

## ارزیابی عملکرد فناوری اطلاعات بر اساس رویکرد عوامل مکمل با استفاده از شبکه‌های عصبی؛ موردکاوی شرکت‌های قطعه‌سازی خودرو

عباس کرامتی<sup>1\*</sup>، نوید مجیر<sup>2</sup> و وحید خطیبی<sup>3</sup>

<sup>1</sup> دانشیار گروه مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

<sup>2</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

<sup>3</sup> دانشجوی دکترای مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت 87/7/8، تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده 90/2/3، تاریخ تصویب 90/7/23)

### چکیده

بسیاری از پژوهش‌ها دلالت بر آن دارند که رابطه معنادار و مثبتی میان فناوری اطلاعات و عملکرد سازمان وجود ندارد که این پدیده به متناقض‌نمای فناوری اطلاعات موسوم است؛ به طوری که سرمایه‌گذاری روی فناوری اطلاعات به شرطی می‌تواند به بهبود عملکرد منجر شود که توجه زیادی به دارایی‌های مکمل سازمان همچون فرایندهای کسب‌وکار و زیرساخت‌های سازمانی انجام شده باشد. از سوی دیگر، نظر به محدودیت منابع سازمان‌ها، امکان سرمایه‌گذاری روی همه این دارایی‌ها وجود ندارد؛ از این رو باید اولویت‌های سرمایه‌گذاری در این زمینه مشخص شوند. در این مقاله، سیستم جدیدی برای ارزیابی عملکرد فناوری اطلاعات بر اساس رویکرد عوامل مکمل توسعه داده شده است که در آن از شبکه‌های عصبی برای رتبه‌بندی اولویت‌های سرمایه‌گذاری روی این عوامل بهره برده شده است. برای موردکاوی سیستم پیشنهادی، دادگان 102 شرکت قطعه‌ساز خودرو گردآوری شده است که از آن برای تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری روی فناوری اطلاعات و مکمل‌های آن در شرکت‌های قطعه‌ساز خودرو استفاده شده است، به طوری که این عوامل بر اساس میزان اثرگذاری‌شان روی عملکرد سازمان رتبه‌بندی شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی عملکرد فناوری اطلاعات، دارایی‌های مکمل، شبکه‌های عصبی، سیستم پشتیبان تصمیم،

قطعه‌سازان خودرو

### مقدمه

راستای بهبود عملکرد سازمان به نمایش بگذارد و فناوری اطلاعات نیز از این قاعده مستثنی نیست. محققان بسیار زیادی در زمینه تأثیر استفاده از فناوری اطلاعات بر عملکرد سازمان، مطالعه و فعالیت کرده‌اند. برخی از آن‌ها سعی داشته‌اند تا رابطه استفاده از فناوری اطلاعات و عملکرد مالی بنگاه‌ها را ارزیابی کنند، در حالی که برخی دیگر به دنبال یافتن رابطه‌ای میان استفاده از فناوری اطلاعات و پیاده‌سازی استراتژی بنگاه‌ها [4] و یا عملکرد در بازار [2] و یا عملکرد در زنجیره تأمین بنگاه [5] بوده‌اند. در بسیاری از این تحقیقات، نه تنها رابطه معناداری میان استفاده از فناوری اطلاعات و عملکرد سازمان یافت نشده، بلکه در برخی موارد نیز رابطه‌ای معکوس گزارش شده است.

این موضوع به نوبه خود سبب ارائه مفهومی به نام "متناقض‌نمای بهره‌وری فناوری اطلاعات" [6] شد. پس از آن، دامنه تحقیقات در این زمینه گسترش یافت و

از دهه 1990 میلادی به بعد، سازمان‌ها شاهد رشد بالای سرمایه‌گذاری روی فناوری اطلاعات و ارتباطات هستند [۲،۱]، به طوری که این رشد فزاینده منجر به تغییر مدل‌های کسب‌وکار سازمان‌ها شده است. آنها مقادیر بسیار زیادی از منابع خود را صرف توسعه این فناوری‌ها می‌کنند. در توضیح دلایل این سرمایه‌گذاری‌های عظیم، باید توجه داشت که نظریه‌ای ساده و مهم در بنگاه‌ها وجود دارد: "فناوری اطلاعات، تأثیر مثبت و معناداری بر عملکرد سازمانی دارد" [3]. به این ترتیب یکی از چالش‌های اساسی مدیران و محققان این است که بررسی کنند این نظریه تا چه میزان می‌تواند درست باشد و به همین دلیل است که از اولین سال‌های به کارگیری فناوری اطلاعات در سازمان‌ها، بحث تأثیر این فناوری بر عملکرد سازمانی مطرح بوده است. به طور کلی هر سرمایه‌گذاری - ای از جنس فناوری در سازمان، باید بتواند تأثیر خود را در

شایان ذکر است که برخی از تحقیقات بیان می‌کنند که استفاده از فناوری اطلاعات می‌تواند از طریق بهبود فرآیندهای مدیریتی و عملیاتی به بهبود عملکرد سازمانی منجر شود و از این طریق مزیت رقابتی مناسبی برای سازمان ایجاد کند. در عین حال برخی از تحقیقات بر استفاده از فناوری اطلاعات در فرآیندهای کلیدی سازمان به عنوان عاملی که می‌تواند باعث ایجاد تمایز در سازمان نسبت به سایر رقبای شود، تأکید دارند [9]. همچنین پاره‌ای از تحقیقات به بررسی تأثیر استفاده از فناوری اطلاعات بر عملکرد در سطح ملی می‌پردازند. بسیاری از تغییرات ساختاری در اقتصاد، بدون وجود فناوری اطلاعات و ارتباطات، به گونه‌ای که هم‌اکنون مورد استفاده قرار می‌گیرد، امکان‌پذیر نمی‌شد. با نگاهی به صنایع خاص، می‌توان تأثیر استفاده از فناوری اطلاعات در ایجاد مزیت رقابتی و تغییر ماهیت رقابت را به خوبی مشاهده کرد. برای مثال در صنعت خطوط هوایی، این موضوع به خوبی قابل مشاهده است. استفاده از فناوری اطلاعات سبب انحطاط برخی از شرکت‌ها شده است، در حالی که برخی دیگر را به سرعت به سوی موفقیت پیش برده است [10].

از اولین سال‌های به کارگیری فناوری اطلاعات و با آغاز تحقیقاتی در زمینه تأثیر استفاده از این فناوری بر عملکرد سازمانی، مفهومی به نام متناقض‌نمای فناوری اطلاعات مطرح شد. در سال 1987 جمله معروفی از رابرت سولو مفهوم متناقض‌نمای فناوری اطلاعات را به طرز برجسته‌تری مطرح کرد: "شما عصر رایانه را همه جا مشاهده می‌کنید به جز در آمار مربوط به بهره‌وری" [11].

