

The Impact of Inductive and Analogical Teaching Methods on Students' Mathematic Scores in Islamic Azad University of Maragheh

تأثیر دو شیوه تدریس استقرایی و قیاسی بر نمرات ریاضی دانشجویان دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

Siyamac Ashrafi

Islamic Azad University, Maragheh Branch

Khosro Jahanseir

Islamic Azad University, Maragheh Branch

سیامک اشرفی*

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

خسرو جهان‌سیر

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

Abstract

290 students were selected (out of 1127 students) by classified sampling according to Morgan classification in analysis of sexuality and academic discipline, in order to compare the impact of inductive and analogical teaching methods on students' math scores. Pre- test and post- test was conducted and data analysis was done by dependent t-test, independent t-test and ANOVA. Findings indicated that there are significant difference in both methods between pre-test and post-test, But there was no significant difference based on gender. In addition, there was significant difference between various academic discipline and using analogical teaching, but there was not any significant difference between applying inductive teaching methods in various majors.

Keywords: inductive teaching method, analogical teaching method, mathematic.

چکیده

در مقایسه دو شیوه تدریس استقرایی و قیاسی بر نمرات ریاضی دانشجویان از ۱۱۲۷ نفر جامعه آماری براساس جدول مورگان به تفکیک جنسیت و رشته تحصیلی، ۲۹۰ نفر به روش نمونه‌گیری طبقه‌ای انتخاب شدند. برای سنجش تأثیر دو روش تدریس از آزمودنی‌ها دو آزمون (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) به عمل آمد. با توجه به فرضیه‌های پژوهش اطلاعات حاصل براساس T وابسته، T مستقل و تحلیل واریانس تجزیه و تحلیل گردید و این نتایج حاصل شد. در مقایسه دو شیوه تدریس استقرایی و قیاسی از روی پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو شیوه تدریس مشاهده گردید، ولی تفاوتی بین دختران و پسران در دو شیوه تدریس مشاهده نگردید. بین رشته‌های مختلف تحصیلی دانشجویان در بهره‌گیری از شیوه تدریس قیاسی تفاوت معناداری دیده شد، ولی این تفاوت در به‌کارگیری شیوه استقرایی در رشته‌های مختلف تحصیلی دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: روش تدریس استقرایی، روش تدریس قیاسی، نمرات ریاضی.

مقدمه

گفت که تدریس به‌عنوان یک فرایند علمی می‌تواند بنیانی برای درک در عین حال عمل تدریس فراهم آورد و معلم و شاگرد همچون دانشمندانی هستند که از روش علمی برای شناخت و اکتشاف بهره می‌گیرند و در این راه از خلاقیت و شهود و بصیرت سود می‌جویند و به شغف ناشی از ابداع دست می‌یابند (موسی‌پور، ۱۳۷۶).

یک الگوی تدریس توصیف یک محیط یادگیری است. الگوهای تدریس همان الگوها و روشهای یادگیری هستند (بهرنگی، ۱۳۷۶). استادان با کفایت نیز می‌دانند که الگوها و شیوه‌های تدریس، ابزار اصلی برای یادگیری هستند و آگاهی و به‌کارگیری از الگوهای مختلف تدریس آنها را به‌عنوان معلم کارآمد مطرح ساخته و توانایی آنها را در متناسب کردن آموزش با سطح علمی فراگیران افزایش می‌دهد. بیشتر مطالعات نشان داده است که اگر نحوه یادگیری دانشجویان با شیوه تدریس استادان جور باشد، انگیزه یادگیری تقویت شده و پیشرفت تحصیلی، بهتر خواهد بود (برون و گراشا^۵، ۱۹۹۶). الگوهای تدریس را می‌توان در چهار خانواده، که هر خانواده به استادان یاری می‌دهد تا میزان یادگیری فراگیران را افزایش دهند، گروه‌بندی کرد. این چهار خانواده عبارت از خانواده اجتماعی، خانواده پردازش اطلاعات، خانواده فردی و خانواده سبک‌های رفتاری هستند (بهرنگی، ۱۳۸۱).

دو روش تدریس قیاسی (قاعده به مثال)^۶ و استقرایی (مثال به قاعده)^۷ از خانواده پردازش اطلاعات هستند که در یادگیری به‌خصوص یادگیری دروس ریاضی کاربرد گسترده دارند. تدریس و یادگیری به روش استقرایی راهبرد مناسبی برای ایجاد انگیزه به شکلی اثربخش است. در این شیوه تدریس به جای شروع آموزش با اصول کلی و سپس بررسی تدریجی کاربردهای آن، با تفسیر مجموعه‌ای از مشاهدات یا داده‌های آزمایشی، تحلیل یک مطالعه موردی یا حتی یک مسأله از جهان واقعی شروع می‌شود. وقتی دانشجویان داده‌ها را تحلیل یا مسائل را حل می‌کنند، به دانستن حقایق (جنبه انگیزشی یادگیری)، قواعد، روشها و اصول راهنمایی نیاز می‌شود و این خود نیروی محرکه‌ای برای یادگیری موضوع است که هدف اصلی تدریس به‌شمار می‌رود (پرنس و فلدر^۸، ۲۰۰۶). تدریس استقرایی واژه‌ای وسیع است و طیف گسترده‌ای از روشهای آموزش مشتمل بر یادگیری مانند شیوه

ما در عصر توانایی و فناوری اطلاعات^۱ و ارتباطات^۲ به‌سر می‌بریم؛ مؤلفه‌های مختلف در آموزش و پرورش معنای جدید و تعلیم و تربیت معنای جهانی پیدا کرد و روشهای تدریس نوین مطرح شده است. مطالعه اثربخشی شیوه‌های تدریس بیش از نیم قرن است که در آموزش عالی مورد توجه متخصصان تعلیم و تربیت قرار گرفته است (کلینز و همکاران^۳، ۲۰۰۰). یادگیری فردی، گروهی و مشارکتی جایگاه خاصی پیدا کرده است. ارزشیابی سنتی از پیشرفت تحصیلی دچار مشکل شده و این نکات نقش معلم و دانش‌آموز را دگرگون کرده است. در این فضا معلم به‌جای صرف انتقال مطالب؛ رهبر، تسهیل‌کننده و روشن‌گر است (مهرمحمدی، ۱۳۷۹). دانش‌آموز هم به مثابه فردی جست‌وجوگر، سازنده، پدیدآورنده آثار، متفکر، خلاق، خودرهبر، تصمیم‌گیرنده، مشکل‌گشا و پژوهنده است (ملکی، ۱۳۸۱). تحقق یادگیری مطلوب با این ویژگی‌ها و نشانه‌ها نیازمند تغییر در رویکرد تدریس و ارزشیابی است. تدریس باید از نتیجه‌محوری به فرایند‌محوری تغییر یابد (شعبانی، ۱۳۸۲).

