

به نام یزدان پاک

همه سوال های

دکترای تخصصی (Ph.D)

علوم شناختی

۱۴۰۴ - ۱۴۰۵

گردآورندگان

گروه مولفین پردازش

فهرست مطالب

پیش گفتار ۷

آزمون دکترای علوم شناختی ۱۴۰۴

۹	 مبانی علوم شناختی
۱۱	 پاسخ نامه مبانی علوم شناختی
۳۹	 مبانی علوم اعصاب
۴۱	 پاسخ نامه مبانی علوم اعصاب
۷۲	 آمار و ریاضی و روش تحقیق
۷۴	 پاسخ نامه آمار و ریاضی و روش تحقیق
۱۰۰	 روان شناسی شناختی
۱۰۲	 پاسخ نامه روان شناسی شناختی
۱۱۸	 زبان شناسی شناختی
۱۱۹	 پاسخ نامه زبان شناسی شناختی

آزمون دکترای علوم شناختی ۱۴۰۵

۱۳۰	 مبانی علوم شناختی
۱۳۳	 پاسخ نامه مبانی علوم شناختی
۱۵۷	 مبانی علوم اعصاب
۱۵۹	 پاسخ نامه مبانی علوم اعصاب
۱۸۴	 آمار و ریاضی و روش تحقیق
۱۸۶	 پاسخ نامه آمار و ریاضی و روش تحقیق
۲۱۹	 روان شناسی شناختی
۲۲۱	 پاسخ نامه روان شناسی شناختی
۲۵۴	 زبان شناسی شناختی
۲۵۵	 پاسخ نامه زبان شناسی شناختی
۲۷۷	 منابع

پیش‌گفتار و مقدمه مؤلفین

به نام خداوند جان و خرد

علوم شناختی، به عنوان یکی از پویاترین و پیشروترین حوزه‌های میان‌رشته‌ای در دنیای معاصر، مرزهای سنتی دانش را درنوردیده و پیوندی عمیق میان روان‌شناسی، علوم اعصاب، زبان‌شناسی، هوش مصنوعی، فلسفه ذهن و انسان‌شناسی ایجاد کرده است. درک و واکاوی معماری ذهن انسان و شبیه‌سازی آن در سیستم‌های هوشمند، نیازمند تسلط بر مفاهیم پیچیده‌ای است که تنها با نگاهی جامع، تحلیلی و انتقادی حاصل می‌شود.

مجموعه حاضر با عنوان «همه سؤال‌های دکترای تخصصی (Ph.D) علوم شناختی»، دربردارنده آزمون‌های سال‌های ۱۴۰۴ و ۱۴۰۵، با غایت پاسخ‌گویی به نیاز روزافزون داوطلبان، پژوهشگران و علاقه‌مندان این عرصه تدوین شده است. این اثر فراتر از یک کتاب تست و پاسخ‌نامه تشریحی ساده است؛ بلکه درس‌نامه‌ای جامع، تحلیلی و ساختارمند است که بر اساس آخرین سرفصل‌های مصوب وزارت علوم و منابع استاندارد جهانی، با رویکردی کاملاً نوین به رشته تحریر درآمده است.

روش‌شناسی و مهندسی تدوین مجموعه

آنچه این کتاب را به اثری ماندگار و متمایز در حوزه منابع آزمون دکتری تبدیل کرده است، روش‌شناسی منحصربه‌فرد در پاسخ‌گویی و تحلیل سؤالات است. ما بر این باوریم که در آزمون دکتری، حفظ کردن مفاهیم راهگشا نیست، بلکه «درک عمیق شبکه‌های مفهومی» ضرورت دارد. از این رو، ساختار تحلیل هر سؤال با معماری ویژه‌ای طراحی شده است که تمام زوایای پنهان آن را پوشش می‌دهد:

۱. پاسخ تشریحی جامع و کالبدشکافی سؤال: در گام نخست، هر پرسش به طور کامل تحلیل شده و دلیل درستی گزینه مورد نظر با استنادات علمی و به‌صورت گام‌به‌گام تبیین می‌گردد.
۲. بررسی موشکافانه سایر گزینه‌ها و تله‌های طراح: یکی از نقاط قوت این مجموعه، بررسی دقیق گزینه‌های نادرست است. در این بخش، تله‌های مفهومی و پارادایمی طراح سؤال آشکار شده و دلیل رد هر گزینه با منطق علمی بیان می‌شود تا داوطلب از خطاهای شناختی رایج در جلسه آزمون مصون بماند.
۳. قطب‌نمای میان‌رشته‌ای (شش‌وجهی علوم شناختی): جایگاه هر سؤال در تقاطع علوم مختلف (نظیر هوش مصنوعی، علوم اعصاب و روان‌شناسی) مشخص شده تا داوطلب بتواند ارتباط مفاهیم را در تصویر کلان (Hexagon) درک کند.
۴. زیر ذره‌بین اندیشمندان: مباحث کلیدی از منظر نظریه‌پردازان بزرگ این عرصه، به‌ویژه بر اساس کتاب مرجع حوزه لوئیس برمودز (José Luis Bermúdez)، تحلیل و ریشه‌یابی فلسفی و شناختی می‌شوند.
۵. ماتریس سطوح سه‌گانه دیوید مار (David Marr): برای درک بهتر سیستم‌های پردازش اطلاعات، پدیده‌های مورد سؤال در سه سطح «محاسباتی»، «الگوریتمی» و «پیاده‌سازی فیزیکی» فرمول‌بندی و کالبدشکافی شده‌اند.
۶. نبرد پارادایم‌ها: رویکردهای متضاد و تاریخی علوم شناختی (مانند تقابل شناخت‌گرایی کلاسیک با پیوندگرایی یا شناخت بدنمند) در بستر سؤالات واکاوی شده است تا بینش انتقادی مخاطب ارتقا یابد.
۷. پل ارتباطی با لبه

دانش: پیوند مفاهیم کلاسیک با داغ‌ترین مباحث روز دنیا نظیر مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs)، معماری ترنسفورمرها، رابط‌های مغز-رایانه (BCI) و رباتیک شناختی برقرار شده است تا کاربرد عملی نظریه‌ها روشن گردد. ۸. **میان‌برهای شناختی و تکنیک‌های حل سریع:** برای مدیریت زمان در آزمون، قواعد سرانگشتی، کلیدواژه‌های طلایی و تکنیک‌های مهندسی معکوس برای رد گزینه‌ها در کسری از ثانیه ارائه شده است. ۹. **کادرهای جمع‌بندی و جداول مقایسه‌ای:** در انتهای تحلیل‌ها، خلاصه‌ای ساختارمند و دسته‌بندی‌شده در قالب جداول ارائه گردیده تا فرایند مرور و تثبیت اطلاعات (Consolidation) در حافظه داوطلبان بهینه‌سازی شود.

محتویات و ساختار کتاب

این مجموعه شامل بخش‌های مجزا و طبقه‌بندی‌شده از مواد امتحانی کنکور دکتری است که عبارتند از:

- **مبانی علوم شناختی:** واکاوی مفاهیم بنیادین ذهن، فلسفه شناخت و معماری محاسباتی.
- **مبانی علوم اعصاب:** بررسی عمیق نورواناتومی، الکتروفیزیولوژی و شبکه‌های عصبی زیستی.
- **آمار و ریاضی و روش تحقیق:** ارائه تکنیک‌های محاسباتی، حل نامعادلات، احتمالات، آزمون‌های فرض و روش‌شناسی پژوهش با زبانی ساده و کاربردی.
- **روان‌شناسی شناختی و زبان‌شناسی شناختی:** تحلیل فرآیندهای ادراک، حافظه، توجه و پردازش‌های زبانی.
- **واژه‌نامه تخصصی:** در انتهای مجموعه، اصطلاحات استاندارد جهانی همراه با توضیحات جامع تدوین شده است تا مرجعی برای یکپارچه‌سازی ترمینولوژی علمی داوطلبان باشد.

در نهایت، این اثر حاصل تلاش بی‌وقفه و هم‌اندیشی **گروه مؤلفین پردازش** است که با عشق به ساحت علم و تعهد به ارتقای سطح علمی دانش‌پژوهان کشور عزیزمان تهیه شده است. امید است این مجموعه ارزشمند، چراغ راهی برای پویندگان مسیر پرفرازونشیب علوم شناختی باشد و زمینه موفقیت شما را در عالی‌ترین سطوح آکادمیک فراهم آورد.

