مقاله

دیدگاه‌هایی اثرگذار بر تحقیقات آموزش ریاضی

(از ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ میلادی)

اصغر قاسمی
دبیر دبیرستان‌های شهریار از شهرستان‌های استان تهران

اشاره

در نیمسال اول تحصیلی ۹۱- ۱۳۹۰، درس «اصول آموزش ریاضی» توسط زهرا گویا، در گروه ریاضی دانشگاه شهید بهشتی ارایه شد. در این درس، اصغر قاسمی-دبیر ریاضی دبیرستان‌های شهریار از شهرستان‌های استان تهران- به‌طور منظم دراین کلاس شرکت کردند و پا به پای دانشجویان این کلاس، خواندند و بحث کردند و گوش کردند و تکلیف انجام دادند! یکی از تکلیف‌های این درس، خلاصه‌نویسی از هر فصل، بعد از تمام شدن آن بود. این خلاصه‌ها توسط استاد درس با دقت تصحیح می‌شد و به دانشجویان بازگردانده می‌شد تا مجدداً آن‌ها را تصحیح کنند. هدف از این تکلیف‌ها دو چیز بود؛ یکی اطمینان از این که هر فصل توسط همه، خوب فهمیده شده و دیگر این که دانشجویان با شیبی ملایم، مقاله‌نویسی یاد بگیرند. این مقاله، خلاصه‌ای است که آقای قاسمی- بدون داشتن تعهدی برای انجام تکلیف‌ها- برای فصل سوم کتاب این درس نوشته بودند. عنوان این کتاب

Mathematics Education Researeh: Past, Present and Future

است که نویسندگان آن، کن کلمنتس و نوریدا الرتون هستند که به سفارش یونسکو، آن را در سال ۱۹۹۶ نوشته‌اند و این کتاب به‌طور مجانی، از طریق www.unesco.org قابل دسترسی و گرفتن نسخه چاپی است. امید است که برای خوانندگان گرامی مجله، قابل استفاده باشد.

چکیده

در این مقاله، سعی شده است تلاش‌هایی را که در طول یک فاصله زمانی مشخص، برای دستیابی به روش‌های مناسب تحقیق در زمینه آموزش ریاضی انجام شده است در فاصله زمانی ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ بررسی شود. در این بررسی، مروری بر جنبش‌های ریاضی جدید، رفتار گرایی، یادگیری در حد تسلط[۱]، روش‌های استنباط آماری و روان‌شناسی آموزش ریاضی و فرازها و فرودهای آن‌ها می‌کنیم- فراز و فرودهایی که مبین کافی نبودن و مطمئن نبودن استفاده منحصر به فرد هرکدام از این دیدگاه‌ها در تحقیقات آموزش ریاضی است. پس از آن، تنها اشاره‌ای داریم به این‌که به دلیل همین نارسایی‌ها و پس از این سه دهه، مکاتب و روش‌هایی نو در زمینه تحقیقات آموزش ریاضی ظهور کردند و بر جریان تحقیقات این حوزه، اثر گذاشتند.

کلیدواژه‌ها: دوره ریاضی جدید، رفتارگرایی، برنامه درسی، یادگیری در حد تسلط، آزمون‌های معنی‌دار آماری، تحقیقات آموزش ریاضی، نقد و بررسی.

فراز و فرودهای دوره ریاضی جدید

هر چند تاریخ تولد جنبش ریاضی جدید را می‌توان اوایل دهه پنجاه میلادی دانست، اما دلیل اصلی به‌وجود آمدن این نهضت به روشنی مشخص نیست. گروهی بر این باورند که پرتاب اسپاتنیک (اولین قمر مصنوعی شوروی سابق) در سال ۱۹۵۷، منجر به شکل گیری نهضت ریاضی جدید در ایالات متحده شد و برخی دیگر، نتایج تلاش‌های گروه بورباکی در فرانسه یا کارهای افرادی مانند جفری ماتیوس و برایان تووایتس[۲] در انگلستان را سرچشمه ریاضی جدید می‌دانند.

در هر صورت، این برنامه و حوادثی که به سبب آن در حوزه آموزش ریاضی برجسته شدند، تأثیر برنامه درسی ریاضی جدید را می‌توان در دو دوره ابتدایی و متوسطه مطالعه کرد. برنامه ریاضی جدید دوره متوسطه، عمدتاً توسط ریاضی‌دان‌های دانشگاهی تولید شد. در حالی که، برنامه درسی ریاضی جدید در دوره ابتدایی، بر مبنای ایده‌های روان‌شناسان برجسته‌ای مانند برونر، پیاژه، دیینز[۱۲] و گاتنو[۱۴] توسعه یافت.

برنامه درسی ریاضی جدید در دوره متوسطه

یک خصوصیت بارز ریاضیات جدید متوسطه در آن دوره، استفاده گسترده از نمادگرایی بود و در این میان، هندسه اقلیدسی جای خود را به هندسه تبدیلی[۳] داد که، روش‌های یاددهی و یادگیری متفاوتی را می‌طلبید. برنامه‌های درسی این دوره با دید کلی از مرکز به محیط برنامه‌ریزی شدند که نظریه مجموعه‌ها زیربنا، منطق صوری

دفاتر وابسته به آموزش و پرورش بیشتر تحت تأثیر ریاضی‌دانان و سیاست‌مداران، درباره برنامه درسی تصمیم‌گیری می‌کردند و به ندرت معلمان در مرحله تصمیم‌گیری شرکت داده می‌شدند

زبان و تابع، مفهوم محوری و هماهنگ‌کننده آن برنامه‌ها بودند.