تدریس عبارت از تعامل یا رفتار متقابل دانش‌آموز و معلم براساس طراحی منظم و هدفدار برای ایجاد تغییر در رفتار دانش‌آموزان است. این تعریف دو ویژگی خاص برای تدریس را مشخص می‌کند: وجود تعامل یا رابطه متقابل بین معلم و شاگرد و هدفدار بودن فعالیت‌های معلم.

همچنین تدریس خود دارای سه جزء است:

۱- عملکرد مشترک معلمان در تدریس رشته‌های علمی که یک جزء اساسی است.

۲- عملکردهای معلم که خاص یک رشته معین است و آن را عنصر محتوای مخصوص می‌نامیم.

۳- مفاهیمی که مبین عملکرد و جریان یادگیری و رشد دانش‌آموز است و آن را عنصر نظری می‌نامیم (شعبانی، ۱۳۷۱).

رفتار تدریسی منعکس‌کننده اعتقادات و ارزشهایی است که معلم برای نقش فراگیرنده در تعامل و تبادل یادگیری تأمل است (آنتونی و گراشا^۴، ۱۹۹۶). هسته اصلی فرایند تدریس ایجاد محیط‌هایی است که در آن شاگردان بتوانند تعامل داشته باشند و نحوه یادگیری را بررسی نمایند (بهرنگی، ۱۳۷۶). هدف اصلی تدریس یادگیری است. بر این اساس می‌توان

1. Information Technology (IT)

3. Caillies & et al

5. Brown & Grasha

7. Inductive

2. Communication Technology (ICT)

4. Anthony & Grasha

6. Analogical

8. Prince & Felder

قدرت استدلال و توانایی کلامی بیشتری دارد، افراد با توانایی ذهنی کمتر در استفاده از این روش تدریس با اشکال روبه‌رو می‌شوند. هی‌وود^{۱۱} (۱۹۹۲) نیز اظهار می‌دارد که دو روش استقرایی و قیاسی در شرایط و امکانات آموزشی یکسان بر دیگری برتری ندارند، اما در محیط‌های با امکانات آموزشی متفاوت دانش‌آموزانی که استعداد و توانایی کمتری داشته‌اند، روش قاعده به مثال بهتر بوده است، اما دانش‌آموزانی که استعداد و توانایی بالاتری دارند روش مثال به قاعده مؤثرتر است. آرمسترون^{۱۲} (۱۹۷۴) در نتایج تحقیق خود نشان داده است که آزمودنی‌های با توانایی ذهنی بیشتر از روش ترکیبی بهتر استفاده می‌کنند.

الدريج^{۱۳} (۱۹۶۵)، گاتری^{۱۴} (۱۹۶۷) و گانیسه و براون^{۱۵} (۱۹۶۱) معتقدند عامل پیش‌بینی‌کننده در خصوص تأثیر دو شیوه تدریس (مثال به قاعده و قاعده به مثال)، با دشواری و پیچیدگی قواعدی که آموزش داده می‌شوند، در ارتباط است. مکنی^{۱۶} (۱۹۷۶) اعلام می‌دارد که این سؤال که یک مطلب با چه روشی بهتر یاد گرفته می‌شود، بستگی کامل به نوع مطلب دارد. یافته‌های پژوهش‌های دیگر نشان داده که شرایط تکالیف پیچیده، عملیات حل مسأله‌شناختی و فرایند یادگیری را با مشکلاتی روبه‌رو می‌سازد (جاروس^{۱۷}، ۲۰۰۱). زیمرمن و مارتینز^{۱۸} (۲۰۰۱) معتقدند که روش مثال به قاعده در تدریس قوانین و کارهای ساده کاملاً موفقیت‌آمیز است، اما در مورد قوانین مشکل و پیچیده کمتر موفق بوده است.

علی‌رغم هر دو تنوع الگوهای تدریس، صاحب‌نظران در حیطه یادگیری اتفاق نظر دارند که یادگیری فرایندی فعال و سازنده است و فراگیران، بالقوه قادر به مهار و تنظیم فرایند یادگیری هستند (ولترز، پینتریچ، کارابینیک^{۱۹}، ۲۰۰۳). فراگیران می‌توانند بر جنبه‌های متفاوت شناختی، انگیزشی، رفتاری و نیز محیط پیرامون خود، نظارت نظم‌دهی را اعمال نمایند (ولترز، ۱۹۹۹). با توجه به این دیدگاهها، محتوای تدریس، سن و توانایی ذهنی یادگیرنده و فراگیران در میزان یادگیری حاصل از

کاوشگری، یادگیری مبتنی بر پروژه، یادگیری مسأله‌محور، یادگیری اکتشافی و غیره را در برمی‌گیرد (بیگز^۱، ۱۹۹۶).

فراگیر محور بودن، ویژگی شاخص این‌گونه روشها در تدریس است، بدین معنا که مسؤلیت در فرایند یاددهی-یادگیری بر عهده فراگیر است تا مربی. برخی از ویژگیهای مشترک رویکردهای استقرایی در آموزش عبارت‌اند از: حرف بدفهمی‌ها (سوء برداشت‌ها)، گرایش تشابه‌ها بین محیط آموزش و محیط کار، رشد ذهنی با کاربست رویکرد عمیق یادگیری، رشد فراشناختی و ساختگرایی است (برانسفورد و برون^۲، ۲۰۰۰؛ اوակلی و همکاران^۳، ۲۰۰۴؛ و فلدر و برنت^۴، ۲۰۰۵).