**با آرزوی موفقیت و درخشش روزافزون
گروه مؤلفین انتشارات پردازش**

آزمون دکترای علوم شناختی ۱۴۰۴

مبانی علوم شناختی



۱. ادعای اصلی قضیه چرچ – تورینگ، چه بود؟
 - (۱) مسئله توقف، مسئله‌ای حل‌شدنی است.
 - (۲) شهود و ابهام، بخشی از فرایند پردازش در ماشین تورینگ است.
 - (۳) رویکرد پیوندی یا اتصال‌گرا، بهترین شیوه برای توصیف نحوه پردازش اطلاعات است.
 - (۴) هر چیزی که بتواند با یک الگوریتم ریاضی حل شود، در ماشین تورینگ قابل اجرا است.
۲. مطالعات تولمن، چه برداشتی از مفهوم اطلاعات را برجسته ساخت؟
 - (۱) آزمایش‌های یادگیری نهفته او نشان داد بسیاری از حیوانات قادرند بدون هیچ تقویتی اطلاعات کسب کنند.
 - (۲) اطلاعات در ناحیه مشخصی از مغز ذخیره نمی‌شوند، بلکه در کل مغز توزیع می‌شوند.
 - (۳) قطعه‌بندی، نقش مهمی در تسهیل ذخیره‌سازی اطلاعات دارد.
 - (۴) صافی‌ها، نقش مهمی در گزینش اطلاعات دارند.
۳. کدام عبارت، در مورد شباهت یا عدم شباهت شبکه‌های عصبی مصنوعی و شبکه‌های مغزی درست است؟
 - (۱) شواهدی از وجود الگوریتم‌های یادگیری هبی در مغز وجود ندارد.
 - (۲) شبکه‌های عصبی زیستی، شبیه شبکه‌های غیررقابتی و مبتنی بر ناظر، عمل می‌کنند.
 - (۳) الگوریتم، پس از انتشار در شبکه‌های مغزی، قابل مشاهده است، چون امکان انتقال رو به عقب پیام‌های خطا وجود دارد.
 - (۴) واحدها یا سلول‌ها، در شبکه‌های عصبی غیرهمسان هستند و الگوریتم‌های محلی، بهتر می‌توانند نحوه فعالیت شبکه‌های مغزی را توضیح دهند.
۴. مطابق مدل استیون پینکر و آلن پرینس، مورد یادگیری افعال بی‌قاعده، کدام است؟
 - (۱) استثناها، در افعال گذشته، توسط سامانه بازنمایی نمادین، شناسایی و طبقه‌بندی می‌شوند.
 - (۲) دو مسیر، برای پردازش افعال وجود دارد و مسیر بازنمایی نمادین به شکل واجی ریشه فعل حساس است.
 - (۳) دو مسیر، برای پردازش افعال وجود دارد و پردازشی که مبتنی بر حافظه تداعی است، به شکل واجی ریشه فعل حساس است.
 - (۴) مسیر بازنمایی نمادین و مسیر حافظه تداعی، با یکدیگر در رقابت هستند و مسیر از پیش تعیین‌شده مسیر حافظه تداعی یا رابطه‌ای است.
۵. رویکرد محاسباتی یا رایانشی، با کدام مکتب‌های فلسفی همخوانی بیشتری دارد؟
 - (۱) ماده‌گرایی حذف‌گرا (۲) کارکردگرایی (۳) پدیدارشناسی (۴) دوگانه‌انگاری
۶. در سیستم بینایی کدام تفکیک، حاصل مطالعات گودال و میلنر در مورد سیستم بینایی است؟
 - (۱) پیمانهای و غیرپیمانهای
 - (۲) برای عمل و برای ادراک
 - (۳) مربوط به چیستی و مربوط به مکان
 - (۴) برای اشیاء هیجانی و برای اشیاء غیرهیجانی
۷. کدام روش تصویربرداری مغزی، مبتنی بر اندازه‌گیری سطح اکسیژن خون است؟
 - (۱) MEG (۲) ERP (۳) fMRI (۴) EEG



۸. از کدام تکلیف، برای بررسی نظریه ذهن در کودکان استفاده می‌شود؟
(۱) شنود دوگوشی (۲) سالی - آن (۳) تشخیص چهره (۴) یادآوری با تأخیر
۹. کدام ادعا، در مورد دیدگاه فودور در خصوص پردازش مرکزی، همخوان تر است؟
(۱) دقت و مورد تأیید بودن یک باور در پردازش مرکزی را می‌توان به صورت مستقل و مجزا بررسی کرد.
(۲) بخش بزرگی از پردازش اطلاعات در پردازشگر مرکزی، دور از دسترس علوم شناختی خواهد ماند.
(۳) یکی از ویژگی‌های اصلی پردازشگر مرکزی، غیر کواینی بودن آن است.
(۴) پردازشگر مرکزی، ماهیت پیمانه‌ای دارد.
۱۰. کدام یافته، حاصل مطالعاتی است که جرج میلر انجام داده است؟
(۱) شنوایی دوگوشی یا شنود دوگانه، ابزار مناسبی برای مطالعه توجه گزینشی است.
(۲) ظرفیت پردازش هم‌زمان اطلاعات، در حس شنوایی بیشتر از حس بینایی است.
(۳) تحلیل صوری زبان، ابزار مناسبی برای توصیف الگوریتمی توانایی‌های شناختی است.
(۴) همه حواس پنج‌گانه، کانال‌های اطلاعاتی هستند و ظرفیت کانال‌ها حدوداً سه بایت است.
۱۱. اگر چیزی را هنگام ناراحتی یاد گرفته باشیم، به یادآوری آن در زمان‌هایی که غمگین هستیم، ساده‌تر می‌شود. این پدیده چه نامیده می‌شود؟
(۱) حافظه جهت‌دار (۲) همخوانی خلقی
(۳) حافظه درخششی (۴) یادگیری وابسته به خلق
۱۲. برمودز، معتقد است فرضیه سه سطحی دیوید مار نمی‌تواند به‌طور کامل چالش تلفیق را حل کند. او به‌طور مشخص چه ادعایی را مطرح می‌کند؟
(۱) در تقلیل یا فروکاست، سطح محاسباتی به سطح الگوریتمی مشکل دارد.
(۲) مبتنی بر نوعی کارکردگرایی است و از این جهت نمی‌تواند چالش تلفیق را حل کند.
(۳) برای سامانه‌های پیمانه‌ای مناسب است اما در توصیف سامانه‌های غیر پیمانه‌ای دچار مشکل می‌شود.
(۴) برای توصیف سامانه‌های غیر پیمانه‌ای مناسب است اما نمی‌تواند توصیف مناسبی برای تلفیق محدود یا محلی ارائه کند.
۱۳. کدام ادعا، با دیدگاه برمودز در مورد علوم‌شناختی و فروکاست میان نظریه‌ای همخوان است؟
(۱) تجزیه کارکردی مورد استفاده در علوم‌شناختی، زمینه‌ای برای دستیابی به فروکاست میان نظریه‌ای فراهم می‌کند.
(۲) قوانین استیونز در سایکوفیزیک را می‌توان معادل قوانین ترمودینامیک در فیزیک دانست.
(۳) قوانین، در علوم‌شناختی اندک هستند و عمدتاً ماهیت غیرتبیینی دارند.
(۴) قوانین، در علوم‌شناختی قدرت پیش‌بینی ندارند.
۱۴. کدام توصیف، در مورد نوروهای فون اکونومو یا دوکی‌شکل، درست است؟
(۱) قرار گرفتن آنها در قشر سینگولیت، می‌تواند نشانگر نقش‌شان در آگاهی‌یافتن از اشتباهات و اصلاح آنها باشد.
(۲) عدم وجود این سلول‌ها، در قشر پری‌فرنال پشتی جانبی نشان می‌دهد نقشی در فرایندهای عالی ندارند.
(۳) این سلول‌ها، نقش اختصاصی در پردازش هیجان‌ها دارند.
(۴) این سلول‌ها، فقط در انسان و شامپانزه‌ها دیده می‌شوند.
۱۵. کدام مورد با دیدگاه فودور، در خصوص واقع‌گرایی قصدمند و علیت محتوا همخوان است؟
(۱) روان‌شناسی، باور نوعی روان‌شناسی عامیانه است و نمی‌تواند درست باشد.
(۲) نظریه واقع‌گرایی قصدمند و علیت محتوا با کارکردگرایی ناهمخوان است.
(۳) بین دستکاری صوری نمادها و تفکر و درک واقعی، تفاوت ماهوی وجود دارد.
(۴) مغز، تنها به مؤلفه شکلی بازنمایی حساس است اما در عین حال با مؤلفه معنایی بازنمایی ذهنی در انطباق است.

موضوع سوال:

این سؤال به یکی از بنیادی‌ترین مفاهیم تاریخ علم محاسبات و علوم شناختی، یعنی «قضیه یا تز چرچ-تورینگ» (Church-Turing Thesis) می‌پردازد. این قضیه سنگ‌بنای نظریه محاسباتی ذهن (Computational Theory of Mind - CTM) را تشکیل می‌دهد. بر اساس مازول قطب‌نمای میان‌رشته‌ای، این سؤال دقیقاً نقطه تلاقی سه وجه حیاتی از شش‌وجهی علوم شناختی است: فلسفه ذهن (تبیین ماهیت مکانیکی تفکر و استدلال)، **هوش مصنوعی و نظریه محاسبات** (تعریف مرزهای الگوریتم و قابلیت محاسبه)، و **روان‌شناسی شناختی** (مدل‌سازی ذهن به‌عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات).

پاسخ تشریحی:

تز چرچ-تورینگ که در دهه ۱۹۳۰ میلادی به‌صورت مستقل توسط آلن تورینگ (Alan Turing) و آلونزو چرچ (Alonzo Church) مطرح شد، ادعا می‌کند که هر تابع ریاضی که از لحاظ شهودی و منطقی «قابل محاسبه مؤثر» (Effectively Calculable) باشد، توسط یک ماشین تورینگ عمومی (Universal Turing Machine - UTM) یا منطق حساب لامبدا (Lambda Calculus) قابل محاسبه و اجرا است. این مفهوم را می‌توان در زبان ریاضی به شکل زیر صورت‌بندی کرد:

$$\text{Function } f: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N} \text{ is effectively calculable} \Leftrightarrow f \text{ is Turing-computable}$$

تورینگ با ابداع مفهومی ماشین تورینگ (سیستمی انتزاعی شامل یک نوار بی‌نهایت، کلاهی خواندن/نوشتن، جدول انتقال حالات و مجموعه متناهی از نمادها)، نشان داد که هر روند گام‌به‌گام و الگوریتمی برای حل یک مسئله، قابل ترجمه به زبان مکانیکی این ماشین است؛ بنابراین، هر چیزی که بتواند توسط یک الگوریتم ریاضی حل شود، در ماشین تورینگ قابل اجراست.

