

## توانمندی رویکرد بیزی مدل چندسطحی: تحلیل داده‌های آزمون

### ریاضیات تیمز پیشرفته (۲۰۰۸)<sup>۱</sup>

جلیل یونسی\*

علی دلاور\*\*

فرزاد اسکندری\*\*\*

محمد رضا فلسفی نژاد\*\*\*\*

نورعلی فرخی\*\*\*\*\*

#### چکیده

پژوهش حاضر با هدف بدست آوردن میزان تأثیر مدارس بر نمرات کسب شده دانش‌آموزان شرکت کننده در آزمون تیمز پیشرفته ۲۰۰۸ و بررسی اعتبار تحلیل‌های چند سطحی بر اساس نظریه کلاسیک اندازه‌گیری به روش برآورد بیزی صورت پذیرفت. برای دستیابی به هدف اصلی پژوهش از داده‌های مربوط به اجرای آزمون ریاضی تیمز پیشرفته ۲۰۰۸ که خود جزو تازه‌ترین مطالعات IEA است و روند آموزش ریاضیات پیشرفته دانش‌آموزان سال آخر متوسطه (پیش‌دانشگاهی) را مورد ارزیابی قرار می‌دهد استفاده شد (مرکز ملی مطالعات تیمز، ۱۳۸۸). بر این اساس، جامعه آماری و گروه نمونه پژوهش حاضر، جامعه آماری و گروه نمونه پایه پیش‌دانشگاهی رشته ریاضی-فیزیک در آزمون ریاضیات تیمز پیشرفته است که در سال تحصیلی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ به اجرا در آمده است. حجم نمونه دانش‌آموزان ایرانی در این سنجش برابر ۲۵۵۶ نفر بوده است (گزارش تیمز پیشرفته، ۱۳۸۸). نتایج تحلیل‌ها به طور کلی نشان داد که در مدل صفر ۱۲ در صد، در مدل با کووریت سطح دانش آموز ۳۸ در صد و در مدل با کووریت سطح دانش‌آموز، مدرسه و معلم حدود ۵۵ درصد از واریانس نمرات پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان ناشی از تفاوت بین مدارس است و این میزان تفاوت زیاد بین مدارس شرکت کننده گویای تفاوت و تبعیض آموزشی بین مدارس زیاد است که این امر عمدتاً ناشی از متغیرهای در سطح مدرسه (منابع مدرسه برای درس ریاضی و سابقه تدریس ریاضی معلم) می‌باشد.

واژگان کلیدی: تحلیل چندسطحی، رویکرد بیزی، نظریه کلاسیک آزمون (CTT)، آزمون تیمز پیشرفته (TIMSS)، تحلیل حساسیت

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری است.

\* دانش‌آموخته دکتری رشته سنجش و اندازه‌گیری دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول). [jalilyounesi@gmail.com](mailto:jalilyounesi@gmail.com)

\*\* استاد گروه سنجش و اندازه‌گیری دانشگاه علامه طباطبائی

\*\*\* دانشیار گروه آمار دانشگاه علامه طباطبائی

\*\*\*\* دانشیار گروه سنجش و اندازه‌گیری دانشگاه علامه طباطبائی

\*\*\*\*\* دانشیار گروه سنجش و اندازه‌گیری دانشگاه علامه طباطبائی

تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۰ تاریخ دریافت: ۹۲/۱/۲۵

## مقدمه

امروزه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان آموزشی کشورها به سه دلیل عمده بر اهمیت شناخت نظام‌های آموزشی سایر کشورها تأکید دارند: ۱- سنجش ارزیابی بازده‌ها و عملکرد نظام آموزشی کشور خود به عنوان شاخصی از میزان رقابت‌پذیری اقتصاد کشورشان؛ ۲- کشف و شناخت نقاط قوت و ضعف نظام آموزشی کشورشان در مقایسه با سایر کشورها به منظور شناسایی حیطه‌هایی که نیازمند برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری بیشتر است؛ و ۳- جستجوی راهکارهای عملی و علمی برای تقویت نظام آموزشی کشورشان (ژائو و همکاران، ۲۰۰۸؛ کریمی، ۱۳۸۷b). در نتیجه در چند دهه اخیر شاهد مشارکت روبه رشد کشورها در مطالعات مربوط به سنجش‌های بین‌المللی مانند تیمز (TIMSS) هستیم.

تیمز سرمایه‌نگفتی را صرف حصول اطمینان از پایایی، اعتبار و مقایسه‌پذیری داده‌ها از طریق برنامه‌ریزی دقیق و مستندسازی، همکاری کشورهای شرکت‌کننده، شیوه‌های استاندارد شده می‌کند و توجه زیادی به کنترل کیفیت کلی پروژه‌ها دارد. ولی نکته‌ای که نباید از نظر دور داشت این است که کشورهای شرکت‌کننده در یک مطالعه سنجش بین‌المللی، به طور قطع عملکرد دانش‌آموزان کشور خود را با عملکرد دانش‌آموزان سایر کشورها (مخصوصاً با کشورهای با عملکرد بالا) مقایسه می‌کنند و دست به داورها و قضاوت‌هایی در خصوص کارآمدی نظام آموزشی کشور خود می‌زنند و حتی گاهی اوقات بر اساس این داورها و قضاوت‌ها اصلاحات و تحولات بنیادی در نظام آموزشی به عمل می‌آورند؛ از این رو لازم است تا به منظور افزایش اعتبار نتایج آماری آزمون‌هایی که در مطالعات سنجش‌های بین‌المللی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا حد ممکن از روش‌های تجزیه و تحلیل دقیق استفاده کرد.

