فصلنامه تخصصی پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد
فصلنامه رشد فناوری، سال بیست‌ودوم، شماره ۸۵، زمستان ۱۴۰۴
www.roshdefanavari.ir
شاپا: ۵۴۸۶-۱۷۳۵ / شاپای الکترونیکی: ۵۶۶۴-۱۷۳۵

تحلیل مؤلفه‌های فناوری شناختی در محیط عدم اطمینان با استفاده از مجموعه فازی بایپولار

محمدحسین اصغرپور سرشکه
دانشگاه یزد، یزد، ایران
M.h.asgharpour7777@gmail.com

سیدسینا معصومی*
دانشگاه یزد، یزد، ایران
sinamasoumiii@gmail.com

مهرزاد جمشیدی گیلانی
دانشگاه نوشیروانی، بابل، ایران
Mehrzad.jamshidi93@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶ تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱

چکیده

علوم شناختی به همراه فناوری نانو، فناوری زیستی، فناوری ارتباطات به‌عنوان علوم و فناوری‌های نوظهور، با ارتقای عملکردهای ذهنی و جسمی انسان می‌تواند نقطه پرتابی برای صنایع در صنعت ۴ باشد. از این‌رو مطالعه حاضر با هدف تحلیل معیارهای فناوری شناختی درصدد یافتن مصادیقی برای برقراری ارتباط با مفاهیم مدیریت است. بر این اساس در ابتدا با استفاده از نظرات خبرگان وزن مربوط به معیارهای فناوری شناختی از طریق آنتروپی شانون بدست آمد؛ سپس با استفاده از روش الکتره فازی بایپولار مؤلفه‌های فناوری شناختی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که مؤلفه‌های «مهارت‌ها و توانایی‌ها»، «ذخیره، بازیابی و استفاده» و «تشویق و ترغیب» نسبت سایر مؤلفه‌ها برتری دارند که نشان از اهمیت رویکردهای علم اعصاب شناختی و علوم دفاع شناختی می‌دهد. با توجه به آنکه معیارهای ادراکی و رفتاری می‌تواند در نگاه کسب‌وکار محور مورد استفاده قرار گیرد لذا علوم و فناوری شناختی با اثرگذاری بر مفاهیم مرتبط با جنبه‌های نرم مدیریت بر عملکرد می‌افزاید. مدیریت شناختی به دنبال تبیین چگونگی تحقق اهداف غایی هر یک از مدیریت‌های مضاف براساس علوم، مبانی و رویکردهای شناختی است که بر رهبری و مدیریت راهبردی با رویکرد شناختی، و مدیریت رفتار سازمانی و سرمایه‌های انسانی با رویکرد شناختی متمرکز است.

واژگان کلیدی

فناوری شناختی؛ فازی بایپولار؛ صنعت ۴؛ مدیریت شناختی.

۱- مقدمه

بشر تاکنون چهار انقلاب صنعتی را تجربه کرده است. اولین انقلاب صنعتی در اواخر قرن ۱۸ میلادی با ساخت ماشین‌آلات تولید و شکل‌گیری کارخانه‌ها با استفاده از ماشین‌بخار اتفاق افتاد. در انقلاب صنعتی دوم، تقسیم کار و تولید قطعات مجزا و با استفاده از نیروی الکتریسیته شکل گرفت که عصر برقی‌شدن صنعت نامیده شد. طی دهه‌های ۱۹۷۰-۲۰۰۰ میلادی سومین انقلاب صنعتی مراحل تکامل خود را که مبتنی بر انقلاب اطلاعات و اینترنت بود، به پایان رساند [۱]. درحالی‌که انقلاب‌های صنعتی قبلی مبتنی بر نوآوری‌های مکانیکی، برقی و دیجیتالی بود، صنعت ۴.۰ ناشی از ظهور اینترنت و تسهیل آن از ارتباطات بین ماشین‌ها و انسان‌ها است [۲]. انقلاب صنعتی چهارم مبتنی بر اینترنت‌اشیاء و سیستم‌های سایبر- فیزیکال بوده و ترکیبی از سیستم‌های فیزیکی پیشین و سیستم‌های نوین سایبری در مرحله رشد قرار دارد. انتظار می‌رود که در فرایند تکامل انقلاب صنعتی چهارم، توان تولیدی انسان از طریق افزایش توان شناختی مبتنی بر دانش و فناوری، رشد قابل توجهی پیدا کند [۳].

فناوری بیانگر تغییرات اجتماعی بوده و از لحاظ تاریخی بیشتر بر جنبه‌های سخت فناوری تأکید شده است. در جامعه اطلاعاتی قرن بیست و یکم، این دیدگاه ضعیف شده و خط داستانی فناوری تغییر پیدا کرده است؛ به نحوی که برای خدمت‌رسانی به جامعه و بازارها باید به جنبه‌های دیگر نیز توجه شود که یکی از این جنبه‌ها فناوری نرم است [۴]. جامعه بشری در طول تاریخ انواع مختلفی از ابزار را ایجاد نموده که با فرهنگ‌های مختلف، نظام‌های اجتماعی و سطوح فناوری متناسب باشد؛ این فرایندهای بکارگیری اندیشه‌ها و ایده‌های خلاق در تولید، تجارت و سودآوری، در طول زمان استانداردشده، قاعده پیدا کرده و به مکانیزم‌ها، قوانین یا سیستم‌ها تبدیل شده و فناوری نرم را شکل داده است [۵]. از این‌رو فناوری نرم متناسب با نیازهای توسعه‌پایدار در چارچوب سیستم‌های نوآوری فناورانه به‌وجود آمد و ابعاد چندگانه بازار، جامعه، اقتصاد، محیط‌زیست و نظایر آن را در بر می‌گیرد [۶]. فناوری‌های نرم، فناوری است که اندیشه و دیدگاه انسانی را در بر گرفته، فردگرایی او را تقویت می‌کند و جهت کاربری فناوری سخت را کنترل می‌نماید. فناوری سخت تمرکز بیشتری بر عکس‌العمل انسان و ظرفیت او نسبت به عالم خارج و ماده دارد، درحالی‌که فناوری نرم بر فعالیت‌های روان‌شناختی از قبیل احساسات، عواطف، اندیشه، الگوهای فکری، ارزش‌ها، سنت‌ها، عادات، شخصیت انسانی و توانایی او برای کنترل فعالیت‌های روان‌شناختی تمرکز می‌کند در نتیجه عوامل اصلی

* نویسنده مسئول

فناوری نرم مرتبط با روان، اجتماع و فرهنگ می‌باشد. از این‌رو فناوری نرم رمزهای مبهمی دارد چراکه به عوامل انسانی مرتبط است و مرزبندی این عوامل به مراتب دشوار است [۷]. با گسترش علم و فناوری، اهمیت مؤلفه‌های شناختی بیشتر شد و در نتیجه آن فناوری‌های نرم به فناوری‌های شناختی گرایش بیشتری پیدا کردند. شناخت و مؤلفه‌های آن یکی از اصلی‌ترین مفاهیم در سیستم‌های پیچیده است. این مفهوم اشاره به ماهیت نرم تغییرات آینده دارد. توانمندی‌های فکری و مفهومی باعث قابلیت مدیریتی در اداره تحولات جدید و حتی رفتار و عملکرد کارکنان سازمان‌ها می‌شود و عدم توجه به شناخت منجر به عدم آمادگی برای مواجهه و هماهنگی با تغییرات آینده شده و در نتیجه تحولات و تغییرات موجود، صرفاً با نگرش فناورانه (رویکرد سخت) تفسیر می‌شوند [۸].