زیر ذره‌بین برمودز:

خوزه لوئیس برمودز (José Luis Bermúdez) در کتاب مرجع «علوم شناختی: مقدمه‌ای بر مطالعه ذهن»، تز چرچ-تورینگ را نقطه آغازین پیدایش علوم شناختی نوین و هسته مرکزی «فرضیه سیستم نمادهای فیزیکی» (Physical Symbol System Hypothesis) معرفی می‌کند. برمودز استدلال می‌کند که این تز، به روان‌شناسان و فلاسفه اجازه داد تا برای اولین بار، «تفکر» را بدون نیاز به توسل به مفاهیم دوگانه‌انگارانه یا ارواح غیرمادی، تبیین کنند. از دیدگاه برمودز، اگر ذهن انسان مسائل شناختی را از طریق قواعد الگوریتمی و دستکاری صوری نمادها حل می‌کند، پس ذهن اساساً یک ماشین تورینگ زیستی است و هر فرآیند شناختی قابل برنامه‌ریزی بر روی یک کامپیوتر دیجیتال خواهد بود. این دیدگاه، زیربنای پارادایم هوش مصنوعی نمادین (GOFAI) را می‌سازد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- **گزینه ۱ (مسئله توقف مسئله‌ای حل‌شدنی است):** کاملاً نادرست است. آلن تورینگ در سال ۱۹۳۶ طی یک اثبات ریاضی مشهور با استفاده از برهان خلف (Proof by Contradiction) نشان داد که «مسئله توقف» (Halting Problem) — یعنی تشخیص اینکه آیا یک برنامه دلخواه با ورودی مشخص در نهایت متوقف می‌شود یا در حلقه بی‌نهایت می‌افتد — یک مسئله **تغییرناپذیر و تصمیم‌ناپذیر (Undecidable)** است؛ بنابراین، ماشین تورینگ نمی‌تواند این مسئله را حل کند.
- **گزینه ۲ (شهود و ابهام بخشی از فرایند پردازش در ماشین تورینگ است):** کاملاً نادرست است. ماشین تورینگ مظهر قطعیت، دقت ریاضی و پردازش صوری (Syntactic Processing) است. جدول انتقال حالات در این ماشین، بدون کوچک‌ترین ابهام، شهود غیرمکانیکی یا تفسیر سلیقه‌ای، صرفاً بر اساس نماد ورودی و حالت فعلی ماشین، دستور بعدی را صادر می‌کند. ابهام در معماری تورینگ جایگاهی ندارد.
- **گزینه ۳ (رویکرد پیوندی یا اتصال‌گرا بهترین شیوه برای توصیف نحوه پردازش اطلاعات است):** از لحاظ تاریخی و مفهومی نادرست است. تز چرچ-تورینگ پایه‌گذار رویکرد «نمادین و محاسباتی کلاسیک» (Symbolic Paradigm) است، نه رویکرد اتصال‌گرا (Connectionism). رویکرد اتصال‌گرا یا پیوندگرایی (مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی دیوید روملهارت و جیمز مک‌کلند) در دهه‌های بعد و دقیقاً به‌عنوان نقدی بر محدودیت‌های ماشین‌های تورینگ در پردازش موازی و تشخیص الگو ظهور کرد؛ بنابراین این گزینه هیچ ارتباطی با ادعای قضیه چرچ-تورینگ ندارد.



نکات تکمیلی:

- **ماتریس سطوح سه‌گانه دیوید مار:** اگر تیز چرچ-تورینگ را در چارچوب نظریه دیوید مار تحلیل کنیم، این تیز مستقیماً مرزهای «سطح محاسباتی» (شناسایی توابعی که اصولاً قابل محاسبه هستند) و «سطح الگوریتمی» (تبدیل فرآیند محاسبه به گام‌های گسسته و متوالی در ماشین تورینگ) را تعریف می‌کند. با این حال، تیز چرچ-تورینگ کاملاً نسبت به «سطح پیاده‌سازی فیزیکی» خنثی است (Multiple Realizability)؛ یعنی یک ماشین تورینگ می‌تواند روی تراشه‌های سیلیکونی، رله‌های الکتریکی، چرخ‌دنده‌های مکانیکی یا مدارهای عصبی مغز پیاده‌سازی شود.
 - **نبرد پارادایم‌ها:** تیز چرچ-تورینگ نماینده قاطع پارادایم محاسباتی کلاسیک (GOFAI) است. در برابر این دیدگاه، پارادایم شناخت بدنمند (E Cognition) و نظریه پردازانی همچون هیوبرت دریفوس و جان سرل (با آزمایش فکری اتاق چینی) قرار دارند که معتقدند شناخت انسانی شامل تعامل پویا با محیط، آگاهی پدیدارشناختی (Qualia) و درک معنایی (Semantics) است که هرگز قابل تقلیل به دستکاری صوری نمادها در یک ماشین تورینگ نیست.
 - **پل ارتباطی با لبه دانش (هوش مصنوعی نوین و محاسبات کوانتومی):** امروزه با ظهور مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs)، معماری ترنسفورمرها (Transformers) و هوش مصنوعی مولد، این سؤال مطرح می‌شود که آیا این مدل‌ها فراتر از تیز چرچ-تورینگ عمل می‌کنند؟ پاسخ منفی است. تمامی شبکه‌های عصبی عمیق فعلی، علیرغم پیچیدگی خیره‌کننده و پردازش موازی روی پردازنده‌های گرافیکی (GPUs)، از لحاظ ریاضی همچنان «تورینگ-محاسبه‌پذیر» (Turing-Computable) هستند. حتی کامپیوترهای کوانتومی (Quantum Turing Machines) نیز اگرچه پیچیدگی زمانی حل برخی مسائل (مانند تجزیه اعداد بزرگ) را از کلاس نمایی به کلاس چندجمله‌ای (BQP) تقلیل می‌دهند، اما هرگز نمی‌توانند مسئله‌ای را که برای ماشین تورینگ کلاسیک «محاسبه‌ناپذیر» است (مانند مسئله توقف)، حل کنند؛ مرزهای تعریف‌شده توسط چرچ و تورینگ همچنان در مرزهای دانش روز پابرجا هستند.
- راه حل تستی:
- **تله طراح:** طراح سؤال با قرار دادن کلمه «مسئله توقف» در گزینه ۱، داوطلبانی را هدف قرار داده است که نام تورینگ را در کنار مسئله توقف شنیده‌اند، اما به یاد ندارند که تورینگ «اثبات عدم حل‌پذیری» این مسئله را انجام داده است، نه حل آن را. همچنین گزینه ۳ یک تله پارادایمی است برای کسانی که می‌دانند علوم شناختی نوین به شبکه‌های پیوندی توجه دارد، اما ماهیت تاریخی قضیه چرچ-تورینگ را فراموش کرده‌اند.
 - **تکنیک رد گزینه و میان‌بر شناختی:** به محض مشاهده عبارت «قضیه چرچ - تورینگ»، در ذهن خود مفاهیم «الگوریتم»، «محاسبه‌پذیری مؤثر» و «ماشین تورینگ» را فعال کنید. هر گزینه‌ای که از «ابهام» (گزینه ۲)، «پیوندگرایی» (گزینه ۳) یا «حل مسئله توقف» (گزینه ۱) صحبت کند، بلافاصله در کمتر از ۱۰ ثانیه حذف می‌شود. کلمات «الگوریتم ریاضی» و «قابل اجرا در ماشین تورینگ» در گزینه ۴، تعریف مستقیم و واژه‌به‌واژه تیز چرچ-تورینگ هستند.
- گزینه ۱.

موضوع سوال:

این سؤال به یکی از تاریخی‌ترین و سرنوشت‌سازترین مباحث در شکل‌گیری علوم شناختی، یعنی «آزمایش‌های یادگیری نهفته و نقشه‌های شناختی ادوارد تولمن» (Cognitive Maps & Edward Tolman's Latent Learning) می‌پردازد. این مطالعات اولین شکاف‌های بنیادین را در دیواره‌های مستحکم مکتب رفتارگرایی ایجاد کرد. بر اساس ماژول قطب‌نمای میان‌رشته‌ای، این سؤال نقطه تلاقی شگرفی میان سه وجه کلیدی از شش‌وجهی علوم شناختی است: **روان‌شناسی شناختی** (مطالعه فرآیندهای یادگیری، حافظه فضایی و بازنمایی درونی)، **فلسفه ذهن** (گذر از رفتارگرایی محض و اثبات وجود حالات قصدمند و بازنمایی‌های ذهنی)، و **هوش مصنوعی و رباتیک** (مدل‌سازی ناوبری فضایی، نقشه‌برداری محیطی و الگوریتم‌های مکان‌یابی).

پاسخ تشریحی:

در نیمه اول قرن بیستم، روان‌شناسی تحت سیطره مطلق مکتب رفتارگرایی (با نمایندگانی چون جان واتسون و بی. اف. اسکینر) قرار داشت. اصول رفتارگرایی ادعا می‌کرد که یادگیری صرفاً محصول شرطی‌سازی و ایجاد پیوند میان محرک و پاسخ (S-R) تحت



تأثیر «تقویت یا پاداش» (Reinforcement) است و صحبت از حالات درونی ذهن یا ذخیره سازی اطلاعات، غیرعلمی و بی معنی است. ادوارد چیس تولمن (Edward C. Tolman)، روان شناس و نظریه پرداز آمریکایی، با ابداع مکتب «رفتارگرایی هدفمند یا غایت نگر» (Purposive Behaviorism)، این آموزه جزمی را به چالش کشید.

تولمن و همکارش سی. اچ. هانزیک (C. H. Honzik) در سال ۱۹۳۰ آزمایش های مشهوری را با موش ها در مازهای (هزارتوهای) پیچیده انجام دادند. آن ها نشان دادند موش هایی که به مدت ۱۰ روز در ماز بدون هیچ گونه پاداش غذایی کاوش می کردند، به محض اینکه در روز یازدهم پاداشی در انتهای ماز قرار داده شد، با سرعتی خیره کننده و حتی سریع تر از گروهی که از روز اول پاداش گرفته بودند، مسیر صحیح را یافتند. این پدیده «یادگیری نهفته» (Latent Learning) نام گرفت؛ یعنی یادگیری و کسب اطلاعات فضایی بدون نیاز به هیچ گونه تقویت یا پاداش بیرونی اتفاق افتاده بود و پاداش صرفاً بر «عملکرد» (Performance) حیوان تأثیر گذاشت، نه بر فرآیند «کسب اطلاعات» (Information Acquisition). تولمن در مقاله کلاسیک ۱۹۴۸ خود ادعا کرد که حیوانات در طول کاوش بدون پاداش، یک «نقشه شناختی» (Cognitive Map) یا بازنمایی ذهنی از ساختار فضایی محیط در مغز خود تشکیل می دهند. این امر اثبات کرد که ذهن حیوان یک دریافت کننده منفعل محرک ها نیست، بلکه یک پردازشگر و ذخیره کننده فعال اطلاعات است.