محققان بر این نکته توافق دارند که اساس موفقیت در جامعه شایسته‌سالار، نظام آموزشی است (کرخوف، ۱۹۹۵؛ گنزبوم، تریمن و اولتی، ۱۹۹۱) و برقراری نظام

- 
- 1 . Zhao et al.
  - 2 . Kerckhoff
  - 3 . Ganzeboom, Treiman and Ultee

آموزشی مطلوب و کارا و آموزش متمر ثمر فرایندی دشوار و پر زحمت است. هر کشوری از رویکردهای متفاوتی برای آموزش استفاده می‌کند ولی اینکه آموزش، مؤثر و موفق باشد مستلزم برنامه‌ریزی صحیح و تلاش بسیار، برنامه درسی روزآمد و مهمتر از آن فراهم کردن فرصت‌های برابر آموزشی برای یادگیری منابع آموزشی است (شارع‌پور، ۱۳۸۶؛ فلدمن، ۱، ۲۰۰۱؛ اشمیت و مایر، ۲، ۲۰۰۹). اما در مورد اینکه چگونه می‌توان موفقیت آموزشی را تقویت، عدالت آموزشی را برقرار و تصمیم‌های عادلانه‌تری اتخاذ کرد اختلاف نظر زیادی وجود دارد. از مهمترین دغدغه‌های پژوهشگران و برنامه‌ریزان حوزه تعلیم و تربیت در دهه‌های مختلف این است که چرا برخی از دانش‌آموزان بهتر یاد می‌گیرند و چرا برخی از مدارس مؤثرتر از سایرین هستند؟ آیا منابع مالی و مادی و سرمایه‌گذاری در مدرسه سبب افزایش موفقیت تحصیلی می‌شود؟ آیا در این موفقیت، منابع و امکانات خانوادگی مؤثر هستند؟ و سهم هر یک از عوامل مؤثر در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان به چه میزان است.

میزان تأثیر مدرسه بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان همواره مسئله‌ای چالش برانگیز بوده و به اذعان پژوهشگران این میزان تأثیر متفاوت است. نتایج مطالعات اولیه در حوزه اثربخشی مدارس، نظیر کلمن و همکاران (۱۹۶۶) و جنکز و همکاران (۱۹۷۲) نشان داده است که تأثیرات مدرسه بر پیشرفت تحصیلی افراد در مقایسه با تأثیر ویژگی‌های خود دانش‌آموز و پیشینه خانوادگی نسبتاً کوچک است. البته نتایج مطالعات جدیدتر نظیر چیپت (۲۰۰۸)، فالارتون (۲۰۰۴)، هاوی (۲۰۰۶) و پارک و پارک (۲۰۰۶) و عبد، عثمان و محمدپور (۲۰۱۱) حاکی از این است که نسبت قابل توجهی از کل واریانس پیشرفت تحصیلی ریاضی دانش‌آموزان ناشی از تفاوت‌های بین مدارس است. در حال حاضر به منظور بررسی دقیق‌تر میزان تحقق عدالت آموزشی در کشورها، میزان تأثیر مدرسه بر نمرات کسب شده دانش‌آموزان و شناخت سهم عوامل مؤثر بر پیشرفت تحصیلی

- 
- 1 . Feldman
  - 2 . Schmidt & Maier
  - 3 . Coleman et al.
  - 4 . Jencks et al.

دانش‌آموزان یکی از بهترین تکنیک‌های متداول آماری استفاده از تحلیل‌های چند سطحی و لحاظ کردن ساختار سلسله‌مراتبی داده‌ها است.

به طور کلی رفتار افراد در متن «ساختار اجتماعی» تحلیل می‌شود. افراد جدا از محیط‌شان و به اصطلاح معلق در فضای اجتماعی بی شکل بررسی نمی‌شوند. عواملی که در تحلیل و تبیین مسائل مورد استفاده قرار می‌گیرند، هم شامل ویژگی‌های افراد مورد مطالعه و هم ویژگی‌های محیط‌های اجتماعی آنها می‌شوند و از خانواده تا دوستان و زمینه‌های اجتماعی وسیع‌تر همانند مدرسه را در بر می‌گیرد. به طور کلی، در این بررسی‌ها افراد و گروه‌های اجتماعی به مثابه یک نظام سلسله‌مراتبی<sup>۱</sup> مفهوم‌سازی می‌شوند. چنین نظام‌هایی می‌توانند در سطوح مختلف سلسله‌مراتب مشاهده شوند و در نتیجه ممکن است دارای متغیرهای مشخص و تعریف شده در هر سطح باشند. این امر به تحقیق درباره‌ی تعامل بین متغیرهایی که افراد را توصیف می‌کنند و متغیرهایی که گروه‌های اجتماعی را تشریح می‌نمایند منتهی می‌شود. نوعی از تحقیق که با عنوان «تحقیق چندسطحی<sup>۲</sup>» از آن یاد می‌شود (هاکس، ۲۰۰۲).

داده‌های سنجش‌های وسیع جمعیتی اغلب دارای ساختار سلسله‌مراتبی هستند، بدین نحو که آزمودنی‌ها در گروه‌ها آشیانه می‌گیرند، پاسخ‌ها در آزمودنی‌ها آشیانه می‌گیرند یا سؤالات در درون واحدها آشیانه می‌گیرند. مثلاً در بافت نظام آموزشی مدارس، دانش‌آموزان در کلاس‌ها آشیانه می‌گیرند، کلاس‌ها در مدارس آشیانه می‌گیرند، و مدارس در ناحیه‌های شهری آشیانه می‌گیرند. در سنجش‌های وسیع معمولاً پاسخ‌دهندگان خوشه‌بندی می‌شوند و جامعه مورد نظر شامل چند زیرجامعه است. مشاهدات درون هر خوشه با هم همبستگی دارند و گویای این هستند که خوشه‌ها از برخی جهات با هم تفاوت دارند. زمانی که این مشاهدات در خوشه‌ها آشیانه بگیرند گفته می‌شود که مشاهدات دارای ساختار سلسله‌مراتبی هستند. نوعاً مشاهدات پاسخ درون هر خوشه در مقابل (مشاهدات غیرآشیانه‌ای) از خوشه‌های مختلف، دارای توزیع مستقلی نیستند. این