در آن زمان، دفاتر وابسته به آموزش و پرورش بیشتر تحت تأثیر ریاضی‌دانان و سیاست‌مداران، درباره برنامه درسی تصمیم‌گیری می‌کردند و به ندرت معلمان در مرحله تصمیم‌گیری شرکت داده می‌شدند. اما انتظار از معلمان این بود که نه‌تنها تلاش و کوشش بیشتری در فهمیدن مفاهیم تازه ریاضی جدید داشته باشند، بلکه روش‌های تدریس متناسب با دستگاه نمادهای مربوط به آن را به‌خوبی فرا گیرند.

برنامه درسی ریاضی جدید دوره ابتدایی

هرچند ریاضی جدید سعی بر ایجاد ارتباط بهتر و بیشتری بین دوره‌های ابتدایی و راهنمایی با دوره متوسطه داشت، اما ایجاد این ارتباط برای دوره متوسطه نمود بیشتری داشت. در دوره ابتدایی، بیشتر برنامه‌ها متکی بر یافته‌های روان‌شناسان آموزشی چون؛ ماریا مونته سری، جروم برونر، جورج کوئیزنر، زالتان دیینز، کالب گاتنو و ژان پیاژه طراحی شدند. حرف اصلی این گروه از روان‌شناسان این بود که نباید از کودکانمان انتظار یادگیری چیزی را داشته باشیم که از نظر رشد ذهنی، هنوز به مرحله‌ای نرسیده‌اند که قادر به انجام آن باشند. (شرایط لازم برای یادگیری آن موضوع را ندارند). وسایل کمک‌آموزشی مانند مکعب‌های دیینز[۴] یا هم‌چنین، میله‌های کوئیزنیر[۵] حاصل این نوع تفکر بودند که یادگیری ریاضی شامل سه مرحله مجسم، نیمه مجسم و انتزاعی است و برای عینی کردن و تجسم بخشیدن به مفاهیم ریاضی استفاده می‌شدند.

فراز و فرودهای رفتارگرایی در آموزش ریاضی

با سخنرانی معروف واتسون(۱۹۵۸-۱۸۷۸م) در سال ۱۹۱۳، مکتب رفتارگرایی به طور رسمی معرفی شد. ریشه فلسفی این مکتب به دیدگاه جان لاک برمی گردد که ذهن آدمی را چون لوح سفیدی[۶] می‌دانست که قادر هستیم بر آن، هر طرحی را نقاشی کنیم. ریشه روان شناختی این مکتب نیز به تحقیقات محرک-پاسخی[۷] با حیوانات و تحقیقات بی.اف. اسکینر (۱۹۰۴-۱۹۹۰) برمی گردد.

به‌طور خلاصه، یک رفتارگرا معتقد است که:

دانش: توصیف یک واقعیت عینی یا تطابق با یک واقعیت عینی است.

یادگیری: همان تشخیص و کدگذاری اجزای دانش، کشف قانون‌ها و حقیقت‌هایی است که وجود دارند و با رشد اجزای جدا از هم و رسیدن به یک کل (از طریق جمع اجزا)، امر یادگیری محقق می‌شود.

برنامه درسی: مجموعه‌ای از دانش‌ها و مهارت‌ها است که قبل از تدریس، تعیین شده است و باید به یادگیرنده منتقل شود.

ارزشیابی: درستی پاسخ‌های داده شده به محرک‌های مشخص شده است.(لانیال لاکروکس[8]، ۱۹۹۱)

فراز و فرودهای رفتارگرایی در آموزش ریاضی

در دوره قبل از ریاضی جدید، بیشتر بر کسب مهارت‌ها، توسعه دانش پایه، مفاهیم و اصول تأکید می‌شد. تکرار، تمرین و ارایه مثال‌های زیاد از کتاب‌های کار و مرجع از ویژگی‌های این دوره بود. مفهوم «هدف‌های رفتاری»[9] توسط تایلر[10](۱۹۳۰) معرفی شد و استفاده از آن در آموزش بر پایه اصول رفتارگرایی استوار بود. در دهه پنجاه میلادی به طور وسیع بر اهداف رفتاری در طراحی برنامه‌های

نظریه اسکینر (۱۹۵۳)، سلسله مراتب یادگیری بنجامین بلوم (۱۹۵۶) و طبقه بندی یادگیری گانیه(۱۹۶۷) از جمله یافته‌های تأثیرگذار روان‌شناسی رفتاری بر ریاضی جدید بودند

مفهوم «هدف‌های رفتاری» که توسط تایلر معرفی شد، به سرعت جای خود را به عنوان یک رکن اصلی در فرایند یادگیری رفتاری محکم و محکم‌تر کرد

درسی ایالات متحده تکیه شد و برنامه درسی عمدتا بر مبنای دو بعد محتوا و رفتار استوار شد.

نظریه اسکینر(۱۹۵۳)، سلسله مراتب یادگیری بنجامین بلوم(۱۹۵۶) و طبقه بندی یادگیری گانیه(۱۹۶۷) از جمله یافته‌های تأثیرگذار روان‌شناسی رفتاری بر ریاضی جدید بودند. از نظر کافمن (۱۹۷۹ نقل شده در کلمنتس و الرتون، ۱۹۹۶)، فلسفه روان‌شناسی رفتاری را می‌توان در پنج اصل خلاصه کرد:

۱. محیطی را که در آن قرار داریم، می‌توان به وضوح به اجزایی تجزیه کرد که هر کدام یک محرک هستند.

۲. رفتارها به طور شفافی بر حسب پاسخ‌ها مشخص می‌شوند.