زیر ذره بین برمودز:

خوزه لویس برمودز (José Luis Bermúdez) در فصل های آغازین کتاب مرجع «علوم شناختی: مقدمه ای بر مطالعه ذهن»، از آزمایش های تولمن به عنوان یکی از نخستین و مهم ترین کاتالیزورهای «انقلاب شناختی» (The Cognitive Revolution) یاد می کند. برمودز به دقت تشریح می کند که اهمیت فلسفی و علمی کار تولمن در این بود که نشان داد برای تبیین رفتار، ناگزیر باید به مفهوم «بازنمایی اطلاعات» (Information Representation) متوسل شد. از دیدگاه برمودز، موش های تولمن صرفاً زنجیره ای از بازتاب های حرکتی (پیچیدن به راست یا چپ در پاسخ به یک محرک بصری) را یاد نگرفته بودند، بلکه آن ها اطلاعاتی انتزاعی درباره «کل نقشه مکان» ذخیره کرده بودند. برمودز تأکید می کند که تولمن با اثبات تفکیک میان یادگیری (انباشت بازنمایی های اطلاعاتی) و عملکرد (بروز رفتاری آن اطلاعات در حضور انگیزه و پاداش)، راه را برای پیدایش روان شناسی پردازش اطلاعات و تعریف ذهن به عنوان یک سیستم بازنمایی گرا هموار کرد.

بررسی سایر گزینه ها:

- گزینه ۲ (اطلاعات در ناحیه مشخصی از مغز ذخیره نمی شوند بلکه در کل مغز توزیع میشوند): نادرست است. این گزینه به نظریه مشهور کارل لشلی (Karl Lashley) و مفاهیم «هم توانی» (Equipotentiality) و «عملکرد کلی یا جرمی» (Mass Action) اشاره دارد. لشلی با تخریب بخش های مختلف قشر مغز موش ها دریافت که میزان اختلال در یادگیری ماز به حجم آسیب بستگی دارد نه محل دقیق آن؛ این ایده در دهه های بعد به پایگاه نظری رویکرد پیوندگرایی (Connectionism) و بازنمایی های توزیع شده تبدیل شد و هیچ ارتباطی با ادعا و تمرکز نظری ادوارد تولمن بر یادگیری نهفته ندارد.
- گزینه ۳ (قطعه بندی نقش مهمی در تسهیل ذخیره سازی اطلاعات دارد): نادرست است. مفهوم «قطعه بندی یا تقطیع» (Chunking) یکی از دستاوردهای درخشان جرج میلر (George A. Miller) در سال ۱۹۵۶ (مقاله مشهور عدد جادویی هفت به علاوه یا منهای دو) است. میلر نشان داد که انسان ها می توانند ظرفیت محدود حافظه کوتاه مدت یا کانال پردازش اطلاعات خود را با دسته بندی واحدها به قطعات معنادار و بزرگ تر افزایش دهند. این مبحث کاملاً در حوزه روان شناسی حافظه کوتاه مدت است و ارتباطی با مطالعات تولمن ندارد.
- گزینه ۴ (صافی ها نقش مهمی در گزینش اطلاعات دارند): نادرست است. نظریه «صافی یا فیلتر اطلاعات» (Filter Model of Attention) مربوط به مطالعات کلاسیک دونالد برادبنت (Donald Broadbent) در سال ۱۹۵۸ در زمینه توجه گزینشی و پردازش اطلاعات در کانال های ارتباطی است. برادبنت معتقد بود اطلاعات حسی ورودی به دلیل محدودیت ظرفیت سیستم پردازش مرکزی، باید از طریق یک صافی انتخاب شوند؛ موضوعی که از حیطه نظریات ماز و یادگیری نهفته تولمن کاملاً خارج است.

نکات تکمیلی:

- ماتریس سطوح سه گانه دیوید مار: اگر پدیده نقشه برداری شناختی تولمن را در چارچوب دیوید مار تجزیه کنیم:



- **سطح محاسباتی:** سیستم شناختی باید مسئله مکان‌یابی و یافتن بهینه‌ترین و کوتاه‌ترین مسیر (Shortest Path Finding) برای رسیدن به هدف را در یک محیط فضایی حل کند.
 - **سطح الگوریتمی و بازنمایی:** سیستم از الگوریتم یادگیری بدون ناظر و بازنمایی‌های تخصیص‌یافته فضایی (Egocentric Motor) به جای بازنمایی‌های خودمحور و حرکتی (Allocentric Spatial Representation) استفاده می‌کند تا نقشه محیط را بسازد.
 - **سطح پیاده‌سازی فیزیکی:** این سطح دهه‌ها پس از تولدن توسط جان اوکیف (John O'Keefe) و ادوارد و می-بریت موزر (Moser & Moser) کشف شد که به خاطر آن جایزه نوبل پزشکی ۲۰۱۴ را دریافت کردند: نقشه شناختی تولمن به طور فیزیکی در «سلول‌های مکانی» (Place Cells) در هیپوکامپ و «سلول‌های شبکه‌ای» (Grid Cells) در قشر درون‌بینی (Entorhinal Cortex) پیاده‌سازی می‌شود.
 - **نبرد پارادایم‌ها:** مطالعات تولمن میدان نبردی تمام‌عیار میان پارادایم رفتارگرایی اسکینری (S-R Psychology) و پارادایم شناخت‌گرایی بازنمایی‌محور (S-O-R Psychology / Stimulus-Organism-Response) بود. تولمن متغیر میانجی (Intervening Variable) یا همان «ارگانیسم و ساختار شناختی درون آن» را به معادله بازگرداند و ثابت کرد محیط صرفاً پاسخ را دیکته نمی‌کند، بلکه ذهن ساختاری از اطلاعات می‌سازد که تصمیم‌گیری را هدایت می‌کند.
 - **پل ارتباطی با لبه دانش (هوش مصنوعی نوین و رباتیک خودکار):** امروزه مفهوم «نقشه شناختی» تولمن یکی از ارکان اساسی در هوش مصنوعی و رباتیک است. الگوریتم‌های مکان‌یابی و نقشه‌برداری هم‌زمان (SLAM - Simultaneous Localization and Mapping) که در خودروهای خودران و پهپادهای خودکار استفاده می‌شوند، دقیقاً همان هدفی را دنبال می‌کنند که تولمن در موش‌ها کشف کرد: ایجاد یک مدل فضایی درونی از محیط ناشناخته بدون نیاز به پاداش فوری. همچنین در مدل‌های پیشرفته یادگیری تقویتی عمیق (Deep Reinforcement Learning)، عامل‌های هوش مصنوعی (مانند سیستم‌های ناوربری DeepMind) با الهام از معماری هیپوکامپ و نقشه‌های شناختی، قادرند در محیط‌های پیچیده مجازی و فیزیکی حتی در غیاب سیگنال پاداش، به کاوش و تشکیل مدل درونی از جهان (World Models) بپردازند.
- راه حل تستی:**
- **تله طراح:** طراح سؤال با قرار دادن گزینه‌هایی که هر کدام به یکی از روان‌شناسان و دانشمندان بزرگ علوم شناختی (لشلی، میلر، برادبنت) تعلق دارند، سعی کرده داوطلبانی را که دانش سطحی از مفهوم «اطلاعات» دارند به اشتباه بیندازد. هر چهار گزینه گزاره‌های درستی در روان‌شناسی هستند، اما فقط یکی به «تولمن» تعلق دارد.
 - **تکنیک رد گزینه و میان‌بر شناختی:** در کنکور دکتری علوم شناختی، کلیدواژه طلایی و انحصاری «تولمن» (Tolman) همواره و بدون استثنا با سه مفهوم گره خورده است: ۱. یادگیری نهفته (Latent Learning)، ۲. نقشه شناختی (Cognitive Map)، ۳. یادگیری بدون تقویت/پاداش (Learning without Reinforcement). به محض دیدن نام تولمن در صورت سؤال، سریعاً با چشم گزینه‌ها را اسکن کنید. گزینه ۱ با دارا بودن عبارات «یادگیری نهفته» و «بدون هیچ تقویتی»، در کمتر از ۵ ثانیه به عنوان پاسخ صحیح شناسایی می‌شود.

جدول مقایسه‌ای

نظریه پرداز شناختی / رفتاری	مفهوم کلیدی و دستاورد علمی	محور نظری در قبال پردازش اطلاعات
ادوارد تولمن (Edward Tolman)	یادگیری نهفته و نقشه شناختی	کسب اطلاعات فضایی و بازنمایی ذهنی بدون نیاز به تقویت و پاداش (گزینه ۱ - پاسخ صحیح)
کارل لشلی (Karl Lashley)	هم‌توانی و عملکرد کلی (Equipotentiality)	ذخیره‌سازی اطلاعات به صورت توزیع شده در کل قشر مغز، نه در یک نقطه محلی (گزینه ۲)
جرج میلر (George A. Miller)	عدد جادویی ۷ و قطعه‌بندی	بسته‌بندی واحدها برای تسهیل ذخیره‌سازی و ارتقای ظرفیت



کانال حافظه کوتاه مدت (گزینه ۳)	(Chunking)	(Miller)
گزینش و عبور انتخابی اطلاعات از کانال های حسی از طریق یک صافی یا فیلتر گلو ی بطری (گزینه ۴)	مدل صافی توجه (Filter Model)	دونالد برادبنت (Donald Broadbent)

۳. گزینه ۴

موضوع سوال:

این سؤال به بررسی تطبیقی و آسیب شناسی یکی از مهم ترین پارادایم های علوم شناختی، یعنی «رویکرد اتصال گرا یا پیوند گرایی» (Connectionism / Parallel Distributed Processing - PDP) در قبال واقعیت های زیستی مغز می پردازد. محور اصلی پرسش، سنجش «اعتبار و موجه بودن زیستی» (Biological Plausibility) در مدل های شبکه های عصبی مصنوعی (ANNs) و مقایسه معماری و الگوریتم های یادگیری آن ها با شبکه های عصبی زیستی (BNNs) است. بر اساس مازول قطب نمای میان رشته ای، این سؤال دقیقاً در نقطه تلاقی حیاتی سه وجه از شش وجهی علوم شناختی قرار دارد: **علوم اعصاب محاسباتی** (مدل سازی ریاضی پلاستیسیته سیناپسی و معماری قشر مغز)، **هوش مصنوعی و یادگیری ماشین** (الگوریتم های یادگیری عمیق، پس انتشار خطا و یادگیری بدون ناظر)، و **روان شناسی شناختی** (تبیین مکانیسم های یادگیری متداعی، حافظه و ادراک در سطح ساختارهای زیربنایی).

