Research in Biology Education

https://Bioedu.cfu.ac.ir

Investigating the Vertical Coherence of Animal Behavior Concepts in Senior High School Biology Textbooks

Zainab Dehghan [1, *] ***, Mohammad Hossein Kazemi Chavari*** [2] ***, Mohammadhossein Akbarzadeh*** [2] ***, Hesamoddin Maleki Sarvelat*** [2] ***Alireza Vanavaei Tolarod*** [2]

1 Assistant Professor, Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran.
2 Bachelor's Student (Undergraduate Student), Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran.
** Corresponding author: (z.dehghan@cfu.ac.ir)*

ABSTRACT

Background and Objectives: Vertical coherence is a fundamental component of curriculum quality that emphasizes the logical sequencing and progressive development of scientific concepts across educational levels. The present study aimed to investigate the vertical coherence of animal behavior concepts in Iranian upper-secondary biology textbooks using the William Romey method. **Methods:** This descriptive-analytical study employed a content analysis approach. The research corpus consisted of animal behavior-related sections in Grade 10, Grade 11, and Grade 12 biology textbooks (2025 edition). Texts, images, and learning activities were coded as active, passive, or neutral according to the William Romey method. Subsequently, the indicators of conceptual complexity, concept repetition, and conceptual gaps were examined to evaluate the level of vertical coherence. **Findings:** The engagement coefficient for text was 0.33 (Grade 10), 0.46 (Grade 11), and 0.29 (Grade 12). Images were passive in Grade 11 (1.38) and Grade 12 (0.80). Activities were passive in Grade 10 (0.00) and overly active in Grade 11 (3.50) and Grade 12 (11.00). Of the 40 behavior concepts identified, 32 concepts (78%) were analytical and 8 concepts (22%) were descriptive. Only 2.5% of concepts were repeated across grades, and 95% of concepts were introduced without prerequisite knowledge, indicating a severe vertical gap. **Conclusion:** Animal behavior content demonstrates weak vertical coherence. Integrating the William Romey method with vertical coherence analysis provides a novel framework for simultaneously evaluating learner engagement and conceptual progression in biology textbooks. Enhancing analytical activities and reducing conceptual gaps may contribute to improving meaningful learning.

Keywords: Vertical coherence, Animal behavior, William Romey method, Content analysis, Biology education.

RESEARCH ARTICLE

Received: 16 June 2026
Revised: 05 September 2026
Accepted: 11 September 2026
Published online: 22 September 2026
ISSN (Online): 2717-2252

Citation: Dehghan, Z., Kazemi Chavari, M., Akbarzadeh, M., Maleki Sarvelat, H., Vanavaei Tolarod, A. (2026). Investigating the Vertical Coherence of Animal Behavior Concepts in Senior High School Biology Textbooks. *Research in Biology Education*, 6(1), 40-59.

The author(s)**:** Zainab Dehghan, Mohammadhossein Kazemi Chavari, Mohammadhossein Akbarzadeh, Hesamoddin Maleki Sarvelat, Alireza Vanavaei Tolarod.
Publisher: Farhangian University

پژوهش در آموزش زیست‌شناسی، سال ۱۴۰۵ ، شماره ۱، صفحات ۵۹-۴۰

پژوهش در آموزش زیست شناسی

https://Bioedu.cfu.ac.ir

بررسی انسجام عمودی مبحث رفتارشناسی جانداران در کتب زیست‌شناسی متوسطه دوم

زینب دهقان [۱*]، محمد حسین کاظمی چَوَری [۲]، محمد حسین اکبرزاده [۲]، حسام الدین ملکی سرولات [۲] علیرضا وانوایی طولارود [۲]

۱ . استادیار، گروه آموزش زیست شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۲. دانشجوی مقطع کارشناسی، گروه آموزش زیست شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: (z.dehghan@cfu.ac.ir)

چکیده

پیشینه و اهداف انسجام عمودی یکی از مؤلفه‌های اساسی کیفیت برنامه درسی است که بر پیوستگی و توسعه تدریجی مفاهیم علمی در پایه‌های تحصیلی تأکید دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی انسجام عمودی مبحث رفتارشناسی جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه دوم بر اساس روش ویلیام رومی انجام شد. **روش‌ها:** این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر تحلیل محتوا بود. جامعه پژوهش شامل بخش‌های مرتبط با رفتارشناسی جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم (چاپ ۱۴۰۴) بود. متن، تصاویر و فعالیت‌های آموزشی بر اساس روش ویلیام رومی در سه دسته فعال، غیرفعال و خنثی کدگذاری شدند. سپس شاخص‌های پیچیدگی مفهومی، تکرار و شکاف مفهومی به‌منظور ارزیابی انسجام عمودی مورد تحلیل قرار گرفتند. **یافته‌ها:** ضریب درگیری متن در پایه‌های دهم (۰,۳۳)، یازدهم (۰,۴۶) و دوازدهم (۰,۲۹) به‌دست آمد. تصاویر در پایه دهم (۰,۰۰) غیرفعال و در پایه‌های یازدهم (۱,۳۸) و دوازدهم (۰,۸۰) فعال بودند. فعالیت‌ها در پایه‌های یازدهم (۳,۵۰) و دوازدهم (۱۱,۰۰) بیش‌فعال ارزیابی شدند. از مجموع ۴۰ مفهوم رفتاری، ۳۲ مفهوم (۷۸٪) به صورت تحلیلی و ۸ مفهوم (۲۲٪) به صورت توصیفی ارائه شده بودند. تنها ۲,۵ درصد مفاهیم در بین پایه‌ها تکرار شده بودند و ۹۵ درصد مفاهیم بدون پیش‌نیاز معرفی شده بودند که نشان‌دهنده شکاف عمودی شدید است. **نتیجه‌گیری:** مبحث رفتارشناسی جانداران از انسجام عمودی ضعیفی برخوردار است. تلفیق روش ویلیام رومی با تحلیل انسجام عمودی، رویکردی نوآورانه برای ارزیابی همزمان کیفیت یادگیری و رشد مفهومی در کتاب‌های زیست‌شناسی فراهم می‌آورد. تقویت فعالیت‌های تحلیلی و کاهش شکاف‌های مفهومی می‌تواند به بهبود یادگیری معنادار کمک کند.

واژه‌های کلیدی: انسجام عمودی، رفتارشناسی جانداران، روش ویلیام رومی، تحلیل محتوا، زیست‌شناسی متوسطه دوم.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۰

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۲-۲۷۱۷

ارجاع: دهقان، زینب؛ کاظمی چَوَری، محمد حسین؛ اکبرزاده، محمد حسین؛ ملکی سرولات، حسام الدین؛ وانوایی طولارود، علیرضا. (۱۴۰۵). بررسی انسجام عمودی مبحث رفتارشناسی جانداران در کتب زیست‌شناسی متوسطه دوم. پژوهش در آموزش زیست شناسی، (۱) ۶، ۴۰-۵۹.

نویسندگان. زینب دهقان ،محمد حسین کاظمی چَوَری ،محمد حسین اکبرزاده ، حسام الدین ملکی سرولات ،علیرضا وانوایی طولارود

ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

زیست‌شناسی در زمره علوم بنیادی است که نقش کلیدی در توسعه سواد علمی، شناخت پدیده‌های زیستی و پرورش توانایی‌های شناختی دانش‌آموزان ایفا می‌کند. آموزش مؤثر مفاهیم زیستی می‌تواند زمینه‌ساز درک بهتر روابط میان موجودات زنده و محیط، تقویت تفکر علمی، حل مسئله و تصمیم‌گیری آگاهانه شود. در این میان، کتاب‌های درسی به عنوان اصلی‌ترین ابزار اجرای برنامه درسی، نقشی اساسی در هدایت یادگیری دانش‌آموزان دارند .به همین دلیل، کیفیت سازمان‌دهی محتوا و نحوه ارائه مفاهیم در کتاب‌های زیست‌شناسی از عوامل تأثیرگذار بر تحقق اهداف آموزشی به شمار می‌رود.

