

ابعاد موثر در پیش بینی اثربخشی مدیریت پروژه های عمرانی با استفاده از

شبکه های عصبی مصنوعی با تاکید بر کاربرد آینده نگاری شرکتی

حسام زندحسامی^۱، مهرا ن سعیدی اقدم^۲

^۱ استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد قزوین، قزوین، ایران

^۲ دانشجوی دکتری کارآفرینی، دانشگاه آزاد قزوین، قزوین، ایران

چکیده

هدف کارکرد اصلی آینده نگاری، خلق و ترسیم پارادایم ها، سناریوها و آینده های مطلوب است. آینده نگاری در دنیای امروز با اقبال فراوانی مواجه شده و کشورها، مناطق و شرکت های مختلف به طور منظم، منسجم و هماهنگ راجع به آینده مطلوب در جهانی که به صورت فزاینده به سمت پیچیده تر شدن در حرکت است مبادرت به اندیشه می نمایند. در یک کشور فعالیت های آینده نگاری در سطوح مختلف شرکتی، منطقه ای و ملی انجام می شود. آینده نگاری در سطح شرکتی در پی ترسیم روند فعالیتی یک شرکت در آینده کوتاه مدت، میان مدت، بلندمدت و تقویت قابلیت های رقابتی آن می باشد...محقق با هدف هرچه اثربخش نمودن مدیریت پروژه ها عمرانی با تاکید بر کاربرد آینده نگاری تحقیق حاضر را جمع آوری کرده است. برای این کار سی پروژه ی اجرا شده بعنوان نمونه ی آماری در نظر گرفته شد. در مجموع ۲۰ زیر شاخص در ورودی شبکه عصبی داشتیم که بعلاّت اختلال در شبکه عصبی یکی از زیر شاخص ها حذف گردید در نهایت ۱۹ متغیر برای ۳۰ پروژه در نظر گرفته شد؛ از این تعداد ۲۳ مورد از پروژه ها برای آموزش شبکه عصبی و ۷ مورد برای تست شبکه در نظر گرفته شد. برای پردازش داده ها از نرم افزار متلب و PASW SPSS 22 استفاده شده است. پنج متغیر مستقل که ورودی های شبکه عصبی را تشکیل می دادند دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر متغیر ها شناخته شدند. این متغیرها به ترتیب اولویت عبارتند از: به روز رسانی برنامه، جلسات کنترل، جلسات مدیر پروژه، تجربه مدیر پروژه و تجربه ی فنی مدیر پروژه. **واژه های کلیدی:** آینده نگاری، اثربخشی، مدیریت پروژه، شبکه های عصبی مصنوعی.

۱- مقدمه

در انتهای قرن بیستم میلادی ناکارآمدی روش‌هایی مانند پیش‌بینی به دلیل گذشته‌نگر بودن و تغییرات سریع دنیای تجارت مشهود بود. عدم پاسخگویی این روش‌ها، باعث ظهور آینده‌نگاری در مبحث فناوری شد که در نوع نگاه و روش‌هایی که برای حل مسئله به کار می‌رود، تغییر جدی حاصل نمود. یکی از صاحب‌نظران آینده‌نگاری، آن را به صورت زیر تعریف کرده است: تلاشی نظام‌مند برای نگاه به آینده بلندمدت علم، فناوری، اقتصاد و جامعه که با هدف شناسایی فناوری‌های عام نوظهور و تقویت حوزه‌های تحقیقاتی راهبردی که احتمالاً بیشترین منافع اقتصادی و اجتماعی را به همراه دارند، انجام می‌شود (کینان، ۲۰۰۳، ص ۲۳).

شناخت گسترده و روزافزونی در این باره وجود دارد که آینده‌نگاری، ابزار مفیدی برای تصمیم‌گیری در ارتباط با سیاستگذاری تحقیقات و تکنولوژی، چه در سطح ملی و چه منطقه‌ای و یا حتی در سطوح پایین‌تر در اختیار ما قرار می‌دهد. ژاپن بعد از سی سال تجربه، هنوز بصورتی گسترده از آینده‌نگاری استفاده می‌کند. آینده‌نگاری در کشورهای دیگر نیز از آغاز دهه ۱۹۹۰ شروع به تحکیم ریشه‌های خود نموده است. ذکر این نکته ضروری است که گسترش روزافزون آینده‌نگاری می‌تواند ظهور یک "قرارداد اجتماعی" جدید بین علوم و جامعه را تسریع کند. بعد از گذشت چندین دهه از زمانی که دولت‌ها و بخش عمومی از منافع قطعی که نهایتاً از علوم بدست می‌آید و از زمان وقوع این منافع مطمئن شدند، در حال حاضر بدنبال سرمایه‌گذاری‌های قابل ملاحظه‌ای که در علوم کرده‌اند، در انتظار منافع مستقیم بیشتر و خاص‌تری هستند. آینده‌نگاری ابزاری برای رسیدن به این هدف است (مرکز صنایع نوین، ۱۳۸۱).