با طرح این مفهوم، برخی از محققان کوشیدند تا درستی و وجود این متناقض‌نما را بررسی کنند. در این زمینه کارهای مختلفی انجام شد. براین جلفسون و هیت در سال 1996 امکان وجود این متناقض‌نما را به عنوان معلولی از نبود اندازه‌گیری دقیق با اندازه‌گیری و تحقیق عملی بررسی کردند. آنها تئوری‌های اقتصادی نئوکلاسیک را برای مشخص کردن تأثیر استفاده از رایانه و فناوری اطلاعات به عنوان ورودی‌های مدل (در واقع به عنوان سرمایه رایانه‌ای و فناوری اطلاعاتی) و بررسی تأثیر آن‌ها بر خروجی‌ها به کار گرفتند. با در نظر گرفتن مباحث اقتصادی لازم، از جمله تعدیل ورودی‌ها و خروجی‌ها بر حسب تورم، در نهایت نتیجه گرفتند که استفاده از فناوری اطلاعات، تأثیر مثبت و معناداری روی خروجی‌ها دارد

تحلیل‌ها و دلایل گوناگونی برای توجیه این پدیده ارائه شد. از جمله این توجیه‌ها در سال 1996 توسط براین جلفسون<sup>2</sup> ارائه شد [7]. او دلیل عدم تشخیص رابطه معنادار میان استفاده از فناوری اطلاعات و عملکرد سازمان در تحقیقات انجام‌شده را با چهار عنوان دسته‌بندی کرد:

- سنجش نادرست ورودی‌ها و خروجی‌ها
- تأخیرهای زمانی ناشی از یادگیری و تطابق
- سوء مدیریت فناوری و اطلاعات
- بازتوزیع و اتلاف منابع

این روند همچنان در میان محققان حوزه فناوری اطلاعات ادامه یافت و رویکردهای متفاوتی در مواجهه با این موضوع مطرح شد. به طور کلی رویکردهای در نظر گرفته‌شده در تحقیقات این حوزه را می‌توان با در نظر گرفتن ترتیب زمانی، به سه دسته کلی تقسیم کرد:

- رویکرد سنجش مستقیم
- رویکرد سنجش میانی
- رویکرد دارایی‌های مکمل

رویکرد سوم که در تحلیل دلایل نیافتن رابطه قوی مثبت، میان استفاده از فناوری اطلاعات و عملکرد سازمان، یکی از رویکردهای نسبتاً موفق بوده است، بیان می‌کند که "سرمایه‌گذاری روی فناوری اطلاعات، می‌تواند عملکرد سازمان را به طرز مثبتی تحت تأثیر قرار دهد، در صورتی که سرمایه‌گذاری‌های مناسبی روی عوامل مکمل انجام شده باشد" [8]. بنابراین بنگاه‌ها برای استفاده از سرمایه‌گذاری‌ای که روی فناوری اطلاعات انجام می‌دهند، باید روی عوامل مکمل نیز سرمایه‌گذاری کنند.

موارد مختلفی به عنوان دارایی‌های مکمل در مراجع و پژوهش‌ها ارائه شده است و اساساً بخشی از تحقیقاتی که در حوزه رویکرد دارایی‌های مکمل فناوری اطلاعات قرار می‌گیرند، به بررسی و ارائه مکمل‌های احتمالی در این زمینه پرداخته‌اند. از جمله دارایی‌های مکمل که در مراجع مختلف به آن‌ها اشاره شده است می‌توان به مواردی مانند فرآیندهای کسب‌وکار (جریان سفارش کالا، فرآیندهای استراتژیک، بازاریابی و فروش، خدمات، حسابداری، مدیریت کارکنان و فناوری)، و زیرساخت‌های سازمانی (تمرکز نداشتن در تصمیم‌گیری، تفویض اختیارات، آموزش، کار تیمی، مدیریت فرآیند، رابطه با مشتریان و تأمین‌کنندگان) اشاره کرد [6].

## 1- مدل مفهومی تحقیق

همچنان که در مقدمه اشاره شد، تحقیقات حوزه استفاده از فناوری اطلاعات در سازمان‌ها و تأثیر آن بر عملکرد، سه رویکرد مختلف را نشان می‌دهد [8]. در حالی که دو رویکرد اول معطوف به بررسی تأثیرات استفاده از فناوری اطلاعات بر عملکرد بر اساس معیارهای مستقیم و واسطه‌ای، مالی و غیرمالی است، رویکرد سوم، معروف به رویکرد دارایی‌های مکمل، بر تأثیر فناوری اطلاعات بر عملکرد سازمان با توجه به اثرگذاری عوامل مکمل همچون فرایندهای کسب‌وکار و زیرساخت‌های سازمانی تأکید دارد؛ به طوری که این عوامل بر پیاده‌سازی مناسب فناوری اطلاعات و یا از سوی دیگر بر رابطه میان استفاده از فناوری اطلاعات و عملکرد سازمانی تأثیر گذارند.

به دلیل تأکید این تحقیق بر شناسایی و اولویت‌بندی نقش دارایی‌های مکمل سازمانی، از پرداختن به سایر وجوه سازمانی همچون امور مالی آن پرهیز شده است. بدین ترتیب دارایی‌های مکمل فناوری اطلاعات مانند بازطراحی سازمانی، استراتژی سازمانی، طبیعت کارهای مدیریتی در سازمان، سرمایه‌گذاری روی مهارت‌های مدیریتی، آموزش کارکنان و بازنگری در روش‌های ارزیابی عملکرد کارکنان در این تحقیق مورد بررسی و اولویت‌بندی قرار می‌گیرند [۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹]. همچنین برخی دیگر از پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه، بر اهمیت عواملی مانند ساختار سازمانی و فرهنگ سازمانی تأکید کرده‌اند. این عوامل مواردی مانند پیچیدگی، رسمیت، تفویض اختیار، محدوده کنترل، برون‌سپاری و ارتباطات جانبی، به عنوان عوامل ساختار سازمانی و کار گروهی و یادگیری را به عنوان عوامل فرهنگ سازمانی در بر می‌گیرند [20]. با نگاهی جامع به همه دارایی‌های مکمل مطرح، می‌توان آنها را در چهار گروه جای داده، بر این اساس مدل مفهومی تحقیق را سازمان داد (شکل 1). شایان ذکر است که سنجش هر یک از سازه‌های این مدل، از طریق پرسشنامه انجام شده که در ضمیمه ارائه شده است.