1 . Hierarchy system

2 . Multilevel research

آشیانه‌بندی منجر به ساختارهای وابسته‌ی پیچیده با منابع تغییر در سطوح مختلف سلسله مراتبی می‌شود. بنابراین مسئله اصلی پژوهش حاضر این بوده است که بر اساس تحلیل‌های چندسطحی تا چه اندازه واریانس پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان متأثر از ویژگی‌های مدرسه، و ویژگی‌های معلم و دانش‌آموز است و میزان رعایت عدالت آموزشی از لحاظ پیشرفت تحصیلی در درس ریاضی در مدارس شرکت‌کننده در آزمون تیمز پیشرفته چقدر است. به منظور حل مسئله مورد بحث سؤالات پژوهشی زیر مورد توجه بوده است:

- ۱- آیا برآورد نمرات ریاضی و فیزیک دانش‌آموزان تحت تأثیر مدرسه است؟
- ۲- آیا برآورد نمرات دانش‌آموزان تحت تأثیر ویژگی‌های دانش‌آموز است؟
- ۳- آیا برآورد نمرات دانش‌آموزان تحت تأثیر ویژگی‌های دانش‌آموز و ویژگی‌های معلم و مدرسه است؟

### روش

به منظور دستیابی به اهداف مطالعه و تعیین توانمندی رویکرد بیزی نظریه کلاسیک چندسطحی از داده‌های واقعی مربوط به اجرای آزمون تیمز پیشرفته ۲۰۰۸ استفاده شده است. چون در این پژوهش محقق در پی مقایسه رویکردهای مختلف در تحلیل داده‌های با ساختار آشیانه‌ای، بررسی برازش مدل‌های مختلف اندازه‌گیری، بدست آوردن برآوردهای باثبات‌تر پارامترها (اعم از پارامترهای سؤال و توانایی آزمودنی‌ها) و افزایش اعتبار تصمیم‌ها و دقت اندازه‌گیری خواهد بود، لذا روش این پژوهش به طور عام جزو پژوهش‌های توصیفی (غیرآزمایشی و غیرتاریخی) (سرمه، بازرگان، و حجازی، ۱۳۸۴) است. روش پژوهش حاضر از حیث نوع تجزیه و تحلیل‌های آماری و سنجشی جزو تحقیقات همبستگی (که خود زیرمجموعه روش پژوهش توصیفی قرار می‌گیرد) است. روش پژوهش حاضر از حیث نوع تجزیه و تحلیل‌های آماری و سنجشی جزو تحقیقات

همبستگی (که خود زیرمجموعه روش پژوهش توصیفی قرار می‌گیرد) از نوع تحلیل ماتریس کواریانس است.

به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، از اطلاعات واقعی به دست آمده از اجرای آزمون تیمز پیشرفته (۲۰۰۸) استفاده شده است. بدین ترتیب، جامعه آماری و گروه نمونه پژوهش حاضر، جامعه آماری و گروه نمونه پایه پیش دانشگاهی رشته ریاضی-فیزیک در آزمون ریاضیات تیمز پیشرفته است که در سال تحصیلی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ به اجرا در آمده است. حجم نمونه دانش‌آموزان ایرانی در این سنجش برابر ۲۵۵۶ نفر بوده است (گزارش تیمز پیشرفته، ۱۳۸۸).

ابزار اصلی اندازه‌گیری در این پژوهش، آزمون ریاضیات تیمز پیشرفته ۲۰۰۸ است که جزو تازه‌ترین مطالعات IEA است و روند آموزش ریاضیات پیشرفته دانش‌آموزان سال آخر متوسطه (پیش‌دانشگاهی) را مورد ارزیابی قرار می‌دهد و کشور ایران در این مطالعه نیز به همراه ده کشور دیگر شرکت نموده است (مرکز ملی مطالعات تیمز، ۱۳۸۸). آزمون ریاضیات پیشرفته شامل ۷۲ سؤال با ۸۲ امتیاز است. تقریباً یک سوم از سؤالات هر یک از این آزمون‌ها، چهار گزینه‌ای و دو سوم دیگر پاسخ‌ساز هستند. هر سؤال چندگزینه‌ای یک امتیاز دارد. سؤالات پاسخ‌ساز عموماً یک یا دو امتیازی هستند ولی در پژوهش حاضر تمامی این سؤالات به صورت دو ارزشی نمره‌گذاری شده‌اند، بدین صورت که به پاسخ کاملاً صحیح نمره یک و به پاسخ‌های نیمه صحیح یا غلط نمره صفر اختصاص داده شده است.

#### یافته‌ها

سؤال اول: آیا برآورد نمرات ریاضیات دانش‌آموزان تحت تأثیر مدرسه است؟  
به منظور پاسخگویی به این سؤال پژوهش باید توجه داشت که ساختار داده‌های جمع‌آوری شده در آزمون تیمز پیشرفته به صورت آشیانه‌ای است، یعنی دانش‌آموزان در مدارس آشیانه شده‌اند، و احتمال نقض مفروضه‌های متداول در تحلیل رگرسیون OLS (مشاهدات مستقل، شیب‌ها و عرض از مبدأهای بدون تغییر و مانده‌های بدون همبستگی) وجود دارد. این سؤال که آیا نیازی به یک مدل رگرسیون ضرایب تصادفی است یا خیر یا