از جمله مباحث مهم زیست‌شناسی که درک آن نیازمند ارتباط میان حوزه‌های مختلف دانش زیستی است، رفتارشناسی جانداران محسوب می‌شود. رفتارشناسی به مطالعه رفتار موجودات زنده، پاسخ آن‌ها به محرک‌های محیطی، رفتارهای غریزی و اکتسابی، سازگاری‌های رفتاری و نقش رفتار در بقا و تولیدمثل می‌پردازد. با این حال، توزیع این مفاهیم در کتاب‌های درسی زیست‌شناسی دوره دوم متوسطه ایران یکسان نیست. بررسی برنامه درسی ملی و کتاب‌های زیست‌شناسی ۱، ۲ و ۳ (چاپ‌های اخیر) نشان می‌دهد که مبانی رفتارشناسی عمدتاً در پایه دوازدهم (فصل ۸) متمرکز شده است. در پایه دهم، مفاهیم مقدماتی‌تر مانند رفتار پروانه مونارک ارائه می‌شود. در پایه یازدهم نیز رفتارهای گیاهان ظاهر می‌شود. بنابراین، منظور از «مبحث رفتارشناسی جانداران» در پژوهش حاضر، کلیه مفاهیم مرتبط با کنش موجودات در برابر محرک‌های درونی و بیرونی است که در این سه پایه، با هر میزان تأکید و گستردگی، ظاهر شده‌اند.

صرف نظر از پایه‌ای که این مفاهیم در آن ارائه شده‌اند، یادگیری آن‌ها مستلزم شکل‌گیری تدریجی و سازمان‌یافته دانش در طول پایه‌های تحصیلی است. به عبارت دیگر، نحوه توالی و گسترش مفاهیم رفتارشناسی در برنامه درسی می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری درک مفهومی دانش‌آموزان داشته باشد.

از شاخص‌های مهم کیفیت برنامه‌های درسی، انسجام عمودی مفاهیم است. انسجام عمودی به پیوستگی، تداوم و توسعه تدریجی مفاهیم در طول پایه‌های تحصیلی اشاره دارد؛ به گونه‌ای که هر مفهوم جدید بر پایه دانش و تجربیات پیشین دانش‌آموزان شکل گرفته و زمینه را برای یادگیری مفاهیم پیچیده‌تر فراهم کند. به باور پژوهشگران حوزه آموزش علوم، یادگیری عمیق و پایدار زمانی رخ می‌دهد که مفاهیم علمی در مسیرهای منسجم یادگیری سازماندهی شده و میان برنامه درسی، آموزش و ارزشیابی هماهنگی وجود داشته باشد(Duschl, 2019; Scott et al., 2019) . همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند که انسجام مفهومی می‌تواند موجب توسعه استدلال علمی، افزایش توانایی انتقال یادگیری و درک بهتر روابط میان مفاهیم شود(Fortus & Krajcik, 2012; Jördens et al., 2016) . افزون بر این، انسجام مفهومی به عنوان یکی از شاخص‌های اساسی کیفیت برنامه‌های درسی علوم شناخته می‌شود(Yeh et al., 2019) .

با این حال، صرف انسجام عمودی برای تحقق یادگیری عمیق کافی نیست. حتی منسجم‌ترین توالی مفاهیم نیز اگر به صورت غیرفعال و صرفاً انتقالی ارائه شود، منجر به درگیری شناختی پایدار و توانایی انتقال یادگیری نخواهد شد. (Chin & Osborne, 2008). به عبارت دیگر، دو شرط لازم و مکمل برای طراحی مؤثر محتوای آموزشی وجود دارد :ساختار منسجم (توالی منطقی و توسعه تدریجی) و فرآیند فعال (فرصت برای استدلال، کشف و حل مسئله). از این رو، پژوهش حاضر بر آن است تا هر دو وجه را به صورت توأمان بررسی کند. برای سنجش وجه اول (انسجام عمودی)، از تحلیل شبکه مفهومی و نقشه‌سازی توالی مفاهیم استفاده می‌شود و برای سنجش وجه دوم (میزان فعال بودن محتوا)، الگوی ویلیام رومی (Romey, 1968) به کار می‌رود. چنین ترکیبی امکان ارزیابی جامع‌تری از کیفیت آموزشی مبحث رفتارشناسی فراهم می‌آورد.

برای سنجش این وجه دوم، الگوی تحلیل محتوای ویلیام رومی با تحلیل متن، تصاویر و فعالیت‌های آموزشی، میزان فرصت‌های فراهم‌شده برای مشاهده، تحلیل، استدلال، حل مسئله و کشف روابط را ارزیابی می‌کند و امکان سنجش میزان درگیری شناختی دانش‌آموزان را فراهم می‌سازد(Romey, 1968) . با این وجود، این الگو نیز منتقدانی داشته است. پژوهشگرانی مانند آیزنر (۲۰۰۲) و کریپندورف(۲۰۱۸) بر این باورند که رویکرد دودویی رومی (فعال/غیرفعال) ماهیت طیفی و زمینه‌مند درگیری شناختی را نادیده می‌گیرد و نمی‌تواند تفاوت‌های موقعیتی و فرهنگی در تفسیر «فعال بودن» را منعکس کند. با پذیرش این محدودیت‌ها، در پژوهش حاضر همچنان از الگوی رومی استفاده شده است؛ زیرا سادگی، عینیت و قابلیت تکرارپذیری بالا آن را برای تحلیل محتوای کتاب‌های درسی در سطح وسیع، مناسب ساخته است (Romey, 1968; Khodabakhshzadeh & Ahmadi, 2019).

با توجه به اهمیت مبحث رفتارشناسی در برنامه درسی زیست‌شناسی، انتظار می‌رود مفاهیم این حوزه در کتاب‌های درسی متوسطه دوم از انسجام کافی برخوردار باشند و در عین حال، شرایط لازم برای مشارکت فعال دانش‌آموزان در یادگیری را فراهم آورند. بررسی همزمان این دو مؤلفه می‌تواند تصویری جامع از کیفیت آموزشی این مبحث ارائه دهد و نقاط قوت و ضعف موجود در سازمان‌دهی مفاهیم و نحوه ارائه محتوا را آشکار سازد.

با وجود اهمیت هر دو مؤلفه، مطالعات اندکی به بررسی همزمان انسجام عمودی و درگیری شناختی پرداخته‌اند. به عبارت دیگر، بیشتر پژوهش‌های موجود یا صرفاً بر میزان فعال بودن محتوای آموزشی متمرکز بوده‌اند و یا صرفاً انسجام مفهومی و مسیرهای پیشرفت یادگیری را بررسی کرده‌اند .بر این اساس، نوآوری پژوهش حاضر در تلفیق دو رویکرد «انسجام عمودی مفاهیم» و «تحلیل محتوای ویلیام رومی» نهفته است. این پژوهش ضمن بررسی نحوه توالی، تکرار و گسترش مفاهیم رفتارشناسی جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم، میزان درگیری شناختی دانش‌آموزان را در متن، تصاویر و فعالیت‌های آموزشی نیز ارزیابی می‌کند. نتایج این پژوهش می‌تواند به شناسایی

شکاف‌های مفهومی و کاستی‌های آموزشی کمک کرده و شواهدی کاربردی برای مؤلفان کتاب‌های درسی، برنامه‌ریزان آموزشی و متخصصان آموزش زیست‌شناسی فراهم آورد. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی انسجام عمودی مبحث رفتارشناسی جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه دوم بر اساس الگوی ویلیام رومی است.

پژوهش حاضر در پی پاسخ‌گویی به سؤالات زیر است:

۱. میزان فعال، غیرفعال و خنثی بودن متن، تصاویر و فعالیت‌های آموزشی در مبحث رفتارشناسی جانداران بر اساس روش ویلیام رومی چگونه است؟

۲. مبحث رفتارشناسی جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه دوم تا چه میزان از انسجام عمودی برخوردار است؟

۳. روند افزایش تدریجی پیچیدگی مفاهیم در مبحث رفتارشناسی جانداران از پایه دهم تا دوازدهم تا چه اندازه رعایت شده است؟

۴. مفاهیم رفتارشناسی جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه دوم چگونه تکرار شده‌اند و این تکرارها تا چه اندازه به تعمیق یادگیری کمک کرده‌اند؟

۵. چه شکاف‌های مفهومی در ارائه مباحث رفتارشناسی جانداران میان پایه‌های مختلف وجود دارد؟

پیشینه پژوهش

پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه آموزش زیست‌شناسی نشان می‌دهد که تحلیل محتوای کتاب‌های درسی و ارزیابی میزان درگیری شناختی دانش‌آموزان از موضوعات مورد توجه پژوهشگران بوده است. بسیاری از این مطالعات با استفاده از الگوی ویلیام رومی انجام شده و بر سنجش میزان فعال یا غیرفعال بودن محتوای آموزشی تمرکز داشته‌اند.