در دو دهه اخیر بنگاه‌های متعددی در بخش‌های مختلف مثل انرژی، صنعت اتومبیل، مخابرات و فناوری اطلاعات گروه‌های آینده‌نگاری و برنامه‌ریزی راهبردی را درون شرکت‌هایشان ایجاد کرده‌اند تا دور نمای بلند مدت فناوری‌های جدید و اثراتشان بر بازار و راهبردهای شرکت را ترسیم و تجزیه و تحلیل نمایند. آینده‌نگاری شرکتی برای برنامه‌ریزی راهبردی، شناسایی رفتار مشتریان، آرزوها و نیازهای آنان، تشخیص علائم ضعیف تغییر، شناسایی حوزه‌های مهم تحقیق و توسعه تغییرات سازمانی، روبه‌رو شدن با چالش‌ها و حوادث پیش‌بینی نشده در آینده، مسیرهای آینده توسعه فناوری، حفظ و ارتقای قابلیت‌های رقابتی در آینده، پیش‌بینی بازار، تقویت امکانات نوآوری و یادگیری می‌باشد (جانسون، ۲۰۰۶).

و از سوی دیگر مدیریت پروژه بی‌شک یکی از مهمترین و پر استفاده‌ترین شاخه‌های مدیریت، طی چند دهه اخیر بوده است. با توجه به تعاریف گوناگونی که تا به حال از پروژه عرضه شده است، هر مجموعه فعالیت‌هایی که ابتدا و انتها داشته باشند و یکتا و بی‌همتا باشند پروژه تلقی می‌شوند. با توجه به این تعریف چنین می‌توان نتیجه گرفت؛ بسیاری از اتفاقاتی که در زندگی مردم از گذشته‌های دور تا به حال روی داده و روی می‌دهد به نوعی در تعریف پروژه می‌گنجد. با این اوصاف آن چیزی که باعث شده به مدیریت و شاخه‌های آن به صورت علمی توجه شود، وقوع انقلاب صنعتی و پی‌ریزی مفهوم جدیدی به نام تولید انبوه بوده است. به طوریکه با تداوم چنین شرایطی و نیز با پیشرفت علم و تکنولوژی و انفجار اطلاعاتی که در دهه‌های اخیر رخ داده، شرکت‌ها و سازمان‌های تولیدی و صنعتی برای افزایش تراز تجاری و حتی برای ماندن در صحنه رقابت، ناگزیر از ایجاد تغییر در فرآیند مدیریت سنتی و شیوه دیوانسالاری اداری خود هستند. با بروز چنین تغییراتی بود که مدیران صنایع گوناگون مجبور به بهره‌گیری از مفاهیم جدید علم مدیریت همچون مدیریت تغییر و مدیریت پروژه شدند. سازمان‌ها و نهادهای ایرانی در سال‌های اخیر تا حدودی اهمیت مدیریت پروژه را بعنوان بخشی از روش‌های مدیریتی به رسمیت شناخته‌اند. اما تحقیقاتی که در زمینه‌ی عواملی که سبب موفقیت یا شکست پروژه‌ها و سیستم مدیریت پروژه انجام شده‌اند اندک است. تحقیق حاضر قصد دارد با در نظر گرفتن اهمیت اثربخشی مدیریت پروژه به این مقوله بپردازد. منظور از اثربخشی مدیریت یک پروژه میزان کارایی و تأثیرگذاری سیستم مدیریت آن پروژه در دستیابی به اهداف پروژه شامل زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی به بهترین نحو ممکن می‌باشد. سیستم‌های اجرای پروژه‌ها و فرآیندهای طراحی و ساخت در سالیان اخیر به نحو گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند. پیشرفت‌های حاصل از توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی جوامع، موجب گسترش فعالیت‌ها در ارتباط با طرح‌ها و پروژه‌های مهندسی و بروز تحولات وسیعی در مدیریت پروژه شده

است (صالحی، ۱۳۸۳). از این رو، با توجه به اهمیت موضوع، هدف از انجام این پژوهش شناسایی ابعاد موثر برای پیش بینی اثربخشی مدیریت پروژه های عمرانی با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی با تاکید بر کاربرد آینده نگاری است.