اینکه آیا برای تحلیل داده‌ها رگرسیون OLS متداول کفایت می‌کند یا خیر معادل این سؤال است که آیا مشاهدات همبسته هستند یا خیر و هر دوی این سؤالات را می‌توان با محاسبه شاخصی بنام ضریب همبستگی درون رده‌ای (ICC) پاسخ داد. اولین گام در انجام یک تحلیل HLM تعیین میزان همبستگی مشاهدات در درون مدارس، و به عبارت دقیق‌تر تعیین میزان عدم استقلال میان مشاهدات در یک نمونه است. بدین منظور از "مدل صفر ۱" یا "تحلیل واریانس یکراهه با اثرات تصادفی ۲" (رادن بوش و بریک، ۲۰۰۲) برای افراز (تجزیه) واریانس در متغیر وابسته استفاده می‌شود. «مدل صفر»، همان «مدل غیرشرطی ۳» است چون در این مدل هیچ متغیر پیش‌بینی چه در سطح ۱ یا در سطح ۲ وجود ندارد. مدل سطح ۱ یعنی  $(\theta_{ij} = \beta_{0j} + e_{ij})$  به شرفت ریاضی را درون هر مدرسه با فقط یک پارامتر سطح مدرسه پیش‌بینی می‌کند که این پارامتر عرض از مبدأ  $(\beta_{0j})$  است که نشان دهنده میانگین متغیر وابسته در مدرسه  $j$  است. مدل سطح ۲،  $\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$  است که در آن  $\gamma_{00}$  منعکس کننده میانگین متغیر وابسته در بین کل داده‌ها (میانگین ریاضی کل در کشور ایران) است و  $u_{0j}$  نشان دهنده اثر تصادفی در واحد  $j$  است. با جایگزینی مدل سطح ۲ در مدل سطح ۱ خواهیم داشت:  $(\theta_{ij} = \gamma_{00} + u_{0j} + e_{ij})$ . در این صورت راحت‌تر می‌توان به چگونگی افراز واریانس پی برد. یعنی، نمره فردی دانش‌آموز را می‌توان به نمره میانگین کشور  $(\gamma_{00})$ ، میزان تفاوت نمره مدرسه دانش‌آموز از نمره میانگین کشور  $(u_{0j})$ ، و میزان تفاوت نمره فردی دانش‌آموز از نمره میانگین مدرسه خودش  $(e_{ij})$  تجزیه یا افراز کرد. همین افراز مؤلفه «مانده» یا «تصادفی» مدل به مؤلفه‌های سطح دانش‌آموز و مدرسه است که موجب می‌شود مدل را چندسطحی بنامیم.

در این پژوهش متغیر وابسته «پیشرفت ریاضی دانش‌آموزان» است که به مؤلفه‌های درون مدارس و بین مدارس تجزیه می‌شود. در این تحلیل متغیر وابسته، نمرات مشاهده

- 
1. Null model
  2. One-way ANOVA with random effects
  3. Unconditional model
  4. Country mean score

شده دانش آموزان و به طور دقیق تر نمره حاصل از جمع پاسخهای صحیح آزمون ریاضی تیمز پیشرفته ۲۰۰۸ است. در جدول زیر شاخص های آمار بیزی پارامترهای واریانس نمره خطا ( $\sigma_{\theta}^2$ ) و واریانس مدرسه ( $\tau_{00}^2$ ) ارائه شده است:

جدول ۱. شاخص های آمار بیزی پارامترهای واریانس نمره خطا و واریانس مدرسه در آزمون

ریاضیات

پارامتر	$\bar{X}$	SD	MCSE	MD	فاصله اطمینان 95% بیزی
$\sigma_{\theta}^2$	۰.۰۳۲۵	۰.۰۰۰۰۹	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۳۲۵	۰.۰۳۰۶ - ۰.۰۳۴۴
$\tau_{00}^2$	۰.۰۰۰۴۴	۰.۰۰۰۰۵	۰.۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۴۳	۰.۰۰۰۳۳ - ۰.۰۰۰۵۶
DIC	۱۵۳۱۳/۳۰				
ICC	۰/۱۱۹				

همانطور که نتایج تحلیل در بالا نشان می دهد تغییر در متغیر وابسته ( $\theta_{ij}$ ) در «مدل صفر» به دو مؤلفه بین کلاس ( $\text{Var}(u_{0j}) = \tau_{00}$ ) و درون کلاس ( $\text{Var}(e_{ij}) = \sigma^2$ ) افزاز شده است. با توجه به این دو مقدار می توان همبستگی درون رده ای را محاسبه کرد. در واقع، به منظور تعیین اینکه آیا نیازی به رگرسیون با ضرایب تصادفی است یا اینکه مشاهدات همبسته هستند یا خیر، «ضریب همبستگی درون رده ای غیر شرطی ۱» محاسبه شده است. طبق تعریف، همبستگی درون رده ای نشان دهنده نسبتی از واریانس کل است که بین کلاس ها وجود دارد. به طور دقیق تر این ضریب نشان دهنده آن است که آشیانه ای در نظر گرفتن ساختار داده ها ارزش عملی و معناداری دارد یا خیر. چنانچه مقدار این ضریب ارزش عملی داشته باشد، می توان نتیجه گرفت که مشاهدات مستقل نیستند و در چنین شرایطی که با عدم استقلال مشاهدات روبرو هستیم اطلاعات کمتری در اختیار داریم (گلدشتاین، ۱۹۹۹). با توجه به میانگین پارامترهای واریانس نمره خطا ( $\sigma_{\theta}^2$ ) و واریانس مدرسه ( $\tau_{00}^2$ ) ضریب همبستگی درون رده ای (ICC) محاسبه و برابر ۰/۱۱۹

گزارش شده است؛ بنابراین در داده‌های ریاضی تیمز پیشرفته ۲۰۰۸، حدود ۱۲ درصد واریانس در نمرات ریاضی دانش‌آموزان، بین مدارس است. یکی از مهمترین گام‌ها در تحلیل بیزی ارزیابی برازش مدل با داده‌ها و تعیین حساسیت توزیع پسین با مفروضه‌ها است که این اقدام به نوعی «کفایت مدل ۱» یعنی مناسبت یک مدل منفرد تحت شرایط مختلف را نشان می‌دهد. چک کردن مدل بخش اساسی فرایند برآورد است. تحلیل نیرومندی ۲ (تحلیل حساسیت)، حساسیت پسین نسبت به تغییر پیشین‌های مختلف را نشان می‌دهد. یک شیوه بسیار ساده و سودمند برای سنجش کفایت مدل پسین، تغییر پیشین‌ها یا توزیع‌های پیشین و مشاهده توزیع‌های پسین مورد نظر است. لازم به ذکر است که در تمامی تحلیل‌های بیزی به منظور بررسی تأثیر پیشین بر پسین، از پیشین‌های مختلف استفاده شد و تحلیل‌های مورد نظر انجام گرفته است که بر آن اساس زمانی که پیشین‌های متفاوت در مدل بیزی تعریف شد، ملاک انحراف (DIC) در هر سه مدل یکسان است. بنابراین می‌توان گفت که پسین نسبتاً نسبت به تغییرات و اصلاحات ملایم ویژگی‌های پیشین نیرومند است. به همین دلیل می‌توان به نتایج گزارش شده برای تحلیل HLM مدل صفر اعتماد کرد.