۳. بعضی از محرک‌ها هستند که به محض به کار رفتن، به آن‌ها پاسخ داده می‌شود. برای اندازه‌پذیری و قابل مشاهده بودن نتایج می‌توان این محرک‌ها را افزایش یا کاهش داد. این محرک‌ها نقش تقویت‌کننده‌ها را دارند.

۴. یادگیری چیزی نیست جز تغییر رفتار [بیرونی] و آن هم در اثر ارایه محرک و تقویت‌کننده صورت می‌گیرد.

۵. بعضی از رفتارها را که تحت تأثیر محیط، تقویت شده‌اند می‌توان یادگرفته فرض کرد مگر این‌که شواهدی در تقابل با این نظریه بیابیم.

علم روان‌شناسی پس از ظهور رفتارگرایی، به طور کلی متحول گردید و به علمی دقیق، عینی و قابل اندازه‌گیری هم‌چون علوم تجربی تبدیل شد و تلاش‌ها و نظریه‌های اسکینر و تایلر، باعث استحکام نظری روان‌شناسی رفتاری شد. مفهوم «هدف‌های رفتاری» که توسط تایلر معرفی شد، به سرعت جای خود را به عنوان یک رکن اصلی در فرایند یادگیری رفتاری محکم و محکم‌تر کرد. تا جایی که تمام امور آموزشی، جزئی یا کلی، از اهداف کلان گرفته تا یک طرح درس ساده، می‌بایست در جهت تحقق انتظارات از قبل تبیین شده، طراحی می‌شد. این ویژگی یادگیری رفتاری نقاط قوتی دارد که در مورد فواید رفتارگرایی می‌توان به موارد مهم زیر اشاره کرد:

- انتقال سریع و راحت محتوای برنامهٔ درسی به دانش‌آموزان،
- حداقل نیازمندی به تلاش معلم،
- چشمگیر نبودن تخصص‌های پداگوژیکی در فرآیند یاددهی-یادگیری،
- خطرپذیری کم، تدریس قابل پیش‌بینی (لاکروکس، ۱۹۹۱).

اما با وجود این مزایا، پس از مدتی، معایب و زیان‌های این رویکرد هم از چشم منتقدان دور نماند. لاکروکس (۱۹۹۱)، در مورد معایب رفتارگرایی به موارد زیر اشاره کرده است:

- عملکرد دانش‌آموز در به‌کارگیری دانش خود در موقعیت‌های جدید و حل مسئله در موقعیت‌های ناآشنا، ضعیف است،
- دانش‌آموزان برای یادگیری، به معلم وابسته هستند،
- ارتباط و اتصال بین ریاضی مدرسه‌ای و ریاضی غیررسمی وسیعی که دانش‌آموزان در خارج از مدرسه استفاده می‌کنند، وجود ندارد.

از این گذشته، علم الهدائی (۱۳۷۸) به مشروح مباحث پیرامون رفتارگرایی و به‌ویژه اهداف رفتاری پرداخته است. از دید ایشان، طرفداران تبیین هدف‌های رفتاری (رفتارگراها)، عمدتاً بر این تصورند که این هدف‌ها در واقع هدف‌های اساسی آموزش و پرورش هستند و همه رفتارهای علمی ریز و درشت باید در قالب این هدف‌ها مورد توجه و کنکاش قرار گیرند، در حالی که مخالفان دیدگاه رفتارگرایی

معتقدند که این مکتب در تبیین رفتار آدمی در عرصه‌ای محدود عمل می‌نماید. بنابراین، باید در مطالعه هدف‌های رفتاری در عرصه علوم، تأمل و دقت بیشتری معمول گردد. برخی از محققان هم انتقادهایی را بر طرح هدف‌های رفتاری ارائه کرده‌اند:

- هدف‌های رفتاری، رفتار علمی دانش‌آموزان را در یک عرصه صرفاً قابل مشاهده و اندازه‌گیری محدود می‌سازد.
- آن چه دانش‌آموزان در موقعیت‌های مختلف آموزشی، یادگیری و حل مسئله از خود بروز می‌دهند مبتنی بر تصورهای ذهنی و فعل و انفعال‌های عقلانی آنان است. در این میان، ابهام‌ها و خَلط‌های مفهومی در ذهن هوشمند آن‌ها و تلاش برای شفاف نمودن آن‌ها از جایگاه بالایی برخوردار است. البته برخورد سطحی با این ابهام‌های ذهنی و عدم کنکاش برای جست‌وجوی ریشه‌های این نادرستی‌ها و عدم تصحیح آن‌ها، می‌تواند برای یادگیری معنی‌دار مفاهیم و ایده‌های ریاضی زیان‌آور باشد.
- هدف‌های رفتاری، دانش‌آموزان را به همسان شدن با هم سوق می‌دهد و این کار، از رشد خلاقیت و توسعه تفکر انتقادی در آنان می‌کاهد.
- جزئی کردن مفرط هدف‌های رفتاری و انتظارات کلیشه‌ای از دانش‌آموزان، موجب شرطی شدن یادگیری آنان در یک عرصه علمی می‌شود و در این جریان شرطی، مجاورت و تکرار و روابط حاصل از آن‌ها پایه یادگیری را تشکیل می‌دهد که نتیجه آن، برخورد حافظه‌ای و شرطی شدن نسبت به فرمول‌ها و قاعده‌های ریاضی است (علم الهدائی، ۱۳۸۱).

