به سمت سیستمهای هوش مصنوعی مستقل برای مدیریت منابع: کاربردهایی در صنعت و درس­های آموخته­شده

**چکیده**

پیچیدگی مدیریت منابع مدرن با تعدادی از تصمیم گیرندگان، تنوع زیاد معیارهای فردی، ترجیحات و محدودیت­ها، وابستگی متقابل همه عملیات و غیره مورد تجزیه و تحلیل و ارتباط قرار می گیرد. مروری بر روش ها و ابزارهای موجود برنامه­ریزی منابع سازمانی ارائه شده و الزامات اساسی برای مدیریت منابع مشخص شده است. مفهوم سیستم­های هوش مصنوعی مستقل (AI) برای مدیریت منابع تطبیقی ​​مبتنی بر فناوری چند عامل مورد بحث قرار گرفته است. مدل چند عاملی بازار مجازی و روش حل تعارضات و یافتن اجماع برای مدیریت منابع تطبیقی ​​ارائه شده است. کارایی و معماری سیستم­های هوش مصنوعی مستقل برای مدیریت منابع تطبیقی ​​و رویکرد اندازه گیری هوش انطباقی و سطح استقلال در این سیستم­ها در نظر گرفته شده است. نتایج تحویل راه­حل­های مستقل هوش مصنوعی برای مدیریت کامیون­ها و کارخانه­ها، تیم­های سیار، زنجیره­های تأمین، هوا فضا و راه آهن ارائه شده است. افزایش قابل توجه بهره­وری منابع شرکت نشان داده شده است. درسهایی که از برنامه­های کاربردی صنعت آموخته شده است و پیشرفت­های آینده هوش مصنوعی برای حل مشکلات بسیار پیچیده مدیریت منابع انطباقی ترسیم شده است.

**کلمات کلیدی**: پیچیدگی ، هوش مصنوعی ، سیستم های خودمختار ، سازگاری ، مدیریت منابع ، فناوری چند عاملی ، شبکه های منابع تقاضا ، خود سازماندهی ، تعادل رقابتی ، اقتصاد در زمان واقعی.

1. مقدمه

پیچیدگی فزاینده اقتصاد مدرن در حال حاضر به طور گسترده­ای شناخته شده است و با افزایش عدم اطمینان و پویایی تقاضا و عرضه همراه است، جایی که وقایع مخرب به جای استثنا عادی می­شوند [1].

با این حال، تاکنون واکنش­های معمول نسبت به وقایع غیر قابل پیش­بینی در تجارت به شرح زیر بوده است: آوردن منابع بیش از اندازه، افزایش سهام ایمنی پرهزینه یا تزریق زمان بی بهره بودن. نتیجه چنین واکنش­هایی کاهش کیفیت خدمات، کاهش استفاده از منابع، از دست رفتن سفارشات یا افزایش هزینه­های وارد شده به مشتری و در نهایت کاهش شدید کارایی و رقابت کسب و کار می­باشد [2].

این چالش نوع جدیدی از راه حل­های صنعتی برای مدیریت منابع را می­طلبد که نیاز به پشتیبانی از سطح بالایی از سازگاری و پاسخگویی دارند [3].

امروزه پرداختن به چالش با استفاده از سیستم­های هوش مصنوعی مستقل (AI) که به طور مداوم کار می­کنند و می­توانند به تنهایی تصمیم­گیری کنند امکان پذیر است - تهیه تخصیص منابع، برنامه­ریزی، بهینه­سازی، هماهنگی و کنترل نتایج در زمان واقعی. فناوری­های هوش مصنوعی در حال تبدیل شدن به موضوع برجسته در علم و فناوری هستند اما بسیاری از پروژه­های تحقیق و توسعه در سیستم­های خودمختار هنوز عمدتا بر روبات­ها و وسایل نقلیه بدون سرنشین متمرکز هستند [4] برخی از زمینه­های دیگر فناوری­های هوش مصنوعی شامل تجزیه و تحلیل داده­های بزرگ، تشخیص الگو و بینایی ماشین، پردازش زبان، یادگیری ماشین و غیره است. با این وجود، فناوری­های هوش مصنوعی برای مدیریت منابع معمولاً در این لیست وجود ندارند - احتمالاً به دلیل کمبود کاربردهای صنعتی.