سعادتی و عبادی‌مناس (۱۳۹۹) در تحلیل محتوای کتاب زیست‌شناسی پایه دوازدهم بر اساس الگوی ویلیام رومی نشان دادند که متن و تصاویر کتاب از ضریب درگیری بسیار پایینی برخوردارند و بخش عمده محتوا در طبقه محتوای غیرفعال قرار می‌گیرد. نتایج این پژوهش بیانگر آن بود که کتاب بیش از آنکه دانش‌آموز را به تحلیل، استدلال و حل مسئله ترغیب کند، بر انتقال مستقیم اطلاعات تأکید دارد. هرچند این پژوهش تصویر روشنی از وضعیت کلی کتاب پایه دوازدهم ارائه می‌دهد، اما به دلیل تمرکز صرف بر یک پایه تحصیلی، از بررسی روند تغییرات در طول پایه‌های مختلف غافل مانده است.

خراسانی و همکاران (۱۴۰۴) در بررسی فصل ایمنی کتاب زیست‌شناسی پایه یازدهم دریافتند که اگرچه فعالیت‌های آموزشی از وضعیت نسبتاً مطلوبی برخوردارند، اما متن و تصاویر در محدوده محتوای غیرفعال قرار دارند. خراسانی و همکاران استدلال می‌کنند که این وضعیت می‌تواند فرصت‌های یادگیری فعال و پرورش تفکر انتقادی را محدود کند .نقطه

قوت این پژوهش توجه همزمان به متن، تصاویر و فعالیت‌هاست، اما محدودیت آن در تمرکز بر تنها یک فصل از کتاب است.

قاسم لو (۱۴۰۴) در پژوهشی با موضوع تحلیل محتوای بخش گیاهی کتاب‌های زیست‌شناسی پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم نشان داد که متن‌ها و تصاویر این بخش از ظرفیت محدودی برای ایجاد درگیری شناختی برخوردارند. نتایج این پژوهش نشان داد که بخش عمده محتوا به صورت توصیفی ارائه شده و فرصت‌های اندکی برای مشارکت فعال دانش‌آموزان در فرایند یادگیری فراهم می‌شود. ارزش این پژوهش در بررسی سه پایه به صورت همزمان است، هرچند حوزه موضوعی آن به بخش گیاهی محدود می‌شود.

انصاری‌راد و میلانی تبریز (۱۴۰۳) در مطالعه خود بر کتاب پایه هفتم گزارش کردند که تصاویر آموزشی از فرصت‌های محدودی برای تحریک پرسش‌گری و استدلال برخوردارند. عزیزی‌نژاد و اشرفی (۱۴۰۰) نیز یافتند که بخشی از محتوای زیست‌شناسی متوسطه دوم همچنان ماهیتی حافظه‌محور دارد و فرصت‌های محدودی برای فعالیت‌های تحلیلی و استدلالی فراهم می‌آورد.

در سطح بین‌المللی، مطالعات متعددی به ابعاد دیگری از کیفیت کتاب‌های درسی علوم، به ویژه انسجام مفهومی و مسیرهای پیشرفت یادگیری، توجه داشته‌اند Duschl (2019) .بیان می‌کند که سازمان‌دهی مفاهیم در قالب مسیرهای یادگیری منسجم، یکی از پیش‌شرط‌های اساسی یادگیری عمیق و پایدار است Scott et al. (2019) .نیز بر ضرورت هماهنگی میان برنامه درسی، آموزش و ارزشیابی برای تحقق یادگیری معنادار تأکید کرده‌اند Fortus and Krajcik (2012). نشان دادند که پیوستگی مفاهیم در برنامه درسی می‌تواند به توسعه استدلال علمی و درک بهتر روابط میان مفاهیم کمک کند. یافته‌های نیز بیانگر آن است که انسجام مفهومی نقش مهمی در فهم ارتباط میان سطوح مختلف سازمان زیستی دارد(۲۰۱۶). Jördens et al . افزون بر این، انسجام مفهومی را یکی از شاخص‌های اصلی کیفیت برنامه‌های درسی علوم معرفی کرده‌اند(۲۰۱۹).Yeh et al.

با وجود انبوه پژوهش‌های داخلی و بین‌المللی در دو حوزه یادشده، بررسی همزمان «میزان درگیری شناختی» و «انسجام عمودی مفاهیم» در یک مطالعه واحد مغفول مانده است. به عبارت دیگر، پژوهش‌هایی که صرفاً بر الگوی رومی تمرکز کرده‌اند، از ارزیابی ساختار منسجم یا نامنسجم مفاهیم غافل بوده‌اند و آن دسته از مطالعاتی که به انسجام مفهومی پرداخته‌اند، میزان فعال یا غیرفعال بودن محتوا را بررسی نکرده‌اند. افزون بر این، تاکنون پژوهشی که مبحث رفتارشناسی جانداران را به طور خاص و با تلفیق این دو رویکرد مورد بررسی قرار دهد، گزارش نشده است. از این رو، پژوهش حاضر در تلاش است تا با تمرکز بر رفتارشناسی جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم، این خلأ را پوشش داده و تصویری جامع‌تر از کیفیت سازمان‌دهی و ارائه مفاهیم این مبحث ارائه کند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع توصیفی ـ تحلیلی و مبتنی بر روش تحلیل محتواست که با هدف بررسی درگیری شناختی و انسجام عمودی مبحث رفتار و پاسخ‌های جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی دوره دوم متوسطه انجام شد. جامعه پژوهش شامل بخش‌های مرتبط با رفتار و پاسخ جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم چاپ ۱۴۰۳ بود (Ministry of Education, 2024a; 2024b; 2024c).پس از بررسی کامل کتاب‌ها، سه واحد محتوایی مرتبط شناسایی و برای تحلیل انتخاب شد: مبحث رفتار مهاجرتی پروانه مونارک در فصل اول زیست‌شناسی دهم، گفتار دوم فصل نهم زیست‌شناسی یازدهم و فصل هشتم زیست‌شناسی دوازدهم با عنوان «رفتارهای جانوران».

در تعریف عملیاتی پژوهش، محتوای مرتبط با رفتارشناسی شامل مفاهیم مربوط به رفتار، پاسخ و واکنش جانداران به محرک‌های محیطی بود. بر این اساس، محتوای مربوط به پاسخ‌های گیاهی به محرک‌ها در واحد منتخب پایه یازدهم نیز در دامنه تحلیل قرار گرفت و در کنار محتوای مربوط به رفتار جانوران بررسی شد.

تحلیل محتوا بر اساس الگوی ویلیام رومی

در مرحله نخست، محتوای سه واحد منتخب در سه مؤلفه متن، تصاویر و فعالیت‌ها بر اساس الگوی تحلیل محتوای ویلیام رومی بررسی شد. در این روش، واحدهای محتوایی بر اساس میزان درگیری شناختی دانش‌آموز در سه طبقه فعال، غیرفعال و خنثی کدگذاری شدند (Romey, 1968) .

ملاک کدگذاری، ماهیت زیستی محتوا، اعم از گیاهی یا جانوری، نبود؛ بلکه سطح مشارکت شناختی موردنیاز از یادگیرنده مبنای طبقه‌بندی قرار گرفت. متونی که دانش‌آموز را به مشاهده، تحلیل، مقایسه، استنتاج، پیش‌بینی، حل مسئله یا تفسیر هدایت می‌کردند، در گروه فعال و مطالب عمدتاً توصیفی و انتقال‌دهنده اطلاعات در گروه غیرفعال قرار گرفتند. واحدهایی که در هیچ‌یک از این دو گروه قرار نمی‌گرفتند، خنثی محسوب شدند و در محاسبه ضریب درگیری وارد نشدند.