سؤال دوم: آیا برآورد نمرات ریاضیات دانش‌آموزان تحت تأثیر ویژگی‌های دانش‌آموز است؟

برای گزینش متغیرهای سطح یک «سطح دانش‌آموز ۳» به عنوان متغیرهای پیشین  $(X_q)$ ، از نظریه و تحقیقات پیشین استفاده شده است. با توجه به پرسشنامه‌های اجرا شده در سطح دانش‌آموز متغیرهای جنسیت دانش‌آموز (پسر با کد صفر و دختر با کد ۱) و نگرش دانش‌آموز به درس ریاضی به عنوان کووریت انتخاب شد. بر همین اساس معادله مدل ML با کووریت‌های سطح اول (دانش‌آموز) را می‌توان به صورت زیر صورت‌بندی کرد:

$$\theta_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}Gender_{ij} + \beta_{2j}AM_{ij} + e_{ij},$$

- 
- 1 . Model adequacy
  - 2 . Robustness evaluation
  - 3 . Student-level variables

که  $AM_{ij}$  = نگرش دانش آموز  $i$ ام در مدرسه  $j$ ام به ریاضی است.

سطح دوم

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j},$$

در جدول زیر نیز شاخص‌های آماری بیزی مربوط به اثر  $\gamma_{00}$  و متغیرهای کووریت سطح دانش‌آموز گزارش شده است:

جدول ۲. اثرات متغیرهای سطح اول و معناداری آنها در آزمون ریاضی شاخص‌های آمار بیزی پارامترهای واریانس نمره خطا و واریانس مدرسه

پارامتر	$\bar{X}$	SD	MCSE	MD	فاصله اطمینان 95% بیزی
$\sigma_{\theta}^2$	۰.۳۲۶	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۰۰	۰.۳۲۶	۰.۳۰۷ - ۰.۳۴۶
$\tau_{00}^2$	۰.۱۹۹	۰.۰۰۷۶	۰.۰۰۰۵	۰.۱۸۶	۰.۱۰۳ - ۰.۳۷۲
-2logL	۱۵۰۰۷/۰۰				
DIC	۱۵۳۶۴/۷۰				
اثرات ثابت	متغیرها	ضریب	فاصله اطمینان 95% بیزی		
$\gamma_{00}$	عرض از مبدأ	۱۰.۱۹۷	۰.۱۷۴	۲۰.۲۳۸	
Gender	جنسیت	۰.۰۱۶	-۱.۹۳۸	۱.۹۷۴	
AM	نگرش به ریاضی	۰.۱۳۱	-۰.۱۹۹	۰.۴۶۲	

بر اساس نتایج گزارش شده همبستگی درون رده‌ای در داده‌های ریاضی تیمز پیشرفته ۲۰۰۸، حدود ۳۸ درصد واریانس در نمرات ریاضی وابسته به ویژگی‌های دانش‌آموزان و مدارس محل تحصیل ایشان برمی‌گردد. با توجه به مقادیر گزارش شده در جدول بالا آشکار است که در مدل ML از متغیرهای سطح اول (دانش‌آموز) هیچکدام در سطح اطمینان بیزی ۹۵ درصد معنادار نیست.

سؤال سوم: آیا برآورد نمرات ریاضیات دانش‌آموزان تحت تأثیر ویژگی‌های دانش‌آموز، مدرسه و معلم است؟

برای گزینش متغیرهای سطح دوم «سطح مدرسه ۱» به عنوان متغیرهای پیش‌بین ( $X_q$ )، از نظریه و تحقیقات پیشین استفاده شد. بدین ترتیب با توجه به پرسشنامه‌های اجرا شده در سطح مدرسه متغیرهای منابع و امکانات مدرسه ۲ (شامل وجود کامپیوتر و نرم افزار برای آموزش ریاضی، وجود کتاب‌هایی در کتابخانه برای آموزش و تقویت ریاضی، امکانات صوتی- تصویری برای آموزش ریاضی)، جنسیت معلم ۳، سال‌های تدریس ریاضی معلم، رضایت شغلی معلم ۴، ادراک معلم از برنامه درسی ۵ و انتظارات معلم ۶ به عنوان کووریت انتخاب شد. با توجه به اینکه مدل مورد نظر مدل ML با کووریت‌های سطح اول (دانش‌آموز) و کووریت‌های سطح دوم (مدرسه) است می‌توان معادله سطح اول و دوم را به صورت زیر نوشت:

سطح اول

$$\theta_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}Gender_{ij} + \beta_{2j}AM_{ij} + e_{ij},$$

سطح دوم

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}Resource + \gamma_{02}T.Gender + \gamma_{03}T.T.Math + \gamma_{04}T.JOB Sat + \gamma_{05}T.Und.Curr + \gamma_{06}T.Exp + u_{0j},$$

ابتدا این تحلیل با معادله درجه یک انجام شد که نتایج نشان داد که میزان تأثیر مدارس برابر ۰/۹۲ است ولی با توجه به آنکه چگالی (density) دارای توزیع نرمال نبود، و نمودار خودهمبستگی پارامتر واریانس بین مدارس ( $\tau_{00}^2$ ) نشان می‌داد که نمونه‌های متوالی از یک پارامتر با توجه به توزیع شرطی دارای همبستگی بالا هستند و بنابراین همگرایی در حد رضایت‌بخش نیست، به همین دلیل قبل از مدلسازی مدل ML با کووریت نگرش دانش‌آموز به ریاضی، نمودار پراکنش نگرش به ریاضی و نمره توانایی

- 
- 1 . School-level variables
  - 2 . School resources
  - 3 . Teacher gender
  - 4 . Teachers' job satisfaction
  - 5 . Teachers' understanding of the schools' curricular goals
  - 6 . Teachers' expectations