مطابق با سند راهبردی علوم و فناوری‌های شناختی، علوم شناختی به مطالعه کارکردهای شناختی ذهن و مغز و توسعه فناوری‌های برگرفته از این دانش نو می‌پردازد و بدین لحاظ دانشی نو، پویا و آینده‌ساز است. این دانش با تعامل دانش‌های نو و فناوری‌های همگرا چون زیست‌فناوری، فناوری نانو و فناوری اطلاعات به ارتقای کیفیت زندگی بشر، رفع کاستی‌های ناشی از آسیب‌های مغزی، تولید سامانه‌های هوشمند و استفاده بهینه از ذهن و قوای فکری انسان منجر می‌شود؛ بدین لحاظ ضرورت داشته و همچنین در سند نقشه جامع علمی کشور جزو اولویت‌های الف ذکر شده است. پژوهش حاضر بر آن است تا با پیمایش پیرامون مؤلفه‌های شناختی، چارچوبی برای سنجش فناوری‌های شناختی ارائه کند.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پژوهش پیرامون شناخت، قدمتی به بلندای تاریخ اندیشه دارد و در بررسی‌های فلسفی سقراط توسط افلاطون قابل مشاهده است؛ گرچه دلالت آن در فلسفه افلاطون با انحرافاتی همراه است [۹]. مطالعه و بررسی ذهن تا قرن نوزدهم توسط فیلسوفان انجام می‌شد و از آنجا که دانشمندان به درون جعبه سیاه مغز و نحوه کار آن دسترسی مستقیم نداشتند، تنها به استدلال و استنتاج عقلانی می‌پرداختند و به مباحث صرفاً فلسفی درباره ماهیت ذهن و رابطه آن با مغز بسنده می‌کردند [۱۰]؛ اما رفته‌رفته با گسترش علوم، و ترویج دانش بین‌رشته‌ای، حوزه‌های علوم شناختی گسترده شد به‌طوری‌که در نیمه اول قرن بیستم در ایالات متحده آمریکا به فراموشی سپرده شد. علت این بود که روانشناسی تبدیل به یک علم رفتاری شد؛ زبان‌شناسی به ساختارگرایی تبدیل شد و آنچه بعدها به‌عنوان علوم عصبی شناخته شد با روش‌های موجود و مفاهیم جدید یادگیری محدود شد [۱۱]. به‌طور مشخص این رشته میان‌رشته‌ای جدید، علوم شناختی، طی بیست سال گذشته پدید آمده است. علم شناختی یک تلاقی سست بین روان‌شناسی، هوش مصنوعی، عصب‌شناختی، زبان‌شناسی، فلسفه و انسان‌شناسی شناختی است [۱۲].

اولین تلاش‌ها برای معرفی علوم شناختی در ایران در دانشگاه تهران توسط دکتر لوکس صورت گرفت. در ادامه به همت وی در سال ۱۳۷۵ پژوهشکده سیستم‌های هوشمند در مرکز تحقیقات فیزیکی- نظری و ریاضیات تأسیس شد که در سال ۱۳۸۱ به پژوهشکده علوم شناختی تغییر نام یافت و هم‌اکنون نیز دوره دکتری علوم اعصاب‌شناختی (گرایش مغز و رایانش) را ارائه می‌دهد. در سال ۱۳۷۷ مؤسسه غیرانتفاعی به نام مؤسسه مطالعات علوم شناختی تأسیس شد و در سال ۱۳۸۲ توانست مجوز برگزاری دوره‌های دکتری و کارشناسی‌ارشد را از وزارت علوم دریافت کند و با نام پژوهشکده علم شناختی به فعالیت بپردازد. سند راهبردی توسعه علوم شناختی در سال ۱۳۹۰ در شورای عالی انقلاب فرهنگی تصویب و توسط رئیس‌جمهوری وقت ابلاغ شد [۱۳]. همچنین در فصل سوم نقشه جامع علمی کشور، مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی، حوزه علوم شناختی به‌عنوان یکی از علوم و فنون موجود در اولویت الف این نقشه (بخش علوم پایه و کاربردی) ذکر و معرفی شد. با توجه به مفاد سند راهبرد توسعه فناوری دانش شناختی از سال ۱۳۹۱ ستاد راهبردی توسعه فناوری‌های شناختی در معاونت علمی و فناوری رئیس‌جمهوری تأسیس شده و مشغول به فعالیت است [۱۴].

فناوری‌های شناختی یکی از مصادیق بارز علوم شناختی در صنعت ۴.۰ است که بر فهمیدن ارتباط منطقی بین استفاده زیاد از ابزار و فرایند تطابق شناختی حاصل از محیطی که ابزار در آن ساخته می‌شود تأکید دارد. لذا مطالعه منابع شناخت انسانی برای یکپارچگی بین ابزار و انسان ضرورت دارد و به دریافت نگاه بهتری از شناخت جامعه و نوآوری در فناوری منجر می‌شود و ارتباط بین آنچه شخص ابداع می‌کند (ابزار و سیستم‌ها) با آنچه با شناخت خود از محیط کسب می‌کند. تاکنون تحقیقات اندکی درخصوص فناوری‌های شناختی انجام شده است که به دلیل فاصله مابین زمینه‌های تحقیقاتی امکان رهگیری دقیق پیشینه فناوری‌های شناختی وجود ندارد. جدول ۱ تحلیل مؤلفه‌های شناختی فناوری‌های نرم را با توجه به مرور ادبیات نشان می‌دهد.

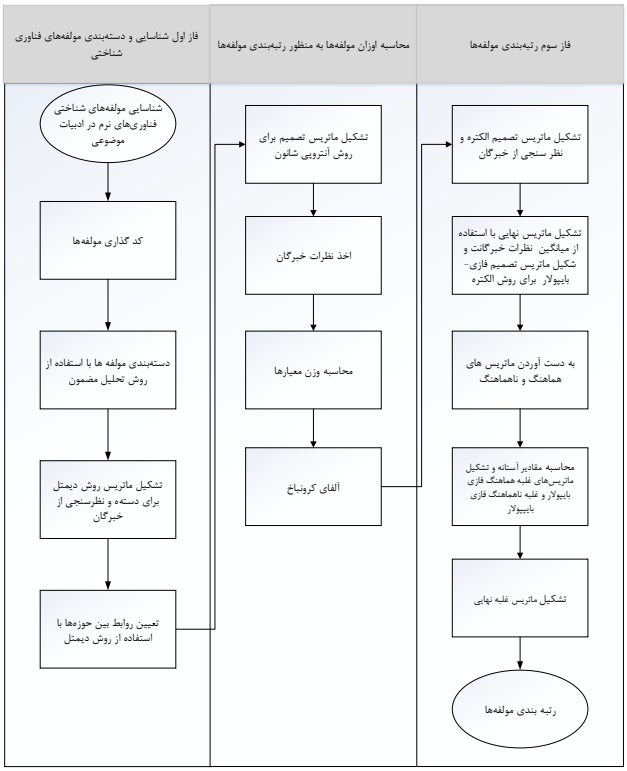
جدول ۱- تحلیل مؤلفه‌های شناختی فناوری‌های نرم

مؤلفه‌های شناختی فناوری‌های نرم	رویکرد	حوزه فعالیت	منبع
حافظه کاری، کارکردهای اجرایی، شناخت بصری- فضایی، هماهنگی و کنترل حرکتی،	تقویت شناختی	صنعت بازی‌های ویدئویی	[۱۵]
تمرکز و توجه، تصمیم‌گیری و قضاوت، شناخت اجتماعی و هیجانات			
توجه، تعلیق ناباوری، همانندسازی	هنر و علم شناختی	صنعت رسانه	[۱۶]
دریافت اطلاعات حسی، پردازش و موشکافی اطلاعات، ذخیره، بازیابی و استفاده	علم اعصاب شناختی	صنعت پزشکی	[۱۷]
مهارت‌ها و توانایی‌ها، خلاقیت و نوآوری، تشویق و ترغیب، کسب دانش و بهگزینی، مشارکت و تعامل، اعتماد و تعهد اخلاقی، علاقه‌مندی و انگیزش، تسهیم و جذب دانش، بازنگری و اعتبارسنجی	علوم دفاع شناختی	صنعت دفاعی	[۱۸]
سبک زندگی، رفتار انسانی	مهندسی	صنعت	[۱۹]

مؤلفه‌های شناختی فناوری‌های نرم	رویکرد	حوزه فعالیت	منبع
شیوه نگرش	شناختی	خودرو	
تفکر انسانی، ارزش، احساسات، جهان‌بینی، فرهنگ	اقتصاد شناختی	اقتصاد	[۵]
رفتار انسانی و سازمانی			
تعهد تعمیمی و شناختی	زبان‌شناسی شناختی	زبان‌شناسی	[۲۰]
تصمیم‌گیری، انتقال توجه و تغییر راهبرد، برنامه‌ریزی، هدف‌گذاری و شروع به اقدام، انگیزش و گرایش به درگیرشدن در کنش، پایش نتایج، تصحیح خطاها یا توقف عمل، شناسایی اهداف دیگران، همکاری یا رقابت، مدیریت تکانه‌های هیجانی در قالب‌های مقبول، فعالیت حافظه کاری، جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات، تفکر، استدلال، عرضه برهان، داوری و قضاوت، توجه، تمرکز و مقاومت در قبال حواس‌پرتی، تلاش‌های ذهنی برای پیگیری اهداف دشوار، بازداری، حل رقابت و تعارض بین انگیزه‌ها	مدیریت شناختی	مدیریت	[۲۱]