در این مقاله نتایج عملی حل مشکلات پیچیده مدیریت منابع انطباقی در صنعت با استفاده از سیستم­های هوش مصنوعی مستقل مبتنی بر فناوری چند عامل ارائه می­شود. این سیستم­ها را می­توان از یک طرف به عنوان سیستم های AI "ضعیف (باریک)" طبقه­بندی کرد که هوش انسان را در کسب و کار افزایش می­دهد. اما، از سوی دیگر، آنها هوش عمومی پدیدار عمومی­تری را بر اساس خود سازماندهی عوامل نشان می­دهند. این ویژگی جدید سیستم­های توسعه یافته را می­توان اولین گام برای هوش مصنوعی "قوی" دانست که توسط توانایی­های شناختی مانند انسان تنظیم می­شود از جمله توانایی اصلاح عملکرد خود با یادگیری از تجربه و برنامه­ریزی مجدد هوش مصنوعی برای دستیابی به نتایج بهتر. این سیستم­ها در آینده برای مدیریت نه تنها انسان بلکه همچنین تعداد زیادی از وسایل نقلیه بدون سرنشین از هر نوع: تاکسی، کامیون، شناورهای دریایی، هواپیماهای بدون سرنشین، ماهواره و غیره مورد استفاده قرار می­گیرند

(https://www.youtube.com/watch?v=r7vKK9XnTCE)

در بخش 2-3 مقاله ، ما پیچیدگی مدیریت منابع مدرن را تجزیه و تحلیل کرده و محدودیت های مدل­ها، روش­ها و ابزارهای موجود برای حمایت از پیچیدگی رو به رشد و سازگاری کسب و کار را نشان می­دهیم. در بخش 4 ما مفهوم سیستم هوش مصنوعی مستقل برای مدیریت منابع تطبیقی ​​را بر اساس بازار مجازی عوامل و روش حل تعارضات با حراجهای چند تکراری در نظر می­گیریم. عملکرد و معماری راه­حل­های هوش مصنوعی مستقل برای مدیریت منابع تطبیقی ​​در بخش 5 ارائه شده است. نمونه­هایی از راه­حل­های مستقل هوش مصنوعی توسعه یافته برای مدیریت کامیون­ها و کارخانه­ها، تیم­های سیار، زنجیره­های تأمین، هوا فضا و راه آهن در بخش 6 ارائه شده است، که افزایش کارایی 15 تا40 درصدی را به نمایش می­گذارد. روشهای اندازه­گیری سازگاری و سطح خودمختاری راه­حل­های هوش مصنوعی، تجارب کسب و کار و درسهای آموخته شده در بخش 7 ارائه شده است.

نتیجه گیری خلاصه مزایای راه حل های توسعه یافته و طرح تحولات آینده را ترسیم می­کند.

2 پیچیدگی مدیریت منابع مدرن

بسیاری از شرکتهای مدرن اکنون به دنبال کیفیت و کارایی بهتر محصولات و خدمات خود هستند و تجارت خود را به مدلهای جدید تبدیل می کنند: در معرض تغییر و نوسان شدید است. توزیع شده ، معمولاً در سطح جهانی ؛ کار در زمان واقعی نیاز به چابکی برای برنامه ریزی مجدد و تخصیص مجدد منابع کمیاب. به دنبال پیشرفت نگران هزینه ها و امنیت شرکت و غیره.