دانش آموز ترسیم گردید. بر اساس نمودار حاصل نمودار پراکنش این دو متغیر بیشتر از همه (نسبت به فرم‌های تابعی درجه دوم، لوج ستیک، لگاریتمی، معکوس، توانی، نمایی) از فرم تابعی درجه سه پیروی می‌کند؛ بر همین اساس معادله مدل ML با کووریت‌های سطح اول (دانش‌آموز) و سطح دوم را می‌توان به صورت زیر صورت‌بندی کرد:

$$\theta_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}Gender_{ij} + \beta_{2j}^3AM_{ij} + e_{ij},$$

سطح اول

سطح دوم

$$\begin{aligned} \beta_{0j} = & \gamma_{00} + \gamma_{01}Resource + \gamma_{02}T.Gender + \gamma_{03}T.T.Math \\ & + \gamma_{04}T.JOB Sat + \gamma_{05}T.Und.Curr + \gamma_{06}T.Exp \\ & + u_{0j}, \end{aligned}$$

در جدول زیر شاخص‌های آماری بیزی مربوط به پارامترهای متغیرهای سطح اول و کووریت‌های سطح دوم گزارش شده است:

جدول ۳. اثرات متغیرهای سطح دوم و معناداری آنها شاخص‌های آمار بیزی پارامترهای واریانس

نمره خطا و واریانس مدرسه

پارامتر	$\bar{X}$	SD	MCSE	MD	فاصله اطمینان 95% بیزی
$\sigma_{\theta}^2$	۰.۰۳۲۵	۰.۰۰۱۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۳۲۵	۰.۰۳۰۶ - ۰.۰۳۴۵
$\tau_{00}^2$	۰.۰۴۰۴	۰.۰۰۸۰	۰.۰۰۰۲	۰.۰۳۹۵	۰.۰۲۷۳ - ۰.۰۵۸۵
-2logL	۱۴۹۸۵/۰۰				
DIC	۱۵۳۹۹/۸۰				
اثرات ثابت	متغیرها	ضریب	فاصله اطمینان 95% بیزی		
$\gamma_{00}$	عرض از مبدأ	۱.۷۶۲	۳.۶۸۷	-۰.۱۷۲	
$\gamma_{01}$	منابع مدرسه	۰.۲۷۱	۰.۵۲۹	۰.۰۱۱	
$\gamma_{02}$	جنسیت معلم	-۰.۱۰۰	۱.۴۲۷	-۱.۶۲۷	
$\gamma_{03}$	سابقه تدریس ریاضی معلم	۰.۷۶۶	۱.۰۲۳	۰.۵۱۷	
$\gamma_{04}$	رضایت شغلی معلم	۰.۷۳۹	۱.۶۷۷	-۰.۱۸۴	

۰.۷۶۹	۱.۹۸۵	-۰.۴۷۰	ادراک معلم از برنامه درسی	$\gamma_{05}$
-۰.۸۰۸	۰.۳۶۲	-۲.۰۰۰	انتظارات معلم	$\gamma_{06}$
-۰.۰۰۴	۱.۹۴۳	-۱.۹۵۲	جنسیت	Gender
۰.۰۰۲۲	۰.۰۰۴۸	-۰.۰۰۰۳	نگرش به ریاضی	AM

بر اساس نتایج گزارش شده در جدول بالا همبستگی درون رده‌ای در داده‌های ریاضی تیمز پیشرفته ۲۰۰۸، این استنباط می‌شود که حدود ۵۵ درصد واریانس مشاهده شده در نمرات ریاضی به ویژگی‌های دانش‌آموز (جنسیت و نگرش به ریاضی) و ویژگی‌های مدرسه و معلم (منابع مدرسه، جنسیت معلم، سابقه تدریس ریاضی معلم، رضایت شغلی معلم، ادراک معلم از برنامه درسی، انتظارات معلم) برمی‌گردد. همانطور که در جدول بالا مشاهده می‌شود، مقدار اثر هر یک از کووریت‌های سطح دانش‌آموز و مدرسه و همچنین فاصله اطمینان ۹۵ درصد بیزی برای هر کووریت نشان می‌دهد که در مدل ML از متغیرهای سطح اول (دانش‌آموز) هیچکدام از متغیرها و از متغیرهای سطح دوم (مدرسه) تنها متغیرهای منابع مدرسه برای درس ریاضی و سابقه تدریس ریاضی معلم در سطح اطمینان ۹۵ درصد بیزی معنادار است.

### نتیجه گیری

نتایج تحلیل و محاسبه تغییر در متغیر وابسته ( $\theta_{ij}$ ) در «مدل صفر» نشان داد که ضریب همبستگی درون رده‌ای غیر شرطی در داده‌های ریاضی تیمز پیشرفته ۲۰۰۸، حدود ۱۲٪ واریانس در نمرات ریاضی دانش‌آموزان را تبیین می‌کند، و بنابراین ۱۲ درصد واریانس نمرات ریاضی دانش‌آموزان ناشی از تفاوت بین مدارس است. نتایج حاصل بدان معنا است که تقریباً در حدود ۱۲ درصد از تغییرات واریانس نمرات ریاضی دانش‌آموزان به مدرسه‌ای برمی‌گردد که در آن تحصیل می‌کنند. مقدار بدست آمده هر چند پایین است ولی نشان دهنده آن است که آشیانه‌ای در نظر گرفتن ساختار داده‌ها ارزش عملی و معناداری دارد و بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مشاهدات مستقل نیستند. از منظر دیگر، بافت آموزشی که دانش‌آموز در آن مشغول به تحصیل است از مدرسه‌ای به مدرسه‌ای دیگر متفاوت است ولی حدود تغییرات (۱۲ درصد) آنچنان بالا و قابل اعتنا نیست و می‌توان به دیده اغماض به آن نگریست. ولی نتایج تحلیل مدل با کووریت‌های سطح دانش‌آموز نشان داد که ۳۸ درصد و مدل با کووریت‌های سطح دانش‌آموز و سطح مدرسه و معلم حدود ۵۵ درصد از واریانس نمرات ریاضی دانش‌آموزان ناشی از تفاوت بین مدارس است. مطالعات و پژوهش‌های متعددی برای پاسخگویی به این مسئله که چقدر از واریانس پیشرفت تحصیلی در درس ریاضیات ناشی از تفاوت‌های سطح مدرسه است انجام گرفته‌اند. نتایج این مطالعات گویای آن است که نسبت واریانس تبیین شده توسط تفاوت‌های سطح مدرسه در کشورهای مختلف متغیر است. نتایج مطالعه پارک و پارک ۱ (۲۰۰۶) در کره جنوبی نشان داد که حدود ۴٪ واریانس کل پیشرفت تحصیلی در درس ریاضی به عوامل سطح مدرسه مرتبط است. در مقابل، این درصد برای دانش‌آموزان آفریقای جنوبی برابر ۵۵٪ (هاوی ۲، ۲۰۰۶) گزارش شده است. به همین ترتیب، بر اساس گزارش فالارتون ۳ (۲۰۰۴)، عوامل سطح مدرسه در آزمون‌های تیمز ۱۹۹۵ و ۱۹۹۹ به ترتیب ۲۷٪ و ۴۷٪ واریانس پیشرفت تحصیلی ریاضی دانش‌آموزان استرالیایی را تبیین