در ادامه، سیستم طراحی‌شده برای اولویت‌بندی دارایی‌های مکمل بررسی می‌شود. بدین‌منظور ابتدا داده‌های تحقیق و ساختار شبکه عصبی مصنوعی ارائه شده تشریح می‌شوند.

[12]. نتایج تحقیقات نشان داد که به احتمال زیاد بخشی از مفهوم متناقض‌نمای فناوری اطلاعات به سوءمدیریت منابع در سازمان‌ها بازمی‌گردد [13]. نتایج تحقیقات دیگری نشان داد که نبود مشاهده رابطه معنادار میان استفاده از فناوری اطلاعات و عملکرد سازمان، می‌تواند نشان از وجود رفتار غیرمنطقی مدیریت داشته باشد [14]. به هر حال بحث متناقض‌نمای فناوری اطلاعات همچنان یکی از مباحث مطرح در تحقیقات حوزه فناوری اطلاعات به شمار می‌رود.

البته توضیحات و توجیه‌های دیگری نیز در این زمینه مطرح شده است؛ از جمله نقش مکمل برخی از دارایی‌های سازمانی به عنوان عواملی که باید برای بهره‌برداری بهتر از فناوری اطلاعات روی آن‌ها سرمایه‌گذاری کرد [15].

به این ترتیب می‌توان گفت که رابطه میان استفاده از فناوری اطلاعات و عملکرد سازمانی رابطه‌ای پیچیده و غیرمستقیم است و چنین رابطه‌ای به سادگی با استفاده از مدل‌های آماری ابتدایی قابل بیان نخواهد بود و از دیدگاه رویکرد دارایی‌های مکمل، این دلیل اصلی است برای آنکه در مطالعات اولیه رابطه معناداری میان استفاده از فناوری اطلاعات و عملکرد سازمانی یافت نشده است.

از سوی دیگر، واضح است که دارایی‌ها و منابع سازمان‌ها محدود است و نظر به این محدودیت منابع، سازمان‌ها مجبورند تا بهترین گزینه‌ها را برای سرمایه‌گذاری انتخاب کنند. به طور عملی یکی از مسایل مدیران اجرایی و محققان این است که "یا درجه اهمیت دارایی‌های مکمل فناوری اطلاعات و جنبه‌های مختلف فناوری اطلاعات، با توجه به نقشی که در بهبود عملکرد سازمان دارند یکسان است؟" و همین‌طور "در صورتی که میزان اهمیت جنبه‌های مختلف استفاده از فناوری اطلاعات و عوامل مکمل آن یکسان نیست، رتبه‌بندی عوامل مختلف بر حسب درجه اهمیت‌شان چگونه است؟" یافتن پاسخ چنین سؤالاتی می‌تواند به طرز قابل ملاحظه‌ای مدیران را در راستای بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری‌هایشان یاری کند.

بر این اساس، در این مقاله به دنبال آرایه سیستمی هوشمند برای اولویت‌بندی جنبه‌های مختلف فناوری اطلاعات و عوامل مکمل آن هستیم تا از این رهگذر به بهینه‌سازی تخصیص منابع بنگاه در زمینه فناوری اطلاعات دست یابیم.

کدام جنبه از فناوری اطلاعات و یا مکمل‌های آن را تقویت کنیم تا بیشترین افزایش را در عملکرد داشته باشیم؟

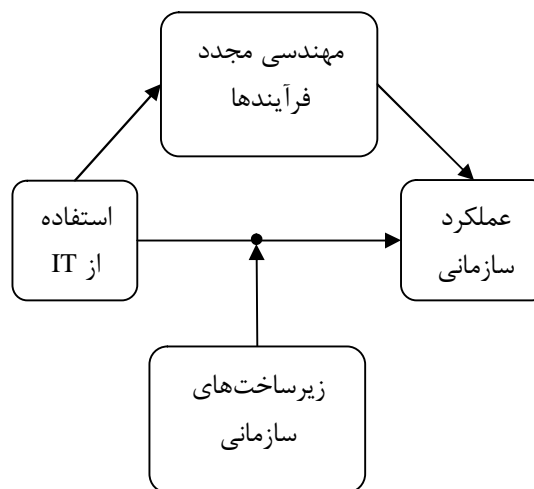
برای یافتن پاسخ این سؤال کافی است تا در وضعیت موجود شرکت، میزان استفاده از هر یک از جنبه‌های مختلف فناوری اطلاعات و همین‌طور مکمل‌های آن را به مقدار مشخصی افزایش دهیم (مثلاً 10 درصد) و سپس با استفاده از شبکه عصبی آموزش داده شده که بتواند ویژگی‌های خاص هر بنگاه را لحاظ کند، مقدار عملکرد را در هر حالت با افزایش مقدار متغیرهای مورد نظر تخمین بزنیم، سپس با مقایسه نتایج تخمین‌های به دست آمده، می‌توان تصمیم گرفت که مهم‌ترین عامل مکمل و همین‌طور مهم‌ترین جنبه از فناوری اطلاعات که باید مورد توجه قرار گیرد کدام است.

نظر به اینکه روابط موجود در میان متغیرها، روابطی پیچیده و غیرخطی‌اند، از این رو برای حل این موضوع باید از روشی استفاده کنیم که بتواند چنین روابطی را مدل کند. از سوی دیگر استفاده از روش‌های آماری مانند آنالیز رگرسیون و حتی روش‌های پیچیده‌تری مانند معادلات ساختاری با اندرکنش میان متغیرهای پنهان نیز نمی‌تواند در این زمینه کمک مناسبی را ارائه کند، چرا که به هر حال این روش‌ها اول اینکه به طور کلی سعی در مدلسازی روابط به صورت خطی دارند و از سوی دیگر این روش‌ها در نهایت ما را قادر خواهند کرد که به شکل آماری و کلی در مورد کل جامعه اظهار نظر کنیم. در نتیجه دید کافی و مناسب را با توجه به خصوصیات هر شرکت خاص ارائه نخواهند کرد.

یکی از روش‌هایی که می‌توان در پیش‌بینی و تخمین مقادیر مختلف عملکرد استفاده کرد، شبکه عصبی است. با توجه به بررسی انجام‌شده روی روش‌های مختلفی که می‌توانند در این مورد به کار گرفته شوند، در نهایت تصمیم گرفته شده تا از شبکه‌های عصبی برای تخمین میزان عملکرد شرکت‌ها استفاده شود.