مقوله‌های فعال (A) شامل: درخواست تحلیل داده‌ها یا اطلاعات؛ درخواست انجام فعالیت، آزمایش یا پژوهش؛ طرح پرسش‌هایی که پاسخ آن‌ها مستقیماً در متن ارائه نشده است؛ و درخواست ارزشیابی، قضاوت، نتیجه‌گیری یا تفسیر توسط دانش‌آموز بود.

مقوله‌های غیرفعال (P) شامل: بیان واقعیت‌های علمی؛ بیان نتایج، اصول، قوانین یا تعمیم‌های علمی؛ ارائه تعریف؛ و پرسش‌هایی که پاسخ آن‌ها مستقیماً در متن ارائه شده است بود.

برای تأمین روایی محتوایی، مقوله‌های استخراج‌شده در اختیار سه نفر از متخصصان آموزش زیست‌شناسی و برنامه درسی قرار گرفت و اصلاحات لازم اعمال شد. برای بررسی پایایی کدگذاری نیز ۲۰ درصد از واحدهای تحلیل به‌صورت تصادفی توسط دو کدگذار مستقل بررسی شد. ضریب توافق اسکات (Scott's pi) برابر با ۰/۸۷ به دست آمد که نشان‌دهنده پایایی مطلوب کدگذاری است.

محاسبه ضریب درگیری

ضریب درگیری برای هر یک از مؤلفه‌های متن، تصاویر و فعالیت‌ها از نسبت مجموع واحدهای فعال به مجموع واحدهای غیرفعال محاسبه شد:

ضریب درگیری = (مجموع مقوله‌های فعال) / (مجموع مقوله‌های غیرفعال)

بر اساس معیار ویلیام رومی، ضریب بین ۰/۴ تا ۱/۵ نشان‌دهنده وضعیت مطلوب و فعال محتوا، ضریب کمتر از ۰/۴ نشان‌دهنده غلبه محتوای غیرفعال و ضریب بیشتر از ۱/۵ نشان‌دهنده بیش‌فعالی محتواست.

جدول ۱. نمونه‌ای از مقوله‌بندی مؤلفه‌های محتوایی

مؤلفه	مصادیق مقوله فعال	مصادیق مقوله غیرفعال	مصادیق مقوله خنثی
متن	مقایسه، استنتاج، پرسش	تعریف، توصیف	تیتر، جمع‌بندی
تصویر	تفسیر، تحلیل	تشریحی	تزئینی
فعالیت	پژوهش، حل مسئله	بازخوانی متن	-

تحلیل انسجام عمودی

در مرحله دوم، انسجام عمودی محتوای منتخب از پایه دهم تا دوازدهم به‌صورت کیفی ـ توصیفی بررسی شد. منظور از انسجام عمودی، پیوستگی و توسعه تدریجی مفاهیم در پایه‌های تحصیلی متوالی و ایجاد ارتباط میان مفاهیم جدید و آموخته‌های پیشین دانش‌آموزان است. در این رویکرد، انتظار می‌رود مفاهیم به‌گونه‌ای سازمان‌دهی شوند که دانش‌آموز بتواند دانش جدید را بر مبنای دانش و تجربه‌های پیشین خود توسعه دهد و از مفاهیم ساده‌تر و عینی‌تر به سوی مفاهیم پیچیده‌تر و انتزاعی‌تر حرکت کند (Jin et al., 2019؛Duschl, 2019).

برای بررسی انسجام عمودی، سه شاخص اصلی شامل پیچیدگی مفهومی، تکرار و گسترش مفاهیم، و شکاف‌های مفهومی مورد توجه قرار گرفت.

الف) پیچیدگی مفهومی :(Conceptual Complexity)

در این بخش، روند تحول مفاهیم مرتبط با رفتارشناسی از پایه دهم تا دوازدهم بررسی شد. معیارهای مورد توجه شامل سطح تحلیل مفاهیم (توصیفی در برابر تبیینی)، تعداد مؤلفه‌های دخیل در تبیین رفتار (تک‌علتی در برابر چندعلتی) و میزان انتزاع مفاهیم (عینی در برابر انتزاعی) بود. بر این اساس، بررسی شد که آیا مفاهیم رفتاری در پایه‌های بالاتر، از نمونه‌های ساده و توصیفی به سوی تبیین‌های علمی‌تر، تحلیلی‌تر و چندبعدی‌تر توسعه یافته‌اند یا خیر. افزایش تدریجی عمق، انتزاع و پیچیدگی مفاهیم در پایه‌های متوالی، از شاخص‌های مهم انسجام عمودی برنامه درسی محسوب می‌شود(Duschl, 2019) .

ب) تکرار و گسترش مفاهیم :(Repetition and Elaboration)

در این مرحله، نحوه تکرار مفاهیم کلیدی رفتارشناسی در پایه‌های مختلف بررسی شد. منظور از تکرار، صرفاً بازگویی محتوای پیشین نبود؛ بلکه بررسی شد که آیا مفاهیم تکرارشده در پایه‌های بالاتر با تعمیق، گسترش، افزودن مؤلفه‌های جدید یا ایجاد ارتباط با مفاهیم دیگر همراه شده‌اند یا خیر. بر اساس رویکرد یادگیری پیشرونده، تکرار زمانی می‌تواند به انسجام عمودی کمک کند که هر بار مفهوم در سطحی عمیق‌تر و در ارتباط با دانش جدید ارائه شود، نه اینکه صرفاً مطالب قبلی بدون توسعه مفهومی بازتولید شوند(Jin et al., 2019) .

ج) شکاف‌های مفهومی :(Conceptual Gaps)

در این بخش، وجود یا فقدان ارتباط منطقی میان مفاهیم ارائه‌شده در پایه‌های متوالی بررسی شد. یک مورد به‌عنوان شکاف مفهومی در نظر گرفته شد، چنانچه مفهومی در پایه بالاتر بدون ارائه یا شکل‌گیری پیش‌نیاز مناسب در پایه قبل مطرح شده باشد، یا میان مفاهیم ارائه‌شده در دو پایه متوالی، ارتباط صریح یا ضمنی قابل تشخیصی وجود نداشته باشد. بر این اساس، بررسی شد که آیا مفاهیم رفتارشناسی در پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم از نظر پیش‌نیازهای مفهومی، توالی آموزشی و ارتباط میان مفاهیم، پیوندی منطقی و قابل‌پیگیری دارند یا خیر(Yeh et al., 2019 ؛ Jördens et al., 2016).

در مجموع، تحلیل انسجام عمودی بر توالی و پیوستگی مفاهیم، افزایش تدریجی پیچیدگی، تکرار هدفمند، توسعه و تعمیق مفاهیم، ارتباط میان مفاهیم پایه‌های متوالی و وجود پیش‌نیازهای مفهومی لازم متمرکز بود. این تحلیل امکان ارزیابی میزان پیوستگی محتوای رفتارشناسی در طول سه پایه تحصیلی و شناسایی نقاط قوت و گسست‌های احتمالی در مسیر توسعه مفهومی را فراهم کرد.

یافته‌ها

یافته‌های پژوهش بر اساس پنج سؤال پژوهش و در دو محور اصلی شامل تحلیل محتوای کتاب‌های زیست‌شناسی بر اساس الگوی ویلیام رومی و بررسی انسجام عمودی مبحث رفتارشناسی جانداران ارائه شد. برای جلوگیری از پراکندگی مطالب، یافته‌های مربوط به هر سؤال پژوهش به‌صورت یکپارچه گزارش شده‌اند.

۱. میزان فعال، غیرفعال و خنثی بودن متن، تصاویر و فعالیت‌های آموزشی بر اساس الگوی ویلیام رومی

در پاسخ به سؤال نخست، واحدهای مربوط به متن، تصاویر و فعالیت‌های آموزشی مبحث رفتارشناسی جانداران در سه پایه دهم، یازدهم و دوازدهم در مقوله‌های فعال، غیرفعال و خنثی کدگذاری شدند. فراوانی واحدهای کدگذاری‌شده در جدول ۲ ارائه شده است.