علاوه بر این، یکی از مباحث نظری که رفتارگراها آن را به طور جدی دنبال می‌کردند و برای مدتی به شکل گسترده‌ای بر آموزش ریاضی سایه افکنده بود، بحث «یادگیری در حد تسلط» بود.

یادگیری در حد تسلط

طبق سلسله مراتب یادگیری گانیه(۱۹۶۷ نقل شده در کلمنتس و الرتون، ۱۹۹۶)، برنامه‌ریزان و نویسندگان کتاب‌ها باید به طور مشخصی هدف‌های رفتاری را در کار خود دنبال کنند. هدف‌های رفتاری مربوط به هر موضوعی باید به طور دقیق مشخص باشند. روش‌های تدریس باید به‌گونه‌ای باشند که به دانش‌آموز در رسیدن به اهداف رفتاری، بیشترین کمک را بکنند. زمان (و نه توانایی)، مؤلفه اصلی تسلط و یادگیری محسوب می‌شود. دانش‌آموز موفق دانش‌آموزی است که در زمانی مشخص، بتواند رفتار خواسته شده را بروز دهد. مواد درسی توسط معلم به نمایش درمی‌آید و دانش‌آموزان در پی او حرکت می‌کنند. در این روش، میزان نسبی پیشرفت کمترمد نظر بود و بیشتر رسیدن به ملاک‌های تسلط اهمیت داشت. این روش، سرشار از تکلیف‌های انفرادی برای مسلط شدن دانش‌آموز بر موضوع درسی است.

روشی را که دارای ویژگی‌های فوق باشد و تکیه آن بر یادگیری انفرادی برای تحقق اهداف رفتاری باشد، «یادگیری در حد تسلط» نامیده می‌شود و سرچشمه آن را می‌توان عمدتاً، در کارهای بلوم و

با سخنرانی معروف واتسون(۱۹۵۸-۱۸۷۸م) در سال ۱۹۱۳، مکتب رفتارگرایی به طور رسمی معرفی شد. ریشه فلسفی این مکتب به دیدگاه جان لاک برمی گردد که ذهن آدمی را چون لوح سفیدی می‌دانست که قادر هستیم بر آن، هر طرحی را نقاشی کنیم

کلر جست‌وجو کرد.

نظریه «یادگیری در حد تسلط» از بلوم و «نظام فردی سازی آموزش»[11] از کلر، دو پایه محکم نظری برای روش یادگیری در حد تسلط هستند که یکی از معروف‌ترین کاربردهای آن‌ها، برنامه «آموزش انفرادی تجویز شده»[12] است که توسط دانشگاه پیتس‌بورگ اجرا شد. از نظر کاگس[13](۱۹۷۰)، این برنامه به‌عنوان یکی از انواع یادگیری در حد تسلط باید دربرگیرنده موارد زیر باشد:

۱. اهداف آموزشی هر رشته، هر موضوع و هر درس
۲. روش‌ها و محتوای آموزشی
۳. برنامه ارزشیابی
۴. دستورالعمل‌های مکتوب و تجویز شده
۵. فعالیت‌های معلم در کلاس
۶. فعالیت‌های دانش‌آموز در کلاس
۷. ضوابط مدیریت کلاس.

نقدهای وارد بر روش یادگیری در حد تسلط

از نظر همیلتون(۱۹۷۶)، روش یادگیری در حد تسلط که اوج آن دهه‌های ۶۰ و ۷۰ میلادی بود، دارای پنج نقطه ضعف عمده است:

۱. خود ساختار برنامه‌ها (برنامه‌های فردی‌سازی یادگیری و تسلط بر اهداف مورد انتظار)، نسبت به نظرات معلمانی که با این برنامه‌ها درگیر بودند، از اهمیت بیشتری برخوردار بود.
۲. بیش از حد به برنامه [غیر قابل تغییر] توجه شده بود.
۳. بسیاری از موضوعات مهم و تأثیرگذار را نمی‌توان به آسانی با مفاهیم رفتاری مشخص کرد.
۴. دستورالعمل‌های دقیق، قادر به ارزیابی میزان پیشرفت نسبی

مخالفـان دیـدگاه رفتارگرایـی معتقدند که این مکتب در تبیین رفتار آدمی در عرصه‌ای محدود عمل می‌نماید. بنابراین، باید در مطالعه هدف‌های رفتـاری در عرصه علوم، تأمل و دقت بیشـتری معمول گردد

دانش‌آموزان نبودند.

۵. معیارهای مشخصی برای مقایسه تأثیرپذیری برنامه‌های درسی رفتارمدار، با دیگر برنامه‌های درسی وجود نداشت.

جنبش روان‌شناسی آموزش ریاضی

حداقل از آغاز دهه پنجاه میلادی و بعد از دست‌آوردهایی که علم روان‌شناسی آموزشی و پیروان پیاژه و ویگوتسکی برای آموزش و پرورش به ارمغان آوردند، عقیده بر این بود که باید بین زبان و اصول ریاضی در دوره ابتدایی و دنیای فیزیکی و شخصی کودکان ارتباط وجود داشته باشد. همین موضوع، پیوند بین روان‌شناسی و تحقیقات آموزش ریاضی را توجیه می‌کرد و بدین ترتیب، کم‌کم روان‌شناسی جای پای خود را در تحقیقات آموزش ریاضی باز کرد. آموزشگران ریاضی آمریکا و بسیاری از کشورها، شروع به ستودن نظریه پیاژه و پیروانش کردند. برنامه نوفیلد در انگلستان و پروژه آموزش مفهوم که توسط رِکسام[۱۴] در آسیای جنوب شرقی دنبال شد، گویای ورود روان‌شناسی و به ویژه فرایندهای رشد ذهنی پیاژه در حوزه تحقیقات آموزش ریاضی بود.