آزوبل^۵ (۲۰۰۰) مشخصه این روش را ارائه نکردن تمام و کامل محتوای مورد یادگیری و کشف مفهومی که مستقیماً عرضه نمی‌شود، می‌داند. برونر^۶ (۱۹۸۵) ناهماهنگی در مورد آموزش و چاره‌جویی یادگیرنده در رفع این ناهماهنگی را مقدمه کشف دانسته، ارائه مثال‌های متضاد را پیشنهاد می‌کند. اما در روش قیاسی (قاعده به مثال)، با ارائه قاعده و مفهوم کلی مورد نظر، تدریس شروع و سپس مثالهای مناسب و در رابطه با موضوع ارائه می‌شود (شعاری‌نژاد، ۱۳۶۳). هدف از چنین آموزشی، رسیدن به مهارت و توانایی است. در این شیوه معلم بیشترین فعالیت و نقش را به عهده دارد (هاگ^۷، ۱۹۸۵). شاید بتوان مهمترین ضعف‌های این شیوه را ضعف انگیزشی فراگیران برای استفاده از این موضوع در درسهای بعدی یا در مشاغل آینده و همچنین تبیین نشدن پدیده‌های جهان واقعی با استفاده از الگوهای به دست آمده دانست (پرنس و فلدر^۸، ۲۰۰۶). اما واقعاً از این دو روش تدریس (استقرایی و قیاسی)، کدام یک می‌تواند شیوه مناسبی برای تدریس به‌خصوص تدریس دروس ریاضی باشد؟

تحقیقاتی که در این خصوص انجام گرفته، نتوانسته است پاسخ مناسبی به این دو سؤال بدهد و دانشمندان نتوانستند دلایل قانع‌کننده‌ای را ارائه نمایند. کسانی چون کوران^۹ (۱۹۷۱) و هانت^{۱۰} (۱۹۹۲) معتقدند که شیوه مثال به قاعده نیاز به

1. Biggs
3. Oakley & et al
5. Ausubel
7. Hugh & Gethin
9. Koran
11. Heywood
13. Eldrege
15. Gunue & Brown
17. Jarus
19. Wolters, Pintrich & Karabenick

2. Bransford & Brown
4. Felder & Brent
6. Bruner
8. Prince & Felder
10. Hunt
12. Armstron
14. Guthrie
16. Meconi
18. Zimerman & Martinez

رشته‌های یاد شده، نمونه‌ها به تفکیک جنس به صورت تصادفی انتخاب شدند.

ابزار اندازه‌گیری

با توجه به هدف پژوهش که مقایسه دو روش استقرایی (مثال به قاعده) و قیاسی (قاعده به مثال) در پیشرفت تحصیلی (نمره) ریاضی بود، استادان درس ریاضی آزمون‌هایی تدوین کردند تا بتوانند به خوبی پیشرفت تحصیلی درس ریاضی دانشجویان را قبل و بعد از اعمال دو شیوه تدریس استقرایی و قیاسی مورد سنجش قرار دهد. مدرسان دروس ریاضی با هماهنگی یکدیگر برای سنجش نمره ریاضی اقدام به تدوین سؤالات مربوط به آزمون کردند. آزمون‌ها و پرسشنامه سنجش نمره ریاضی دانشجویان بعد از طراحی مدرسان دروس ریاضی، برای اظهار نظر در اختیار چند متخصص علوم تربیتی و ریاضی قرار گرفت. بعد از اصلاح نظر متخصصان، روایی آن مورد تأیید نهایی قرار گرفت. پایایی پرسشنامه‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون نیز با روش آلفای کرونباخ محاسبه و میزان پایایی پرسشنامه‌های سنجش نمره ریاضی ۰/۷۰ و ۰/۷۶ به دست آمد. روشهای آماری تجزیه و تحلیل آزمون‌ها، T مستقل و وابسته و تحلیل واریانس هستند.

نتایج

فرضیه ۱- در مقایسه روش استقرایی تفاوت معناداری بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود دارد. در این فرضیه، تفاوت بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون شیوه استقرایی در نظر گرفته شده و از طریق آزمون T وابسته به یک گروه این تفاوت نشان داده شده است که در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱- تفاوت بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون روش استقرایی

روش	گروهها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای انحراف معیار
استقرایی	پیش‌آزمون	۱۶۰	۵/۴۹۰	۲/۷۴۸	۰/۲۱۷
	پس‌آزمون	۱۶۰	۱۲/۲۹۸	۳/۷۳۰	۰/۲۹۴

T محاسبه شده	درجه آزادی	سطح معناداری
۲۵/۲۷۳	۱۵۹	/۰۰۰
۴۱/۷۰۴	۱۵۹	/۰۰۰

هر شیوه تدریس می‌تواند بسیار مؤثر باشد. رایت (۱۹۷۹) بر این نکته تأکید دارد که بهترین روش تدریس برای یک آزمودنی، ممکن است برای آزمودنی دیگر بهترین نباشد و این تفاوت می‌تواند مربوط به خصوصیات ذهنی و یا احساسات یادگیرنده باشند. تأثیر خصوصیات یادگیرنده، در میزان یادگیری حاصل از دو شیوه تدریس استقرایی و قیاسی مورد توجه قرار نگرفته است، در حالی که امکان دارد هر دو شیوه تدریس، برای یادگیرنده‌های مختلف مؤثر باشند.