برای شناسایی عوامل کلیدی که به طور قابل توجهی پیچیدگی در مدیریت منابع را افزایش می دهد ، اجازه دهید موارد واقعی حل شده در گذشته را در نظر بگیریم [5]:

* مدیریت کامیون ها برای یک شرکت ملی لجستیک: 500 کامیون در جاده ها ، 100 سفارش روزانه ، افق تا 10 روز ، 600 مقصد ، معیارها: سود ، کیفیت خدمات ، زمان بارگیری / بارگیری ترجیحی (ثابت و متغیر) ، عقب انداختن ، ادغام ، ظرفیت وسیله نقلیه ، توالی بارگیری (درب پشتی و پرده) ، فشار بر محدودیت ، برنامه ریزی در حالت مداوم ، کنترل وقفه های راننده ، کراس داک ، استفاده از کامیون ها ، مقررات رانندگان ، سازگاری بار.
* زنجیره تامین یک شرکت تحویل غذا: حداکثر 10 هزار محصول ، 5 صد گره در شبکه ، از جمله 5 کارخانه ، 300 انبار ، 1000 فروشگاه ، 500 کانال تحویل ، 2 هزار سفارش در روز ، افق تا 10 روز ؛ معیارها: سطح خدمات ، حداقل هزینه ها و مجازات های تولید ، حمل و نقل و انبارها.
* خدمات میدانی تکنسین ها برای یک شرکت گاز منطقه ای: 50-250 سفارش در روز ، 43 تیم برای منطقه مجهز به تجهیزات ویژه. افق برنامه ریزی - 5 روز ، ساعت کار تیم - 8-12 ساعت ؛ زمان واکنش نسبت به رویداد - حداکثر 1 دقیقه ، معیارها: تعداد سفارشات اجرا شده ، حداقل مایل های خالی ، تعادل بارگذاری منابع.
* تحویل بار برای ایستگاه فضایی بین المللی: 3500 نوع بار (سوخت ، هوا ، غذا ، تجهیزات و غیره) ، سالانه حدود 4-8 سفینه ، زمان مأموریت ، تعداد فضانوردان ، مدارها و بالستیک ها ، فعالیت خورشید ، هنجارها استفاده از بار ، مدت 6-12 ماه ، معیارها: ایمنی و امنیت فضانوردان ، قابلیت اطمینان تجهیزات ، جدول زمانی برنامه های علمی ، ظرفیت کشتی ها و مخازن سوخت ، تعداد بنادر.
* کارگاه کارخانه تولید موتور جت: 150 کارگر و 300 واحد تجهیزات ، یک جز component از 10 تا 25 عملیات مکانیکی ، حرارتی و سایر عملیات نیاز دارد ، 100 کار در روز ، یک برنامه برای یک کارگر برای 2-3 روز شامل 100 عملیات ، افق تا 6 ماه. با در نظر گرفتن مشخصات خاص سفارشات ، توالی عملیات ، مهارت های کارگران ، در دسترس بودن تجهیزات ، مواد و غیره. معیارها: تحویل به موقع و در بودجه ، کیفیت محصولات ، عدم وجود قطعات و محصولات شکسته.
* مدیریت پروژه در شرکت فضای هوایی: یک بخش - 250 مهندس ، 5-15 پروژه تحقیق و توسعه سالانه در یک مجموعه منابع ، هر پروژه 300 تا 500 وظیفه دارد. هر روز ، 15-25 کار جدید یا سایر رویدادها شناسایی می شوند. افق برنامه ریزی به طور عمده 3-6 ماه است. برنامه حدود 5000 وظیفه بهم پیوسته است. معیارها: اولویت های پروژه ها ، مهلت تعیین شده ، بودجه پروژه ، تقویم در دسترس بودن مهندسان ، صلاحیت های مهندسان و غیره
* راه آهن ملی - مرکز اعزام مسکو - منطقه سن پترزبورگ: 49 ایستگاه ، 48 قطار راه آهن (2-4 خط) ، تعداد بلوک - 3500 ، 800 قطار روزانه ، افق - 24-36 ساعت ، 50 رویداد روزانه ، از جمله تعمیر و نگهداری پنجره ها ، طرح قطار - عملیات 40-50. معیارها: حداقل تأخیر متوسط ​​، فواصل ایمنی ، اجرای جدول زمانی اصلی قطارها ، زمان توقف و غیره.
* فروشگاه آنلاین مسکو / تحویل غذا: 18 سوپرمارکت اوچان ، مترو و زنجیره های دیگر ، 300 سفارش روزانه ، تحویل در زمان ترجیحی روز جاری (اولین 3 ساعت پس از زمان سفارش) پشتیبانی از وانت - کارگرانی که کالاها را برای مشتری ادغام می کنند. تحکیم کالاها از سوپرمارکت ها و تحویل به مشتریان ؛ تغییر مسیرها و برنامه ها به صورت تطبیقی ​​"در حین پرواز" به دلیل سفارشات ورودی جدید ؛ در نظر گرفتن کامیون ها به عنوان "انبارهای سیار" در صورت توقف در ترافیک.