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از حیث هدف پژوهشی توسعه‌ای و از حیث روش انجام آن، در گروه پژوهش‌های توصیفی- اکتشافی با رویکردی آمیخته طبقه‌بندی می‌شود و از نظر چگونگی بدست‌آوردن داده‌های موردنیاز از نوع غیرآزمایشی و همچنین از آنجایی‌که این پژوهش به بررسی داده‌های مرتبط با برهه‌ای از زمان می‌پردازد از نوع پژوهش‌های مقطعی محسوب می‌شود. جهت جمع‌آوری مبانی نظری موضوع از روش کتابخانه‌ای استفاده شده که این روش درخصوص مطالعه ادبیات موضوع و بررسی پیشینه پژوهش و نظراتی که راجع به موضوع وجود دارد نیز فراهم‌آوردن چارچوبی مناسب برای مطالعه موضوع انتخاب شده است. بر این اساس ۲۰ مؤلفه شناختی فناوری‌های نرم از مقالات مربوطه استخراج شد. سپس با تأیید صوری خبرگان دانشگاهی و با استفاده از روش تحلیل مضمون، مؤلفه‌های شناختی فناوری‌های نرم براساس معیارها در سه دسته تقسیم‌بندی شدند. در ادامه به منظور بررسی اثرات متقابل دسته‌بندی‌ها، از روش دیمتل استفاده شد. پس از آن، مؤلفه‌های شناسایی‌شده با استفاده از روابط الکتره فازی بایپولار، رتبه‌بندی شدند. وزن هر دسته نیز با استفاده از روش آنتروپی شانون محاسبه شد. با توجه به آنکه مسأله پژوهشی موردنظر از نوع مسائل خبره محور است لذا برای انتخاب خبرگان از شاخص خبرگی استفاده شده است. شاخص‌های انتخاب خبرگان آشنا به علوم و فناوری شناختی با سابقه بیش از ۱۰ سال و تحصیلات حداقل کارشناسی‌ارشد بوده است. با توجه به نظر ال‌توماس ساعتی در حجم نمونه در روش‌های خبره‌محور، پرسشنامه طراحی‌شده برای ۱۵ نفر از خبرگانی که در دسترس بودند، ارسال شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به‌منظور راستی‌آزمایی پاسخ‌های خبرگان آلفای کرونباخ محاسبه شد. با توجه به آنکه مقدار محاسبه‌شده ۰/۸۱ بود لذا این میزان بیانگر پایایی محاسبات انجام شده است. شکل ۱ فلوچارت روش‌شناسی پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱- فلوچارت روش‌شناسی پژوهش

۳-۱- تحلیل مضمون

تحلیل مضمون روشی برای شناخت، تحلیل و گزارش الگوهای موجود در داده‌های کیفی است. این روش فرایندی برای تحلیل داده‌های متنی است و داده‌های پراکنده و متنوع را به داده‌هایی غنی و تفصیلی تبدیل می‌کند [۲۲]. تحلیل مضمون به پژوهشگر اجازه می‌دهد که به جست‌وجوی تم‌های آشکار و پنهان پرداخته و سپس آن‌ها را تفسیر نماید. به همین دلیل این روش از طرفی به‌عنوان یک روش پژوهش کیفی مستقل مورد استفاده قرار می‌گیرد و از طرفی دیگر هم به‌عنوان پایه‌ای ورودی برای سایر روش‌ها که فراتر از تفسیر و به سمت ساخت نظریه، یا شکار جوهره و ارائه مدل حرکت می‌کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفاوت عمده‌ی تحلیل مضمون با سایر روش‌های پژوهش کیفی این است که این روش، درعین‌حال که خود یک روش مستقل پژوهشی است، پایه‌ی بسیاری از روش‌های کیفی دیگر نیز به‌شمار می‌آید. تمایز دیگر این روش کاربرد آن درخصوص انواع متون و آثار مکتوب است. نکته‌ی دیگر، وجه تفسیری این روش است که تحلیل مضمون به‌عنوان روش پژوهش کیفی در اصل به دنبال پاسخ‌گویی به این پرسش است که داده‌ها چه می‌گویند و به دنبال الگویابی از داده‌ها است [۲۳].

۳-۲- تکنیک دیمتل

این تکنیک تنها به بررسی روابط گزینه‌ها/ شاخص‌ها در وضعیتی می‌پردازد که روی یکدیگر اثر می‌گذارند و از یکدیگر اثر می‌پذیرند. تنها ورودی این تکنیک عبارت از ماتریس تأثیرات مستقیم است. ماتریس تأثیرات که با استفاده از نظر خبرگان تکمیل می‌شوند نشان‌دهنده روابط گزینه‌ها/ شاخص‌ها است [۲۴].

در گام اول این روش ماتریس ارتباط مستقیم (M) را تشکیل می‌دهیم. در این گام تأثیرگذاری معیارها دوبه‌دو بر روی هم بررسی می‌شود. بدین منظور پرسشنامه مقایسات زوجی تشکیل شده و نظرات خبرگان اخذ می‌شود. مقایسات به شکل متغیر زبانی (از بدون تأثیر تا تأثیرگذاری خیلی زیاد) می‌باشد که پس از تکمیل پرسشنامه برای محاسبات اعداد متناظر آنکه از صفر تا ۴ می‌باشد در نظر گرفته می‌شود. در انتها برای محاسبات در مراحل بعدی از نظرات خبرگان میانگین حسابی گرفته می‌شود. در گام بعدی با استفاده از رابطه N=K*M ماتریس ارتباط مستقیم نرمال می‌شود. در این رابطه M ماتریس ارتباط مستقیم می‌باشد که در گام قبل با اخذ نظرات خبرگان محاسبه شد. پس از محاسبه جمع تمامی سطرها و ستون‌ها، معکوس بزرگ‌ترین عدد سطر و ستون k را تشکیل می‌دهد. در گام بعد ماتریس ارتباط کامل از رابطه T=N*(I-N)-1 به دست می‌آید که در این رابطه I ماتریس یکه است. با جمع عناصر سطر و ستون این ماتریس می‌توان نمودار علی را ایجاد نمود.

۳-۳- آنتروپی شانون

روش آنتروپی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای محاسبه وزن معیارها می‌باشد. این روش نیازمند به ماتریس معیار- گزینه می‌باشد. آنتروپی بیان‌کننده مقدار عدم اطمینان در یک توزیع احتمال پیوسته است [۲۵]. ایده اصلی این روش آن است که هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است. پرسشنامه روش آنتروپی شانون نیز همانند ماتریس آن می‌باشد. در گام اول این روش ماتریس تصمیم را تشکیل می‌دهیم. برای تشکیل این ماتریس تصمیم با توجه به ماهیت مسأله ارزیابی هر شاخص نسبت به معیار با استفاده از متغیرهای زبانی و به شکل بسیار کم، خیلی‌کم، کم، نسبتاً کم، متوسط، نسبتاً زیاد، زیاد، خیلی‌زیاد و بسیار زیاد استفاده شده است. بعد از تشکیل ماتریس گروهی تصمیم، ماتریس تصمیم میانگین را نرمال می‌کنیم و هر درایه نرمال‌شده را p_{ij} می‌نامیم. نرمال‌شدن به این صورت می‌باشد که درایه هر ستون را بر مجموع ستون تقسیم می‌شود. در ادامه آنتروپی هر شاخص (E_j)، با استفاده از رابطه (۱) به‌دست می‌آید (k به‌عنوان مقدار ثابت مقدار E_j را بین ۰ و ۱ نگه می‌دارد).

$$E_j = -k\sum_{i=1}^{m} p_{ij} \times LnP_{ij} \qquad i = 1,2,...,m \qquad (۱)$$

در گام بعدی d_j (درجه انحراف) به صورت $d_j=1-E_j$ محاسبه می‌شود که بیان می‌کند شاخص مربوطه (d_j) چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. در انتها مقدار وزن w_j با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$W_j = d_j / \sum d_j \qquad (۲)$$

۳-۴- الکتره (I) فازی- بایپولار

روش ELECTRE I مبتنی بر مطالعه روابط برتر است و از شاخص‌های هماهنگی و ناهماهنگی برای تجزیه و تحلیل روابط برتر بین گزینه‌ها استفاده می‌کند. شاخص‌های هماهنگی و ناهماهنگی را می‌توان اندازه‌گیری رضایت و نارضایتی دانست که تصمیم‌گیرنده، یکی از گزینه‌ها را بر دیگری انتخاب می‌کند [۲۶]. مفهوم مجموعه‌های فازی بایپولار در سال ۱۹۹۴ میلادی توسط ژانگ پیشنهاد شد [۲۷]. مجموعه‌های فازی بایپولار گسترش مجموعه‌های فازی هستند که محدوده درجه عضویت آن‌ها (۱-،۱) می‌باشد که هر عنصر در مجموعه‌های فازی بایپولار با دو مقدار ترکیب می‌شود یکی در بازه (۰،۱) قرار دارد که نشان‌دهنده میزان رضایت از یک ویژگی خاص مرتبط با مجموعه فازی است و دیگری در فاصله (۰، ۱-) که نشان‌دهنده میزان عدم رضایت می‌باشد [۲۸]. در این روش با توجه به تعداد معیارها و گزینه‌ها ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می‌شود. اعداد در این ماتریس به شکل فازی- بایپولار بوده که با استفاده از پرسشنامه و نظرسنجی از خبرگان به‌دست می‌آید. در ابتدا پرسشنامه این روش به صورت متغیرهای زبانی توسط خبرگان پرشده و معادل فازی آن‌ها در ماتریس قرار می‌گیرد. با میانگین گرفتن از ماتریس‌های تصمیم برای هر خبره ماتریس تصمیم نهایی به‌دست می‌آید و با ضرب این ماتریس در وزن‌های به‌دست‌آمده برای معیارها موزون می‌شود.