۲- ادبیات تحقیق

۲-۱- آینده نگاری^۱

محققان و دست اندرکاران حوزه آینده نگاری، تعاریف مختلفی را برای آینده نگاری مطرح نموده اند و هنوز بر سر یک تعریف مشخص به اجماع نرسیده اند. این امر ناشی از جدید بودن موضوع است که این تشتت در مفاهیم را توجیه می نماید. حتی برخی از محققان برای آینده نگاری در حوزه های مختلف، تعاریف متفاوتی ذکر کرده اند. بعنوان مثال دو محقق انگلیسی به نام های بن مارتین عضو مؤسسه تحقیقات سیاستگذاری علم و تکنولوژی و لوک جورجیو عضو مؤسسه تحقیقات سیاستگذاری در مهندسی، علم و تکنولوژی بین آینده نگاری تحقیقات و آینده نگاری تکنولوژی تمایز قایل شده و تعاریفی مجزا ارائه کرده اند (کینان، ۲۰۰۳). از یک طرف بن مارتین آینده نگاری تحقیقات را این گونه تعریف کرده است: «آینده نگاری تحقیقات فرآیندی است شامل تلاش سیستماتیک به منظور نگاه به آینده بلند مدت علم، تکنولوژی، اقتصاد و جامعه با هدف شناسایی حوزه های تحقیقات استراتژیک و تکنولوژی های عام نوظهور که احتمالاً به بیشترین منافع اقتصادی و اجتماعی منجر می گردد.»

از طرف دیگر لوک جورجیو آینده نگاری تکنولوژی را این چنین تعریف می کند: «یک ابزار سیستماتیک جهت تشخیص و ارزیابی آن دسته از پیشرفت های علمی و تکنولوژیکی که بر رقابت پذیری صنعتی، ایجاد ارزش و کیفیت زندگی تأثیرات بسیاری می توانند داشته باشند». در این دو تعریف بر برخی از جنبه ها تاکید شده است که عبارتند از:

الف) تلاش برای بررسی آینده بایستی سیستماتیک باشد تا تحت عنوان آینده نگاری قرار گیرد.

ب) این تلاش ها بایستی دراز مدت باشند (معمولاً بین ۵ تا ۳۰ ساله) که بطور معمول فراتر از افق های معمول در برنامه ریزی هاست.

ج) آینده نگاری به جای اینکه یک مجموعه از تکنیک ها باشد یک فرآیند است و شامل مشورت و تعامل بین جامعه علمی، سیاستگذاران و استفاده کنندگان از نتایج تحقیقات می باشد.

د) تأکید بر روی شناسایی سریع تکنولوژی های عام نوظهور است یعنی تکنولوژی هایی که استفاده از آنها منافی برای بخش های مختلف اقتصادی یا جامعه در پی خواهد داشت. این تکنولوژی ها در مرحله پیش رقابتی قرار دارند و می توان به منظور توسعه سریع، سرمایه ها را به سمت آنها جهت دهی نمود.

ه) تأکید دیگر بر روی تحقیقات استراتژیک می باشد یعنی تحقیقات بنیادی که به امید بوجود آوردن مبنای گسترده ای از دانش انجام می شود و احتمالاً پیش زمینه ای برای حل مسائل علمی شناخته شده فعلی یا آتی تشکیل می دهد.

و) بایستی به منافع (و مضرات) اجتماعی تکنولوژی های جدید نیز توجه شود، نه اینکه تنها تأثیر آنها بر روی صنعت و اقتصاد مورد توجه قرار گیرد (مرکز صنایع نوین، ۱۳۸۹).