تأسیس گروه بین‌المللی روان‌شناسی آموزش ریاضی[۱۵]

هر چند نظرات رفتارگراهایی چون تایلر، اسکینر، گانیه، بلوم و بلاک همگی با نظرات برونر، دیینز، گاتنو و پیاژه متفاوت است، ولی هردو این شاخه‌های روان‌شناسی، بر طراحی برنامه‌های آموزشی و درسی سراسر دنیا تأثیرگذار بوده‌اند. در همین راستا، گروه بین‌المللی روان‌شناسی آموزش ریاضی به پیشنهاد فشباین[۱۶] (۱۹۷۶) پایه‌گذاری شد تا با برگزاری کنفرانس‌های سالانه و هر بار در یکی از کشورهای دنیا، فرصتی مناسب برای تبادل نظر و ارتباط بیش از پیش روان‌شناسان، آموزشگران و ریاضیدانان ایجاد شود. اولین کنفرانس این گروه، در کارسلوهه آلمان برگزار گردید. این گروه، با سه مأموریت مهم شکل گرفت:

۱. ایجاد هماهنگی و ارتباط بیشتر و تبادل اطلاعات علمی در حوزه روان‌شناسی آموزش ریاضی.

۲. ارتقا و ایجاد تحرک بیشتر در تحقیقات این رشته با همکاری روان‌شناسان، ریاضی‌دانان و معلمان ریاضی.

۳. تقویت درک عمیق تر در زمینه‌های مربوط به روان‌شناسی یادگیری و یاددهی ریاضی.

پیام روشنی که کنفرانس‌های سالانه روان‌شناسی آموزش ریاضی برای محققان داشت این بود که «آموزشگران ریاضی نباید فقط از میان ریاضی‌دانان باشند، بلکه می‌توانند از گرایش‌های مختلف روان‌شناسی انتخاب شوند.»

وسیع تر شدن چارچوب تحقیقات آموزش ریاضی

بعد از ورود روان‌شناسی به عرصه تحقیقات، روش‌های مرسوم تحقیق در روان‌شناسی نیز به تبع آن بر تحقیقات آموزش ریاضی اثر گذاشت. این تأثیر در کارهای بیگل[۱۷] (۱۹۷۹) و شام وی[۱۸] (۱۹۸۰) به خوبی دیده می‌شود. بیگل بر این باور بود که باید تحقیقات آموزش ریاضی به روش‌های تجربی مانند آنچه در شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی صورت می‌گیرد نزدیک شود و نظم موجود در پدیده‌ها، ما را به سمت تبیین فرضیه‌ها سوق دهد. از نظر وی، برای آینده تحقیقات آموزش ریاضی امیدی نبود مگر این که مباحث فلسفی مبتنی بر فرضیات مشکوک را رها کند و به سمت روش‌های دقیق تجربی گام بردارد که همان روش‌های علمی بود.

بیگل و شاگردانش در مدتی که سردبیری و تحریریه «مجله برای تحقیق در آموزش ریاضی»[۱۹] را عهده‌دار بودند، بیشتر مقالاتی را می‌پذیرفتند و چاپ می‌کردند که روش آن‌ها مبتنی بر روش علمی بود و داده‌های آن‌ها با تکنیک‌های آماری تحلیل شده بودند. هم‌چنین، بیگل در کتاب «متغیرهای بحرانی در آموزش ریاضی»[۲۰] (۱۹۷۹)، به پنج موضوع مهم که معتقد بود برای تحقیق در آموزش ریاضی اولویت دارند، اشاره می‌کند:

۱. ارتباط بین دانش موضوعی معلم از موضوع و موفقیت دانش‌آموز؛

۲. تمرین؛

۳. تدریسِ توضیحی از موضوعات ریاضی؛

۴. سرعت عمل؛

۵. آزمون‌های قابل پیش‌بینی.

آزمون‌های معنی‌دار آماری و تحقیقات آموزش ریاضی

قبل از پرداختن به تأثیر روش‌های استنباط آماری و آزمون‌های معنی‌دار آماری[۲۱] بر تحقیقات آموزش ریاضی و بررسی معایب و انتقادهای وارد بر نتایج چنین تحقیقاتی، لازم است به طور مختصر، آن مفاهیم آماری را که پشتوانه نظری برای آزمون‌های معنی‌دار آماری محسوب می‌شوند، معرفی کنیم.

به طور کلی، آزمون فرض[۲۲] یا آزمون فرضیه، به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها اطلاق می‌گردد که به کمک آن‌ها، فقط با درجه‌ای از اطمینان (احتمال وقوع) دربارهٔ تایید یا رد یک فرضیه پژوهشی برای یک نمونه آماری، قضاوت می‌شود. فرضیه پژوهشگر (H_1) باید در مورد یکی از شاخص‌های آماری (مانند میانگین μ، واریانس δ^2، ضریب همبستگی γ و...) مربوط به نمونه باشد. نوع توزیع احتمال صفتی که پژوهشگر در مورد آن فرضیه طرح می‌کند، بسیار اهمیت دارد. در اصل، کار اساسی پژوهشگر چیزی جز مقایسه شاخص در نمونه با آن چه که می‌بایست در جامعه اصلی متناسب با آن توزیع باشد نیست و جدول‌های توزیع از قبل تهیه شده به عنوان جامعه‌های مرجع، ملاک مقایسه هستند. اما چون خود متخصصان علم آمار هم معتقد به‌وجود خطا در این نوع قضاوت‌ها بودند، اقدام به محاسبه احتمال وقوع خطا در حالت‌های مختلف برای همه توزیع‌های آماری کردند (مانند توزیع نرمال Z، استودنت t، فیشر F، مجذور خی و نظایر آن)، که برای این احتمال وقوع خطا، محدوده ای مجاز در نظر گرفته می‌شود که اصطلاحاً «فاصله اطمینان» نامیده می‌شود. فرض هم با درجه‌ای از اطمینان آزمون می‌شود که با α نشان داده می‌شود و مقدار آن برای پژوهشگر، به عنوان مرزی برای معنی‌دار بودن پژوهش قلمداد می‌شود (معمولاً خطایی کمتر از ۰/۰۵ به عنوان درجه اطمینان α فرض می‌شود). جدول مقادیر α برای توزیع‌های گوناگون در انتهای تمام کتاب‌های آمار دانشگاهی وجود دارند.