$$F = \begin{array}{c} \\ x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ x_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} c_1 & c_2 & & c_m \end{array} \\ \begin{pmatrix} (\mu_{11},\nu_{11}) & (\mu_{12},\nu_{12}) & \cdots & (\mu_{1m},\nu_{1m}) \\ (\mu_{21},\nu_{21}) & (\mu_{22},\nu_{22}) & & (\mu_{2m},\nu_{1m}) \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ (\mu_{n1},\nu_{n1}) & (\mu_{n2},\nu_{n2}) & \cdots & (\mu_{nm},\nu_{nm}) \end{pmatrix} \end{array} , \; W = [W_1 W_2 ... W_m]^T$$

از آنجا که ارزیابی مؤلفه‌ها با مجموعه‌های فازی دوقطبی بیان می‌شود، تعریف مجموعه هماهنگ و ناهماهنگ بستگی به اولویت توجه به اجزای مثبت و منفی دارد. در ادامه مجموعه‌های هماهنگ بایپولار C_{kl} و ناهماهنگ بایپولار D_{kl} با استفاده از روابط (۳) و (۴) به‌دست آورده شد که در این روابط $S_{ij} = \mu_{ij} + \nu_{ij}, i,j = 1,2,...,n$ می‌باشد.

$$C_{kl} = \left\{ 1 \le j \le m \mid s_{ij} \ge s_{kj} \right\} \quad , k \ne l \; , l = 1,2,...,n. \qquad (۳)$$

$$D_{kl} = \left\{ 1 \le j \le m \mid s_{ij} < s_{kj} \right\} \quad , k \ne l \; , l = 1,2,...,n. \qquad (۴)$$

پس از تشکیل‌شدن مجموعه‌های هماهنگ بایپولار، با توجه به وزن‌های به‌دست آمده برای معیارها از روش آنتروپی شانون شاخص‌های هماهنگ فازی بایپولار با استفاده از رابطه (۵) به‌دست آمد و در پی آن ماتریس هماهنگ فازی بایپولار، مطابق رابطه (۶) تشکیل شده است.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j . \qquad (۵)$$

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & . & . & . & c_{1n} \\ c_{21} & - & . & . & . & c_{2n} \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ c_{n1} & c_{n2} & . & . & . & - \end{bmatrix} \qquad (۶)$$

پس از تشکیل‌شدن مجموعه‌های ناهماهنگ بایپولار شاخص‌های ناهماهنگ فازی بایپولار با استفاده از رابطه (۷) به‌دست آمد و در پی آن ماتریس ناهماهنگ فازی بایپولار، مطابق رابطه (۸) تشکیل شده است.

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\mu_{kj} - \mu_{lj})^2 + (\nu_{kj} - \nu_{lj})^2\right]}}{\max_{j} \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\mu_{kj} - \mu_{lj})^2 + (\nu_{kj} - \nu_{lj})^2\right]}} \qquad (۷)$$

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & . & . & . & d_{1n} \\ d_{21} & - & . & . & . & d_{2n} \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ d_{n1} & d_{n2} & . & . & . & - \end{bmatrix} \qquad (۸)$$

برای رتبه‌بندی مؤلفه‌ها مقادیر آستانه که سطوح هماهنگی و ناهماهنگی هستند محاسبه شد. سطح هماهنگی فازی بایپولار ($\bar{c}$) و سطح ناهماهنگی فازی بایپولار ($\bar{d}$) به ترتیب میانگین شاخص‌های سازگاری فازی بایپولار و ناسازگاری فازی بایپولار هستند که به‌وسیله روابط (۹) و (۱۰) محاسبه شدند.

$$\bar{c} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{\substack{l=1, \\ l \neq k}}^{n} \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq l}}^{n} c_{kl} \qquad (۹)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{\substack{l=1, \\ l \neq k}}^{n} \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq l}}^{n} d_{kl} \qquad (۱۰)$$

در گام بعدی ماتریس‌های غلبه هماهنگ فازی بایپولار و غلبه ناهماهنگ فازی بایپولار را به کمک مقادیر ($\bar{c}$) و ($\bar{d}$) تعریف می‌شود. ماتریس غلبه هماهنگ فازی بایپولار (B) با استفاده از رابطه (۱۱) تشکیل شده است.

$$B = \begin{bmatrix} - & b_{12} & . & . & . & b_{1n} \\ b_{21} & - & . & . & . & b_{2n} \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ b_{n1} & b_{n2} & . & . & . & - \end{bmatrix} \quad , b_{kl} = \begin{cases} 1 & \text{if } c_{kl} \geq \bar{c} \\ 0 & \text{if } c_{kl} < \bar{c} \end{cases} \qquad (۱۱)$$

به‌طور مشابه ماتریس غلبه ناهماهنگ فازی بایپولار (H) با استفاده از رابطه (۱۲) تشکیل شده است.

$$H = \begin{bmatrix} - & h_{12} & . & . & . & h_{1n} \\ h_{21} & - & . & . & . & h_{2n} \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ h_{n1} & h_{n2} & . & . & . & - \end{bmatrix} \quad , h_{kl} = \begin{cases} 1 & \text{if } c_{kl} \leq \bar{d} \\ 0 & \text{if } c_{kl} > \bar{d} \end{cases} \qquad (۱۲)$$

درنهایت ماتریس غلبه نهایی E با ضرب نظیر به نظیر درایه‌های دو ماتریس B و H تشکیل می‌شود.

$$E = \begin{bmatrix} - & e_{12} & . & . & . & e_{1n} \\ e_{21} & - & . & . & . & e_{2n} \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ . & & & & & \\ e_{n1} & e_{n2} & . & . & . & - \end{bmatrix} \quad , e_{kl} = b_{kl} h_{kl} \qquad (۱۳)$$

۴- یافته‌های پژوهش

با مشخص‌شدن قلمرو موضوعی پژوهش، منابع مطالعاتی مرتبط از طریق کلیدواژه‌های مربوط شناسایی شد. بر این اساس بخش‌های مرتبط برای استخراج مؤلفه‌های شناختی فناوری استخراج و کدگذاری محوری و انتخابی انجام شد. جدول ۲ بیانگر کدهای استخراجی از مؤلفه‌های شناختی فناوری‌های نرم را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مؤلفه‌های شناختی فناوری‌های نرم پژوهش

کدهای اولیه	مفاهیم	مقوله‌ها
حافظه یکی از اصلی‌ترین سازوکارهای ذهنیه که توی علوم شناختی مطالعه میشه. علوم شناختی می‌خواد بفهمه چطوری مغز اطلاعات رو دریافت، پردازش، ذخیره و بازیابی می‌کنه. حافظه دقیقاً همون بخشی هست که مربوط به ذخیره‌سازی و بازیابی اطلاعات در ذهنه (مصاحبه). حافظه کاری را می‌توان به مثابه یک دفترچه‌ی ذهنی در نظر گرفت که به فرد امکان می‌دهد اطلاعات را به‌صورت موقت نگه دارد و هم‌زمان آن‌ها را پردازش کند. به‌عنوان مثال، هنگام مطالعه‌ی یک متن، برای درک معنای جمله‌ی جدید، لازم است که اطلاعات جمله‌ی قبلی همچنان در ذهن فعال باقی بماند. در صورت گسست این پیوستگی، فرایند درک مطلب با اختلال مواجه خواهد شد [۲۱].	حافظه کاری	زیستی
قسمت‌هایی از مغز مثل لوب پس‌سری (occipital lobe) و لوب آهیانه‌ای (parietal lobe) نقش کلیدی در پردازش بصری-فضایی دارند. علوم شناختی تلاش می‌کنه تا با روش‌های تصویربرداری	شناخت بصری-فضایی	