- 
- 1 . Park & Park
  - 2 . Howie
  - 3 . Fullarton

می‌کند. در سنگاپور، ۴۵٪، در بوتسوانا، ۲۷٪، در شیلی، ۳۵٪ و فلندرز، ۱۴٪ واریانس پیشرفت تحصیلی ریاضی ناشی از عوامل سطح مدرسه است (چیپت، ۲۰۰۸؛ محمدپور و همکاران، ۲۰۰۹؛ رامیرز، ۲۰۰۶؛ ون دن براک و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج حاصل از تحلیل چندسطحی داده‌های آزمون ریاضی با رویکرد کلاسیک آزمون بیش از همه گویای آن است که متغیرهای معنادار در مدل عمدتاً به ویژگی‌های معلم (سابقه تدریس ریاضی معلم، سابقه تدریس فیزیک معلم، ادراک معلم از برنامه درسی و تعامل معلم در مدرسه) و ویژگی‌های مدرسه (منابع و امکانات برای درس فیزیک) مربوط است. پیشینه نظری نشان می‌دهد که معلم نقشی اساسی در فرایند یاددهی-یادگیری به عهده دارد و ویژگی‌های معلم از قبیل انگیزش و میزان علاقه‌مندی به تدریس، ویژگی‌های شخصیتی و صلاحیت‌ها و مهارت‌های شغلی و حرفه‌ای، جنسیت معلم، سابقه تدریس معلم، رضایت شغلی معلم، ادراک معلم از برنامه درسی، انتظارات معلم، و میزان تعامل معلم در مدرسه در کمیت و کیفیت تدریس وی مؤثر بوده و این ویژگی‌ها به طور مستقیم یا غیرمستقیم، زمینه شکست و موفقیت تحصیلی دانش‌آموزان را فراهم می‌سازد (سلسیلی، ۱۳۷۷؛ سرمدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ مولیس و همکاران، ۲۰۰۳؛ میر، مولنز، مور و رالف، ۲۰۰۰). به طور کلی، با توجه به یافته‌ها می‌توان گفت که معلم نقش ویژه‌ای در پیشرفت تحصیلی درس ریاضی و فیزیک دانش‌آموزان دارد و این نتایج، با پژوهش‌های انجام شده توسط مارتین و همکاران (۲۰۰۴) سازگاری داشته و نشان می‌دهد که متغیرهای مرتبط با معلم مانند سابقه تدریس، مهارت حرفه‌ای و علاقه به علوم فیزیکی و ریاضی، به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان تأثیر دارد. همچنین در مدل مفهومی ارائه شده به وسیله دارلینگ-هاموند (۲۰۰۰) سطح تحصیلات معلم، سابقه تدریس و مهارت حرفه‌ای بر کیفیت تدریس معلم اثر دارد که به نوبه خود بر

- 
- 1 . Botswana
  - 2 . Flenders
  - 3 . Chepete
  - 4 . Ramírez
  - 5 . Van den Broeck et al.
  - 6 . Mayer, Mullens, Moore, & Ralph
  - 7 . Darlinghammond

پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در درس ریاضی و علوم فیزیکی تأثیر می‌گذارد. در مورد بررسی اثر مستقیم تجارب آموزشی و ویژگی‌های معلم بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان ایرانی شرکت‌کننده در آزمون تیمز در درس علوم فیزیکی، نتایج نشان دهنده اثر مستقیم معنادار تجارب آموزشی و ویژگی‌های معلم بر پیشرفت تحصیلی است که این نتایج با نتایج تحقیقات هاوی (۲۰۰۶)، هونگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) که مبتنی بر تأثیر تجارب آموزشی معلم بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان شرکت‌کننده در آزمون تیمز است، همسو است. با توجه به آنکه پژوهشگر در روند جمع‌آوری داده‌ها هیچ نقشی نداشته و به بیانی دیگر تحلیل‌های مورد نظر بر روی داده‌های ریاضی آزمون تیمز پیشرفته ۲۰۰۸ انجام شده است، تعمیم نتایج به رشته‌های دیگر و یا مقاطع تحصیلی ابتدایی و راهنمایی باید با احتیاط صورت پذیرد. نظر به اینکه جامعه آماری سایر آزمون‌های تیمز که در پایه‌های سوم راهنمایی و چهارم ابتدایی در کشورها برگزار می‌شود و کشورهای بیشتری در آن شرکت دارند بیشتر است، پیشنهاد می‌شود که پژوهش حاضر برای داده‌های برخاسته از چنین پروژه‌هایی نیز تکرار شود تا با دقت بیشتری بتوان اثر مدرسه و میزان تفاوت بین مدارس کشور را در مقاطع مختلف تحصیلی آشکار ساخت.