## 2-1- ساختار شبکه

ساختار، چیدمان و یا به عبارت بهتر توپولوژی شبکه به معنای چگونگی ارتباط اجزای مختلف یک شبکه عصبی با یکدیگر است. تعدادی از ساختارهایی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند در ادبیات موضوع شبکه‌های عصبی



شکل 1: مدل مفهومی تحقیق [6]

## 1-1- داده‌ها

داده‌های مورد استفاده برای انجام تحقیق عملی در این تحقیق، برگرفته از داده‌های گردآوری شده توسط البدوی و کرامتی است [6]. آنها بیش از صد شرکت فعال در زمینه صنعت خودرو را مورد بررسی قرار دادند. انتخاب صنعت خودرو برای انجام این تحقیق، با توجه به توسعه روزافزون این صنعت در ایران و افزایش میزان رقابت میان خودروهایی ساخت شرکت‌های مختلف است. به این ترتیب استفاده از فناوری اطلاعات برای این شرکت‌ها رشد فزاینده‌ای داشته است و این شرکت‌ها تلاش کرده‌اند تا با استفاده از فناوری‌های نوین، به اطلاعاتی از مزایای رقابتی مناسبی نسبت به سایر شرکت‌های هم‌تراز خود دست یابند. از سوی دیگر اهمیت جریان روان و راحت اطلاعات در زنجیره تأمین این شرکت‌ها، عامل دیگری برای استفاده هر چه بیشتر از فناوری اطلاعات در این صنعت است.

همچنین بررسی روایی و پایایی داده‌های جمع‌آوری شده در [6] به طور مفصل و مبسوط ارائه شده است، از این رو در این بخش روایی و پایایی را بار دیگر بررسی نمی‌کنیم.

هدف اصلی از حل مسئله مطرح‌شده، دستیابی به سیستمی است که بتوان با استفاده از آن بهترین روش سرمایه‌گذاری روی اجزای مختلف فناوری اطلاعات و مکمل‌های آن را تعیین کرد. بنابراین در این حالت سؤال عمده‌ای که برای یک شرکت خاص مطرح است این است که:

یادگیری در شبکه‌های عصبی، فرآیندی تکراری است. معیارهای متفاوتی برای اتمام یادگیری شبکه نیز وجود دارد. یکی از این معیارها، استفاده از مجموع مربع خطاهای داده‌ها است که البته ممکن است این روش به بیش‌یادگیری<sup>4</sup> شبکه بیانجامد.

در مورد شبکه مورد استفاده در این مقاله، معیارهای متعدد توضیح داده شده در بالا برای فرآیند یادگیری مورد استفاده قرار گرفتند. از آنجایی که خروجی‌های مورد انتظار برای شبکه در پنج حالت مختلف در نظر گرفته شد (خروجی هر یک از 4 جنبه مختلف عملکرد و میانگین همه جنبه‌ها)، نتایج فرآیند یادگیری در همه موارد یکسان نبود؛ اما در مجموع استفاده از معیار اعتبارسنجی متقاطع نتایج بهتری را ارائه کرد و از این رو این روش برای یادگیری شبکه در نظر گرفته شد.

معیارهای مختلفی نیز برای محاسبه میزان خطای شبکه وجود دارد. ساده‌ترین و معمول‌ترین معیار استفاده از مجموع مربعات، فاصله مقدار تخمین زده شده توسط شبکه از مقدار مورد انتظار شبکه است. در حالات مختلف مورد استفاده برای یادگیری شبکه نیز از همین معیار استفاده شده است.

### 1-3- اعتبارسنجی شبکه

در هر شبکه عصبی، لازم است که پس از آموزش شبکه، اطمینان حاصل شود که شبکه کار خود را با خطایی قابل قبول انجام می‌دهد. از جمله روش‌های موجود برای بررسی اعتبار شبکه، می‌توان به روش اعتبارسنجی متقاطع<sup>5</sup> اشاره کرد. در این روش کل مجموعه داده‌هایی که برای آموزش شبکه در نظر گرفته شده است به دو دسته تقسیم می‌شود. دسته اول برای آموزش شبکه به کار گرفته می‌شود و دسته دوم را برای بررسی قدرت شبکه در تخمین مقادیری که در حین آموزش به آن‌ها برخورد نکرده است، به کار می‌روند.

برای اعتبارسنجی شبکه آموزش داده شده در این تحقیق نیز از روش مشابهی استفاده شد. داده‌ها به دو دسته تقسیم شدند. دسته اول شامل 95 مورد از شرکت‌ها بودند که برای انجام آموزش به کار گرفته شدند و دسته دوم 7 شرکت را شامل می‌شدند که برای اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفتند. چنان‌که اشاره شد با توجه به اینکه ساختار شبکه بر اساس الگویی از تحقیقات ایجاد

به عنوان شبکه‌های تیپ برای انجام امور مشخصی شناخته شده‌اند. در این جا در مورد استفاده از ساختارهای موجود برای حل مسئله این تحقیق با محدودیت‌هایی مواجه هستیم.

اولین مسئله مربوطه به تعداد داده‌های موجود برای آموزش شبکه است. در یک شبکه عصبی نیز مانند هر مدل دیگر آماری، لازم است تا تناسبی بین تعداد مجهول-هایی که هنگام آموزش شبکه تخمین زده می‌شوند، با تعداد داده‌های موجود برای آموزش وجود داشته باشد. به عبارت دیگر همان طور که در هر مدل آماری تعداد درجات آزادی موجود برای تخمین پارامترها مهم‌اند، در این جا نیز تعداد داده‌ها اهمیت دارند. نظر به تعداد نسبتاً زیاد پارامترهایی که باید در مدل تخمین زده شوند، تعداد داده‌های ما برای آموزش شبکه به حد کافی نیست که برای این موضوع راهکار خاصی استفاده شده است که در ادامه تشریح می‌شود.