کدهای اولیه	مفاهیم	مقوله‌ها
مغزی این فرایندها رو بفهمه (مصاحبه). این نوع شناخت به حافظه فضایی (spatial memory) و توجه فضایی متصل هست. مثلاً برای جهت‌یابی در محیط، ما باید از حافظه فضایی و توجه دیداری استفاده کنیم [۱۵].		
حرکت در ظاهر پدیده‌ای بدنی و فیزیکی است، اما در بطن خود، به شدت متکی بر فرایندهای شناختی پیچیده‌ای‌ست که در مغز انسان شکل می‌گیرند. در علوم شناختی، حرکت نه صرفاً به‌عنوان نتیجه‌ی انقباض عضلات، بلکه به‌عنوان خروجی یک سیستم پردازش اطلاعات در نظر گرفته می‌شود که ورودی‌های حسی را دریافت، تحلیل و براساس آن‌ها دستورات حرکتی دقیق صادر می‌کند (مصاحبه). هماهنگی و کنترل حرکتی مستلزم ترکیب و یکپارچگی چندین عملکرد شناختی است: ادراک فضایی، توجه، پیش‌بینی، تصمیم‌گیری، حافظه حرکتی و یادگیری حرکتی. مغز انسان در هر لحظه در حال پردازش داده‌هایی از بینایی، شنوایی، حس عمقی و لامسه است تا بتواند حرکاتی نرم، دقیق و هدفمند را اجرا کند. هرگونه اختلال در این روند، می‌تواند باعث بی‌نظمی حرکتی، کندی واکنش، یا خطای عملکردی شود [۱۵]. یادگیری مهارت‌های حرکتی نیز از موضوعات اصلی در علوم شناختی است. مغز با تمرین و تکرار، مسیرهای عصبی خاصی را برای حرکات تثبیت می‌کند و حافظه‌ای موسوم به حافظه‌ی حرکتی ایجاد می‌شود. این حافظه در برابر فراموشی مقاوم است و برای فعالیت‌هایی نظیر تایپ‌کردن، رقص، شنا یا بازی‌های ورزشی نقش کلیدی دارد (مصاحبه).	هماهنگی و کنترل حرکتی	
توجه، نه فقط در موقعیت‌های آگاهانه، بلکه در ناخودآگاه نیز عمل می‌کند. به‌طور مثال، در محیطی شلوغ، مغز ما به‌طور ناخودآگاه صدای نام‌مان را از میان صدها صدا تشخیص می‌دهد. این پدیده که به اثر «کوکتل پارتی» مشهور است، یکی از نمونه‌های جذاب عملکرد انتخابی توجه است (مصاحبه). علوم شناختی تأکید دارد که توجه با سایر فرایندهای ذهنی، مانند حافظه، زبان، احساس، و تصمیم‌گیری، در هم تنیده است. بدون توجه، یادگیری مؤثر غیرممکن می‌شود. بدون تمرکز، حافظه‌ی کاری دچار اشباع زودهنگام شده و خطای شناختی افزایش می‌یابد [۱۶]. در حوزه فناوری، طراحی رابط‌های کاربری، سیستم‌های هشدار در خودروها، یا حتی الگوریتم‌های تبلیغاتی در فضای دیجیتال، همگی براساس اصول توجه انتخابی و جلب تمرکز طراحی می‌شوند (مصاحبه).	تمرکز و توجه	ادراکی
تصمیم‌گیری (Decision Making) و قضاوت (Judgment) از پیچیده‌ترین فرایندهای شناختی انسان هستند. در ظاهر، تصمیم‌گرفتن درباره انتخاب یک مسیر، خرید یک کالا یا پاسخ به یک سؤال ساده، کار پیش پاافتاده‌ای به نظر می‌رسد، اما در واقعیت، مغز در این لحظات درگیر شبکه‌ای گسترده از پردازش اطلاعات، سنجش گزینه‌ها، پیش‌بینی پیامدها و ارزیابی نتایج است. علوم شناختی تلاش می‌کند این فرایند پیچیده را به اجزای قابل فهم و قابل بررسی تبدیل کند [۲۱]. قضاوت نیز، گرچه نزدیک به تصمیم‌گیری است، اما بیشتر به ارزیابی کیفیت یا احتمال یک رویداد اشاره دارد. مانند این‌که فردی قضاوت کند یک شخص قابل‌اعتماد است یا احتمال	تصمیم‌گیری و قضاوت	

کدهای اولیه	مفاهیم	مقوله‌ها
موفقیت در یک پروژه چقدر است. علوم شناختی، به‌ویژه از طریق آزمایش‌های رفتاری و مدل‌سازی‌های شناختی، تلاش می‌کند بفهمد این قضاوت‌ها تحت تأثیر چه عواملی قرار دارند و چگونه می‌توان دقت آن‌ها را بهبود داد (مصاحبه).		
درک دیگران، پیش‌بینی رفتار آن‌ها، همدلی، دروغ‌سنجی، خجالت، ترس، محبت یا شرم ... همه این‌ها بخشی از توانایی‌های مغز انسان برای درک دنیای اجتماعی پیرامون اوست. شناخت اجتماعی یکی از حوزه‌های نسبتاً جدید اما مهم در علوم شناختی است که به بررسی این سؤال می‌پردازد: *انسان چگونه ذهن دیگران را می‌فهمد؟* (مصاحبه). مطالعات علوم شناختی با استفاده از تصویربرداری مغزی نشان داده‌اند که نواحی‌ای مانند قشر پیش‌پیشانی میانی، آمیگدالا (amygdala)، قشر گیجگاهی فوقانی (TPJ) و جزیره (insula) نقش کلیدی در پردازش اطلاعات اجتماعی دارند. این نواحی مسئول تحلیل هیجانات دیگران از طریق چهره، زبان بدن، یا لحن صدا هستند و به مغز کمک می‌کنند تا از روی نشانه‌ها، احساسات یا نیت‌های فرد مقابل را استنباط کند [۱۵].	شناخت اجتماعی و هیجانات	
یکی از ویژگی‌های شگفت‌انگیز ذهن انسان، توانایی او برای «باورکردن موقت چیزهایی است که می‌داند واقعی نیستند». این پدیده که در ادبیات به آن تعلیق ناباوری می‌گویند، به توانایی ذهن برای کنار گذاشتن شک و تردید نسبت به غیرواقعی‌بودن یک روایت، شخصیت یا موقعیت اشاره دارد. فرد در مواجهه با یک فیلم تخیلی، داستان فانتزی، یا بازی دیجیتال، با وجود آگاهی از غیرواقعی‌بودن آن، به‌گونه‌ای واکنش نشان می‌دهد که گویی همه‌چیز کاملاً واقعی است (مصاحبه). همانندسازی مخاطب با شخصیت‌ها یا موقعیت‌های داستانی همدلی می‌کند، خود را در موقعیت آنان قرار می‌دهد، و گاه واکنش‌های هیجانی شدیدی نشان می‌دهد. همانندسازی به مخاطب اجازه می‌دهد احساساتی را تجربه کند که در زندگی واقعی شاید هرگز با آن‌ها مواجه نشود؛ مانند ترس از مرگ، رهایی از خطر، عاشق‌شدن، یا نجات‌دادن جهان [۱۶].	تعلیق ناباوری، همانندسازی	
در علوم شناختی، دریافت اطلاعات حسی نه صرفاً یک فرایند زیستی، بلکه یک فرایند شناختی پیچیده محسوب می‌شود؛ چراکه مغز تنها داده‌های خام را دریافت نمی‌کند، بلکه آن‌ها را تفسیر، پالایش، انتخاب، ترکیب و معناگذاری می‌کند [۵].	دریافت اطلاعات حسی	
وقتی داده‌های حسی وارد ذهن می‌شوند، این داده‌ها به صورت خام و پراکنده نیستند؛ بلکه مغز آنها را به شکل نظام‌مند، مرحله به مرحله، تحلیل و موشکافی می‌کند تا به یک تجربه شناختی معنادار و قابل استفاده تبدیل شوند [۱۷]. پردازش و موشکافی اطلاعات فرایندی است که به ما اجازه می‌دهد از دنیای پیچیده‌ی داده‌های ورودی، معانی دقیق و قابل استفاده بسازیم. این فرایند ستون فقرات تفکر، یادگیری، و عملکرد هوشمندانه ماست (مصاحبه).	پردازش و موشکافی اطلاعات	
یکی از بنیادی‌ترین عملکردهای ذهن انسان، توانایی ذخیره‌سازی اطلاعات دریافتی، بازیابی آن‌ها هنگام نیاز و استفاده مؤثر از آن‌ها در موقعیت‌های مختلف است. این فرایندها در قالب حافظه شناخته می‌شوند و نقش کلیدی در یادگیری، تصمیم‌گیری و حل مسأله دارند [۱۷]. ذخیره اطلاعات به خودی خود کافی نیست؛ مغز باید بتواند	ذخیره، بازیابی و استفاده	