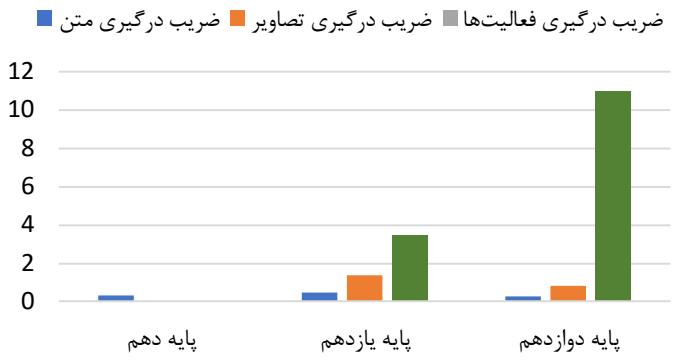
جدول ۲. توزیع فراوانی مقوله‌های فعال، غیرفعال و خنثی در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه دوم

ویلیام رومی		فعال	غیر فعال	خنثی	جمع
دهم	متن	۱	۳	۰	۴
	تصویر	۰	۰	۱	۱
	فعالیت	۰	۰	۰	۰
یازدهم	متن	۲۴	۵۲	۳	۷۹
	تصویر	۱۱	۸	۰	۱۹
	فعالیت	۷	۲	۰	۹
دوازدهم	متن	۵۴	۱۸۹	۳	۲۴۶
	تصویر	۴	۵	۳	۱۲
	فعالیت	۱۱	۱	۰	۱۲

نتایج محاسبه ضریب درگیری در جدول ۳ و نمودار مقایسه‌ای آن در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول ۳. ضریب درگیری متن، تصاویر و فعالیت‌ها در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه دوم

ضریب درگیری	دهم	یازدهم	دوازدهم
متن	۰/۳۳	۰/۴۶	۰/۲۹
تصویر	۰/۰۰	۱/۳۸	۰/۸۰
فعالیت	۰/۰۰	۳/۵۰	۱۱/۰۰



شکل ۱. نمودار مقایسه‌ای ضریب درگیری متن، تصاویر و فعالیت‌ها در سه پایه تحصیلی

بر اساس جدول ۳، در پایه دهم ضریب درگیری متن ۰/۳۳ و در محدوده غیرفعال قرار داشت؛ تصاویر و فعالیت‌ها نیز ضریب درگیری صفر داشتند. در پایه یازدهم، ضریب درگیری متن (۰/۴۶) و تصاویر (۱/۳۸) در محدوده فعال قرار گرفت، درحالی‌که فعالیت‌ها با ضریب ۳/۵۰ در محدوده بیش‌فعال بودند. در پایه دوازدهم، متن با ضریب ۰/۲۹ غیرفعال، تصاویر با ضریب ۰/۸۰ فعال و فعالیت‌ها با ضریب ۱۱/۰۰ بیش‌فعال بودند. بنابراین، از نظر الگوی رومی، بیشترین میزان درگیری شناختی در متن و تصاویر در پایه یازدهم مشاهده شد، درحالی‌که فعالیت‌های پایه دوازدهم بیش‌فعال ارزیابی شدند.

۲. میزان انسجام عمودی مبحث رفتارشناسی جانداران

برای پاسخ به سؤال دوم، انسجام عمودی مبحث رفتارشناسی بر اساس سه شاخص اصلی شامل پیچیدگی مفهومی، تکرار و گسترش مفاهیم، و شکاف‌های مفهومی بررسی شد.

۲-۱. پیچیدگی مفهومی

پیچیدگی مفهومی بر اساس سطح تحلیل، تعداد مؤلفه‌های درگیر در تبیین رفتار و میزان انتزاع مفاهیم بررسی شد. نتایج جدول ۴ نشان داد که در پایه دهم، یک مورد مفهومی رفتاری شناسایی شد که کاملاً توصیفی بود و مورد تحلیلی مشاهده نشد. در پایه یازدهم، هر سه مورد مفهومی شناسایی‌شده ماهیت تحلیلی داشتند. در پایه دوازدهم نیز از مجموع ۳۷ مورد مفهومی، ۲۹ مورد (۷۸/۴ درصد) تحلیلی و ۸ مورد (۲۱/۶ درصد) توصیفی بودند. در مجموع، از ۴۱ مورد مفهومی شناسایی‌شده در سه پایه، ۳۲ مورد (۷۸ درصد) ماهیت تحلیلی و ۹ مورد (۲۲ درصد) ماهیت توصیفی داشتند. با توجه به تکرار مفهوم «مهاجرت» در بیش از یک پایه، این ۴۱ مورد مفهومی دربرگیرنده ۴۰ مفهوم متمایز است.

جدول ۴. توزیع مفاهیم توصیفی و تحلیلی در مبحث رفتارشناسی

پایه	تعداد کل مفاهیم رفتاری	مفاهیم توصیفی (تعداد)	مفاهیم توصیفی (درصد)	مفاهیم تحلیلی (تعداد)	مفاهیم تحلیلی (درصد)
دهم	۱	۱	٪۱۰۰	۰	٪۰
یازدهم	۳	۰	٪۰	۳	٪۱۰۰
دوازدهم	۳۷	۸	٪۲۱/۶	۲۹	٪۷۸/۴
مجموع	۴۱	۹	٪۲۲	۳۲	٪۷۸

یافته‌ها نشان می‌دهد که اگرچه سطح تحلیل مفاهیم در پایه‌های بالاتر افزایش یافته است، بخش عمده مفاهیم رفتاری در پایه دوازدهم متمرکز شده‌اند؛ بنابراین، افزایش پیچیدگی مفهومی با توزیع تدریجی مفاهیم در سه پایه همراه نبوده است.

۲-۲. تکرار و گسترش مفاهیم

نتایج نشان داد که از ۴۰ مفهوم جدید شناسایی‌شده در پایه‌های یازدهم و دوازدهم، ۳۹ مفهوم (۵/۹۷ درصد) بدون تکرار مفاهیم پایه قبل ارائه شده‌اند و تنها یک مفهوم (۵/۲ درصد) به‌صورت تکرار گسترش‌یافته مشاهده شد. هیچ موردی از تکرار سطحی شناسایی نشد.

جدول ۵. توزیع انواع تکرار مفاهیم در سه پایه تحصیلی

نوع تکرار	پایه دهم ← یازدهم	پایه یازدهم ← دوازدهم	مجموع
تکرار گسترش‌یافته (فعال)	(٪۰)۰	(٪۵۰)۱	(٪۳۳/۳)۱
تکرار سطحی (غیرفعال)	(٪۰)۰	(٪۰)۰	(٪۰)۰
مفهوم جدید (بدون تکرار)	(٪۱۰۰)۳	(٪۹۷/۳)۳۶	(٪۹۷/۵)۳۹

مفهوم «مهاجرت» نمونه تکرار گسترش‌یافته بود؛ به‌گونه‌ای که در پایه دهم به‌صورت ساده معرفی شده و در پایه دوازدهم با موضوعاتی مانند یادگیری، جهت‌یابی و سازگاری و بقا گسترش یافته است. بنابراین، اگرچه تکرار سطحی مشاهده نشد، میزان بازگشت مفاهیم و فرصت تعمیق آن‌ها در پایه‌های متوالی بسیار محدود بود.

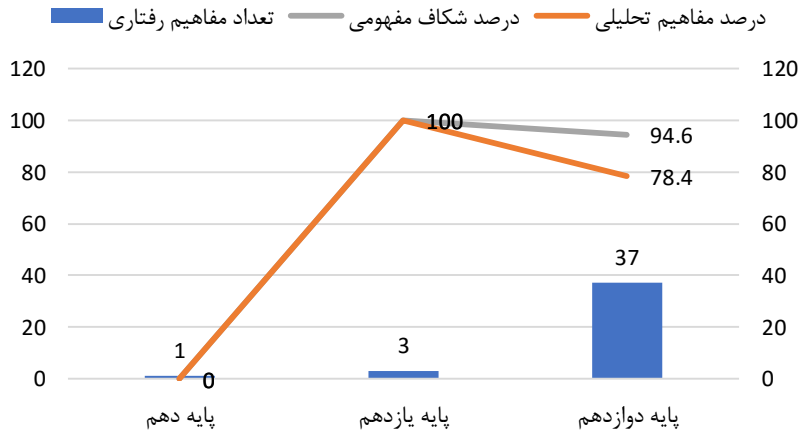
۲-۳. شکاف‌های مفهومی

بررسی شکاف‌های مفهومی نشان داد که در فاصله پایه دهم به یازدهم، هر سه مفهوم جدید فاقد پیش‌نیاز معرفی‌شده در پایه قبل بودند. در فاصله پایه یازدهم به دوازدهم نیز ۳۵ مورد از ۳۷ مفهوم جدید (۹۴/۶ درصد) بدون پیش‌نیاز مناسب ارائه شدند. در مجموع، ۳۸ مفهوم از ۴۰ مفهوم جدید (۹۵ درصد) فاقد پیش‌نیاز مفهومی مشخص بودند.