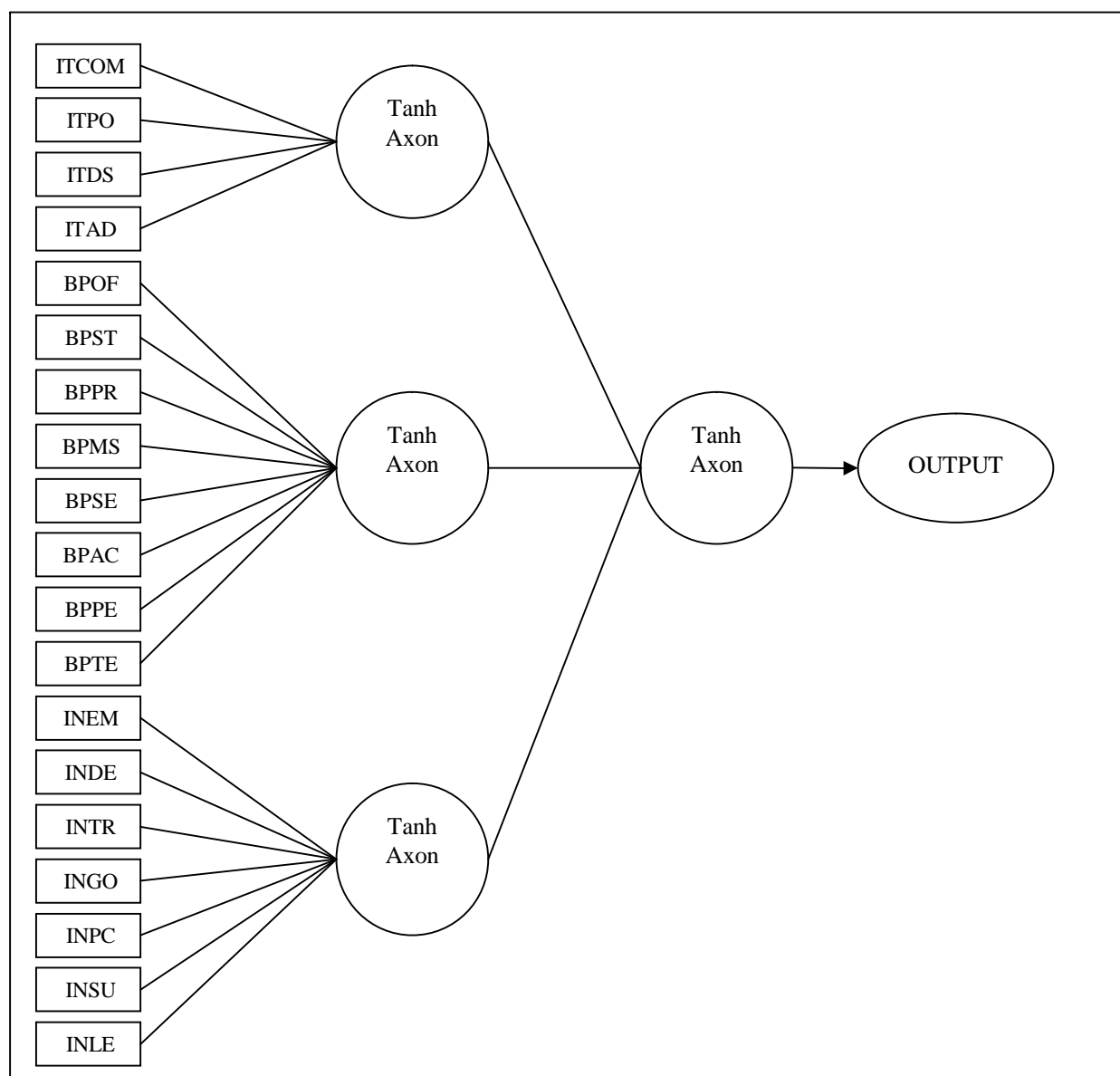
موضوع دیگر در مورد ساختار شبکه در این تحقیق، آن است که بر اساس نظریه‌های موجود در ادبیات موضوع، روابط علی و معلولی میان متغیرهای این تحقیق تا حدود زیادی مشخص است و بدین ترتیب می‌توان ساختار شبکه را به شکل الگوبرداری از روابط اثبات‌شده مدلسازی کرد که این موضوع زمینه‌ساز اصلی برای کاهش نیاز شدید به دادگان بالا برای ساخت شبکه را موجب می‌شود. به عبارت دیگر، در این تحقیق، از این نوآوری بهره برده شده است که ساختار و آرایش شبکه عصبی تحقیق، بر اساس روابط ساختاری از پیش تعیین شده مبتنی بر پژوهش‌های ایجاد شده و فقط با آموزش شبکه قصد داریم ضرایب روابط میان سازه‌های مدل را بیابیم. بر این اساس، ساختار شبکه عصبی تحقیق (شکل 2) با توجه به مدل معادلات ساختاری و پس از ساخت و آزمایش شبکه‌های مختلف به دست آمده است. این شبکه از دو لایه برای تحلیل استفاده کرده، تابع در نظر گرفته شده برای هر گره تابع تانژانت هیپربولیک است که پس از آزمون‌های متعدد روی توابع گوناگون و با در نظر گرفتن نتایج حاصل از اعتبارسنجی متقاطع به دست آمده است. همچنین برای آموزش شبکه-های عصبی، روش‌های متعددی وجود دارد. معروف‌ترین روشی که اغلب برای آموزش شبکه‌های عصبی به کار گرفته می‌شود، روش انتشار به عقب<sup>3</sup> است که در مورد شبکه حاضر نیز از همین روش استفاده شده است. فرآیند