کدهای اولیه	مفاهیم	مقوله‌ها
به موقع و به صورت دقیق به آن‌ها دسترسی پیدا کند. بازیابی شامل جستجو، استخراج و بازگرداندن داده‌های ذخیره‌شده به سطح آگاهی است (مصاحبه).		
مهارت‌ها و توانایی‌ها، پایه‌های عملکرد موفقیت‌آمیز انسان در محیط‌های مختلف هستند. این دو مفهوم به هم مرتبط ولی متمایز، در علوم شناختی جایگاه ویژه‌ای دارند و بررسی آن‌ها کمک می‌کند تا بفهمیم چگونه ذهن و مغز، فرایندهای یادگیری، تمرین و کاربرد را مدیریت می‌کند (مصاحبه). مهارت‌ها و توانایی‌ها دو بخش مکمل در عملکرد شناختی ما هستند؛ توانایی‌ها زمینه‌ساز مهارت‌ها هستند و مهارت‌ها نشان‌دهنده کاربرد عملی توانایی‌ها در موقعیت‌های واقعی. علوم شناختی با شناخت این دو، مسیر یادگیری و بهبود عملکرد انسانی را روشن‌تر می‌کند [۱۸].	مهارت‌ها و توانایی‌ها	رفتاری
تشویق و ترغیب به‌عنوان محرک‌های روانی، نقشی حیاتی در فعال‌سازی و حفظ فرایندهای شناختی ایفا می‌کنند. شناخت دقیق این مفاهیم در علوم شناختی، راهکارهای بهتری برای آموزش، مدیریت رفتار و بهبود عملکرد ذهنی ارائه می‌دهد [۱۸].	تشویق و ترغیب	
کسب دانش، پایه و اساس تصمیم‌گیری است. بدون دانش کافی، به‌گزینی دقیق و مؤثر ممکن نیست. برعکس، فرایند به‌گزینی نیز به‌طور مداوم باعث به‌روزرسانی و اصلاح دانش می‌شود، زیرا نتایج تصمیمات جدید بر دانش قبلی تأثیر می‌گذارند و تجربه‌های تازه‌ای به دانش فرد اضافه می‌کنند (مصاحبه). کسب دانش به فرایند دریافت، پردازش و ذخیره اطلاعات جدید اشاره دارد که می‌تواند از منابع مختلفی مانند تجربه، آموزش، مشاهده و مطالعه حاصل شود [۱۸].	کسب دانش و به‌گزینی	
وقتی ما با دیگران کار می‌کنیم و با هم حرف می‌زنیم، یعنی داریم مشارکت و تعامل می‌کنیم. این چیزها کمک می‌کنند بهتر یاد بگیریم، مشکلات رو راحت‌تر حل کنیم و احساس خوبی داشته باشیم (مصاحبه).	مشارکت و تعامل	
مغز با پردازش اطلاعات و پیش‌بینی رفتار دیگران، امکان اعتماد کردن را فراهم می‌کند [۱۸]. مغز با کنترل رفتار و تصمیم‌گیری بر پایه ارزش‌ها، تعهد اخلاقی را شکل می‌دهد (مصاحبه).	اعتماد و تعهد اخلاقی	
مغز با توجه و تمرکز روی موضوعات خاص، علاقه‌مندی را شکل می‌دهد و یادگیری را تسهیل می‌کند (مصاحبه). مغز با پردازش پاداش‌ها و اهداف، انگیزه لازم برای شروع و ادامه فعالیت‌ها را ایجاد می‌کند [۱۸].	علاقه‌مندی و انگیزش	
مغز با توانایی‌های ارتباطی و شناختی، انتقال و به اشتراک‌گذاری اطلاعات را ممکن می‌سازد [۱۸]. مغز با پردازش و سازمان‌دهی اطلاعات جدید، دانش را در حافظه ذخیره و برای استفاده آماده می‌کند (مصاحبه).	تسهیم و جذب دانش	
مغز با ارزیابی مجدد اطلاعات و تجارب، فرایند یادگیری و تصمیم‌گیری را بهبود می‌بخشد [۱۸]. مغز با تحلیل دقیق و مقایسه داده‌ها، صحت و قابل‌اطمینان بودن اطلاعات را تشخیص می‌دهد [۱۸].	بازنگری و اعتبارسنجی	
مغز با تنظیم عادت‌ها، تصمیم‌ها و رفتارهای روزمره، سبک زندگی فرد را شکل می‌دهد و سلامت روانی و جسمانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (مصاحبه).	سبک زندگی	

بعد از آنکه متغیرهای فناوری شناختی از طریق تحلیل مضمون پدیدار شد، ارتباطات سه حوزه زیستی، ادراکی و رفتاری با استفاده از تکنیک دیمتل مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ماتریس ارتباط مستقیم تشکیل و با میانگین گرفتن از نظرات خبرگان، ماتریس ارتباط مستقیم نهایی به‌دست آمد. جدول ۳ ماتریس ارتباط مستقیم مؤلفه‌های فناوری‌های شناختی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- ماتریس ارتباط مستقیم مؤلفه‌های فناوری‌های شناختی

	بُعد زیستی	بُعد ادراکی	بُعد رفتاری
بُعد زیستی	۰	۰/۶۳۶	۰/۳۶۴
بُعد ادراکی	۰/۲۷۳	۰	۰/۵۴۵
بُعد رفتاری	۰/۱۸۲	۰/۳۶۴	۰

پس از نرمال‌سازی ماتریس ارتباط ماتریس ارتباطات کامل با استفاده از روابط تعریف‌شده تشکیل شد. جدول ۴ ماتریس ارتباطات کل مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۴- ماتریس ارتباطات مؤلفه‌های فناوری‌های شناختی

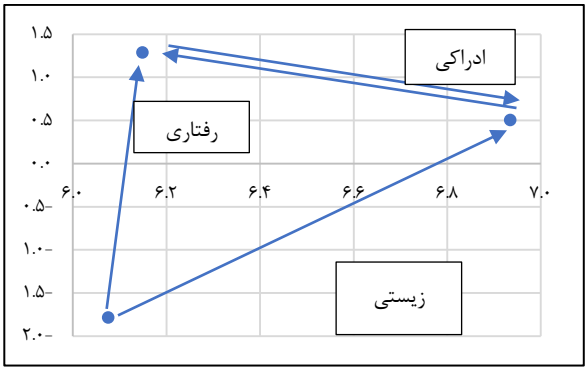
	بُعد زیستی	بُعد ادراکی	بُعد رفتاری
بُعد زیستی	۰/۷۳۳	۱/۶۶۲	۱/۵۳۶
بُعد ادراکی	۰/۸۰۴	۱/۰۱۹	۱/۳۹۴
بُعد رفتاری	۰/۶۰۸	۱/۰۳۷	۰/۷۸۷

با توجه به ماتریس ارتباطات کامل سه بُعد زیستی، بُعد ادراکی، بُعد رفتاری، عوامل تأثیرگذاری کلی (R_i)، تأثیرپذیری کلی (D_i)، وابستگی ($R_i + D_i$) و عدم وابستگی ($R_i - D_i$) روابط متقابل بین مؤلفه‌ها محاسبه و در جدول ۵ ارائه شد.

جدول ۵- تأثیرگذاری کلی، تأثیرپذیری کلی، وابستگی و عدم وابستگی مؤلفه‌های فناوری‌های شناختی

	R_i	D_i	$R_i + D_i$	$R_i - D_i$
بُعد زیستی	۲/۱۴۵	۳/۹۳۱	۶/۰۷۶	-۱/۷۸۶
بُعد ادراکی	۳/۷۱۸	۳/۲۱۷	۶/۹۳۵	۰/۵۰۱
بُعد رفتاری	۳/۷۱۷	۲/۴۳۲	۶/۱۴۹	۱/۲۸۵

براساس آستانه تأثیرات (۱/۰۶۴) و عوامل تأثیرگذاری کلی (R_i)، تأثیرپذیری کلی (D_i)، وابستگی ($R_i + D_i$) و عدم وابستگی ($R_i - D_i$) روابط متقابل بین مؤلفه‌ها در شکل ۲ ترسیم شده است.



شکل ۲- ترسیم روابط متقابل مؤلفه‌های فناوری‌های شناختی

با اثبات وجود ارتباط بین حوزه‌های فناوری شناختی برای رتبه‌بندی مؤلفه‌ها ارزیابی تأثیر آن‌ها در حوزه‌های رفتاری، ادراکی و زیستی در نظر گرفته شده است و این حوزه‌ها به‌عنوان معیارهایی برای رتبه‌بندی مؤلفه‌ها در نظر گرفته شده‌اند. در گام اول برای محاسبه وزن این معیارها از روش آنتروپی شانون استفاده شد که بعد از میانگین گرفتن از نظرات خبرگان و تشکیل ماتریس تصمیم نهایی با استفاده از روابط روش آنتروپی وزن هر معیار محاسبه شد. همان‌طور که از جدول ۶ مشخص است معیار ادراکی نسبت به سایر معیارها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد.

