., Dowker, A., von Aster, M., Goebel, S., Grabner, R., Henik, A... Nuerk, H. C. (2013). Dyscalculia from a developmental and differential perspective. *Frontiers in Psychology, 4, 1-5.* Doi: 10.3389/fpsyg.2013.00516

Landerl, K., Fussengger, B., Moll, K., & Willburger, E. (2009). Dyslexia and dyscalculia: two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of Experimental Child Psychology, 103,* 309-324.

Mammarella,I.C.,Lucangeli,D., & Cornoldi, C. (2010).Spatial working memory and arithmetic deficits in children with nonverbal learning difficulties. *Journal of learning disabilities43*, 455–468.

Mayer, R. E. (2008). Applying the Science of Learning: Evidence-Based Principles for the Design of Multimedia Instruction. *American Psychologist*, *63*(8), 760-769.

Mazzocco, M. M. M., & Myers, G. F. (2003). Complexities in identifying and defining mathematics learning disability in the primary school-age years. *Annals of dyslexia, 53*(1), 218-253.

Moll, K., Göbel, S. M., & Snowling, M. J. (2015). Basic number processing in children with specific learning disorders: comorbidity of reading and mathematics disorders. *Child Neuropsychology*, *21*(3), 399-417.

Mun, E. Y., von Eye, A., Bates, M. E., & Vaschillo, E. G. (2008). Finding groups using model-based cluster analysis: Heterogeneous emotional self-regulatory processes and heavy alcohol use risk. *Developmental Psychology*, *44*(2), 481.

Olsson, L., Östergren, R., & Träff, U. (2016). Developmental dyscalculia: A deficit in the approximate number system or an access deficit? *Cognitive Development*, *39*, 154-167.

Passolunghi, M. C., & Lanfranchi, S. (2012). Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade. *British Journal of Educational Psychology*, *82*(1), 42-63.

Peng, P., & Fuchs, D. (2016). A Meta-Analysis of Working Memory Deficits in Children With Learning Difficulties Is There a Difference Between Verbal Domain and Numerical Domain? *Journal of Learning Disabilities*, *49*(1), 3-20.

Peterson, R. L., Boada, R., McGrath, L. M., Willcutt, E. G., Olson, R. K., & Pennington, B. F. (2016). Cognitive Prediction of Reading, Math, and Attention: Shared and Unique Influences. *Journal of learning disabilities*, 1-14.

Pieters, S., Roeyers. H., Rosseel, Y., Van Waelvelde, H., & Desoete, A. (2015). Identifying subtypes among children with developmental coordination disorder and mathematical learning disabilities, using model-based clustering. *Journal of Learning Disabilities, 48*(1), 83-95. Doi: 10.1177/0022219413491288

Poletti, M., Carretta, E., Bonvicini, L., & Giorgi-Rossi, P. (2018). Cognitive clusters in specific learning disorder. *Journal of learning disabilities*, *51*(1), 32-42.

Price, G. R., & Ansari, D. (2013). Dyscalculia: Characteristics, Causes, and Treatments. *Numeracy: Advancing Education in Quantitative Literacy, 6*(1), 1-16.doi: 10.5038/1936-4660.6.1.2

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Raddatz, J., Kuhn, J. T., Holling, H., Moll, K., & Dobel, C. (2016). Comorbidity of Arithmetic

and Reading Disorder Basic Number Processing and Calculation in Children with Learning Impairments. *Journal of learning disabilities*, 0022219415620899.

Rousselle, L., & Noël, M. P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, *102*(3), 361-395.

Rubinsten, O., & Henik, A. (2009). Developmental dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences, 13*, 92–99.doi: 0.1016/j.tics.2008.11.002

Scanlon, D. (2013). Specific Learning Disability and Its Newest Definition Which Is Comprehensive? And Which Is Insufficient? *Journal of Learning Disabilities*, *46*(1), 26-33.

Scrucca L., Fop M., Murphy T. B. & Raftery A. E. (2016) mclust 5: clustering, classification and density estimation using Gaussian finite mixture models. *The R Journal 8*(1), 205-233

Shin, M., & Bryant, D. P. (2013). A synthesis of mathematical and cognitive performances of students with mathematics learning disabilities. *Journal of learning disabilities, 48*(1), 96-112. Doi: 0022219413508324.

Suveg, C., Jacob, M. L., Whitehead, M., Jones, A., & Kingery, J. N. (2014). A model-based cluster analysis of social experiences in clinically anxious youth: links to emotional functioning. *Anxiety, Stress, & Coping*, *27*(5), 494-508.

Szucs, D. (2016). Subtypes and comorbidity in mathematical learning disabilities: Multidimensional study of verbal and visual memory processes is key to understanding. Progress in Brain Research, 227, 277–304.

Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex*, *49*, 2674-2688.

Tolar, T. D., Fuchs, L., Fletcher, J. M., Fuchs, D., & Hamlett, C. L. (2016). Cognitive Profiles of Mathematical Problem Solving Learning Disability for Different Definitions of Disability. *Journal of Learning Disabilities*, *49*(3), 240-256. 10.1177/0022219414538520

Toll, S. W., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *44*(6), 521-532.

Träff, U., & Passolunghi, M. C. (2015). Mathematical skills in children with dyslexia. *Learning and Individual Differences*, *40*, 108-114.

van der Sluis, S., de Jong, P. F., & van der Leij, A. (2004). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of experimental child psychology*, *87*(3), 239-266.

Vanbinst, K., Ceulemans, E., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2015). Profiles of children's arithmetic fact development: A model-based clustering approach. *Journal of Experimental Child Psychology 133*, 29–46. Doi: 10.1016/j.jecp.2015.01.003

Vanbinst, K., Ceulemans, E., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2015). Profiles of children's arithmetic fact development: A model-based clustering approach. *Journal of Experimental Child Psychology 133*, 29–46. Doi: 10.1016/j.jecp.2015.01.003

von Aster, M. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: Varieties of developmental dyscalculia. *European Child and Adolescent psychiatry, 9*, 41–57.

Watson, S. M. R., & Gable, R. A. (2013). Unraveling the Complex Nature of Mathematics Learning Disability: Implications for Research and Practice. *Learning Disability Quarterly*, *36*(3), 178-187. Doi: 10.1177/0731948712461489

Willcutt, E. G., Petrill, S. A., Wu, S., Boada, R., DeFries, J. C., Olson, R. K., & Pennington, B. F. (2013). Comorbidity between reading disability and math disability: Concurrent psychopathology, functional impairment, and neuropsychological functioning. *Journal of learning disabilities*, *46*(6), 500-516.