پاسخ تشریحی:

برای درک چرایی صحت گزینه ۴، باید به دو تفاوت بنیادی میان معماری شبکه های عصبی مصنوعی کلاسیک (که در دهه های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ توسط دیوید روملهارت، جیمز مک کلند و جفری هینتون توسعه یافتند) و معماری واقعی مغز زیستی توجه کرد: «همگنی در برابر ناهمگنی ساختاری» و «الگوریتم های محلی در برابر سراسری».

در شبکه های عصبی مصنوعی کلاسیک، تمامی واحدها یا گره ها (Nodes/Units) کاملاً «همگن و همسان» (Homogeneous) هستند؛ یعنی همه آن ها از یک تابع فعال سازی ساده و یکسان (مانند سیگموئید، ReLU یا تانژانت هیپربولیک) استفاده می کنند و ساختار محاسباتی آن ها تفاوتی با یکدیگر ندارد. در مقابل، سیستم عصبی زیستی به شدت «ناهمگن و غیرهمسان» (Heterogeneous) است. در مغز انسان صدها نوع سلول عصبی با مورفولوژی ها، ویژگی های بیوفیزیکی، الگوهای شلیک (Spiking patterns)، کانال های یونی و پیام رسان های عصبی (نوروترانسمیترهای تحریکی مانند گلو تامات و مهاری مانند گابا) کاملاً متفاوت وجود دارد (مانند سلول های هرمی، سلول های پورکینز، نورون های دوکی شکل، اینترنورون های مهاری سبکی و...).

علاوه بر این، الگوریتم های یادگیری در مغز زیستی عمدتاً «محلی» (Local Learning Rules) هستند. در یک الگوریتم محلی، تغییر وزن یا قدرت یک اتصال سیناپسی (Δw_{ij})، صرفاً به اطلاعات موجود در همان نقطه اتصال — یعنی میزان فعالیت نورون پیش سیناپسی (x_i) و نورون پس سیناپسی (y_j) — بستگی دارد. قانون مشهور «یادگیری هبی» (Hebbian Learning) که توسط دونالد هب (Donald Hebb) در سال ۱۹۴۹ با عبارت معروف «نورون هایی که با هم شلیک می کنند، به هم متصل می شوند» (Cells that fire together, wire together) بیان شد، تجلی بارز یک الگوریتم محلی است که رابطه آن به صورت صوری چنین تعریف می شود:

$$\Delta w_{ij} = \eta \cdot x_i \cdot y_j$$

در مقابل، شبکه های عصبی مصنوعی برای یادگیری از الگوریتم های «سراسری» مانند «پس انتشار خطا» (Backpropagation) استفاده می کنند که نیازمند محاسبه گرادیان خطا در خروجی و انتشار دقیق آن به عقب از طریق همان وزن ها هستند؛ فرآیندی که از نظر زیستی غیرممکن است. بنابراین، ناهمگنی سلول ها و اتکا به الگوریتم های محلی، بهترین توصیف کننده شبکه های مغزی هستند.

زیر ذره بین برمودز:

خوزه لوئیس برمودز (José Luis Bermúdez) در فصل نهم کتاب مرجع «علوم شناختی: مقدمه ای بر مطالعه ذهن»، بخش مفصلی را به «نقد اعتبار زیستی پیوند گرایی» اختصاص داده است. برمودز به صراحت دو نقد اصلی فرانسیس کریک (Francis Crick) - کاشف ساختار DNA و عصب شناس برجسته - را بر شبکه های عصبی مصنوعی مطرح می کند. برمودز می نویسد: نخست



آنکه، در شبکه‌های پیوندی، تمامی واحدها همسان هستند و تمایزی میان نورون‌های تحریکی و مهاري وجود ندارد (نقض قانون دیل یا Dale's Law)، در حالی که مغز از سلول‌هایی کاملاً غیرهمسان و تخصصی تشکیل شده است. دوم آنکه، برمودز تأکید می‌کند قدرتمندترین الگوریتم یادگیری در هوش مصنوعی یعنی پس‌انتشار خطا (Backpropagation)، فاقد اعتبار زیستی است؛ زیرا مغز مکانیسمی برای انتقال سیگنال خطا در جهت معکوس در امتداد آکسون‌ها ندارد. برمودز در نتیجه‌گیری خود اعلام می‌کند که نظریه پردازان عصب‌پایه امروز معتقدند «الگوریتم‌های یادگیری محلی» (مانند یادگیری هبی و پلاستیسیته وابسته به زمان شلیک - STDP) مدل بسیار دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تری از نحوه فعالیت و تنظیم وزن‌ها در شبکه‌های مغزی ارائه می‌دهند. این تحلیل برمودز تطابق واژه‌به‌واژه با گزینه ۴ دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- گزینه ۱ (شواهدی از وجود الگوریتم‌های یادگیری هبی در مغز وجود ندارد): کاملاً نادرست است. یادگیری هبی نه تنها یک فرضیه محض نیست، بلکه امروز قوی‌ترین و اثبات‌شده‌ترین مکانیسم بیوفیزیکی یادگیری در مغز است. کشف پدیده «تقویت طولانی‌مدت» (Long-Term Potentiation - LTP) در هیپوکامپ توسط تیموتی بلیس و ترجه لومو (Lomo & Bliss) در سال ۱۹۷۳، و همچنین کشف «پلاستیسیته وابسته به زمان شلیک» (Spike-Timing-Dependent Plasticity - STDP) در دهه‌های اخیر، شواهد زیستی و عصب‌شناختی قاطعی برای اثبات وجود الگوریتم‌های هبی در مغز ارائه کرده‌اند.
 - گزینه ۲ (شبکه‌های عصبی، زیستی شبیه شبکه‌های غیر رقابتی و مبتنی بر ناظر عمل می‌کنند): کاملاً نادرست و برعکس واقعیت است. اولاً، شبکه‌های مغزی به شدت «رقابتی» (Competitive) هستند؛ مکانیسم‌هایی مانند «مهار جانبی» (Lateral Inhibition) در قشر بینایی و شبکه‌های «برنده صاحب همه چیز» (Winner-Take-All) در قشر مغز، اساس پردازش‌های حسی و توجهی را تشکیل می‌دهند. ثانیاً، یادگیری «مبتنی بر ناظر» (Supervised Learning) نیازمند وجود یک معلم بیرونی است که در هر لحظه پاسخ صحیح و بردار خطای دقیق را به هر نورون ارائه دهد؛ مغز انسان در محیط طبیعی عمدتاً بر اساس «یادگیری بدون ناظر» (Unsupervised Learning / متداعی) و «یادگیری تقویتی» (Reinforcement Learning - مبتنی بر دوپامین و پاداش) عمل می‌کند، نه نظارت مستقیم.
 - گزینه ۳ (الگوریتم پس از انتشار در شبکه‌های مغزی قابل مشاهده است چون امکان انتقال رو به عقب پیام‌های خطا وجود دارد): کاملاً نادرست است. الگوریتم «پس‌انتشار خطا» (Backpropagation) که هسته اصلی یادگیری عمیق (Deep Learning) است، به دلایل متعدد عصب‌شناختی در مغز قابل مشاهده و اجرا نیست: ۱. سیناپس‌ها یک‌طرفه هستند و نمی‌توانند پیام خطای محاسباتی را در جهت معکوس (از دندریت به آکسون) ارسال کنند؛ ۲. مسئله «تقارن وزن‌ها» (Weight Symmetry Problem)، یعنی انتشار خطا به عقب نیازمند این است که مسیر بازگشتی دقیقاً همان وزن‌های مسیر رفت را داشته باشد که در زیست‌شناسی غیر ممکن است؛ ۳. مغز سیگنال خطای سراسری دقیق برای هر سیناپس تولید نمی‌کند.
- نکات تکمیلی:**
- ماتریس سطوح سه‌گانه دیوید مار: اگر یادگیری در شبکه‌های عصبی را بر اساس ماتریس دیوید مار کالبدشکافی کنیم:
 - سطح محاسباتی (Why): هدف سیستم، بهینه‌سازی بازنمایی‌های درونی، کاهش خطای پیش‌بینی یا کمینه‌سازی انرژی آزاد (Free Energy Minimization) برای سازگاری با محیط است.
 - سطح الگوریتمی (How): شبکه‌های مصنوعی از الگوریتم‌های سراسری مانند گرادیان کاهشی (Gradient Descent) و پس‌انتشار خطا استفاده می‌کنند؛ در حالی که مغز از الگوریتم‌های متداعی محلی (Hebbian)، مهار جانبی و پردازش پیشگویانه (Predictive Processing) بهره می‌برد.
 - سطح پیاده‌سازی فیزیکی (Where): در شبکه‌های مصنوعی، الگوریتم به شکل ضرب ماتریس‌ها روی پردازنده‌های سیلیکونی (GPU/TPU) اجرا می‌شود؛ اما در مغز زیستی، الگوریتم محلی از طریق تغییرات شیمیایی، ورود یون‌های کلسیم (Ca^{2+}) به دندریت‌ها، باز و بسته شدن گیرنده‌های AMPA و NMDA و تغییر ساختار فیزیکی خارها (Dendritic Spines) پیاده‌سازی می‌گردد.
 - نبرد پارادایم‌ها: این سؤال بازتابی از منازعه عمیق میان «پیوندگرایی انتزاعی / مهندسی‌محور» (PDP / Artificial AI) که صرفاً به دنبال کارایی محاسباتی است و از ساده‌سازی‌های افراطی (مانند نورون‌های همگن و پس‌انتشار خطا) ابایی ندارد، در برابر

پارادایم «علوم اعصاب محاسباتی زیست‌گرا» (Biologically Realistic Computational Neuroscience) است که اصرار دارد هر الگوریتم شناختی باید قیود و واقعیت‌های سخت‌افزاری مغز (تنوع سلولی و یادگیری محلی) را رعایت کند.