پژوهشگر برای آزمون فرض خود، باید موضوع عدم وقوع فرضیه خود را آزمون کند و سپس طبق آن، در مورد فرضیه خود قضاوت کند. چرا؟ زیرا قضاوت بر حسب مقایسه با α است که از جنس خطا و عدم وقوع است، به همین دلیل است که به جای فرض اصلی H_1، نقیض آن را (که فرض پوچ[۲۳] یا فرض صفر می‌نامند و با H_0 مشخص می‌شود) مورد آزمون قرار می‌دهیم. اگر پس از محاسبه احتمال وقوع H_0 که با ρ نشان داده می‌شود، نتیجه $\rho \leq \infty$ حاصل شود، H_0 رد می‌شود و فرض پژوهشگر با احتمال $\infty - 1$ تأیید می‌شود. واضح است که هر چه مقدار α کمتر باشد نتیجه آزمون فرض از سطح معنی داری بالاتری برخوردار است.

مروری بر نقد روش‌های پژوهشی مبتنی بر آزمون‌های معنی‌دار آماری

بدون اغراق، در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی، بیشتر محققان آموزش ریاضی باور داشتند که استفاده از آزمون‌های معنی‌دار آماری برای تحلیل داده‌ها، بهترین روش تحقیق در این زمینه است. این روش در مدت زمانی که بر سایر روش‌های تحقیق مسلط بود، نتایج نامطلوبی به بار آورد. پذیرش مقالات در مجلات علمی معتبر بیشترمنوط به داشتن یک استنباط آماری قوی بود و چه بسیار مقالات ارزشمندی که به دلیل نداشتن این نوع استنباط، هیچ گاه گزارش نشدند. سؤالاتی را که می‌شد با این آزمون پاسخ داد محدود بودند و تقریباً از یک ادبیات خاص پیروی می‌کردند. نتایج تحقیقات مبتنی بر آزمون‌های معنی‌دار آماری به سختی تغییر می‌کردند و انتظار می‌رفت در سراسر دنیا ثابت باشند. علاوه بر این، استفاده از روش‌ها و مفاهیم سنگین آماری مانند رگرسیون و تحلیل چند متغیره، فهم نتایج را برای بسیاری از معلمان دشوار می‌کرد. بسیاری از آموزشگرانِ خارج از این حوزه، تصور می‌کردند که انجام این تحقیقات فقط در جاهای خاصی مانند دانشکده‌ها، مراکز پژوهشی یا دفاتر پژوهشی وزارت‌خانه‌ها امکان‌پذیر است.

دو نتیجه اسفناک استفاده بی‌رویه از آزمون‌های معنی‌دار آماری را می‌توان این‌گونه بیان داشت:

۱. محققان آموزشی وقت و توان خود را فقط صرف نوشتن مقالات بیشتری می‌کردند که تنها خودشان مخاطب و مصرف‌کننده آن‌ها بودند.

۲. معلمان تصور می‌کردند که دیگر نیازی به انجام تحقیق توسط

نظریه «یادگیری در حد تسلط» از بلوم و «نظام فردی‌سازی آموزش» از کلر، دو پایه محکم نظری برای روش یادگیری در حد تسلط هستند که یکی از معروف‌ترین کاربردهای آن‌ها، برنامه «آموزش انفرادی تجویز شده» است که توسط دانشگاه پیتس‌بورگ اجرا شد

آن‌ها نیست مگر وقتی که برای دوره تحصیلی بالاتری پذیرفته شوند.

علاوه بر این‌ها، منون[۲۴] یکی از منتقدان جدی استفاده از روش‌های استنباط آماری و آزمون‌های معنی‌دار در تحقیقات آموزش ریاضی است. منون (۱۹۹۳) طی مقاله‌ای تحت عنوان «آزمون معنی‌دار آماری باید دست از سر تحقیقات آموزش ریاضی بردارد»، این آزمون‌ها را به چالش کشید و خواهان توجه کمتر به آن‌ها شد. منون در این مقاله، به پنج وهم که طرفداران آزمون‌های معنی‌دار آماری آن را باور کرده‌اند اشاره می‌کند و آن‌ها را به‌دلیل استفاده گسترده از این آزمون‌ها و رواج این باورهای نادرست، سرزنش کند. این وهم‌ها عبارتند از اینکه؛

۱. آزمون معنی‌دار آماری، روشی بدون بحث، یکنواخت، منظم و قاعده‌مندند که با اطمینان، می‌توان از نتایج آن در تصمیم‌گیری‌ها استفاده کرد.