## منابع

- سرمد، زهره، بازرگان، عباس، حجازی، الهه. (۱۳۸۴). روش‌های تحقیق در علوم رفتاری. تهران. نشر آگاه.
- سرمدی، محمدرضا؛ صیف، محمدحسن؛ طالبی، سعید؛ عابدی، صمد. (۱۳۸۹). بررسی عوامل همبسته با پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان سوم راهنمایی بر اساس نتایج آزمون TIMSS-R و ارائه الگوی تحلیل مسیر برای بررسی تأثیر هر یک از عوامل بر پیشرفت تحصیلی. مجله رویکردهای نوین آموزشی. سال پنجم. شماره یک، شماره پیاپی ۱۱.
- سلسبیلی، نادر (۱۳۷۷). تحلیلی از نتایج دانش‌آموزان ایرانی سومین مطالعه بین‌المللی ریاضیات و علوم (TIMSS). تهران: پژوهشکده تعلیم و تربیت.
- شارع‌پور، محمود (۱۳۸۶). جامعه‌شناسی آموزش و پرورش. تهران: انتشارات سمت.
- کریمی، عبدالعظیم (۱۳۸۸). مجموعه سؤال‌های علوم و ریاضیات تیمز TIMSS (پایه سوم راهنمایی). تهران: پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش.
- کریمی، عبدالعظیم (۱۳۸۷b). تیمز: گزارش اجمالی مهمترین یافته‌های ملی و بین‌المللی تیمز ۲۰۰۷ در مقایسه با تیمز ۹۵، ۹۹ و ۲۰۰۳. تهران: پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش.
- Abd, M. N., Othman, R., Mohammadpour, E. (2011). Multilevel analysis of achievement in mathematics of Malaysian and Singaporean students. *Journal of Educational Psychology and Counseling*, volume 2, PP.285-304.
- Chepete, P. (2008). Modeling of the Factors Affecting Mathematical Achievement of Form 1 Students in Botswana based on the 2003 Trends in International Mathematics and Science Study. Unpublished Doctor of Philosophy, Indiana University.
- Coleman, J. S., Compbell, E. Q., Hobson, C. J., Mcpartland, J., Mood, A. M., Weinfeld, F. D., et al. (1966). Equality Of Educational Opportunity. Washington DC: Department of Helth, Education & Welfare Office of Education.
- Darling-hammond, L. (2000). Teacher quality and student achievement: Review of state policy evidence. *Education Policy Analysis Archives*, 8(1), 5872.
- Feldman, S. (2001). Closing the Achievement Gap. *American Educator* 25(3): 7-9.
- Fullarton, S. (2004). Closing the gaps between schools, accounting for variation in mathematics achievement in Australian schools using TIMSS 95 and TIMSS 1999. Paper presented at the The 1st IEA International Research Conference, IRC-2004

- Ganzeboom, H.B.G., Treiman, D.J., and Ultee, W. (1991). Comparative intergenerational stratification research: Three generations and beyond, *Annual Review of Sociology*, 17: 277-302.
- Golstein, H. (1999). *Multilevel Statistical Models*. London: Institute of Education, Multilevel Models Project.
- Hong, H, K. (2006). Program in cultural and educational policy studies. Enschede: Doctoral Dissertation, University of Chicago.
- Howie, S. (2006). Multi-level Factors Affecting the Performance of South African Pupils in Mathematics. In S. Howie & T. Plomp (Eds.), *Contexts of Learning Mathematics and Science*(pp.157-176): Routledge.
- Hox, J. J. (2002). *Multilevel Analysis Techniques and Applications*: Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Jencks, C., Smith, M. S., Ackland, H., Bane, M. J., Cohen, D., Grintlis, H. et al. (1972). *Inequality*. New York: Basic Books.
- Kerckhoff, A.C. (1995). Institutional arrangements and stratification processes in industrial societies, *Annual Review of Sociology*, 15: 323-347.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., & Chrostowski, S. J. (2004). *TIMSS 2003 International Science Report*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Mayer, D. P., Mullens, J. E., Moore, M. T., & Ralph, J. (2000), *Monitoring school quality: an indicators report*. Washington, D. C.: National Center for Education Statistics. Retrived March 14, 2007 from <http://nces.ed.gov/pubs2001/2001030.pdf>
- Mohammadpour, I., Moradi, G. F., & Najib Abdul Ghafar, M. (2009). Modeling affecting factors on mathematics performance for Singaporean eight-grades students based on TIMSS 2007. Paper presented at the Proceedings of 2009 International Conference on Social Science and Humanities (ICSSH 2009), Singapore.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Smith, T. A., Garden, R. A., Gregory, K. D., Gonzalez, E. J., Chrostowski, S. J., & O'Conner, K. M. (2003). *TIMSS assessment framework and specifications 2003* (2nd ed.). Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Park, C, & Park, D. (2006). Factors Affecting Korean Students' Achievement in TIMSS 1999. In S. Howie & T. Plomp (Eds.), *Contexts of Learning Mathematics and Science*: Routledge.
- Ramírez, M. J. (2006). Factors Related to Mathematics Achievement in Chile. In S. Howie & T. Plomp (Eds.), *Contexts of Learning Mathematics and Science*: Routledge.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Application and data analysis methods* (Second ed.): Thousand Oaks, CA: Sage.
- Schmidt, W.H., & Maier, A. (2009). Opportunity to Learn. In Sykes, G., Schneider, B., & Plank, D.N (Eds.), *Handbook of Educational Policy* (p. 541-559). New York, NY: Routledge.

- Van den Broeck, A., Van Damme, J., & Opdenakker, M. C. (2006). The Effects of Student, Class and School Characteristics on TIMSS 1999 Mathematics Achievement in Flanders. In S. Howie & T. Plomp (Eds.), *Contexts of Learning Mathematics and Science*: Routledge.
- Zhao, N.N., Valcke, M., Desoete, A., Verhaeghe, J. (2012). The quadratic relationship between socioeconomic status and learning performance in China by multilevel analysis: Implications for policies to foster education equity. *International Journal of Educational Development*, 32 . 412–422.