- **پل ارتباطی با لبه دانش (هوش مصنوعی نوین و رایانش نورومورفیک):** چالش «عدم اعتبار زیستی پس‌انتشار خطا» که در این سؤال مطرح شده، امروزه داغ‌ترین مبحث در لبه دانش هوش مصنوعی است. جفری هینتون (پدرخوانده هوش مصنوعی و برنده جایزه نوبل فیزیک ۲۰۲۴) در سال ۲۰۲۲ الگوریتم جدیدی به نام «الگوریتم رو به جلو-رو به جلو» (Forward-Forward Algorithm) را معرفی کرد تا نیاز به انتشار رو به عقب خطا را حذف کرده و یادگیری در شبکه‌های عمیق را به الگوریتم‌های محلی مغز نزدیک‌تر کند. همچنین، در نسل جدید سخت‌افزارها به نام «تراشه‌های نورومورفیک» (Neuromorphic Chips) – مانند Intel Loihi و IBM TrueNorth، از «شبکه‌های عصبی ضربه‌ای» (Spiking Neural Networks - SNNs) استفاده می‌شود که دقیقاً از سلول‌های غیرهمسان و الگوریتم‌های یادگیری محلی (STDP) الهام گرفته‌اند و مصرف انرژی آن‌ها هزاران برابر کمتر از مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) فعلی است.

راه حل تستی:

- **تله طراح:** طراح آزمون دکتری علوم شناختی از یک تصور عامیانه و نادرست سوءاستفاده کرده است: بسیاری از داوطلبان گمان می‌کنند چون شبکه‌های عصبی عمیق (Deep Learning) و الگوریتم پس‌انتشار خطا (Backprop) دستاوردهای شگفت‌انگیزی در تقلید از هوش انسانی داشته‌اند، پس مغز انسان نیز دقیقاً با همین الگوریتم کار می‌کند! به همین دلیل گزینه ۳ را به‌عنوان یک دام بسیار فریبنده طراحی کرده است.
- **تکنیک رد گزینه و میان‌بر شناختی:** در کنکور دکتری علوم شناختی، یک اصل طلایی و تغییرناپذیر وجود دارد: «الگوریتم پس‌انتشار خطا (Backpropagation) از نظر زیستی ناموجه (Biologically Implausible) است». به محض یادآوری این اصل کنکوری، گزینه ۳ بلافاصله رد می‌شود. همچنین با یادآوری فرمول معروف «نورون‌هایی که با هم شلیک می‌کنند به هم متصل می‌شوند»، وجود یادگیری هبی در مغز تأیید شده و گزینه ۱ رد می‌شود. واژه «غیر رقابتی» در گزینه ۲ نیز با واقعیت مهار جانبی در مغز متناقض است. با حذف سریع این سه گزینه در کمتر از ۱۵ ثانیه، گزینه ۴ با قطعیت به‌عنوان پاسخ صحیح انتخاب می‌شود.

جدول مقایسه‌ای

وجه مقایسه	شبکه‌های عصبی مصنوعی کلاسیک (ANNs / Deep Learning)	شبکه‌های عصبی زیستی مغز (BNNs / Biological Cortex)
تنوع واحدهای پردازشی	همگن و همسان (Homogeneous)؛ گره‌های ساده با توابع فعال‌سازی یکسان	ناهمگن و غیرهمسان (Heterogeneous)؛ صدها نوع نورون با ساختار و کانال‌های یونی متفاوت
ماهیت الگوریتم یادگیری	سراسری (Global)؛ وابسته به محاسبه خطا در خروجی و انتشار به کل شبکه	محلی (Local)؛ وابسته به فعالیت هم‌زمان نورون پیش و پس‌سیناپسی (یادگیری هبی / STDP)
اصلی‌ترین مکانیسم یادگیری	پس‌انتشار خطا (Backpropagation) و یادگیری مبتنی بر ناظر (Supervised)	یادگیری متداعی (Associative)، تقویتی (Reinforcement) و مهار رقابتی (Competitive)
انتقال سیگنال خطا	انتشار رو به عقب از طریق همان وزن‌های سیناپسی (متقارن و دوطرفه)	سیناپس‌های یک‌طرفه؛ عدم وجود انتشار رو به عقب برای خطای محاسباتی
مصرف انرژی و کارایی	مصرف انرژی بسیار بالا (مگاوات در پردازنده‌های گرافیکی)	مصرف انرژی فوق‌العاده بهینه (حدود ۲۰ وات برای کل مغز انسان)



۴. گزینه ۳

موضوع سوال:

این سؤال به بررسی یکی از نظریه‌های تأثیرگذار در تاریخ علوم شناختی و روان‌شناسی زبان، یعنی «مدل مسیر دوگانه یا کلمات و قواعد» (Words and Rules / Dual-Mechanism Model) ارائه شده توسط استیون پینکر (Steven Pinker) و آلن پرنس (Alan Prince) می‌پردازد. محور اصلی پرسش، چگونگی بازنمایی و پردازش ذهنی ساخت شناختی افعال باقاعده (Regular Verbs) در برابر افعال بی‌قاعده (Irregular Verbs) در زبان طبیعی است. بر اساس ماژول قطب‌نمای میان‌رشته‌ای، این سؤال دقیقاً نقطه تلاقی سه وجه از شش‌وجهی علوم شناختی است: **زبان‌شناسی شناختی** (صرف یا مورفولوژی و قواعد زایش واژگانی)، **روان‌شناسی شناختی** (معماری حافظه و بازیابی اطلاعات واژگانی)، و **هوش مصنوعی و مدل‌سازی محاسباتی** (تقابل شبکه‌های عصبی متداعی با سیستم‌های مبتنی بر قواعد صوری).

پاسخ تشریحی:

در اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی، دیوید روملهارت و جیمز مک‌کلند با ارائه مدل اتصال‌گرای خود، ادعا کردند که یادگیری افعال گذشته در زبان انگلیسی (هم افعال باقاعده و هم بی‌قاعده) صرفاً توسط یک شبکه عصبی واحد و بدون نیاز به هیچ‌گونه «قاعده نمادین» انجام می‌شود. در واکنش به این ادعا، استیون پینکر و آلن پرنس در سال ۱۹۸۸ با ارائه نقد و مدل جدیدی، نظریه «مسیر دوگانه» یا «مکانیسم دوگانه» را مطرح کردند.

بر اساس مدل پینکر و پرنس، ذهن انسان برای پردازش زبان از دو مکانیسم محاسباتی و شناختی کاملاً مجزا و موازی استفاده می‌کند:

نخست، «مسیر بازنمایی نمادین و مبتنی بر قاعده» (Symbolic Rule-Based Route) است که مسئول ساخت افعال باقاعده است. این مسیر بر اساس یک قاعده دستوری صوری و عمومی (مانند افزودن پسوند -ed در زبان انگلیسی) عمل می‌کند:

Verb Stem + Rule Attribute → Verb_{past} (e.g., walk + -ed → walked)

این سامانه نمادین نسبت به «شکل واجی» (Phonological Form) ریشه فعل کاملاً «تابینا و غیرحساس» است؛ یعنی قاعده افزودن پسوند، به صورت سراسری و بدون توجه به آوای کلمه، بر روی هر فعل جدید یا حتی کلمات ساختگی و بی‌معنی (مانند **wug → wugged**) اعمال می‌شود.

دوم، «مسیر مبتنی بر حافظه متداعی یا واژگان ذهنی» (Associative Memory / Mental Lexicon Route) است که مسئول ذخیره و پردازش افعال بی‌قاعده (مانند **bring → brought** یا **sing → sang**) است. افعال بی‌قاعده از طریق اعمال قواعد نمادین ساخته نمی‌شوند، بلکه به صورت جفت‌واژه‌های به هم پیوسته در یک شبکه حافظه متداعی ذخیره و بازیابی می‌گردند. ویژگی حیاتی و منحصربه‌فرد این مسیر حافظه‌ای آن است که به شدت به «شکل واجی ریشه فعل» حساس است. از آنجا که حافظه متداعی بر اساس شباهت‌های آوایی و خوشه‌بندی‌های واجی (Phonological Clusters) عمل می‌کند، افعال بی‌قاعده‌ای که ریشه واجی شبیه به هم دارند، الگوهای تصریفی مشابهی را در حافظه فعال می‌کنند (برای مثال، خوشه واجی **-ing → -ang** در کلمات **sink-sank** و **spring-sprang**، **ring-rang**، **sing-sang**).

زیر ذره‌بین برمودز:

خوزه لویس برمودز (José Luis Bermúdez) در فصل نهم کتاب مرجع «علوم شناختی: مقدمه‌ای بر مطالعه ذهن»، در بخش بررسی منازعه «پیوندگرایی در برابر پردازش نمادین»، مدل پینکر و پرنس را به‌عنوان یک سازش و تلفیق هوشمندانه در تاریخ علوم شناختی معرفی می‌کند. برمودز توضیح می‌دهد که پینکر و پرنس نشان دادند شبکه‌های عصبی (پیوندگرایی) مدل فوق‌العاده‌ای برای توضیح نحوه کارکرد «واژگان ذهنی و حافظه متداعی» هستند؛ زیرا خطاهای تعمیمی و شباهت‌های واجی در افعال بی‌قاعده را به خوبی نشان می‌دهند. اما برمودز تأکید می‌کند که به باور پینکر و پرنس، شبکه‌های متداعی هرگز نمی‌توانند ماهیت مولد و زایشی «قواعد نمادین» در افعال باقاعده را توضیح دهند. از دیدگاه برمودز، پیام کلیدی مدل کلمات و قواعد این است که ذهن انسان یک ساختار ترکیبی (Hybrid) دارد: پردازش استثناها و افعال بی‌قاعده بر عهده حافظه متداعی حساس به واج است، و پردازش افعال باقاعده بر عهده سیستم دستکاری نمادهای انتزاعی غیرحساس به واج. این تحلیل تطابق واژه‌به‌واژه با گزینه ۳ دارد.