جدول 1: عملکرد شبکه عصبی در پیش‌بینی

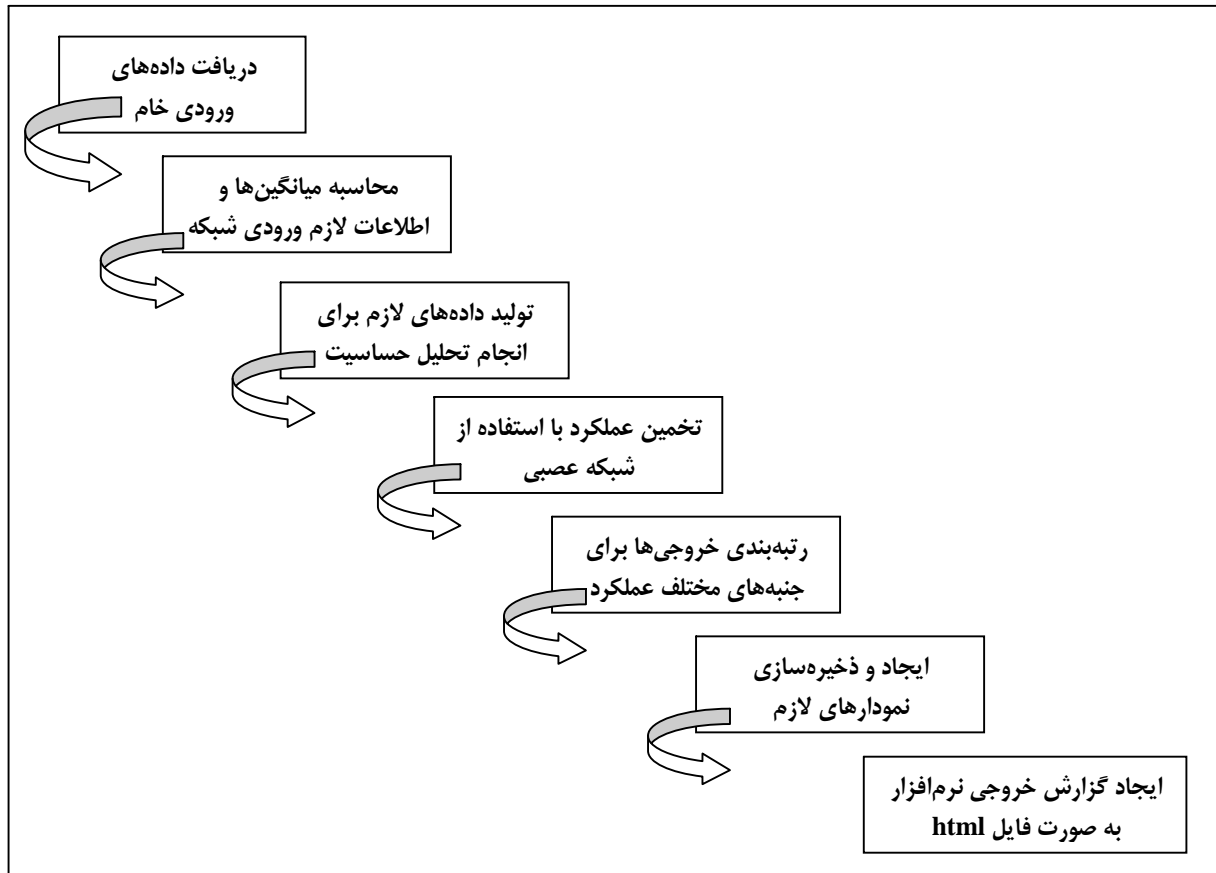
مورد پیش‌بینی	خطا (%)	همبستگی (%)
رضایت و عملکرد مشتری	7/5	50
رضایت و عملکرد کارکنان	22/5	98
عملکرد عملیاتی	7/4	68
رشد فروش و بازگشت سرمایه	38	60
عملکرد کلی	10	73

شده و از شبکه عصبی فقط برای تخمین پارامترهای ضرایب بهره برده می‌شود، می‌توان بر تعداد کم داده‌ها نیز تکیه کرد.

جدول 1، مقادیر خطای مدل در پیش‌بینی و همین‌طور همبستگی میان مقادیر تخمین زده شده توسط شبکه و مقادیر مورد انتظار را برای داده‌های در نظر گرفته شده برای اعتبارسنجی متقاطع نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، برای عملکرد کلی شرکت مقدار خطا 10 درصد و مقدار همبستگی 73 درصد است.



شکل 2: لایه‌بندی شبکه عصبی مورد استفاده



شکل 3: فرایند جریان کار نرم‌افزار طراحی شده

برای بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده روی فناوری اطلاعات و مکمل‌های آن در ادبیات موضوع مربوطه دیده نمی‌شود و در واقع یکی از نوآوری‌های این تحقیق محسوب می‌شود. این نرم‌افزار مزایای زیادی دارد، از جمله اینکه با استفاده از آن می‌توان اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری روی فناوری اطلاعات و مکمل‌های آن را به گونه‌ای تعیین کرد که بیشترین تأثیر را در عملکرد داشته باشد و در واقع این اولویت‌بندی بر خلاف روش‌های آماری و یا روش‌های ممیزی داخلی به هر دو جنبه داخلی و خارجی شرکت (صنعت) توجه دارد.

به عبارت بهتر، از آنجایی که در این رتبه‌بندی از شبکه عصبی‌ای استفاده می‌شود که با استفاده از داده‌های صنعت آموزش داده شده است، ویژگی‌های صنعت در آن در نظر گرفته می‌شود و از سوی دیگر چون از یک سیستم هوشمند استفاده شده است که برای هر شرکت خاص با توجه به شرایط آن رتبه‌بندی مشخصی را ارائه می‌کند، وضعیت شرکت نیز در این رتبه‌بندی در نظر گرفته شده

نظر به اینکه از شبکه عصبی توسعه‌داده‌شده در اینجا به عنوان مدلی برای پیش‌بینی و تخمین استفاده خواهد شد، آنچه اهمیت دارد، تشخیص درست روند تغییر عملکرد با توجه به تغییرات ایجادشده در جنبه‌های مختلف استفاده از فناوری اطلاعات و مکمل‌های آن است. بنابراین معیار همبستگی در اینجا مهم‌تر از خطای مطلق بوده، همبستگی 70 در این کاربرد خاص مقدار مناسبی به نظر می‌رسد.

در ادامه، نرم‌افزار پشتیبان تصمیم توسعه داده شده بر مبنای این شبکه، میزان خطا در هر حالت خاص را با توجه به پاسخ پرسش‌های مربوط به عملکرد سازمان ارائه می‌کند.

## 2- توسعه نرم‌افزار پشتیبان تصمیم

با توجه به ایده مطرح‌شده برای حل مسئله، نرم‌افزاری توسعه داده شد تا بتواند به وسیله شبکه عصبی ارائه‌شده، اولویت‌بندی جنبه‌های مختلف استفاده از فناوری اطلاعات و مکمل‌های آن را انجام دهد. توسعه چنین نرم‌افزاری

اطلاعات و مکمل‌های آن را با توجه به تأثیری که روی هر یک از پنج جنبه عملکرد دارند (رضایت مشتری، رضایت کارکنان، عملکرد عملیاتی، رشد و توسعه، عملکرد کلی) به نمایش می‌گذارند. بخش آخر گزارش، جدولی را ارائه می‌کند که به بررسی عملکرد مدل در تخمین هر یک از جنبه‌های عملکرد می‌پردازد. با استفاده از اطلاعات این جدول می‌توان توانایی مدل در تحلیل هر مورد خاص را سنجید و از سوی دیگر اگر مورد در حال بررسی به نوعی داده پرت<sup>6</sup> باشد، با استفاده از این جدول می‌توان این وضعیت را تشخیص داد.

نتایج ارائه‌شده توسط نرم‌افزار شامل شش جدول و پنج نمودار است که به دلیل محدودیت فضا، در این جا فقط به بررسی عملکرد مدل به همراه عملکرد کلی شرکت می‌پردازیم.