با توجه به مطالب و نظرات متفاوت پژوهشگران نکته‌ای که اهمیت دارد، اینکه به‌کارگیری این دو شیوه تدریس در دروس ریاضی دانشگاهی چگونه جواب می‌دهد. آیا در تدریس ریاضی، یکی از شیوه‌های تدریس بر دیگری برتری و ارجحیت دارد یا نه؟ آیا برای به‌کارگیری از آنها شرایط ویژه و خاصی وجود دارد؟ کدام شیوه در رشد تفکر فراگیران تأثیر دارد؟

روش پژوهش

جامعه آماری، کلیه دانشجویان دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه هستند که واحد درس ریاضی را در نیمسال اول ۸۶-۸۵ انتخاب کرده و تعداد آنها ۱۱۲۷ نفر است. برای انتخاب نمونه‌ها از جامعه آماری از شیوه نمونه‌گیری طبقه‌ای استفاده شده است. با توجه به اینکه در انتخاب نمونه آماری، جنسیت و رشته تحصیلی مطرح بوده با توجه به رشته تحصیلی و سپس جنسیت، دانشجویانی به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. لذا از ۱۱۲۷ نفر جامعه آماری براساس جدول مورگان ۲۹۰ نفر انتخاب شدند. با توجه به اینکه دروس ریاضی در رشته‌های مهندسی عمران (پیوسته و ناپیوسته)، اقتصاد، زمین‌شناسی، مهندسی کشاورزی، معماری، علوم دامی، مهندسی معدن و علوم اجتماعی جزو دروس الزامی است، از

فرضیه ۲- در مقایسه روش قیاسی تفاوت معناداری بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود دارد. در این فرضیه، تفاوت بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون شیوه قیاسی در نظر گرفته شده و از طریق آزمون T وابسته به یک گروه این تفاوت نشان داده شده است که در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

فرضیه ۳- بین دختران و پسران در نمرات پس‌آزمون شیوه استقرایی تفاوت معناداری وجود دارد.

برای آزمایش این فرضیه از T مستقل، برای نشان دادن تفاوت استفاده شده که در جدول ۳ آمده است.

فرضیه ۴- بین دختران و پسران در نمرات پس‌آزمون شیوه قیاسی تفاوت معناداری وجود دارد.

برای آزمایش این فرضیه نیز از T مستقل، برای نشان دادن تفاوت استفاده شده که در جدول ۴ نتایج آن آمده است.

جدول ۲- تفاوت بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون روش قیاسی

روش	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای انحراف معیار
قیاسی	پیش‌آزمون	۱۳۰	۶/۵۰۱	۳/۳۸۸	۰/۲۹۷
	پس‌آزمون	۱۳۰	۱۲/۲۱	۳/۷۵۴	۰/۳۲۹
T محاسبه شده					
درجه آزادی					
سطح معناداری					
۲۱/۸۸۱					
۳۷/۰۸۵					

جدول ۳- تفاوت دختران و پسران مربوط به پس‌آزمون شیوه استقرایی

روش	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای انحراف معیار
استقرایی	مرد	۱۴۶	۱۲/۲۴۴	۳/۸۵۸	۰/۳۱۹
	زن	۱۴	۱۲/۸۵۷	۱/۹۴۵	۰/۵۲۰
T محاسبه شده					
درجه آزادی					
سطح معناداری					
-۱/۰۰۳					
۱۸۰/۳۴					

جدول ۴- تفاوت دختران و پسران مربوط به پس‌آزمون شیوه قیاسی

روش	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای انحراف معیار
قیاسی	مرد	۱۰۷	۱۲/۱۵۱	۳/۵۰۰	۰/۳۳۸
	زن	۲۳	۱۲/۴۸۹	۴/۸۴۷	۱/۰۱۰
T محاسبه شده					
درجه آزادی					
سطح معناداری					
-۰/۳۹۰					
۱۵۳/۱۳					

فرضیه ۵- در به کارگیری شیوه قیاسی در بین رشته‌های تحصیلی مختلف تفاوت معناداری دیده می‌شود. برای آزمایش این فرضیه از تحلیل واریانس یکسویه استفاده شده تا تفاوت‌ها از شیوه مقایسه‌های تبعی (پس از تجربه) نیز استفاده شده است.

جدول ۵- تفاوت تأثیر شیوه قیاسی در رشته‌های تحصیلی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	میانگین مجذورات	f به دست آمده	سطح معناداری
بین گروهی	۷	۲۳۳/۶۰۱	۳۳/۳۷۲		
درون گروهی	۱۲۲	۱۵۸۴/۷۰۶	۱۲/۹۸۹	۲/۵۶۹	۰/۰۱۷
جمع	۱۲۹	۱۸۱۸/۳۰۸			

جدول ۶- آزمون شفه برای رشته‌های تحصیلی

رشته تحصیلی	نمونه	$\alpha = 0/05$
معماری	۵	۹/۶۰۰
مهندسی برق	۱۵	۱۰/۶۱۶
علوم اجتماعی	۱۲	۱۰/۹۳۷
مهندسی ناپیوسته عمران	۱۵	۱۱/۳۳۳
مهندسی معدن	۱۹	۱۲/۱۰۵
مهندسی عمران	۴۱	۱۲/۵۴۸
مهندسی کشاورزی	۷	۱۴/۳۵۷
اقتصاد	۱۶	۱۴/۶۲۵

چنانکه ملاحظه می‌شود بین رشته‌های تحصیلی در پس‌آزمون شیوه قیاسی تفاوت معناداری وجود دارد، لذا برای مقایسه میانگین رشته‌های تحصیلی مختلف از آزمون مقابله شفه استفاده شد.

فرضیه ۶- در به کارگیری شیوه استقرایی در بین رشته‌های تحصیلی مختلف تفاوت معناداری دیده می‌شود. برای آزمایش این فرضیه همانند فرضیه قبل از تحلیل واریانس یکسویه استفاده شده تا تفاوت شیوه استقرایی در رشته‌های تحصیلی نشان داده شود.

چنانکه ملاحظه می‌شود در به کارگیری شیوه استقرایی در بین رشته‌های مختلف تفاوت معناداری دیده نمی‌شود.

جدول ۷- تأثیر شیوه استقرایی در رشته‌های تحصیلی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	میانگین مجذورات	f به دست آمده	سطح معناداری
بین گروهی	۹	۱۶۹/۳۱۷	۱۸/۸۱۳	۱/۳۸۱	۰/۲۰۱
درون گروهی	۱۵۰	۲۰۴۳/۱۲۰	۱۳/۶۲۱		
جمع	۱۵۹	۲۲۱۲/۴۳۷			

بحث و نتیجه‌گیری

در مقایسه روش استقرایی تفاوت معناداری بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود دارد.