بررسی سایر گزینه ها:

- گزینه ۱ (استثناها در افعال گذشته توسط سامانه بازنمایی نمادین شناسایی و طبقه بندی میشوند): کاملاً نادرست است. در مدل پینکر و پرینس، استثناها (یعنی همان افعال بی قاعده) دقیقاً نقطه مقابل سامانه بازنمایی نمادین هستند. سامانه نمادین صرفاً با «قواعد صوری و کلی» کار می کند و توانایی ذخیره یا طبقه بندی استثنایهای مورفولوژیکی را ندارد؛ استثناها در «حافظه متداعی» (واژگان ذهنی) ذخیره و بازیابی می شوند.
- گزینه ۲ (دو مسیر برای پردازش افعال وجود دارد و مسیر بازنمایی نمادین به شکل واجی ریشه فعل حساس است): نادرست است. بخش اول گزاره (وجود دو مسیر) صحیح است، اما بخش دوم کاملاً معکوس واقعیت است. مسیر بازنمایی نمادین بر اساس متغیرهای انتزاعی و صوری کار می کند و به شکل واجی ریشه فعل «غیرحساس» (Insensitive) است؛ این قاعده دستوری بدون تبعیض آوایی بر روی تمام افعال باقاعده اعمال می شود. حساسیت به شکل واجی، ویژگی انحصاری مسیر «حافظه متداعی» است.
- گزینه ۴ (مسیر بازنمایی نمادین و مسیر حافظه تداعی با یکدیگر در رقابت هستند و مسیر از پیش تعیین شده مسیر حافظه تداعی یا رابطه ای است): نادرست است. در مدل پینکر و پرینس، هنگام مواجهه با یک فعل، مسیر از پیش تعیین شده و پیش فرض (Default Route)، «مسیر بازنمایی نمادین و مبتنی بر قاعده» است، نه مسیر حافظه متداعی. اگر کلمه ای در واژگان ذهنی (حافظه متداعی) پاسخ خاصی نداشته باشد یا فعل جدیدی باشد، سیستم ذهن به طور پیش فرض قاعده نمادین را روی آن اعمال می کند (به همین دلیل کودکان در مراحل رشد زبان، مرتکب خطای «بیش تعمیمی قاعده» یا Overregularization می شوند و مثلاً به جای *went* می گویند *goed*). نکات تکمیلی:
- ماتریس سطوح سه گانه دیوید مار: اگر مدل پینکر و پرینس را در ماتریس دیوید مار کالبدشکافی کنیم:
 - سطح محاسباتی (Why/What): سیستم شناختی باید بتواند بی نهایت ساختار واژگانی و زمان های فعلی را از روی مجموعه محدودی از ریشه ها و عناصر زبانی تولید و تفسیر کند.
 - سطح الگوریتمی و بازنمایی (How): سیستم از یک معماری دوگانه و ترکیبی استفاده می کند: یک الگوریتم بازنمایی نمادین (پردازش سری قواعد) برای موارد باقاعده، و یک الگوریتم شبکه ای متداعی (پردازش موازی بر اساس شباهت های واجی) برای استثناها.
 - سطح پیاده سازی فیزیکی (Where): شواهد تصویربرداری مغزی (fMRI) و آسیب شناسی روانی-زبانی نشان می دهند که مسیر نمادین/قاعده محور عمدتاً در نواحی پیشانی و قشر حرکتی زبان (از جمله منطقه بروکا و عقده های قاعده ای) پیاده سازی می شود، در حالی که مسیر حافظه متداعی (افعال بی قاعده) در نواحی گیجگاهی-آهیانه و سیستم هیپوکامپی پردازش می گردد.
- نبرد پارادایم ها: این سؤال بازتابی از تاریخی ترین منازعه در علوم شناختی میان «پارادایم نمادگرایی صوری (GOFAI) / چامسکی و پینکر» و «پارادایم پیوندگرایی (Connectionism) / روملهارت و مک کلند» است. روملهارت و مک کلند ادعا داشتند که شبکه های عصبی با پردازش موازی و توزیع شده (PDP) نیاز به هرگونه نماد یا قاعده دستوری در مغز را بی معنی می کنند. پینکر و پرینس با این مدل ثابت کردند که اگرچه پیوندگرایی در مدل سازی حافظه و تداعی های آوایی موفق است، اما ذهن برای زایشی بودن زبان به ناچار به «نمادهای انتزاعی و قواعد صوری» متکی است.
- پل ارتباطی با لبه دانش (هوش مصنوعی نوین و مدل های زبانی بزرگ LLMs): در عصر هوش مصنوعی مولد و مدل های زبانی بزرگ مانند GPT-4، بحث «کلمات و قواعد» دوباره بر سر زبان ها افتاده است. مدل های ترنسفورمر فعلی اساساً شبکه های پیوندی غول پیکری هستند که بر اساس «تداعی های آماری و واجی/توکنی» (شبیه به مسیر دوم در مدل پینکر) آموزش دیده اند و هیچ قاعده نمادین صوری و صریحی (Symbolic Rules) به آن ها تریق نشده است. موفقیت خیره کننده این مدل ها در کاربرد زبان، برخی پژوهشگران را به این نتیجه رسانده که شاید حق با روملهارت و مک کلند بوده و کل زبان حاصل تداعی های پیچیده است؛ اما خطاهای استدلالی و سرهم بندی های توهمی (Hallucinations) در همین مدل ها، دانشمندان شناختی را مجاب کرده



که هوش مصنوعی عمومی (AGI) در آینده نیازمند همان معماری ترکیبی (Neuro-Symbolic AI) خواهد بود که پینکر و پرینس برای ذهن انسان پیشنهاد دادند: ادغام شبکه‌های عصبی عمیق متداعی با موتورهای استنتاج نمادین و قاعده‌محور.

راه حل تستی:

- **تله طراح:** طراح سؤال با قرار دادن عبارات پیچیده‌ای مانند «بازنمایی نمادین»، «حافظه متداعی» و «حساسیت به شکل واجی» در جایگاه‌های مختلف گزینه‌ها، سعی در ایجاد اشتباه کلامی و جابه‌جایی مفاهیم در ذهن داوطلب داشته است. گزینه ۲ یک دام خطرناک است که تنها با جابه‌جا کردن یک صفت (حساس به جای غیرحساس برای مسیر نمادین) طراحی شده است.
- **تکنیک رد گزینه و میان‌بر شناختی:** برای پاسخگویی به این سؤال در کمتر از ۱۵ ثانیه، این قاعده کنکوری و تغییرناپذیر را در ذهن مرور کنید:

قاعده نمادین = عمومی، بی‌قاعده و غیرحساس به آوا / واج (Insensitive).

حافظه متداعی = تخصصی، استثناها، و حساس به آوا / واج (Sensitive).

با یادآوری این جفت‌های مفهومی، گزینه ۱ (که استثناها را به سامانه نمادین نسبت داده) و گزینه ۲ (که مسیر نمادین را حساس به واج معرفی کرده) بلافاصله رد می‌شوند. در گزینه ۴ نیز عبارت «مسیر از پیش تعیین‌شده مسیر حافظه تداعی است» با منطق تعمیم قاعده در ذهن متناقض بوده و حذف می‌شود؛ در نتیجه گزینه ۳ به سادگی و با اطمینان کامل برگزیده می‌شود.

جداول مقایسه‌ای

ویژگی شناختی و محاسباتی	مسیر بازنمایی نمادین (Symbolic Rule-Based Route)	مسیر حافظه متداعی / واژگان ذهنی (Associative Memory Route)
نوع افعال تحت پردازش	افعال با قاعده (Regular Verbs) و واژگان ساختگی جدید	افعال بی‌قاعده (Irregular Verbs) و استثنای تاریخی زبان
مکانیسم محاسباتی	اعمال قواعد دستوری صوری و عمومی (مثلاً افزودن پسوند -ed)	بازیابی جفت‌واژه‌های به هم پیوسته در شبکه ارتباطی واژگان
حساسیت به شکل واجی (آوا)	غیرحساس (Insensitive)؛ قاعده روی هر ریشه‌ای با هر آوایی اعمال می‌شود	حساس (Sensitive)؛ متکی بر شباهت‌های آوایی و خوشه‌بندی‌های واجی
وضعیت در معماری ذهن	مسیر پیش‌فرض و از پیش تعیین‌شده (Default Route)	مسیر استثنایی و وابسته به تجربه و فراوانی وقوع کلمه در زبان
پایگاه عصبی در مغز	نواحی پیشانی، منطقه بروکا و عقده‌های قاعده‌ای (قشر حرکتی-دستوری)	نواحی گیجگاهی-آهیانه و سیستم حافظه هیپوکامپی (قشر واژگانی-مفهومی)
پارادایم هوش مصنوعی مرتبط	هوش مصنوعی نمادین و کلاسیک (GOFAI / Rule-Based Systems)	شبکه‌های عصبی و پیوندگرایی (Connectionism / ANNs)

۵. گزینه ۲

موضوع سوال:

محور اصلی این سؤال، یافتن بنیان‌های فلسفی نظریه محاسباتی ذهن (Computational Theory of Mind) است. بر اساس شش‌وجهی علوم شناختی (Hexagon)، این پرسش دقیقاً در نقطه تلاقی «فلسفه ذهن»، «روان‌شناسی شناختی» و «هوش مصنوعی» قرار دارد. هدف، درک این مسئله است که چگونه استعاره رایانه (ذهن به مثابه نرم‌افزار و مغز به مثابه سخت‌افزار) توانست توجیهی فلسفی برای مطالعه علمی شناخت، کاملاً مستقل از بستر فیزیکی و زیستی آن، فراهم آورد.

رویکرد محاسباتی یا رایانشی، ذهن را یک سیستم پردازش اطلاعات می‌داند که بر روی بازنمایی‌ها عملیات صوری (نحوی) انجام می‌دهد. این دیدگاه نیازمند یک بستر فلسفی است که اجازه دهد حالات ذهنی نه بر اساس جنس یا ماده تشکیل‌دهنده آن‌ها، بلکه بر اساس «نقش علی» و کارکردشان تعریف شوند. هیلاری پاتنم (Hilary Putnam) و جری فودور (Jerry Fodor) پایه‌گذاران



این پیوند بودند. کارکردگرایی (Functionalism) بیان می‌کند که یک حالت ذهنی (مانند درد، باور یا حافظه) با نقشی که در ارتباط با ورودی‌های حسی، سایر حالات ذهنی و خروجی‌های رفتاری ایفا می‌کند، به صورت جامع تعریف می‌شود.