۲. به‌گونه‌ای است که برای تأثیر شانس بر نتیجه، مقداری

از نظر همیلتـون(۱۹۷۶)، روش یادگیری در حد تسـلط که اوج آن دهه‌های ۶۰ و ۷۰ میلادی بود، دارای پنج نقطه ضعف عمده است

هر چند نظرات رفتارگراهایی چون تایلر، اسکینر، گانیه، بلوم و بلاک همگی با نظرات برونر، دیینز، گاتنـو و پیـاژه متفـاوت اسـت، ولی هـردو این شـاخه‌های روان‌شناسـی، بر طراحی برنامه‌های آموزشی و درسی سراسر دنیا تأثیرگذار بوده‌اند

احتمال قائل است.

۳. از منطق محکمی پیروی می‌کند که مبتنی بر منطق ریاضی برهان خلف است.

۴. پاسخ‌هایی مطمئن و تکرارپذیر ارایه می‌کند.

۵. برای باورپذیر بودن نتایج لازم است ولی کافی نیست.

بسیاری از محققان تصور می‌کردند که چون در آزمون‌های معنی دار آماری از ریاضی استفاده شده است، پس از منطق ریاضی محکمی برخوردار است و تعداد زیادی از سردبیران مجلات نیز با همین تصور، در مورد پذیرش مقالات تصمیم می‌گرفتند. برای مثال، «مجله برای تحقیق در آموزش ریاضی» در فاصله یک ساله ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۱، تقریباً ۴۳ درصد از پژوهش‌های انجام شده در آموزش ریاضی را چاپ کرد که یا همه آن‌ها از یک سطح معنی‌دار آماری برخوردار بودند یا با این روش تحلیل شده بودند. حتی کار به‌جایی رسیده بود که ملتون[۲۵](۱۹۶۲)، سردبیر «مجله روان‌شناسی آموزشی»، فقط تحقیقاتی را برای چاپ ارزشمند می‌دانست که دارای سطح معنی‌داری یک درصد بودند (یعنی فرضیه پژوهشگر به احتمال ۹۹٪ درست بود). کارور[۲۶](۱۹۷۸) در مخالفت با این موضوع ابراز نمود که «سردبیران مجلات باید از پذیرش کارهایی که در آن‌ها فقط اطلاعاتی جزئی بر حسب داده‌های خام موجود است خودداری کنند» یا در جایی دیگر بیان می‌کند که «نباید نشریات این امکان را فراهم کنند که تصور شود معنی‌دار بودن آماری، ملاک معتبری برای پایایی، اطمینان و تکرارپذیری نتایج یک تحقیق است». هایز[۲۷](۱۹۷۴) نیز به نکته ظریفی اشاره می‌کند و آن این‌که اگر قرار باشد قضاوت در مورد یافته‌های پژوهشی منوط به معنی‌دار بودن یا نبودن آن از جنبه استنباط آماری باشد و رد یا قبول H_0 ربطی به دیگر صفات موجود در نمونه نداشته باشد (چون در این روش تأثیر دیگر پارامترها نادیده گرفته می‌شود)، از کجا معلوم که پژوهشگر برای رسیدن به نتایج دلخواه، داده‌های خود را دست کاری نکند تا H_0 با درجه اطمینان مناسبی تأیید شود؟

این در حالی است که بیش از شصت سال پیش، تایلر (۱۹۳۱) در مورد اعتماد بیش از حد به آزمون‌های معنی‌دار آماری هشدار داد. وی محققان را متوجه این موضوع کرد که معنی‌داری آماری، لزوماً تفاوت مهمی نیست و تفاوت‌های از نظر آماری بی‌معنی نیز می‌توانند به نوبه خود مهم باشند!. شاور[۲۸] در یکی از نشست‌های سالانه اتحادیه تحقیقات آموزشی آمریکا[۲۹] (۱۹۹۲)، بیان می‌کند که «با نگاهی کوتاه به مجلات تحقیقات آموزشی، کتاب‌های آمار برای رشته‌های روان‌شناسی و علوم تربیتی و رساله‌های دکتری، متوجه خواهیم شد که استفاده از آزمون‌های معنی‌داری آماری برای تحلیل و تفسیر داده‌های کمی در تحقیقات آموزشی، گسترش چشمگیری داشته است».

نکته دیگری که طرفداران آزمون‌های معنی‌دار آماری به آن توجه کافی نداشتند، ماهیت شرطی بودن احتمال در فرمول‌های به کار رفته است. نباید فراموش کنیم که وقتی با احتمال شرطی کار می‌کنیم، حداقل با دو کمیت سروکار داریم. برداشتی که می‌توان از نتیجه یک آزمون فرض داشت این است که $\rho[H_0|H_1]=1-\rho[H_1|H_0]$، بنابراین H_0 و H_1 در مقدار احتمال متمم یکدیگر هستند و این طور برداشت می‌شود که این وسط هیچ عامل دیگری وجود ندارد یا نمی‌تواند بر تعادل متمم بودن آن‌ها تأثیری داشته باشد. برای مثال، طبق این دیدگاه احتمال مرگ یک انسان مبتلا به سرطان، با احتمال سرطانی بودن یک انسان در حال مرگ، یکسان است!.

یک تصور اشتباه که در مورد مقالات و نشریات مبتنی بر این آزمون‌ها شکل گرفته بود و منون نسبت به آن هشدار می‌دهد این است که آن‌ها قابل پیش‌بینی[۳۰]، تکرارپذیر[۳۱] و تعمیم‌پذیرند[۳۲] و در نتیجه باعث شده است نویسندگان این نشریات از زیر بار پاسخگویی و مسئولیت در برابر نتایج به دست آمده شانه خالی کنند.