به کارگیری روش تدریس استقرایی تأثیر توأم با موفقیت در پیشرفت تحصیلی (نمرات ریاضی) دانشجویان داشته است و این از مقایسه نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون ریاضی که از دانشجویان به عمل آمده نشان داده شده است.

لذا طبعاً با این تفاوت، روش استقرایی به عنوان یک روش نوین در نمرات ریاضی دانشجویان مؤثر است.

چنانکه ابوذری (۱۳۷۶) در پژوهش خود تحت عنوان «تأثیر روش تفکر استقرایی بر پیشرفت تحصیلی درس علوم» معتقد است که روش تفکر استقرایی بهترین نقش را برای آموزش خلاقیت و تفکر به فراگیران می‌تواند داشته باشد. پارسا (۱۳۷۴) در مقایسه دو روش جزء به کل و کل به جزء معتقد است که روش تدریس جزء به کل از روش کل به جزء موفق‌تر، مطالب کتابی را به فراگیران می‌فهماند. برونر (۱۹۹۶) و مایر (۲۰۰۳) و پرنس و فلدر (۲۰۰۶) از جمله خصوصیات روش استقرایی (مثال به قاعده) را انتقال بیشتر یادگیری،

در مقایسه روش قیاسی تفاوت معناداری بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود دارد.

استفاده از روش تدریس قیاسی نیز در پیشرفت تحصیلی (نمرات ریاضی) دانشجویان تأثیر داشته است و این امر از مقایسه نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون نتیجه گرفته شده است. عطاری (۱۳۷۹) دو روش تدریس استقرایی و قیاسی را در درس ریاضی پایه پنجم مقایسه کرده و نتیجه می‌گیرد که تدریس قواعد ریاضی به شیوه قاعده به مثال نتایج بهتری می‌دهد. دانکس و گاتر (۱۹۷۵) نتیجه گرفتند گروه‌هایی که پس از دریافت قاعده مثال‌هایی را نیز مشاهده می‌کردند، نسبت به سایر گروه‌ها از لحاظ یادگیری برتری نشان می‌دادند.

با وجود اینکه پژوهش‌های انجام شده روش قاعده به مثال قیاسی را مورد تأیید قرار دادند، ولی پژوهش‌هایی هم وجود داشته که تأثیر آنها را یکسان دانسته است.

آرمسترون (۱۹۷۴) به مطالعه دو شیوه و تعامل آن با توانایی هوش پرداخته و نشان داد که آزمودنی‌ها با توانایی ذهنی بیشتر از روش ترکیبی بهتر استفاده می‌کنند. هی‌وود (۱۹۹۲) به این نتیجه رسیده که دو روش در شرایط و امکانات آموزشی یکسان، بر دیگری برتری نداشتند. ایگان و گرینو (۱۹۷۳) هم قبلاً همین مورد را تأیید کرده و بعد از آزمون نهایی و تحلیل اطلاعات نشان دادند که تفاوت معناداری میان این دو شیوه وجود ندارد.

نتیجه اینکه با وجود تأیید تأثیر هر دو روش در نمرات ریاضی (پیشرفت تحصیلی) دانشجویان که مورد تأیید پژوهش‌های داخلی و خارجی و همچنین این پژوهش قرار گرفته است، به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که هر دو روش استقرایی و قیاسی در فراگیری و پیشرفت تحصیلی مؤثرند، ولی براساس شرایطی که در محیط آموزشی و خود فراگیران وجود خواهد داشت به‌کارگیری شیوه‌های تدریس استقرایی و قیاسی متفاوت خواهد بود. اهمیت این موضوع زمانی آشکار می‌شود که پژوهش‌های بی‌شماری این مطلب را تأیید کرده است.

هانن و نوی (۱۹۷۸) معتقد بودند سطح ادراک افراد می‌تواند تعیین‌کننده نوع روش تدریس باشد. بدین معنا که یادگیرنده‌های با ادراک بالاتر می‌توانند از خلال مثال، قاعده یا قانون مورد نظر را درک کنند، اما افراد با ادراک ضعیف‌تر، بیشتر روی ارائه مفاهیم از طرف دیگران تکیه می‌کنند.

هی‌وود (۱۹۹۲) هم معتقد است که در مورد دانش‌آموزانی که استعداد و توانایی کمتری داشته‌اند، روش قاعده به مثال (قیاسی) بهتر بوده است، اما برای دانش‌آموزانی که استعداد و

یادداری طولانی و حفظ استقلال و آزادی عمل یادگیرنده می‌دانند. ال نمر (۱۹۷۹) این شیوه آموزشی را سبب فعال شدن پیشرفت یادگیری در سه زمینه شناختی، روانی-حرکتی و عاطفی می‌داند. ورتن (۱۹۶۸) فرض کرده که جریانات استقرایی سبب افزایش یادسپاری مطالب می‌شود. او معتقد است ظاهراً جریان تشکیل مفاهیم فراگیران را قادر می‌سازد تا ساخت‌های ذهنی خود را که اطلاعات را نگاه می‌دارد، بهبود بخشند.

هیلاکسی (۱۹۸۷) تأثیر راهبرد استقرایی را در جمله‌سازی و انشانویسی فراگیران بررسی کرده و دریافته که میانگین گروه آزمایشی نسبت به گروه گواه که با شیوه سنتی تدریس می‌شدند، برتری دارند. اسمیت (۱۹۹۶) در پژوهش خود انتقال موفقیت‌آمیز مهارت‌های تدریس این الگو (روش استقرایی) از یک برنامه درسی به برنامه درسی دیگر را گزارش کرده است. او نشان داد که تدریس درس هنر به شیوه استقرایی-پژوهشی تأثیر بسزایی در مهارت‌های فکری دروس علوم پایه دارد.