جدول ۶- وزن معیارها از روش آنتروپی شانون

	زیستی	ادراکی	رفتاری
E_j	۲/۶۸۷۵	۲/۷۱۴۳	۲/۷۱۳۰
d_j	-۱/۶۸۷۵	-۱/۷۱۴۳	-۱/۷۱۳۰
W_j	۰/۳۲۹۹	۰/۳۳۵۲	۰/۳۳۴۹

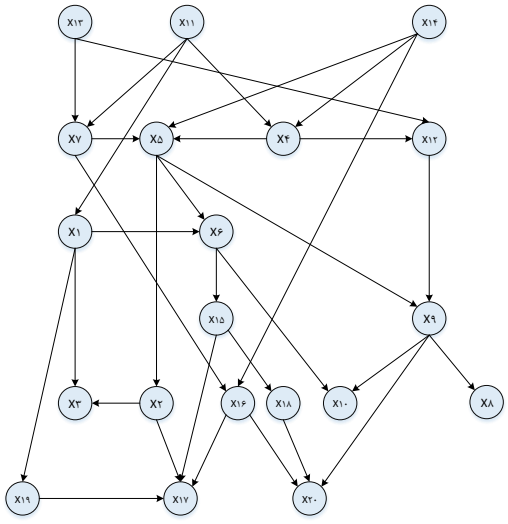
در گام بعدی با استفاده از وزن‌های به‌دست آمده برای معیارها از روش آنتروپی شانون مؤلفه‌های شناسایی‌شده در پیشینه با استفاده از روش الکتره فازی- بایپولار رتبه‌بندی شدند. برای تشکیل ماتریس تصمیم فازی- بایپولار برای روش الکتره اعداد فازی متناسب با متغیرهای کلامی مورد استفاده در پرسشنامه که به صورت بسیارکم تا بسیارزیاد می‌باشد را قرار داده و ماتریس تصمیم فازی بایپولار را براساس نظر هر خبره تشکیل شد. سپس برای تشکیل ماتریس تصمیم نهایی، میانگین عبارت فازی موجود در هر درایه به صورت نظیر به نظیر محاسبه شد که در جدول ۷ ماتریس تصمیم فازی بایپولار نهایی وزین‌شده آورده شده است.

جدول ۷- ماتریس تصمیم نهایی وزین‌شده

کد مؤلفه	مؤلفه	زیستی	ادراکی	رفتاری
X_1	حافظه کاری	(۰/۳۱۳، -۰/۰۲)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)	(۰/۲۱۸، -۰/۰۵)
X_2	شناخت بصری- فضایی	(۰/۰۴۹، -۰/۲۶)	(۰/۳۰۲، -۰/۰۳)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)
X_3	هماهنگی و کنترل حرکتی	(۰/۰۴۹، -۰/۲۶)	(۰/۲۱۸، -۰/۰۵)	(۰/۲۱۸، -۰/۰۵)
X_4	تمرکز و توجه	(۰/۲۳۱، -۰/۰۳)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)
X_5	تصمیم‌گیری و قضاوت	(۰/۲۱۴، -۰/۰۵)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)
X_6	شناخت اجتماعی و هیجانات	(۰/۲۸، -۰/۰۲)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)
X_7	تعلیق ناباوری	(۰/۲۱۴، -۰/۰۵)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)	(۰/۳۳۵، ۰)
X_8	همانندسازی	(۰/۲۱۴، -۰/۰۵)	(۰/۰۵، -۰/۲۷)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)
X_9	دریافت اطلاعات حسی	(۰/۳۱۳، -۰/۰۲)	(۰/۰۵، -۰/۲۷)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)
X_{10}	پردازش و موشکافی اطلاعات	(۰/۲۸، -۰/۰۲)	(۰، -۰/۳)	(۰/۸۵، -۰/۰۵)
X_{11}	ذخیره، بازیابی و استفاده	(۰/۳۱۳، -۰/۰۲)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)
X_{12}	بازنگری و اعتبارسنجی	(۰/۳۳، ۰)	(۰/۰۵، -۰/۲۷)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)
X_{13}	مهارت‌ها و توانایی‌ها	(۰/۲۱۴، -۰/۰۵)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)	(۰/۲۶۸، -۰/۰۳)
X_{14}	تشویق و ترغیب	(۰/۱۸۱، -۰/۱)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)
X_{15}	کسب دانش و به‌گزینی	(۰/۲۱۴، -۰/۰۵)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)
X_{16}	مشارکت و تعامل	(۰/۱۸۱، -۰/۱)	(۰/۳۳۵، ۰)	(۰/۱، -۰/۲۳)
X_{17}	اعتماد و تعهد اخلاقی	(۰/۱۸۱، -۰/۱)	(۰/۲۱۸، -۰/۰۵)	(۰/۰۵، -۰/۲۷)
X_{18}	علاقه‌مندی و انگیزش	(۰/۱۴۸، -۰/۱۵)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)
X_{19}	تسهیم و جذب دانش	(۰/۳۱۳، -۰/۰۲)	(۰/۳۱۸، -۰/۰۲)	(۰، -۰/۳)
X_{20}	سبک زندگی	(۰/۲۱۴، -۰/۰۵)	(۰/۲۰۱، -۰/۱۳)	(۰، -۰/۳)

با در اختیار داشتن ماتریس تصمیم مراحل روش الکتره به ترتیب انجام می‌شوند بعد از به‌دست آمدن ماتریس‌های هماهنگ (C) و ناهماهنگ فازی بایپولار (D)، سطح هماهنگی فازی بایپولار ( ) و سطح ناهماهنگی فازی بایپولار ( ) محاسبه شدند که به ترتیب برابر ۰/۵۹۱۳ و ۰/۷۰۹۱ می‌باشند. با در اختیار داشتن این دو مقدار ماتریس‌های غلبه هماهنگ (B) و ناهماهنگ (H) فازی بایپولار طبق روابط به‌دست‌آمده و با ضرب نظیر به نظیر درایه‌های این دو ماتریس، ماتریس غلبه نهایی (E) محاسبه شده است. با در اختیار داشتن ماتریس غلبه نهایی، گراف غلبه برای مؤلفه‌ها رسم شده است که در شکل ۳ قابل مشاهده می‌باشد.

در این گراف، برتری‌ها به‌وسیله فلش‌های جهت‌دار نمایش داده شده است به‌عنوان نمونه فلشی که از مؤلفه x_{13} به مؤلفه x_{12} متصل شده است حاکی از برتری مؤلفه x_{13} بر مؤلفه x_{12} و تمام زیرشاخه‌های آن می‌باشد؛ بنابراین با توجه به گراف غلبه رسم‌شده برای مؤلفه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که مؤلفه‌های «مهارت‌ها و توانایی‌ها»، «ذخیره، بازیابی و استفاده» و «تشویق و ترغیب» نسبت به سایر مؤلفه‌ها ارجح‌تر بوده و بر آن‌ها برتری دارند.



شکل ۳- گراف غلبه برای مؤلفه‌ها

۵- نتیجه‌گیری

فناوری شناختی مفهومی بین رشته‌ای است که مفاهیم آن از رشته‌های مختلف برگرفته شده است؛ اما بواسطه پیچیدگی این مفهوم شناخت آن کامل نبوده است. یکی از راه‌هایی که بواسطه آن درک بهتر از فناوری شناختی را ممکن می‌سازد تحلیل مؤلفه‌های فناوری شناختی در حوزه‌های کاربری متفاوت است. تحلیل مؤلفه‌های فناوری شناختی با واکاوی عوامل و اهمیت آن‌ها، شدت اثر را نسبت به یکدیگر را نشان می‌دهد.

در این پژوهش پس از شناسایی مؤلفه‌های فناوری شناختی با استفاده از روش تحلیل مضمون در سه حوزه زیستی، ادراکی و رفتاری دسته‌بندی شدند. تکنیک دیمتل برای بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط بین این حوزه‌ها مورد استفاده قرار گرفت که اثبات وجود ارتباط این حوزه‌ها به‌عنوان معیارهایی برای رتبه‌بندی مؤلفه‌های فناوری شناختی مورد استفاده قرار گرفتند. بدین منظور در ابتدا میزان اهمیت هر یک از این حوزه‌ها به روش وزن‌دهی مشخص شده تا مقایسات صورت گرفته برای مؤلفه‌ها نتایج دقیق‌تری ارائه نماید. نتایج به‌دست‌آمده از روش آنتروپی شانون نشان داد که این حوزه‌ها تقریباً داری وزن یکسانی می‌باشند با این حال حوزه ادراکی از نظر عددی نسبت به دو حوزه دیگر ارجح‌تر شناخته شده است. در ادامه مؤلفه‌های فناوری شناختی در این حوزه‌ها با استفاده از روش الکتره فازی- بایپولار بررسی شده که نتایج نشان می‌دهد که مؤلفه‌های «مهارت‌ها و توانایی‌ها»، «ذخیره، بازیابی و استفاده» و «تشویق و ترغیب» نسبت سایر مؤلفه‌ها برتری دارند که نشان از اهمیت رویکردهای علم اعصاب شناختی و علوم دفاع شناختی می‌دهد.