موضع در میان پارادایم‌ها: این مبحث در بطن پارادایم «شناخت‌گرایی کلاسیک» (GOFAI) و رویکرد نمادین قرار دارد، جایی که هوش و شناخت معادل دستکاری نمادها طبق قواعد الگوریتمی تبیین می‌گردد.

زیر ذره‌بین برمودز: حوزه لوئیس برمودز در کتاب مرجع خود صراحتاً کارکردگرایی را راه‌حل فلسفی علوم شناختی برای فرار از بن‌بست دوگانه‌انگاری و رفتارگرایی می‌داند. برمودز بر مفهوم «تحقق‌پذیری چندگانه» (Multiple Realizability) تأکید می‌کند؛ اصلی که در کارکردگرایی ریشه دارد و بیان می‌دارد یک الگوریتم محاسباتی یکسان می‌تواند روی سخت‌افزارهای متفاوتی (مغز کربنی انسان، تراشه سیلیکونی رایانه، یا یک شبکه عصبی مصنوعی) پیاده‌سازی شود. بنابراین، علوم شناختی به عنوان علم بررسی الگوریتم‌های ذهن، ذاتاً نیازمند جهان‌بینی کارکردگرایانه است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱ (ماده‌گرایی حذف‌گرا - Eliminative Materialism): این مکتب (با پرچمداری پاول و پاتریشیا چرچلند) معتقد است که مفاهیم روان‌شناسی عامیانه (Folk Psychology) مانند باور، میل و قصد اساساً توهمات زبانی هستند و باید کاملاً با مفاهیم دقیق عصب‌شناختی جایگزین یا حذف شوند. رویکرد محاسباتی دقیقاً برعکس عمل کرده و این حالات التفاتی و بازنمایی‌ها را به عنوان موجودیت‌های محاسباتی و اطلاعاتی معتبر برای پردازش می‌پذیرد.

گزینه ۳ (پدیدارشناسی - Phenomenology): مکتبی فلسفی (هوسرل، هایدگر، مرلوپونتی) که بر تجربه زیسته، آگاهی اول‌شخص (Qualia) و ادراک بدنمند تأکید دارد. پدیدارشناسانی چون هیوبرت دریفوس از سرسخت‌ترین منتقدان رویکرد محاسباتی و هوش مصنوعی کلاسیک بودند، زیرا محاسبات صوری را فاقد توانایی درک «زمینه» (Context) و معنای برآمده از تعامل بدن با جهان می‌دانستند.

گزینه ۴ (دوگانه‌انگاری - Dualism): مکتب دکارتی که ذهن را گوهری کاملاً غیرمادی، مجزا از بدن و فارغ از قوانین فیزیک می‌داند. رویکرد محاسباتی با وجود استقلال سطح الگوریتم از سخت‌افزار، همچنان نیازمند یک بستر فیزیکی (ماشین تورینگ، مغز یا کامپیوتر) برای اجرای محاسبات است (نوعی فیزیکیالیسم غیرتقلیلی) و با استقلال گوهری دوگانه‌انگاری در تضاد ماهوی است.

نکات تکمیلی

ماتریس سطوح سه‌گانه دیوید مار: کارکردگرایی توجیه‌گر استقلال «سطح الگوریتمی و بازنمایی» (How) از «سطح پیاده‌سازی فیزیکی» (Where) در مدل دیوید مار است. بدون کارکردگرایی، امکان نداشت بتوانیم پردازش‌های محاسباتی سطح دوم را بدون تقلیل دادن بلافاصله‌ی آن‌ها به سطح سوم (نوروبیولوژی و علم اعصاب) به صورت علمی مطالعه کنیم.

نبرد پارادایم‌ها (اتاق چینی): جان سرل با آزمایش فکری مشهور «اتاق چینی»، پیوند میان کارکردگرایی و رویکرد محاسباتی (هوش مصنوعی قوی) را به شدت به چالش کشید و استدلال کرد که اجرای کارکردی یک برنامه محاسباتی (نحو)، هرگز به معنای درک واقعی و سمانتیک (معناشناسی) نیست.

پل ارتباطی با لبه دانش: امروزه در بحث پیرامون آگاهی یا هوشمندی مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) نظیر معماری ترنسفورمرها، استدلال‌های مدافعان هوش مصنوعی مستقیماً بر کارکردگرایی محاسباتی استوار است. آن‌ها استدلال می‌کنند که اگر سیستمی خروجی‌ها و کارکردهای شناختی زبان انسان را به دقت بازتولید کند، از نظر کارکردی هوشمند است، فارغ از اینکه شبکه‌ای از نورون‌های زیستی باشد یا میلیاردها پارامتر ریاضیاتی در یک سرور پردازشی.

راه حل تستی

تکنیک میان‌بر شناختی: در ادبیات تخصصی علوم شناختی، اصطلاحات «رایانشی»، «محاسباتی» (Computational) و «پردازش اطلاعات» همواره با کلیدواژه «مستقل از بستر فیزیکی» و «تشبیه ذهن به رایانه» گره خورده‌اند. تنها مکتب فلسفی که استقلال ذهن از ماده (بدون افتادن در دام روح دکارتی) را با مفهوم اجرای یک نرم‌افزار توجیه می‌کند، «کارکردگرایی» است. با دیدن کلمه «محاسباتی»، باید بی‌درنگ استعاره سخت‌افزار-نرم‌افزار و مفهوم «کارکردگرایی» در ذهن داوطلب تداعی شود.



مکتب فلسفی	نگاه به حالات ذهنی (باور، قصد، شناخت)	تقابل/تعامل با رویکرد محاسباتی CTM
کارکردگرایی	حالات ذهنی بر اساس نقش علی و کارکرد آن‌ها در سیستم پردازشی تعریف می‌شوند.	بیشترین همخوانی (تأمین‌کننده بستر فلسفی نظریه محاسباتی)
ماده‌گرایی حذف‌گرا	حالات ذهنی توهمات زبانی هستند و تنها نوروبیولوژی محض اصالت دارد.	در تضاد کامل (نفی وجود بازنمایی‌های اطلاعاتی و نمادین)
پدیدارشناسی	ذهن با تجربه زیسته اول‌شخص و درهم‌تنیدگی پدیدارشناختی با جهان هستی معنا می‌یابد.	در تضاد بنیادین (منتقد رویکرد صوری، عینی و تقلیل‌گرایانه)
دوگانه‌انگاری	ذهن گوهری غیرمادی، متافیزیکی و کاملاً مستقل از قوانین فیزیکی جهان است.	در تضاد ساختاری (محاسبات همواره نیازمند یک بستر فیزیکی است)

۶. گزینه ۲)

موضوع سوال:

محور اصلی این سؤال، «نظریه دو جریانی بینایی» (Two-streams hypothesis) در پردازش اطلاعات بصری در مغز است. بر اساس شش وجهی علوم شناختی، این پرسش دقیقاً در نقطه تلاقی «علوم اعصاب شناختی»، «روان‌شناسی شناختی» و تا حدی «آناتومی اعصاب» قرار دارد. هدف، درک این مسئله است که مغز چگونه سیگنال‌های بینایی را برای دو کارکرد کاملاً متفاوت (شناخت جهان اطراف در مقابل تعامل فیزیکی با آن) به صورت موازی پردازش می‌کند.

پاسخ تشریحی:

دیوید میلنر و ملوین گودال (Milner and Goodale) در سال ۱۹۹۲ با ارائه یک تغییر پارادایم در علوم اعصاب بینایی، نشان دادند که تفکیک جریان‌های بینایی صرفاً بر اساس ویژگی‌های فضایی (کجا) و هویتی (چه چیز) نیست، بلکه بر اساس «خروجی نهایی» و کارکرد آن‌هاست. آن‌ها مسیر شکمی (Ventral) را مختص «بینایی برای ادراک» (Vision for Perception) و مسیر پشتی (Dorsal) را مختص «بینایی برای عمل» (Vision for Action) یا چگونگی تعامل با شیء معرفی کردند.

موضع در میان پارادایم‌ها: این نظریه پیوند عمیقی با پارادایم «شناخت بدنمند» (Embodied Cognition) دارد. در این دیدگاه، سیستم ادراکی یک بازنمایگر منفعل جهان نیست، بلکه بخش بزرگی از پردازش بصری ذاتاً برای هدایت سیستم حرکتی و «عمل» (Action) طراحی شده است، بی‌آنکه نیازی به آگاهی بازنمایانه داشته باشد.

زیر ذره‌بین برمودز: حوزه لوئیس برمودز در کتاب خود، نظریه میلنر و گودال را به‌عنوان نمونه‌ای کلیدی از شواهد عصب‌روان‌شناختی برای پردازش‌های مجزا و موازی تحلیل می‌کند. او استدلال‌های خود را بر پایه مطالعات بالینی، به‌ویژه بیمار معروف D.F. بنا می‌نهد. این بیمار به دلیل آسیب به جریان شکمی دچار آگنوزیای بصری بود؛ او نمی‌توانست جهت‌گیری یک شیء را به صورت آگاهانه و کلامی توصیف کند (فقدان ادراک)، اما می‌توانست به طرز دقیقی دست خود را برای وارد کردن یک کارت در همان شیء تنظیم کند (حفظ بینایی برای عمل). این عدم تقارن، قوی‌ترین دلیل بر مجزا بودن این دو سیستم محاسباتی در مغز است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه ۱ (پیمانه‌ای و غیر پیمانه‌ای): این مفهوم به معماری ذهن در نظریه فودور (Fodor) و تفاوت پردازش‌های پیرامونی (ماژولار و کپسولی) با پردازش‌های مرکزی اختصاص دارد و ارتباطی به مدل‌های آناتومیک قشر بینایی ندارد.

گزینه ۳ (مربوط به چیستی و مربوط به مکان): این خطرناک‌ترین تله طراح است! تفکیک «چیستی در برابر کجایی/مکان» (What vs. Where) حاصل مطالعات پیشین آنگرلایدر و میشکین (Mishkin & Ungerleider) در سال ۱۹۸۲ است. گودال و میلنر دقیقاً در نقد همین نظریه، جریان پشتی (مکان) را بازتعریف کرده و آن را جریان «چگونگی/عمل» (How/Action) نامیدند.