جویس و همکاران او (۲۰۰۰) در یک پژوهش گسترده تأثیر معنادار این روش را در نوشته‌های فراگیران کلاس چهارم ابتدایی نشان دادند به‌صورتی که سطوح نوشتاری آنها تا سطح کلاس‌های هشتم (سوم راهنمایی) ارزیابی گردید. رودریگز و تبهل (۱۹۹۳) اظهار کردند که تدریس به روش استقرایی، باعث پیشرفت و ترقی مهارت‌های ارتباطی در بین دانش‌آموزان دو زبانه سال دوم ابتدایی می‌شود. اسپلنکر (به نقل از پیرولی و ریکر، ۱۹۹۴) اظهار داشته که آموزش استقرایی (مثال به قاعده) باعث ایجاد تفکر خلاق در فراگیران می‌شود. همچنین این آموزش، باعث به‌وجود آمدن مهارت‌هایی در فراگیران می‌شود که این مهارت‌ها برای کسب تجزیه و تحلیل اطلاعات مفید و مؤثر هستند و باعث فراگیری بهتر می‌شوند.

مک لئود و مک لئود (۲۰۰۳) از تحقیقات خود نتیجه گرفتند که تعامل معناداری بین تدریس استقرایی در زمینه استدلال عمومی و آزمون‌های یادگیری وجود دارد.

در هر حال بررسی‌های گسترده حمایت قوی را از شیوه تدریس استقرایی فراهم کرده است (برانسفورد، ۲۰۰۰). مقالات علمی نیز تأکید کرده که الگو و شیوه تدریس استقرایی فراگیران را به یادگیری عمیق ترغیب می‌کند (رامسون، ۲۰۰۳) و مبارزه‌طلبی که حاصل به‌کارگیری این شیوه تدریس است، زمینه را برای رشد عقلانی و فکری فراگیران فراهم می‌سازد (فیلور و برنیت، ۲۰۰۴).

چنانکه در این پژوهش نیز این تأثیر به‌طور عمیقی مورد تأیید قرار گرفته است و پژوهش‌های داخلی و خارجی انجام گرفته نتایج حاصل از این پژوهش را نیز تأیید می‌نمایند.

آزمودنی ممکن است برای آزمودنی دیگر بهترین نباشد اظهار می‌دارد که این تفاوت مربوط به خصوصیات ذهنی و احساسی یادگیرنده است. هانت و نوی (۱۹۷۸) نیز از جمله کسانی است که در زمینه آموزش متناسب با استعداد به مطالعه پرداخته‌اند. همچنین آرمسترون (۱۹۷۴) به مطالعه دو شیوه قاعده به مثال و مثال به قاعده و تعامل آن با توانایی هوشی پرداخت. هی‌وود (۱۹۹۲) نیز معتقد است که در دانش‌آموزانی که استعداد و توانایی کمتری داشته‌اند، روش قاعده به مثال بهتر بوده است، اما در دانش‌آموزانی که استعداد و توانایی بالاتری دارند روش مثال به قاعده مؤثرتر است. از سوی دیگر پژوهش‌هایی که دو روش تدریس را مقایسه نمودند به محتوای درسی و درس‌های متفاوت توجه داشته‌اند.

خلاصه این پژوهش جزو معدود پژوهش‌هایی است که به عواملی چون جنسیت و رشته تحصیلی توجه نموده است و در نهایت نشان داده شده که هر دو شیوه تدریس استقرایی و قیاسی در مردان و زنان متفاوت نیست.

در تأثیر شیوه استقرایی و قیاسی در بین رشته‌های تحصیلی تفاوت معناداری دیده می‌شود.

از عواملی که در مقایسه دو شیوه تدریس استقرایی و قیاسی در نظر گرفته شده، رشته‌های تحصیلی دانشجویان بوده است. در این پژوهش، تفاوت معناداری در تأثیر شیوه قیاسی در رشته‌های تحصیلی دانشجویان مشاهده گردیده در حالی که این تفاوت در تأثیر شیوه استقرایی دیده نشده است. البته سلطانی (۱۳۸۶) در بررسی شیوه‌های استقرایی تدریس و یادگیری در آموزش مهندسی نشان داده که پیامدهای مثبت استفاده از رویکردهای استقرایی در آموزش مهندسی اجتناب‌ناپذیر کرده است. ویژگی بارز این الگوهای تدریس دانشجویان محور بودن آنهاست. این مسأله نتایج انکارناپذیری در فعال ساختن محیط آموزشی، افزایش یادگیری و ارتقای مهارت‌های سطح بالاتری همچون تفکر انتقادی و خلاق و تحلیل‌گیری و همچنین بهبود یادگیری خودرهنر در فراگیران داشته است. اما چرا شیوه قیاسی در رشته‌های تحصیلی تفاوت معناداری داشته به این علت می‌تواند باشد که دانشجویان دوست دارند مواد درسی آنها از قبل سازمان‌یافته باشد و نیازی به فعال بودن و مبارزه‌طلبی آنها نباشد. معمولاً شیوه‌های جزء به کل برای افرادی مناسب است که دارای انگیزه شخصی بوده و مایل هستند مواد درسی را شخصاً سازمان دهند و خود نقش فعالی را در فرایند یادگیری ایفا نمایند. از طرف دیگر روشهای تدریس کنونی در دانشگاهها بیشتر بر پایه محفوظات استوار بوده و دو عامل مهم در آموزش را همراه ندارند. این دو عامل

توانایی بالاتری دارند روش مثال به قاعده مؤثرتر است. ایگان و گرینو (۱۹۷۳) معتقدند که تدریس با شیوه مثال به قاعده در گروهی که مطالب جدید به مطالب قبلی ارتباط داده می‌شود. موفقیت بیشتری به وجود می‌آورد و تدریس با شیوه قاعده به مثال (قیاسی) در گروهی که آموزش بدون ارتباط با مطالب قبلی انجام می‌گرفت، موفقیت بیشتری ایجاد کرده است. جامسین (۱۹۷۷) نشان داد که افراد با توانایی پیشرفت پایین‌تر، از شیوه قاعده به مثال بهتر استفاده می‌کنند. هل‌یاک و کوه (۱۹۸۷) معتقدند که استقرا از طریق بررسی جزء به جزء به فراگیران کمک می‌کند تا الگوهای عمومی و کلی را پیدا کنند، لذا در این زمینه دانش‌آموزان باید نقش فعالی را در این فرایند بازی کنند.