خلاصه ای از عوامل پیچیدگی کلیدی معمول در موارد مدیریت منابع در نظر گرفته شده شامل: تعداد سفارشات روزانه ، منابع ، محصولات و وظایف ، مدیریت منابع چند منظوره (حداکثر کیفیت خدمات ، به حداقل رساندن هزینه ها و زمان تحویل ، به حداکثر رساندن سودآوری) ، تنوع تصمیم گیری سازندگان ، که نیاز به حل تعارضات و هماهنگی منافع ، رویکرد فردی به سفارشات و منابع ، وابستگی متقابل بین فرآیندها و وظایف ، ویژگی های اجرای سفارش مانند سفارشات قابل تقسیم یا فرایندهای جایگزین و استفاده از منابع از جمله منابع مشترک ، منابع قابل استفاده مجدد یا مصرف شده ، بازیابی منابع ، هزینه های مشترک و غیره.

اما یکی از مهمترین عوامل پیچیدگی مدیریت منابع این است که در عمل انسان برنامه هایی را تولید می کند که همگن نباشد - قسمتهایی از برنامه می توانند با توجه به معیارهای اعمال شده ، تنظیمات و محدودیت ها متفاوت باشند. این واقعیت را منعکس می کند که "برنامه خوب" معمولاً بین بسیاری از بازیگران با منافع متضاد یک برنامه کاملاً متعادل است. با این حال ، توازن منافع حاصل همیشه به شرایط بستگی دارد - تصمیم "بهینه" مبتنی بر رویداد تبدیل می شود و می تواند با رسیدن یک رویداد جدید تغییر کند.

هماهنگی در زمان واقعی منافع کاربران مستلزم برقراری ارتباط آنلاین با تصمیم گیرندگان است که نه تنها می تواند وارد رویدادهای جدید شود ، بلکه هر لحظه تنظیمات و محدودیت های آنها را تغییر داده ، تصمیمات را تأیید یا رد کرده و پیشنهادهای متضاد ارائه می دهد.

در نتیجه ، ما سازگاری را به عنوان یكی از مهمترین چالشها برای چنین كاربردهایی در تمام حوزه ها در نظر می گیریم كه می تواند به عنوان توانایی دستیابی به اهداف قابل تغییر در شرایط وقوع مكرر حوادث غیر قابل پیش بینی تعریف شود.

3 بررسی اجمالی روش ها و ابزارهای مدیریت منابع

تعدادی از روشها و ابزارهای سنتی برنامه ریزی و بهینه سازی منابع بر اساس برنامه ریزی خطی ، پویا یا محدودیت کاملاً شناخته شده است [6-7].

با این حال ، بیشتر این روش ها و ابزارها برای فرآیند دسته ای تولید شده اند که همه سفارشات و منابع از قبل داده می شوند و در زمان واقعی تغییر نمی کنند.

در نتیجه ، در حوزه برنامه ریزی منابع سازمانی (ERP) برنامه ریزهای دسته ای کلاسیک ارائه شده توسط SAP ، Oracle ، Manugistic ، i2 ، ILOG ، J-Log و سایر شرکت ها هنوز در بازار تسلط دارند و عمدتا بر روی حسابداری تمرکز می­کنند - تخصیص منابع ، برنامه ریزی ، بهینه سازی و ارتباطات استفاده محدودی دارند.