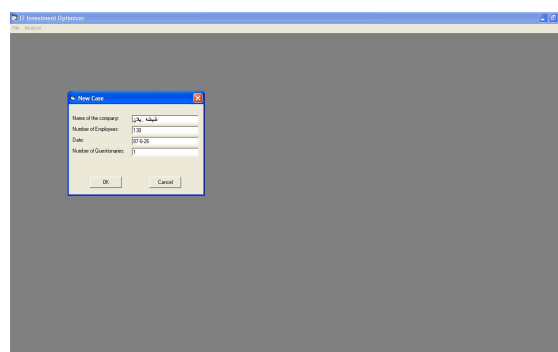
#### جدول 2: بخشی از خروجی نرم‌افزار برای شرکت شیشه گیلان

رتبه عامل	نام عامل	عملکرد تخمینی	توضیحات
1	INPC	5,929	زیرساخت سازمانی: مدیریت فرآیند و ارتباط با مشتری
2	BPTE	5,899	تغییر در فرآیندهای کسب و کار مؤثر در زمینه فناوری
3	INLE	5,891	زیرساخت سازمانی: رهبری
4	ITAD	5,867	استفاده از فناوری اطلاعات در امور اداری
5	ITPO	5,857	استفاده از فناوری اطلاعات در تولید و عملیات

همان طور که در جدول مربوطه مشاهده می‌شود، اولین رتبه در این زمینه مربوط به زیرساخت سازمانی مدیریت فرآیند و ارتباط با مشتری است. در رتبه دوم و سوم نیز به ترتیب تغییر در فرآیندهای کسب و کار مؤثر در زمینه فناوری و زیرساخت سازمانی رهبری قرار گرفته‌اند. رتبه بعدی در این مجموعه نیز مربوط به استفاده از فناوری اطلاعات در امور اداری است. در عین حال با توجه به تخمین‌های ارائه‌شده برای عملکرد، مشاهده می‌شود که این تخمین‌ها تا حدود زیادی به هم نزدیک هستند. به نظر می‌رسد که شرکت برای ایجاد بهبود در عملکرد کلی خود لازم است تا سرمایه‌گذاری متوازی روی استفاده از فناوری اطلاعات در بخش‌های فناوری و امور اداری انجام

است. شکل 3 گردش کار کلی این نرم‌افزار را نمایش می‌دهد.

در این قسمت برای نمایش روش عملکرد نرم‌افزار و بررسی عملکرد ایده حل مطرح‌شده در این مقاله، به حل یک مثال با استفاده از نرم‌افزار توسعه‌داده‌شده می‌پردازیم. شرکت مورد بررسی در این بخش شرکت شیشه گیلان، یکی از شرکت‌های تولیدکننده شیشه‌های خودرو، از تأمین‌کنندگان گروه صنعتی ایران‌خودرو است. شکل 4 ایجاد یک پرونده جدید توسط نرم‌افزار را نمایش می‌دهد.



شکل 4: ایجاد پرونده جدید



شکل 5: پرسشنامه تکمیل‌شده مربوط به شرکت شیشه گیلان

پس از ایجاد پرونده جدید برای این شرکت، لازم است تا اطلاعات مربوط به پرسشنامه و یا پرسشنامه‌های شرکت تکمیل شود. پرسشنامه تکمیل‌شده در شکل 5 نمایش داده شده است. پس از تکمیل اطلاعات مربوط به شرکت، با فشردن دکمه آنالیز، تحلیل داده‌ها بر اساس روش ارائه‌شده در شکل 3 انجام شده و نتیجه به صورت یک گزارش با فرمت html نمایش داده می‌شود. در این گزارش شش بخش مجزا در نظر گرفته شده است. پنج بخش اول، هر یک شامل یک جدول و یک نمودار، رتبه‌بندی جنبه‌های مختلف استفاده از فناوری



در بخش دیگری از گزارش، جدولی شامل نتایج عملکرد مدل در تخمین عملکرد سازمانی ارائه می‌شود. اطلاعات مربوط به شرکت شیشه گیلان در جدول 3 ارائه می‌شود. همان طور که مشاهده می‌شود، خطای مدل در تخمین عملکرد کلی شرکت حدود 6 درصد است و این مقدار در کاربرد مورد نظر در این جا کاملاً مناسب به نظر می‌رسد.

جدول 3: عملکرد مدل در مورد شرکت شیشه گیلان

عملکرد در زمینه	رضایت مشتری	رضایت کارکنان	عملکرد عملیاتی	رشد و توسعه	عملکرد کلی
نتیجه پرسشنامه	7	5,5	6,333	5,5	6,166
عملکرد تخمینی	6,349	5,297	6,253	5,591	5,802
درصد خطا	9,292	3,683	1,267	1,663	5,897

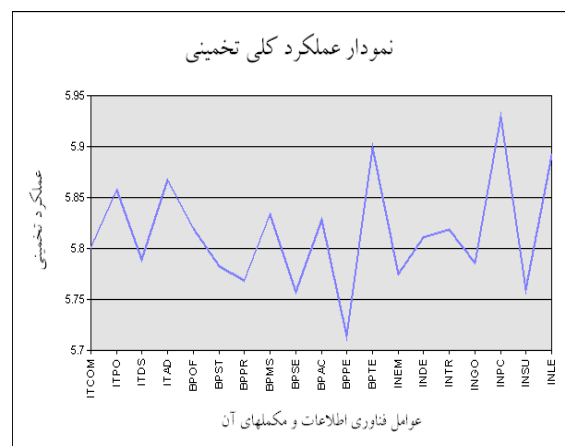
### نتیجه گیری

به دلیل نبود رابطه معنادار و مثبت میان فناوری اطلاعات و عملکرد سازمان موسوم به پدیده متناقض‌نمای فناوری اطلاعات و بر اساس رویکرد دارایی‌های مکرمل، سرمایه‌گذاری روی فناوری اطلاعات به شرطی می‌تواند به بهبود عملکرد سازمان منجر شود که دارایی‌های مکرمل سازمان همچون فرایندهای کسب‌وکار و زیرساخت‌های سازمانی مورد توجه قرار گیرند. همچنین به دلیل محدودیت منابع سازمان‌ها، امکان سرمایه‌گذاری روی همه این دارایی‌ها وجود نداشته و باید اولویت‌های سرمایه‌گذاری در این زمینه مشخص شوند. در این مقاله، سیستم جدیدی برای ارزیابی عملکرد فناوری اطلاعات بر اساس رویکرد عوامل مکرمل ارائه شد که در آن از شبکه‌های عصبی برای رتبه‌بندی اولویت‌های سرمایه‌گذاری روی این عوامل بهره برده شد. همچنین برای موردکاوی سیستم پیشنهادی، دادگان 102 شرکت قطعه‌ساز خودرو گردآوری شد که از آن برای تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری روی فناوری اطلاعات و مکرمل‌های آن در شرکت‌های قطعه‌ساز خودرو استفاده شد و بدین ترتیب، این عوامل بر اساس میزان اثرگذاری خود روی عملکرد سازمان رتبه‌بندی شدند.