جدول ۶. توزیع شکاف‌های مفهومی بین پایه‌های تحصیلی

فاصله بین پایه‌ها	تعداد مفاهیم جدید بدون پیش‌نیاز	تعداد مفاهیم با پیش‌نیاز	مجموع مفاهیم جدید	درصد شکاف
دهم ← یازدهم	۳	۰	۳	٪۱۰۰
یازدهم ← دوازدهم	۳۵	۲	۳۷	٪۹۴/۶
مجموع	۳۸	۲	۴۰	٪۹۵

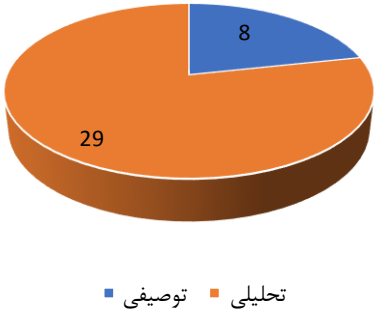
تنها دو مفهوم در پایه دوازدهم دارای ارتباط پیشین شناسایی شدند: «یادگیری اجتنابی در پرنده» و «مهاجرت جانوران» که با مفاهیم رفتاری مطرح‌شده در پایه دهم ارتباط داشتند. بنابراین، بخش عمده مفاهیم رفتارشناسی بدون ایجاد زنجیره مفهومی و پیش‌نیازهای روشن میان پایه‌ها ارائه شده‌اند.



شکل ۲. نمودار تحلیل کمی انسجام عمودی رفتارشناسی در سه پایه تحصیلی

۳. میزان رعایت روند افزایش تدریجی پیچیدگی مفاهیم از پایه دهم تا دوازدهم

یافته‌های مربوط به پیچیدگی مفهومی نشان داد که از نظر ماهیت مفاهیم، سهم مفاهیم تحلیلی از صفر درصد در پایه دهم به ۱۰۰ درصد در پایه یازدهم و ۷۸/۴ درصد در پایه دوازدهم رسیده است. با این حال، از نظر توزیع و توالی مفاهیم، روند افزایش تدریجی به‌طور کامل رعایت نشده است؛ زیرا تنها یک مفهوم در پایه دهم، سه مفهوم در پایه یازدهم و ۳۷ مفهوم در پایه دوازدهم شناسایی شد. بنابراین، افزایش سطح تحلیل در پایه‌های بالاتر مشاهده می‌شود، اما این افزایش در قالب یک توالی تدریجی و متوازن میان سه پایه شکل نگرفته است.



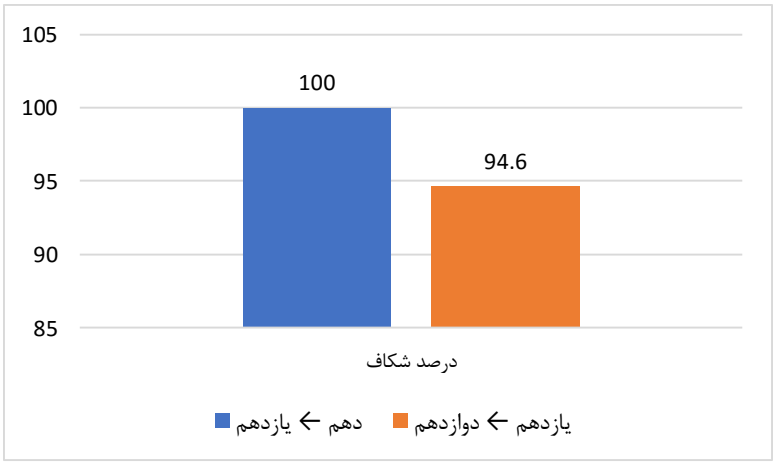
شکل ۳. نمودار توزیع مفاهیم توصیفی و تحلیلی در مبحث رفتارشناسی (پایه دوازدهم)

۴. نحوه تکرار مفاهیم و میزان تعمیق آن‌ها

نتایج نشان داد که از ۴۰ مفهوم جدید بررسی‌شده در پایه‌های یازدهم و دوازدهم، ۳۹ مفهوم (۹۷/۵ درصد) بدون تکرار در پایه‌های پیشین ارائه شده‌اند و تنها یک مفهوم (۲/۵ درصد) به‌صورت گسترش‌یافته تکرار شده است. هیچ موردی از تکرار سطحی مشاهده نشد. بنابراین، اگرچه در تنها مورد تکرار، مفهوم «مهاجرت» در پایه دوازدهم با جزئیات و ارتباطات مفهومی بیشتری ارائه شده است، در مجموع فرصت تکرار و تعمیق مفاهیم رفتارشناسی در پایه‌های متوالی بسیار محدود بوده است.

۵. شکاف‌های مفهومی میان پایه‌های مختلف

بررسی نهایی شکاف‌های مفهومی نشان داد که ۹۵ درصد مفاهیم جدید در فاصله پایه‌های تحصیلی بدون پیش‌نیاز مفهومی مناسب ارائه شده‌اند. این میزان در فاصله دهم به یازدهم ۱۰۰ درصد و در فاصله یازدهم به دوازدهم ۹۴/۶ درصد بود. تنها دو مفهوم در پایه دوازدهم دارای ارتباط با مفاهیم مطرح‌شده در پایه‌های قبلی بودند. در نتیجه، مبحث رفتارشناسی جانداران از نظر پیوند مفهومی و پیش‌نیازهای آموزشی، از انسجام عمودی مطلوبی برخوردار نیست.



شکل ۴. نمودار درصد شکاف مفهومی در انتقال بین پایه‌های تحصیلی

پاسخ به پرسش‌های پژوهش

پاسخ به پرسش اول پژوهش: بر اساس تحلیل محتوای کتاب‌های زیست‌شناسی با استفاده از الگوی ویلیام رومی، میزان درگیری شناختی در سه پایه یکنواخت نبود. ضریب درگیری متن در پایه‌های دهم (۰/۳۳) و دوازدهم (۰/۲۹) در محدوده غیرفعال و در پایه یازدهم (۰/۴۶) در محدوده فعال قرار داشت. در مقابل، تصاویر پایه‌های یازدهم و دوازدهم فعال و فعالیت‌های این دو پایه، به‌ویژه پایه دوازدهم (۱۱/۰۰)، بیش‌فعال بودند. بنابراین، افزایش فعالیت‌های آموزشی در پایه‌های بالاتر الزاماً با افزایش متناسب درگیری شناختی محتوای متنی همراه نبوده است.

پاسخ به پرسش دوم پژوهش: برآیند شاخص‌های پیچیدگی مفهومی، تکرار و گسترش مفاهیم و شکاف‌های مفهومی نشان داد که انسجام عمودی مبحث رفتارشناسی جانداران مطلوب نیست. اگرچه مفاهیم در پایه‌های بالاتر عمدتاً تحلیلی‌تر شده‌اند، توزیع نامتوازن مفاهیم، تکرار محدود و ضعف در پیش‌نیازهای مفهومی، پیوستگی میان پایه‌ها را کاهش داده است.

پاسخ به پرسش سوم پژوهش: روند افزایش پیچیدگی مفاهیم تا حدی رعایت شده است؛ به‌گونه‌ای که مفهوم پایه دهم توصیفی، هر سه مفهوم پایه یازدهم تحلیلی و ۲۹ مورد از ۳۷ مفهوم پایه دوازدهم (۷۸/۴ درصد) تحلیلی بودند. بااین‌حال، تمرکز بخش عمده مفاهیم در پایه دوازدهم نشان می‌دهد که این افزایش پیچیدگی به‌صورت کاملاً تدریجی و متوازن میان پایه‌ها توزیع نشده است.