مطابق با مطالعه [۲۹] نگاه کسب‌وکار محور به حوزه علوم و فناوری‌های شناختی طی سال‌های آتی بر صنعت متمرکز است. با توجه به آنکه معیارهای ادراکی و رفتاری می‌تواند در نگاه کسب‌وکار محور مورد استفاده قرار گیرد لذا علوم و فناوری شناختی با اثرگذاری بر مفاهیم مرتبط با جنبه‌های نرم مدیریت نظیر مدیریت کیفیت نرم، نوآوری باز، راهبرد باز، بر عملکرد بیفزاید. در نهایت پیشنهاد می‌شود تا به‌منظور بررسی تبیین بهتر علوم و فناوری‌های شناختی از روش‌های توصیفی نظیر پدیدارشناسی برای استخراج مؤلفه‌ها استفاده شود.

براساس صورت‌بندی مقوله‌ها توصیه‌های سیاستی پیشنهاد می‌شود:

- باز طراحی نظام آموزشی شناخت‌محور برای توسعه سرمایه‌های انسانی و مدیریت در شرایط بحرانی
- بازتعریف قانون مجازات اسلامی ایران با بهره‌گیری از فناوری‌های شناختی برای شخصی‌سازی مجازات‌ها و برنامه‌های بازپروری
- توسعه سامانه‌های پایش و ارزیابی اثربخشی مداخلات با هدف توجه به گروه‌های آسیب‌پذیر
- بهره‌گیری از ظرفیت بازی‌های جدی برای شبیه‌سازی پیامدهای سبک زندگی ناسالم
- توسعه مهارت فردی مدیران دولتی براساس مدیریت شناختی با تأکید بر ارتقاء مهارت‌های تصمیم‌گیری و حل مسأله
- توسعه سیستم‌های مدیریت دانش با استفاده از ابزارهای تحلیل داده‌های شناختی

همچنین پیشنهادهای کاربردی زیر برای توسعه علوم و فناوری شناختی کشور پیشنهاد می‌شود:

- ایجاد مراکز تحقیقاتی میان رشته‌ای برای انجام پژوهش‌های کاربردی و کمک به تولید فناوری‌های شناختی (اعم از نرم و سخت) به منظور تکمیل زنجیره پژوهش و نوآوری.
- توسعه خدمات آزمایشگاهی دانشگاه‌های کشور به ابزارهای تشخیص، ارزیابی و مداخله شناختی با استانداردهای جهانی.
- راه‌اندازی پایگاه داده ملی شناختی و پلتفروم شبیه‌سازی شناختی برای آموزش و پژوهش در روان‌شناسی، علوم اعصاب شناختی، مهندسی شناختی و اقتصاد و مدیریت شناختی و حوزه‌های اولویت‌دار کشور.
- سیاست‌گذاری فرهنگی و رسانه‌ای برای افزایش آگاهی عمومی.
- تقویت زیرساخت‌ها و اکوسیستم پژوهش و نوآوری شناختی.

۶- مراجع

1- B. Salgues. Society 5.0: Industry of the Future, Technologies, Methods and tools. 2018.
2- M. Brettel., N. Friederichsen., M. Keller., M. Rosenberg. “How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an Industry 4.0 perspective,” World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, vol. 8, no. 1, pp. 37–44, Nov. 2014, doi: 10.5281/zenodo.1336426.
3- M. A. M. S. Lemstra and M. A. De Mesquita, “Industry 4.0: a tertiary literature review,” Technological Forecasting and Social Change, vol. 186, p. 122204, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.techfore.2022.122204.
4- T. Durand., M. Dubreuil. “Humanizing the future: managing change with soft technology,” Foresight, vol. 3, no. 4, pp. 285–295, Aug. 2001, doi: 10.1108/14636680110803283.
5- Z. Jin. Soft technology: the essential of innovation. Futures Research Quarterly, 18(2), 1-24. 2002.
6- Z. Jin. The fourth generation of technology foresight and soft technology. Futures Research Quarterly, 19(2), 23-38. 2003.
7- Z. Jin. Global technological change: From hard technology to soft technology. Intellect Books. 2011.
8- M.I. Madahi., M. Samadzadeh., A. Karavand. Cognition in complex organizations, Management Accounting, 3(7), 19-28. 2008. (In Persian)
9- J.C. Smith. Historical foundations of cognitive science (Vol. 46). Springer Science & Business Media. 2012.
10- A. R. Hemmati Moghadam. The history of the formation of cognitive sciences, an introduction to cognitive sciences and technologies and their applications, the Organization for the Study and Compilation of Humanities Books of Universities (Samet), Research Institute for Research and Development of Humanities. 2017.
11- K. Frankish., W. Ramsey. The Cambridge handbook of cognitive science. Cambridge University Press. 2012.

12- Z. A. Caddick, S. H. Fraundorf, B. M. Rottman, and T. J. Nokes-Malach, “Cognitive perspectives on maintaining physicians’ medical expertise: II. Acquiring, maintaining, and updating cognitive skills,” Cognitive Research: Principles and Implications, vol. 8, no. 1, Jul. 2023, doi: 10.1186/s41235-023-00497-8.
13- Supreme Council of Cultural Revolution. Strategic document of cognitive sciences and technologies. 1390. (In Persian)
14- Parliament Research Office. Familiarity with knowledge and cognitive technology and its status in Iran, serial number: 13750. 2014. (In Persian)
15- H. Moradi. Cognitive enhancement games and software, an introduction to cognitive sciences and technologies and their applications, Tehran: Organization for the study and editing of university humanities books (Samt), Humanities Research and Development Institute. 2017. (In Persian)
16- M. Shahba. Art, creativity, media and cognitive sciences, an introduction to cognitive sciences and technologies and their applications, Tehran: Organization for the Study and Compilation of University Humanities Books (Samt), Humanities Research and Development Institute. 2017. (In Persian)
17- S, Semnanian., A. Asadollahi. Cognitive neurosciences, an introduction to cognitive sciences and technologies and their applications, Tehran: Organization for Studying and Compiling Humanities Books of Universities (Samt), Humanities Research and Development Institute. 2017. (In Persian)
18- S. Ghorbani., M. Zahedi., R. Hosnawi. Moving towards soft technologies in the field of soft war, Soft Power Studies, (6), 149-182. 2011. (In Persian)
19- H. Poladi. Explaining the concept of soft technology and its transfer; Case Study of SPR Project, Campus Technology Park, (14), 22-25. 2016. (In Persian)
20- G. Lakkof. The Invariance Hypothesis: is abstract reason based on image-schemas? Cognitive Linguistics (includes Cognitive Linguistic Bibliography), 1(1), 39-74. 1990.
21- S. K. Kharazi. Cognitive management. An introduction to cognitive science and technology and its applications, Tehran (Samt): Human Sciences Research and Development Institute. 2017. (In Persian)
22- H. Abedi Jafari., M.S. Taslimi., A. Faqihi., M. Sheikh Zadeh. Theme analysis and theme network: a simple and efficient way to explain patterns in qualitative data. Strategic Management Thought (Management Thought), Vol. 5, no. 2 (Sequential 10), pp. 151-198. 2010. (In Persian)
23- H. Khanifar., N. Muslimi. Basics and principles of qualitative research methods (new and applied approach). Tehran: Negha Danesh, 2016. (In Persian)
24- E. Fontela., A. Gabus. The DEMATEL observer. 1976.
25- B. Srđević., Y. Medeiros., A. Faria., M. Schaer. Objective Evaluation of Performance Criteria for a Reservoir System, Vodoprivreda, 35 (3-4), 163-176. 2003.
26- R. Benayoun., B. Roy., N. Sussman. Manual de reference du programme electre. Note de synthese et Formation, 25, 79. 1996.
27- M.A. Alghamdi., N.O. Alshehri, M. Akram. Multi-criteria decision-making methods in bipolar fuzzy environment. International Journal of Fuzzy Systems, 20(6), 2057-2064. 2018.
28- W. R. Zhang. Bipolar fuzzy sets and relations: a computational framework for cognitive modeling and multiagent decision analysis. In NAFIPS/IFIS/NASA'94. Proceedings of the First International Joint Conference of The North American Fuzzy Information Processing Society Biannual Conference. The Industrial Fuzzy Control and Intellige (pp. 305-309). IEEE. 1994.
29- A. M. Birang. The future scenario of cognitive sciences and technologies in Iran, Ph.D. thesis, Scientific Political Research Center of Iran, Future Thinking Department. 2017. (In Persian)