به اعتقاد وول فولک (۲۰۰۴) سبک‌های یادگیری را می‌توان توجیه‌کننده بسیاری از تفاوت‌های فردی در کلاس درس دانست. به عبارتی تفاوت‌های فردی و ویژگی‌های شخصیتی فراگیران، شیوه‌ها و الگوهای تدریس یادگیری را چون روش استقرایی و قیاسی انتخاب می‌کنند. به عقیده او سبک‌های یادگیری اغلب به‌عنوان مرز بین تواناییهای ذهنی و ویژگی‌های شخصیتی توصیف می‌شوند.

بین دختران و پسران در شیوه قیاسی و استقرایی تفاوت معناداری وجود دارد.

هر دو گروه در دو شیوه قیاسی و استقرایی، با آزمون T مستقل ارزیابی شدند و نتایج حاصل نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه به‌طور مجزا در دو شیوه تدریس وجود ندارد. جالب اینکه در پژوهش‌های داخلی و خارجی و در مقایسه دو شیوه تدریس استقرایی و قیاسی عامل جنسیت به چشم نخورده است. در نتیجه این پژوهش از نمونه پژوهش‌هایی است که عامل جنسیت را در مقایسه دو شیوه لحاظ کرده است. از سوی دیگر شاید بی‌توجهی به این امر حاصل توجه به ویژگی‌های شخصیتی و فکری انسان به‌طور کلی و شرایط محیطی و محتوای درسی باشد و نیازی به متغیرهایی چون جنسیت و رشته تحصیلی فعلاً نباشد. چنانکه عطاری (۱۳۷۹) مقایسه دو شیوه تدریس استقرایی و قیاسی را با سطح هوشی سنجیده است، بدین‌صورت که افراد با سطح هوشی بالا می‌توانند در هر دو شیوه تدریس تقریباً به‌طور یکسان بهره بگیرند، اما میزان یادگیری افراد با سطح هوشی پایین با شیوه قاعده به مثال بیشتر می‌شود.

ورتن (۱۹۶۸) روشهای استقرایی را با فراگیران انعطاف‌پذیر و لجوج مورد بررسی قرار داده است. رایت (۱۹۷۹) در تأیید این مطلب برای این نکته که بهترین روش تدریس، برای یک

پنجم ابتدایی در بین مدارس دولتی پسرانه شیراز»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
ملکی، حسن. (۱۳۸۱)، *برنامه‌ریزی درسی و پرورش تفکر*. تهران، انتشارات انجمن اولیا و مربیان.
موسی‌پور، نعمت‌الله. (۱۳۷۶)، *طراحی الگویی برای ارزشیابی برنامه‌ریزی درسی و به‌کارگیری آن در ارزشیابی روشها و فنون تدریس دوره‌های تربیت معلم*.
مهر محمدی، محمود. (۱۳۷۹)، *بازاندیشی فرایند یاددهی- یادگیری و تربیت معلم*، تهران، انتشارات مدرسه.

Anthony, F., & Grasha, S.Rh. (1996). learning style survey. Ohio: university of Cincinnati.

Armstrong, J.M. (1974). A comparative evaluation of an investigative and traditional biology laboratory curriculum the introductory college level, university of Colorado. *Dissertation Abstracts International*, 23, 154-157.

Ausubel, D.P. (2000). *The acquisitive and retention of knowledge: A Cognitive view*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Biggs, J. (1996). Enhancing Teaching through Constructive Alignment, *Higher Education*, Vol.32, pp.1-18.

Bransford, J.D., Brown, A.L., and Cocking, R.R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, and School*, Washington, D.C: National Academy Press, online at <<http://www.napbooks/0309070368/html/>>.

Brown, J.S. & et al. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1):32-42.

Bruner, J.S. (1996). *The Culture of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Bruner, J.S. (1985). Models of the learner. *Educational Researcher*, 14(6), 5-8

Caillies, S. & et al. (2002). The effect of prior knowledge on understanding from text: evicknce from primed recognition. *The European Journal of Cognitive Psychology*. 14(2): 267-286.

Danks, J.H, & Gans, D. (1975). Acquisition and utilization of Rule Structure. *Journal of Experimental Psychology*, 104, 201-208.

Egan, D.E., & Greeno, J.G. (1973). Acquiring cognitive structure by discovery and rule learning. *Journal of Educational psychology*, 64, 85-97.

Eldrage, G.M. (1965). *Discovery Versus Expository Sequencing in A Programmed Unit on Summing Number Series*. IN G.M.Della, Piana, G.M. Eldrege, and B.R. Worthen (Eds). *Sequence Characteristics of Test Materials and Transfer of Learning*. Salt Lake city: Bureau of Education Research.

که شامل معنادار کردن (ارتباط تجارب جدید به تجارب قبلی) و سازماندهی مطالب است نقش بسزایی در ایجاد تفکر منطقی در دانشجویان دارد. شیوه‌ی استقرایی نیز از روشهایی است که در این شرایط آموزشی کاربرد داشته و در غیر این صورت زیاد مؤثر نیست.

نتیجه اینکه دانشجویان در رشته‌های تحصیلی مختلف (فنی یا انسانی) به علت شیوه‌های تدریس نادرست، مایل هستند مطالب، آماده و سازمان داده شده به آنها تحویل گردد، تا آنها مطالب را حفظ کرده و یاد بگیرند. لذا در جایی که استدلال و سطح ادراک پایین بوده و دانشجویان تمایلی به فعالیت ندارند، طبعاً شیوه‌ی قیاسی نسبت به شیوه‌ی استقرایی برتری خواهد داشت.

منابع

ابوذری، روح‌الله. (۱۳۷۶)، «بررسی تأثیر روش تفکر استقرایی بر پیشرفت تحصیلی درس علوم دانش‌آموزان کلاس اول راهنمایی منطقه ۱۰ آموزش و پرورش شهر تهران در سال تحصیلی ۷۶-۷۵»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.

بهرنگی، محمدرضا. (۱۳۷۶)، *الگوهای جدید تدریس*، تهران، انتشارات گلچین.