برای کاهش پیچیدگی جستجوی ترکیبی و پرداختن به برخی از مسائل ، روشهای جدید روشهای اکتشافی و فراتحاد را در نظر می گیرند ، با کاهش گزینه های جستجو اجازه تصمیم گیری قابل قبول در زمان معقول تر را می دهند:

* الگوریتم های جستجوی محلی حریصانه مبتنی بر قوانین ابتکاری دامنه ؛
* روش های هوش مصنوعی ، استفاده از شبکه های عصبی و منطق فازی ؛
* فراتورشناسی: الگوریتم های ژنتیک ، جستجوی تابو ؛
* شبیه سازی از جمله بازپخت شبیه سازی شده و غیره.
* روشهای تصادفی مانند روش مونت کارلو ؛
* کلنی مورچه و بهینه سازی ازدحام ذرات ؛
* ترکیبی از الگوریتم های اکتشافی موازی بهینه سازی و غیره

با این حال، این روش­ها هنوز از پردازش دسته ای استفاده می­کنند و برای در نظر گرفتن معیارهای فردی ، تنظیمات و محدودیت­ها و همچنین ایجاد انطباق در زمان واقعی از برنامه­ها بر اساس پردازش رویدادها استفاده می­کنند.

تجزیه و تحلیل راه حل های فوق شناسایی موارد زیر را امکان پذیر می کند:

* فقدان مدل ها ، روش ها و ابزارهای مدیریت منابع تطبیقی.
* راه حل ها هنگام تغییر مشخصات مشکل به برنامه نویسان نیاز دارند.
* سیستم ها از مدیریت متمرکز بر اساس دستورات بالا به پایین پشتیبانی می کنند.
* سفتی سلسله مراتبی سیستم ها اجازه واکنش به حوادث را نمی دهد.
* انفعال داخلی و عملکرد در حالت دسته ای فقط بر اساس درخواست کاربران ؛
* بر داده ها تمرکز کنید و نه بر دانش شرکت ها.
* استاندارد­سازی ترجیحات فردی تصمیم گیرندگان را نادیده می­گیرد.

پیچیدگی و پویایی بالای تجارت مورد بحث منجر به این واقعیت می شود که روش های سنتی ، متمرکز ، سازمان یافته سلسله مراتبی و الگوریتم های جستجوی ترکیبی یا اکتشافات رایانه ای نمی توانند به طور موثر مشکل مدیریت منابع تطبیقی را با کیفیت قابل قبول و در زمان مورد نیاز حل کنند.

جستجوی گزینه های تصمیم گیری بسیار وقت گیر است و نتایج معمولاً غیرممکن یا قابل قیاس با تصمیمات انسان نیستند.

4 مدل و روش جدید برای مدیریت منابع تطبیقی: از بهینه سازی - تا اجماع

در دهه گذشته ، مدل ها و روش های جدید حل مسئله توزیع شده برای برنامه ریزی و بهینه سازی منابع بر اساس فناوری چند عامل توسعه داده شد.

یکی از امیدوار کننده ترین رویکردها Virtual Market (VM) [10-11] است که مبنایی نظری پیدا کرده و با خیره­شدن از سال 2010 محبوب شده است.

ایده VM بر اساس تقاضای مداوم و تقاضای عرضه است که توسط پروتکل های خالص قرارداد پشتیبانی می شود: در چنین راه حل های چند عاملی ، هر نماینده با برخی از کارهای اولیه شروع می کند و سپس وارد یک روند مذاکره می شود. این مذاکره متشکل از کارگزارانی است که به طور مکرر در بین خود قرارداد تعیین تکلیف می کنند ، و کارها و همچنین پول را رد و بدل می کنند. برای واگذاری تطبیق ، ثابت شد که جهانی بهینه مانند حراج را با ضمانت دقیق پذیرفته است.