هم‌چنین، منون چند عیب عمده زیر را در رابطه با استفاده از آزمون‌های معنی‌دار آماری وارد می‌داند:

۱. یک روش واحد و بدون بحث و جدل ارائه نمی کند.

۲. هیچ چیز در مورد اثر فرضیه‌هایی که ممکن است کنار گذاشته شوند، گفته نمی‌شود.

۳. از پایه منطقی قوی برخوردار نیست. مثلاً در مورد نتایج آن، با استفاده از برهان خلف یا مثال نقض چیزی حاصل نمی‌شود.

۴. این آزمون‌ها، معیار کافی یا لازم برای اعتبار بخشیدن یا تعمیم دادن به نتایج نیستند.

در منطقه اقیانوسیه نیز در دهه ۷۰ و اوایل دهه ۸۰ میلادی، بخش عمده‌ای از تحقیقات بر پایه این آزمون‌ها انجام می‌شدند. حدود سال ۱۹۸۰، کروتنسکی[۳۳](۱۹۷۶) روش آزمون‌های معنی‌دار

بـدون اغـراق، در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی، بیشـتر محققان آموزش ریاضی باور داشتند که استفاده از آزمون‌هـای معنـی‌دار آمـاری بـرای تحلیـل داده‌ها، بهترین روش تحقیق در این زمینه است. ایـن روش در مدت زمانی که بر سـایر روش‌های تحقیق مسلط بود، نتایج نامطلوبی به بار آورد

آماری را زیر سؤال برد و در طول دهه ۸۰ ، آموزش ریاضی وارد دوران ساخت و سازگرایی[۷۰] و توجه بیشتر به روش‌های بوم‌شناسی و مردم شناسی[۳۴]شد. در میان پژوهشگران دوآمبروسیو[۳۵](۱۹۸۹) و یوسیسکین(۱۹۹۴) با آغوش باز به استقبال نگاه کل نگرانه تر در مقابل نگاه کمی جزء نگرانه در تحقیقات آموزش ریاضی رفتند.

پی‌نوشت

1. Mastery Learning
2. Bryan Thwaites
3. Caleb Gattegno
4. Dienes Blocks
5. Cuisenaire Rods
6. Tabula Rasa
7. Stimulation-Response
8. Lacroix
9. Behavioral Objetives
10. Ralph w. Tyler
11. Personalised System of Instruction (PSI)
12. Individually Prescribed Instruction (IPI)
13. Cox
14. Regional Education Center for Seience And Mathematics (RECSAM)
15. The International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME)
16. Fischbein
17. Begle
18. Shumway
19. Journal for Research in Mathematics Edueation
20. Critical Variables in Mathematics Education (JRME)
21. Statistical Signifieant Testing (SST)
22. Hypothesis Testing
23. Null Hypothesis
24. Rama Menon
25. Melton
26. Carver
27. Hays
28. Shaver
29. American Educational Research Association
30. Predictability
31. Replicability
32. Generalisability
33. Krutetskii
34. Anthropological
35. D'Ambrosio

منابع

۱. چمن‌آرا، سپیده (۱۳۸۲). تأثیرات رفتارگرایی بر آموزش ریاضی و نظرات منتقدان آن. **مجله رشد آموزش ریاضی**. سال بیستم، شماره ۷۱. صص ۱۱ تا ۲۱. دفتر انتشارات کمک آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. وزارت آموزش و پرورش.

۲. علم الهدایی، سیدحسن (۱۳۷۸). روان‌شناسی یادگیری ریاضی. **مجله رشد آموزش ریاضی**. سال چهاردهم، شماره ۵۵، صص ۱۴ تا ۱۹، دفتر انتشارات کمک آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، وزارت آموزش و پرورش.

۳. علم الهدایی، سیدحسن (۱۳۸۱). **راهبردهای نوین در آموزش ریاضی**. نشر شیوه، تهران.

۴. حیدری قزلجه، رضا (۱۳۸۳). رفتارگرایی و طرح درس در بوته نقد. **مجله رشد آموزش ریاضی**. دوره بیست و یکم، شماره۴، صص ۲۳ تا ۳۱. دفتر انتشارات کمک آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی. وزارت آموزش و پرورش.

۵. لاکروکس، لانیال (۱۹۹۱). مقایسه بین دیدگاه‌های رفتارگرایی و ساخت و سازگرایی. ترجمه زهرا گویا (۱۳۸۳). **مجله رشد آموزش ریاضی**. سال بیست و یکم، شماره ۷۶، صص ۱۸ تا ۲۱. دفتر انتشارات کمک آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، وزارت آموزش و پرورش.

۶. گویا، زهرا و غلام آزاد، سهیلا (۱۳۷۹). گزارش بیست و چهارمین کنفرانس روان‌شناسی آموزش ریاضی؛ هیروشیما، ژاپن. (۲۰۰۰ میلادی). **مجله رشد آموزش ریاضی**. سال پانزدهم، شماره ۶۱، صص ۱۸ تا ۲۵. دفتر انتشارات کمک آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. وزارت آموزش و پرورش.

7. Clements, M.A. & Ellerton, N. F. (1996). Mathematics Education Research: Past, Present & Future. UNESCO, Principal Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.

8. Menon, R. (1993). Statistical Significant Should be Discontinued in Mathematics Education Research. **Mathematics Education Research Journal** . No 1, Volume 5, pp 4-18.

9. D'Ambrosio, Ubiratan. (1985). Environmental Influences. For The Studies in Mathematics Education, Volume 4, pp29-46. UNESCO.