دهد، در عین حال زیرساخت‌هایی نظیر مدیریت ارتباط با مشتری و رهبری سازمانی نیز نیاز به سرمایه‌گذاری و توجه بیشتری دارند.

یکی از مزیت‌های اصلی استفاده از این نرم‌افزار پشتیبان تصمیم، نسبت به روش‌های آماری رتبه‌بندی، ارائه توصیه‌های بهبود برای هر حالت خاص است. به عنوان مثال اگر به رتبه‌بندی آماری انجام‌شده توسط کرامتی و همکارانش در سال 1386 توجه کنیم، متوجه اختلاف نتایج رتبه‌بندی آماری با رتبه‌بندی ارائه‌شده برای شرکت شیشه گیلان خواهیم شد. در رتبه‌بندی ارائه‌شده به صورت آماری، استفاده از فناوری اطلاعات در زمینه تصمیم‌سازی به عنوان مهم‌ترین عامل ارائه‌شده است، در حالی که در رتبه‌بندی ارائه‌شده توسط نرم‌افزار برای شرکت شیشه گیلان، استفاده از فناوری اطلاعات در امور اداری،

مهم‌ترین جنبه استفاده از فناوری اطلاعات است و پس از آن استفاده از فناوری اطلاعات در تولید و عملیات. این مطلب نشان می‌دهد که شرکت مورد بررسی نظر به وضعیت موجود خود در فرآیندهای داخلی خود، به جای اینکه بیشتر از فناوری اطلاعات در بخش‌های مدیریت کلان استفاده کند، بر خلاف کل جامعه آماری، لازم است تا به دنبال بهبود فرآیندهای عملیاتی و داخلی خود از طریق استفاده از فناوری اطلاعات باشد. در واقع این به نوعی نشان‌دهنده توان نرم‌افزار در تحلیل مورد به مورد شرکت‌های مختلف است.



شکل 6: نمودار ارائه‌شده توسط نرم‌افزار از عملکرد کلی تخمینی شرکت در صورت بهبود 10 درصدی هر یک از جنبه‌های استفاده از فناوری اطلاعات و مکمل‌های آن

## مراجع

- 1- Lapointe, L., Mignerat, M. and Vedel, I. (2011). "The IT productivity paradox in health: A stakeholder's perspective." *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 80 (2), PP. 102-115.
- 2- Seggie, S.H., Kim, D. and Cavusgil, S.T. (2006). "Do supply chain IT alignment and supply chain inter-firm system integration impact upon brand equity and firm performance." *Journal of Business Research*, Vol. 59, PP. 887-895.
- 3- Ross, A. and Ernstberger, K. (2004). "Benchmarking the IT productivity paradox: recent evidence from the manufacturing sector." *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 44, PP.30-42.
- 4- Chang, K., Jackson, J. and Grover, V. (2003). "E-commerce and corporate strategy: an executive perspective." *Information and Management*, Vol. 40, PP.663-675.
- 5- Byrd, T.A., Thrasher, E.H., Lang, T. and Davidson, N.W. (2006). "A process-oriented perspective of IS success: Examining the impact of IS on operational cost." *Omega*, Vol. 34, PP.448-460.
- 6- Albadvi, A., Keramati, A. and Razmi, J. (2006). "Assessing the Impact of Information Technology on Firm Performance Considering the Role of Intervening variables: Organizational Infrastructures and Business Processes Changes." *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No.12, PP. 1-38.
- 7- Brynjolfsson, E. and Yang, S. (1996). "Information Technology and productivity: A review of literature advances in computers." *Academic press*, Vol. 43, PP. 179-214.
- 8- Keramati, A. and Albadvi, A. (2006). "A proposal for a framework of research trends on information technology impacts on productivity at organizational level." *Information Technology Journal*, Vol. 5, PP. 813-822
- 9- Radhakrishnan, A., Zu, X. And Grover, V. (2006) "A process-oriented perspective on differential business value creation by information technology: An empirical investigation." Department of Management, Clemson University.
- 10- Dos Santos, B. and Sussman, L. (2000) "Improving the return on IT investment: the productivity paradox." *International Journal of Information Management*, Vol. 20, PP. 429-440.
- 11- Triplett, J., C. (1999). "The Solow productivity paradox: what do computers do to productivity?", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 32, PP. 309-334.
- 12- Brynjolfsson, E., Hitt, L.M. and Yang, S. (1996). "Intangible Assets: How the Interaction of Computers and Organizational Structure Affects Stock Market Valuations." Working paper, MIT.
- 13- Stratopoulos, T. and Dehning, B. (2000). "Does successful investments in information technology solve the productivity paradox?", *Information & Management*, Vol. 38, PP. 103-117.
- 14- Strassmann, P. (1990) "The Business Value of Computers: An Executive's Guide." *The Information Economic Press*, New Canaan.
- 15- Boyer, K., Leong, K., Ward, P. and Krajewski, L. (1997) "Unlocking the potential of advanced manufacturing technologies." *Journal of Operations Management*, Vol. 15, PP. 331-47.
- 16- Martínez, D., Rodríguez, J. and Torres, J. L. (2008). "The productivity paradox and the new economy: The Spanish case." *Journal of Macroeconomics*, Vol. 30 (4), PP. 1569-1586.
- 17- Lin, W. T. and Shao, B.B.M. (2006). "The business value of information technology and inputs substitution: The productivity paradox revisited." *Decision Support Systems*, Vol. 42 (2), PP. 493-507.

- 18- Belleflamme, P., Oligopolistic (2001). "Competition, IT use for product differentiation and productivity paradox." *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 19, PP. 227–248.
- 19- Hunter, L.W. and Lafkas, J.J. (2003). "Opening the box: information technology, work practices, and wages." *Industrial Labor Relations Review*, Vol. 56, PP. 223–243.
- 20- Lau, T., Wong, Y.H., Chan, K.F. and Law, M. (2001). "Information technology and the work environment – does IT change the way people interact at work?" *Human Systems Management*, Vol. 20, PP. 267–279.

### واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1- IT Productivity Paradox
  - 2- Brynjolfsson
  - 3- Backpropagation
  - 4- Overlearning
  - 5- Cross Validity
  - 6- Outlier
-