پاسخ به پرسش چهارم پژوهش: از ۴۰ مورد مفهومی شناسایی‌شده، ۳۹ مفهوم (۹۷/۵ درصد) بدون تکرار در پایه‌های پیشین ارائه شده و تنها مفهوم «مهاجرت» (۲/۵ درصد) به‌صورت گسترش‌یافته تکرار شده است. این مفهوم در پایه دوازدهم با پرداختن به یادگیری، جهت‌یابی و نقش خورشید، ستارگان و میدان مغناطیسی زمین تعمیق یافته است؛ بنابراین، اگرچه تکرار مفاهیم محدود بوده، مورد تکرارشده با گسترش مفهومی همراه بوده است.

پاسخ به پرسش پنجم پژوهش :بررسی پیش‌نیازهای مفهومی نشان داد که از ۴۰ مورد مفهومی ، ۳۸ مفهوم (۹۵ درصد) بدون پیش‌نیاز مناسب و تنها ۲ مفهوم (۵ درصد) با ارتباط پیش‌نیازی ارائه شده‌اند. بنابراین، یافته‌ها از وجود شکاف مفهومی قابل‌توجه و ضعف در پیوند پیش‌نیازی میان پایه‌های تحصیلی در مبحث رفتارشناسی جانداران حکایت دارد.

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که مبحث رفتارشناسی جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه دوم از نظر انسجام عمودی در سطحی نسبتاً ضعیف قرار دارد. اگرچه در برخی بخش‌ها توالی و گسترش مفاهیم به صورت تدریجی و منطقی مشاهده می‌شود، اما داده‌های کمی این پژوهش نشان داد که ۹۵ درصد مفاهیم رفتاری (۳۹ مفهوم از ۴۰ مفهوم) بدون هیچ پیش‌نیاز قابل قبولی در پایه‌های قبلی ارائه شده‌اند. به عبارت دیگر، بیش از ۹۰ درصد مفاهیم، به صورت متمرکز در پایه دوازدهم ظاهر شده‌اند. چنین وضعیتی می‌تواند موجب کاهش توانایی دانش‌آموزان در ایجاد ارتباط میان مفاهیم و در نهایت افت درک عمیق مفاهیم زیستی شود؛ مسئله‌ای که با تأکید فورتوس و کرایچیک (۲۰۱۲)بر اهمیت پیوستگی مفهومی در یادگیری علوم همسو است.

در تحلیل محتوای آموزشی بر اساس الگوی ویلیام رومی نیز مشخص شد که میزان درگیری شناختی دانش‌آموزان در بخش‌های مختلف کتاب یکنواخت نیست. ضریب درگیری متن در پایه دهم (۰/۳۳) و دوازدهم (۰/۲۹) در محدوده غیرفعال و تنها در پایه یازدهم (۰/۴۶) در محدوده فعال قرار داشت. در بخش تصاویر، ضریب درگیری در پایه دهم صفر گزارش شد، در حالی که تصاویر پایه‌های یازدهم (۰/۳۸) و دوازدهم (۰/۸) در محدوده فعال قرار داشتند. همچنین، فعالیت‌های آموزشی در پایه‌های یازدهم (۳/۵۰) و دوازدهم (۱۱/۰۰) در محدوده بیش‌فعال قرار گرفتند که از نظر الگوی رومی مطلوب ارزیابی نمی‌شود. این یافته با نتایج سعادتی و عبادی‌مناس (۱۳۹۹) و خراسانی و همکاران (۱۴۰۴) همخوانی دارد که نشان داده‌اند بخش‌هایی از کتاب‌های زیست‌شناسی از نظر میزان درگیری شناختی دانش‌آموزان در سطح مطلوب قرار ندارند.

تحلیل پیچیدگی مفهومی نشان داد که از مجموع ۴۰ مفهوم رفتاری در سه پایه، ۳۲ مفهوم (۷۸٪) به صورت تحلیلی و / مفهوم (۲۲٪) به صورت توصیفی ارائه شده‌اند. روند افزایش مفاهیم تحلیلی از پایه دهم (۰٪) به یازدهم (۱۰۰٪) و دوازدهم (۷۸٫۴٪) مشاهده می‌شود. این نتیجه با دیدگاه دوشل (۲۰۱۹) و اسکات و همکاران، (۲۰۱۹) همسو است که بر ضرورت سازمان‌دهی تدریجی مفاهیم علمی برای تحقق یادگیری پایدار تأکید دارند. با این حال، تمرکز بیش از ۹۰ درصد مفاهیم در پایه دوازدهم، فرصت یادگیری تدریجی و عمیق را از دانش‌آموزان سلب می‌کند.

تحلیل تکرار مفاهیم نشان داد که از مجموع ۴۰ مفهوم رفتاری معرفی‌شده در پایه‌های یازدهم و دوازدهم، تنها ۱ مفهوم (۲٫۵٪) تکرار شده است. این میزان تکرار بسیار پایین است. اگرچه مفهوم تکراری (مهاجرت) به صورت گسترش‌یافته تکرار شده است، اما نبود تکرار در سایر مفاهیم کلیدی، فرصت تثبیت و تعمیق یادگیری را محدود می‌کند. این موضوع با نتایج مین و سیم، (۲۰۲۰) همسو است که نشان داده‌اند تکرارهای غیرهدفمند (و در اینجا نبود تکرار) در کتاب‌های علوم می‌تواند فرصت یادگیری اکتشافی را محدود کند.

تحلیل شکاف مفهومی نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب انسجام عمودی است. از مجموع ۴۰ مفهوم جدید در پایه‌های یازدهم و دوازدهم، ۳۹ مفهوم (۹۵٪) بدون هیچ پیش‌نیاز قابل قبولی در پایه‌های قبلی ارائه شده‌اند. تنها ۱ مفهوم (۵٪) دارای پیش‌نیاز بودند که هر دو به رفتار مهاجرتی پروانه مونارک در پایه دهم مرتبط می‌شوند. مفاهیمی مانند شرطی شدن کلاسیک، شرطی شدن فعال، حل مسئله، نقش‌پذیری، قلمروخواهی، زندگی گروهی، دگرخواهی، خواب زمستانی و ده‌ها مفهوم دیگر بدون آنکه دانش‌آموزان پیش‌نیازهای لازم را در پایه‌های قبلی آموخته باشند، در پایه دوازدهم ظاهر شده‌اند. این وضعیت با یافته‌هایی در تضاد است که بر ضرورت ارتباط منطقی میان پیش‌نیازها و مفاهیم جدید تأکید می‌کنند (Yeh et al. 2019).

در تحلیل کدهای محتوایی فعال، غیرفعال و خنثی نیز مشخص شد که سهم محتوای غیرفعال نسبت به فعال بیشتر است. اگرچه برخی فعالیت‌ها ظرفیت ایجاد درگیری ذهنی دارند، اما ساختار کلی محتوا همچنان تا حدی حافظه‌محور باقی مانده است. این نتیجه با یافته‌های عزیزی‌نژاد و اشرفی (۱۴۰۰) و انصاری‌راد و میلانی تبریز (۱۴۰۳) همسو است که بر غلبه رویکرد انتقال اطلاعات در بخش‌هایی از کتاب‌های زیست‌شناسی تأکید کرده‌اند.

از منظر انسجام عمودی، نتایج نشان داد که هرچه پیوستگی مفهومی بیشتر بوده، کیفیت یادگیری و میزان درگیری شناختی نیز وضعیت مطلوب‌تری داشته است. این موضوع نشان‌دهنده رابطه مثبت میان سازمان‌دهی مفاهیم و فعال‌سازی یادگیری است و با دیدگاه یه و همکاران، (۲۰۱۹) درباره نقش انسجام در بهبود کیفیت آموزش علوم همخوانی دارد.

نوآوری این پژوهش در این است که برای نخستین بار انسجام عمودی و الگوی ویلیام رومی به صورت هم‌زمان در تحلیل مبحث رفتارشناسی جانداران به کار گرفته شده‌اند. این رویکرد امکان بررسی هم‌زمان کیفیت سازمان‌دهی مفاهیم و میزان درگیری شناختی را فراهم می‌کند و تصویری جامع‌تر از وضعیت واقعی کتاب‌های درسی ارائه می‌دهد.