بهرنگی، محمدرضا. (۱۳۸۱)، *الگوهای تدریس*، تهران، انتشارات نشر علامه طباطبایی.

پارسا، احمد. (۱۳۷۴)، «تحقیقی درباره اثرات دو روش تدریس انتزاعی و تدریس در متن (روش جزء به کل و کل به جزء) بر میزان یادگیری برخی از دانش‌آموزان دبیرستانهای شیراز در درس دستور زبان فارسی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

خوئینی‌نژاد، غلامرضا. (۱۳۷۲)، *برنامه‌ریزی درسی برای تدریس و یادگیری بهتر*، تهران، انتشارات قدس.

سلطانی، اصغر. (۱۳۸۶)، «شیوه‌های استقرایی تدریس و یادگیری در آموزش مهندسی»، *فصلنامه توسعه کمی و کیفی آموزش مهندسی*، سال نهم، شماره ۳۵.

شعبانی، حسن. (۱۳۷۱)، *مهارت‌های آموزشی و پرورشی (روشها و فنون تدریس)*، تهران، نشر سمت.

شعبانی، حسن. (۱۳۸۲)، *روش تدریس پیشرفته (آموزشهای مهارتها و راهبردهای تفکر)*، تهران، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهی.

شعاری‌نژاد، علی‌اکبر. (۱۳۶۳)، *روانشناسی یادگیری و کاربرد آن در آموزش*، تهران، انتشارات طوس.

عطاری، رضا. (۱۳۷۹)، «مقایسه دو روش تدریس قاعده به مثال و مثال به قاعده و تعامل آن با توانایی هوش در درس ریاضی پایه»

- Felder, R.M., and Brent, R. (2004). The intellectual development of science and engineering students and challenges, *Journal Enger. Education*, 93,69-277.
- Felder, R.M., & Brent, R. (2005). Understanding Student difference, *Journal of Engineering Education*. Vol.94. No.1, pp. 57-72.
- Guniye, R.M., & Brown, L.T. (1961). Some factors in the programming of conceptual learning. *Journal of Experimantal Psychology*, 62,313-321.
- Guthrie, J.T.(1971). Expository instruction versus a discovery method. *Journal of Educational Psychology*, 53, 45-49.
- Heywood, L. (1992). The training of student- teachers in discovery methods of instruction and learning and comparing guided discovery and expository methods: teaching the water cycle in Georgraphy. *Research in Teacher Education Monograph Series no: Ireland* Hillocks. (1987).
- Holyoalc, k.J. & Thagard, P. (1995). *Mental leaps*. Combridge, MA: Cambridge University press.
- Hugh, G. (1985). Correspondence english language teaching. *Journal of Educational Psychology*, 39, 296-297.
- Hunt, D.E. (1979). Learning style and student needs: An introduction to conceptual level. IN J.W. Keefe (ED). Student learning styles: diagnosing and prescribing programs. VA: *National Association of Secondary school principlas*,27-28.
- Hunt, D.E. (1992). The renewal of personal energy. Toronto: *Ontario Institute for studies in Education*.
- Hunt, D.E., & Noy, J.E.(1978). Assessment of conceptual level by the aragraph completion method (P.C.M.). *Torento Canada:Ontario Institute for Studies in Education*.68-82.
- Jamieson, G.H. (1977). Transfer of learning under two condition of instruction: programed and guided discovery. *Programmed learning and Educational Teachnology*, 113-119.
- Jarus, T. (2001), Effect of cognitive processes and task complenity on acquisition. *Retention and Transfer of Motor skill*, Dec. 68(5).
- Joyce, B.,& Weil, M. & Calhoun, E.(2000). *Models of Teaching*, (6th ed.), Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Koran, ML.(1971). Differenatial response to inductive and deductive procedures. *Journal of Educational Psychology*, 62, 300, 307.
- Mayer, R & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38 (1), 43-52.
- McLeod, D.B. & MCLeod, S.H. (2003). *Synthesis Beliefs and methematics Education: Implications for Learning, Peaching, and Research*. Publisher: Springer Netherlands. pp. 115-123.
- Meconi, L.J.(1976). Concept learning and relation in mathematics, *Journal of Experimental Education*, 36, 51-57.
- Oakley, B., & et al. (2004). Turning student group into effective teams , *The Journal of Student Centered Learning*, vol.2, No,1, pp. 9-34.
- Pirolli, P., & Recker, M. (1992). *Student Strategies for Learning from a Computational Environment*. Inc. Frasson, G.Gauthier, & G.I. Mccalla (Eds.), Intelligent Tutoring Systems, PP.382-394, Berlin: Springer- Varlag.
- Prince, M.J., & Felder, R.M. (2006). Inductive teaching and learning Methods: Definitions Comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, (2), Pg. 123.
- Ramsden, P.(2003). *Learning to Teach in Higher Education*, 2nd ed., London: Tay.
- Rosebery, A.S. (1995). *Making Sense of Science in Language Minority Classrooms*. Combridge, Mabolt, Baranek and Newman, Inc. ED326059.
- Rodriguez, I., & Bethel, L.J.(1993). An inquiry approach to science and language teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(4), 291-96.
- Smith, D. (1996). *A Meta-Analysis of Student Outcomes Attributable to the Teaching of Science a Compared to Traditional Methodology*, Ph.D. Dissertation, Temple University, Departmen Education.
- Wolters, C.A. (1999). The relation between high school students, motivational and their use of learning strategies, effort and classroom performance. *Learning and Individual Differencess*, 11, 281- 299.
- Wolter, C.A., et al. (2003) *Assessing Academic Self-Regulated Learning*. Papers Prepared for the Conference on Indicators of positive Development: Definitions, measures and prospective Validity.
- Wool folk, A.E (2004). *Educational Psychology*. (6th ed) Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Wright, P.D.(1979). Intertuactions between instructional methods and styles of concept learning, *Journal of Educational Research*, 70, 150-155.
- Zimmerman, B.J. (2001). *Self-regulated learning*. In International Encyclopedia Of the Social and Behavioral Science CPP. 13855- 13859): Elsevier Science Limited.