ایده استفاده از مدل ها و روش های VM مبتنی بر خود سازماندهی عوامل برای حل هر نوع مشکل پیچیده ای برای مهندسان نرم افزار بسیار جذاب به نظر می رسد. حل یک مسئله پیچیده در اینجا در حال شکل گیری است به عنوان یک تعادل رقابتی یا اجماع عوامل ، که نمی تواند در هنگام محاسبه بهبود یابد. بسیاری از خصوصیات مفید این الگوریتم ها قبلاً مشخص شده اند: آنها بصری هستند ، می توانند معیارهای فردی ، تنظیمات و محدودیت های همه شرکت کنندگان را تأیید کنند ، کاملاً قابل اثبات ، به طور طبیعی قابل تساوی ، مناسب برای استقرار در تنظیمات سیستم های توزیع شده و تمایل دارند که از اختلالات مشخصات مسئله قوی باشند.

در تحولات چند عاملی خود ، از سال 1999 و با کشف ویژگیهای مثبت اصلی این الگوریتم ها در اولین نمونه اولیه چند عاملی برای کارخانه فولکس واگن ، از همین روش مهندسی نرم افزار استفاده کرده ایم.

در دوره بعدی ، به دنبال مفهوم سیستم های هولونیک که نمایندگی های محصولات ، منابع ، سفارشات و کارکنان (PROSA) را معرفی کرد ، فناوری چند عامل توسعه یافته پیشرفته شد. [12] در فناوری ما ، گام بعدی را در دانه دانه بودن نمایندگان برداشتیم و نمایندگان فرآیند کاری و وظیفه را معرفی کردیم ، که شبکه های DemandResource (DRN) را تشکیل می دهند، که برنامه های خود سازمان یافته با فعالیت پیش رو را نشان می دهد. برای نمایندگان DRN ما روش جدید تصمیم گیری سازگار بر اساس عملکرد رضایت و پاداش های جریمه ای را ارائه می دهیم - برای جبران انعطاف پذیری برای عوامل در روند حل تعارضات و تشکیل اجماع [13-15].

در طی فرآیند خود سازماندهی ، نمایندگان DRN در ابتدا بهترین گزینه های رایگان را انتخاب می کنند و سپس تعارضات را حل می کنند تا زمانی که سیستم متعادل شود و هیچ یک از گزینه ها نمی تواند عملکرد کلی سیستم را بهبود بخشد.

این روند منعکس کننده روش بومی مدیران و توزیع کنندگان باتجربه است که معمولاً برنامه های پیچیده ای را تشکیل می­دهند، تعارضات را حل می­کنند و تعادل منافع متضادی را بین همه طرف های تصمیم گیری درگیر می­کنند.

بیان رسمی مسئله و شرح روش در [16] آورده شده است.

7 درس آموخته شده و مزایای کلیدی

1. توسعه سیستم­های در نظر گرفته شده به متخصصین و برنامه نویسان دامنه بسیار واجد شرایط احتیاج دارد، زمان بر است، نیاز به آزمایش زیاد و غیره دارد.

2. توسعه راه حل های خود سازمان یافته برای کاربران تجاری چالش برانگیز است: گاهی اوقات ارزیابی اینکه ما چقدر از راه حل "بهینه" فاصله داریم دشوار است. نتایج به تاریخ وقوع حوادث بستگی دارد (حساسیت قبل از تاریخ). اثر پروانه­ای: ورودی کم منجر به خروجی بزرگ غیرمنتظره می شود. واکنش سیستم می­تواند در صورت انتقال بین تعادل ها کند شود. در صورت شروع مجدد سیستم ، نتیجه زمان­بندی می­تواند متفاوت باشد. "پس گرفتن" تصمیمات سیستم دشوار است (غیرقابل برگشت). تعامل در زمان واقعی با کاربران پیچیده می شود. سیستم ممکن است هنگام برنامه ریزی مجدد بیش از حد "عصبی" شود. تصمیم سیستم به سختی می تواند برای کاربر توضیح داده شود (از بین رفتن علیت).

3. مدیریت منابع سازمانی برای تجارت بسیار مهم است و به همین دلیل است که این حوزه هنوز در استفاده از راه حل های جدید هوش مصنوعی بسیار محافظه کار است.