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بهبود کیفیت آموزش زیست‌شناسی مستلزم توجه هم‌زمان به انسجام مفهومی و افزایش یادگیری فعال است. تقویت فعالیت‌های مسئله‌محور، کاهش محتوای صرفاً توصیفی و طراحی پرسش‌های تحلیلی می‌تواند به ارتقای یادگیری عمیق و پایدار در دانش‌آموزان کمک کند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش نشان داد که مبحث رفتارشناسی جانداران در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه دوم، با وجود حرکت نسبی از مفاهیم توصیفی به مفاهیم تحلیلی در پایه‌های بالاتر، از نظر توزیع مفاهیم، تداوم یادگیری و ارتباط پیش‌نیازی میان پایه‌ها با کاستی‌هایی همراه است. تمرکز بخش عمده مفاهیم در پایه دوازدهم، تکرار محدود مفاهیم و وجود شکاف‌های مفهومی، بیانگر آن است که رشد مفهومی این مبحث به‌صورت کاملاً تدریجی و پیوسته طراحی نشده است.

همچنین، نتایج تحلیل به روش ویلیام رومی نشان داد که میزان درگیری شناختی در اجزای مختلف محتوا یکسان نیست و در برخی بخش‌ها، به‌ویژه فعالیت‌های پایه دوازدهم، عدم تعادل میان فعالیت‌های آموزشی و محتوای اصلی مشاهده می‌شود. از این رو، صرف افزایش فعالیت‌ها نمی‌تواند جایگزین توالی مناسب و پیوستگی مفاهیم در برنامه درسی شود.

در مجموع، نتایج بر ضرورت بازنگری در سازمان‌دهی مبحث رفتارشناسی جانداران با تأکید هم‌زمان بر یادگیری فعال، توالی تدریجی مفاهیم، تکرار هدفمند و ایجاد پیوندهای پیش‌نیازی میان پایه‌ها تأکید دارد. به‌کارگیری هم‌زمان تحلیل درگیری شناختی و انسجام عمودی نیز می‌تواند چارچوبی مناسب برای ارزیابی و بهبود محتوای کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه دوم فراهم کند.

پیشنهادات

بر اساس یافته‌های پژوهش، پیشنهادهای زیر برای بهبود آموزش مبحث رفتارشناسی جانداران ارائه می‌شود:

۱ .تقویت انسجام عمودی: مفاهیم رفتارشناسی از پایه‌های پایین‌تر به‌صورت تدریجی و پیوسته معرفی و در پایه‌های بالاتر تعمیق شوند تا پیش‌نیازهای مفهومی و ارتباط میان پایه‌ها تقویت شود.

۲ .بهبود فعالیت‌های آموزشی: با توجه به غیرفعال بودن متن در برخی پایه‌ها و بیش‌فعال بودن فعالیت‌ها در پایه‌های یازدهم و دوازدهم، فعالیت‌های مشاهده‌ای، تحلیلی و حل مسئله با تعداد متعادل طراحی شوند.

۳ .هدفمند کردن تصاویر آموزشی: تصاویر به‌گونه‌ای طراحی شوند که علاوه بر انتقال اطلاعات، موجب تحلیل و درگیری شناختی دانش‌آموزان شوند. استفاده هدفمند از ابزارهای هوش مصنوعی نیز می‌تواند در تولید تصاویر آموزشی مؤثر باشد.

۴ .کاهش شکاف‌های مفهومی: برای مفاهیم جدید، به‌ویژه در پایه دوازدهم، پیش‌نیازهای مفهومی مناسب در پایه‌های دهم و یازدهم در نظر گرفته شود.

۵ .پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی: انسجام عمودی سایر مباحث زیست‌شناسی بررسی و اثربخشی کتاب‌های بازطراحی‌شده بر اساس این یافته‌ها در مطالعات تجربی ارزیابی شود.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به یک میزان در تدوین این مقاله مشارکت داشتند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از دانشگاه فرهنگیان برای حمایت معنوی کمال تشکر را دارند.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع

Ansari Rad, P., & Milani Tabriz, H. S. (2024). Content analysis of the biology topics in the seventh-grade science textbook based on William Rumi's method [Conference presentation abstract]. 4th National Conference on Experimental Science Education, Farhangian University of Esfahan. https://ncse4.cfu.ac.ir/paper?manu-31130

Azizi Nejad, Z., & Ashrafi, M. (2021). Content analysis of the eleventh biology textbook (Chapter 4) based on William Roman's method [Conference presentation abstract]. The 23rd National and 11th International Iranian Biology Congress, Khomeini Higher Education Center, Alborz, Iran. https://civilica.com/doc/1252984 [In Persian]

Ghasemlou, A. (2026). Content analysis of plant-related topics in upper secondary biology textbooks. Research in Biology Education, 5(2), 98–113. [In Persian]

Khodabakhshzadeh, H., & Ahmadi, F. (2019). Content analysis of Iranian high school biology textbooks based on William Romey's model. Journal of Research in Science Education, 7(2), 45–62. [In Persian]

Khorasani, M., Milani-Tabriz, H. S., Irani, M., & Rashidi, M. (2025). Content analysis of the text, images, and learning activities of the immunology section of the 11th-grade biology textbook. Research in Biology Education, 5(1), 54–68. [In Persian]

Ministry of Education. (2024a). Biology 2: Student textbook for 11th grade. Organization for Educational Research and Planning. http://chap.sch.ir/books/… [In Persian]

Ministry of Education. (2024b). Biology 3: Student textbook for 12th grade. Organization for Educational Research and Planning. http://chap.sch.ir/books/… [In Persian]

Ministry of Education. (2024c). Experimental sciences: Student textbook for 9th grade. Organization for Educational Research and Planning. http://chap.sch.ir/books/… [In Persian]

Ministry of Education. (2025a). Biology (1): Grade 10 experimental sciences textbook. Organization for Educational Research and Planning. [In Persian]

Ministry of Education. (2025b). Biology (2): Grade 11 experimental sciences textbook. Organization for Educational Research and Planning. [In Persian]

Ministry of Education. (2025c). Biology (3): Grade 12 experimental sciences textbook. Organization for Educational Research and Planning. [In Persian]

Saadati, A., & Ebadi Manas, G. (2020). Content analysis of the twelfth-grade biology textbook based on the William Romey method. Research in Biology Education, 2, 63–76. [In Persian]

Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. Studies in Science Education, 44(1), 1–39. https://doi.org/10.1080/03057260701828101

Duschl, R. A. (2019). Learning progressions: Framing and designing coherent sequences for STEM education. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 1(1), Article 4. https://doi.org/10.1186/s43031-019-0005-x

Eisner, E. W. (2002). The educational imagination: On the design and evaluation of school programs (3rd ed.). Prentice Hall.

Fortus, D., & Krajcik, J. (2012). Curriculum coherence and learning progressions. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), Second international handbook of science education (pp. 783–798). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_52

Jin, H., Mikeska, J. N., Hokayem, H., & Mavronikolas, E. (2019). Toward coherence in curriculum, instruction, and assessment: A review of learning progression literature. Science Education, 103(5), 1206–1234. https://doi.org/10.1002/sce.21525

Jördens, J., Asshoff, R., Kullmann, H., & Hammann, M. (2016). Providing vertical coherence in explanations and promoting reasoning across levels of biological organization when teaching evolution. International Journal of Science Education, 38(6), 960–992. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1174790

Krippendorff, K. (2018). Content analysis: An introduction to its methodology (4th ed.). SAGE Publications. https://doi.org/10.4135/9781071878781

Min, M., & Sim, S. Y. (2020). Analysis of science textbook coherence and learning progressions. Journal of the Korean Association for Science Education, 40(3), 287–298.

Romey, W. D. (1968). Inquiry techniques for teaching science. Prentice-Hall.

Scott, E. E., Wenderoth, M. P., & Doherty, J. H. (2019). Learning progressions: An empirically grounded, learner-centered framework to guide biology instruction. CBE—Life Sciences Education, 18(4), Article es5. https://doi.org/10.1187/cbe.19-03-0059

Yeh, Y.-F., Erduran, S., & Hsu, Y.-S. (2019). Investigating coherence about nature of science in science curriculum documents: Taiwan as a case study. Science & Education, 28(3–5), 291–310. https://doi.org/10.1007/s11191-019-00053-1