4. بخش عمده ای از دانش سازمانی برای تصمیم گیری معمولاً پنهان است و نیاز به ارتباط مستقیم با اعزام کنندگان ، مهندسان ، کارگران ، رانندگان و غیره دارد. به عنوان مثال ، در راه حل "راه آهن هوشمند"، توسعه با 2 معیار تصمیم گیری (حداقل جمع تأخیر و فواصل ایمنی) اما پس از 2 سال 84 معیار داشتیم، از جمله محدودیت های قطارهای باری برای حمل مواد ناپایدار در مسیر ورودی در زمان قطار سریع.

5. بخش قابل توجهی از تمام تلاش ها مربوط به رابط های کاربری تحت وب است که برای تنظیمات نیاز به تنظیم و کم هزینه دارند.

6. توزیع کنندگان اغلب بسیار مقاوم در برابر نوآوری ها هستند و باید انگیزه بالایی برای رقابت با راه حل داشته باشند - به عنوان مثال ، با پاداش های محاسبه شده بر روی نتایج بدست آمده.

7. راه پیشرفت ، توسعه بسترهای دیجیتالی SaaS برای توسعه یک سیستم زیست محیطی از خدمات و راه حل های افزودنی است که می تواند با سیستم های موجود ادغام شود.

در عمل ، همه این مشکلات قابل کنترل هستند اما ممکن است به ابزارهای خاصی برای تجزیه و تحلیل اولیه داده های مشتری یا ادغام با سیستم های قدیمی نیاز داشته باشند.

مشکلات مورد بحث با مزایای زیر جبران می­شود:

* به شرکتها اجازه می دهد تا به اقتصاد واقعی ، تجسم سود و زیان بپردازند.
* بهره وری از منابع را با تغییر به تصمیم گیری در زمان واقعی بهبود می بخشد.
* با تجزیه و تحلیل درگیری ها و یافتن معاملات ، مشکلات پیچیده زمانبندی را جایگزین جستجوی ترکیبی می کند.
* برنامه ریزی مجدد تطبیقی ​​را با واکنش سریع به حوادث فراهم می کند.
* رویکرد فردی به هر سفارش ، کار ، محصول و منبعی را فراهم می کند.
* پشتیبانی از تعاملات فعال با کاربران برای کار تیمی هماهنگ ؛
* نقش عامل انسانی را در هنگام تصمیم گیری کاهش می دهد.
* با استفاده مجدد از کد در برنامه های جدید ، هزینه های توسعه را کاهش می دهد.
* مدل سازی سناریو و پیش بینی "اگر-آنگاه" را برای بهبود تصمیمات امکان پذیر می کند.
* ایجاد یک بستر دیجیتال جدید برای حمایت از رشد تجارت.

از نتایج تحولات می توان برای حل طیف وسیعی از مشکلات پیچیده مدیریت منابع در صنعت 4.0 و جامعه 5.0 متمرکز بر توسعه دانش ، استعدادها و مهارتهای اجتماعی انسان استفاده کرد.

8 نتیجه گیری

کلاس جدید راه حل های خودمختار هوش مصنوعی برای مدیریت منابع سازمانی فرصتی برای افزایش کیفیت و کارآیی تجارت فراهم می کند.

برنامه های کاربردی صنعتی توسعه یافته ثابت می کنند که فناوری چند عاملی راه حل های قدرتمندی را برای حل مشکلات پیچیده مدیریت منابع در شرایط عدم اطمینان ، پیچیدگی و پویایی بالا ارائه می دهد. سازگاری بالای مدیریت منابع به بهبود کارایی تجارت، کاهش زمان پاسخ و بهبود کیفیت خدمات برای سفارشات جدید ، جلوگیری از از دست دادن سفارشات در زمان اوج ، به حداقل رساندن هزینه ها و مجازات ها، بهبود استفاده از منابع و غیره کمک می کند.

به عنوان گام بعدی، ما در حال طراحی انبوهی از برنامه ریزان چندعاملی برای حل مشکلات بسیار پیچیده مدیریت منابع برای تولیدکنندگان، راه آهن و غیره هستیم. کارهای آینده با هدف شناسایی هوشمندانه راه حل های خودمختار هوش مصنوعی با شناسایی الگو و یادگیری از تجربه متمرکز خواهند شد.