ژاپنی ها نیز که بیشترین تجربه را در انجام آینده نگاری دارند در انجام مطالعات آینده نگاری خود، آینده نگاری را بدین صورت تعریف نموده اند:

آینده نگاری فرآیندی است که طی آن درک کامل تری از نیروهای شکل دهنده آینده بلند مدت پیدا می شود. این نیروهای شکل دهنده، در تدوین و تنظیم سیاست ها، برنامه ریزی ها و تصمیم گیری ها در نظر گرفته می شوند. آینده نگاری همچنین شامل ابزارهایی کمی و کیفی برای پایش سرنخ ها و شاخص های شکل گیری روندها و توسعه هاست. آینده نگاری نیازها و

¹ Foresight

فرصت های آینده را به ما نشان می دهد. آینده نگاری سیاست دولتی را تعیین نمی کند بلکه به تعدیل آن کمک می کند تا در مقابل تغییرات شرایط زمانه، مناسب تر، انعطاف پذیرتر و مقاوم تر باشد. در تعریفی که فورن ارائه نموده، آینده نگاری: یک فرآیند سیستماتیک و مشارکتی است که فراهم کننده اطلاعات درخصوص آینده و ایجاد کننده چشم اندازهای میان مدت تا بلند مدت می باشد به گونه ای که تصمیمات امروزی و بسیج اقدامات مشترک را هدف قرار داده است. در مجموع با در نظر گرفتن تعاریف ارائه شده فوق و سایر تعاریفی که توسط افراد، مؤسسات و نهادهای گوناگون ارائه شده است می توان تعریف مفهومی ذیل را مطرح نمود (دفتر همکاری های فناوری، ۱۳۹۰).

"آینده نگاری" می کوشد تا معرفت و اندیشه ای آینده نگرانه را در میان "بخش های تجاری، دولت و نهادهای دانش" برای درک فرصت ها و تهدیدهای محتمل طی ۱۰ تا ۲۰ سال آینده، در عرصه بازار و تکنولوژی ها ایجاد کند و آنگاه با ایجاد و تقویت همکاری میان این سه بخش، به جهت دهی فعالیت های آنان در راستای اهداف تعیین شده، بپردازد.

۲-۲- مدیریت پروژه^۲

پروژه را مجموعه ای از فعالیت هایی دانست هاند که شروع و خاتمه داشته باشد به طوریکه این مجموعه فعالیتها عموماً تکراری نباشند. به این ترتیب بسیاری از اعمالی که در زندگی مردم رخ می دهند به نوعی پروژه خواهند بود. چون؛ اولاً شروع و خاتمه دارند، ثانیاً تکراری نیز نیستند. با این حال برداشتی که امروزه از پروژه ها مد نظر است بیشتر شامل پروژه های تحقیقاتی، صنعتی، عمرانی، نرم افزاری و فناوری اطلاعات است. پروژه در اصل از واژه لاتینی "Projectum" است، که آن هم برگرفته از واژه "Projaicer" می باشد. این واژه از ترکیب دو کلمه "Pro" و "Jacere" به وجود آمده است که به ترتیب به معنای پیش یا قبل و پرتاب کردن می باشند. بنابراین پروژه عبارت است از مجموعه ای از اقدامات و عملیات پیچیده و منحصر بفرد که از فعالیت های منطقی و مرتبط با یکدیگر تشکیل یافته است. به طوریکه برای تأمین هدف یا اهداف از پیش تعیین شده، در چارچوب برنامه زمانی و بودجه بندی از قبل طرح ریزی شده، که زیر نظر یک، مدیریت و سازمان اجرایی مشخص اجرا می شود (نوری و همکاران، ۱۳۸۲). و یا در تعریفی دیگر پروژه تلاشی است موقت برای ایجاد محصولات، خدمات و نتایج مشخص و بی همتاست (PMBOK, 2004).

۲-۳- روش شبکه عصبی مصنوعی^۳

امروزه شبکه های عصبی به عنوان یکی از مؤثرترین روش های هوش محاسباتی در شاخه های مختلف علوم شناخته شده اند. این شبکه ها الهام گرفته از نحوه کارکرد سیستم عصبی انسان می باشد. در واقع، کارایی در خور توجهی که دستگاه عصبی انسان در درک و تشخیص پدیده های مختلف از خود نشان داده است محققان را در علوم مختلف از جمله مدیریت بر آن داشته که با تقلید از این شبکه اقدام به طراحی شبکه های عصبی مصنوعی برای تجزیه و تحلیل مسائل مختلف بنمایند. شبکه های عصبی مصنوعی به دلیل هوشمندبودن، سرعت بالای پردازش داده ها، قابلیت تطبیق با تغییرات محیطی، قابلیت تعلیم و قابلیت مدل سازی سیستم های غیرخطی با پیچیدگی زیاد (فاوست، ۱۹۹۴). فنون پیش بینی هوش مصنوعی اخیراً به منظور حل مسائل مدیریتی مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. آنها این توانایی را دارند تا همانند انسان ها از طریق اندوختن دانش از طریق فعالیت های یادگیری تکراری یاد بگیرند.

۲-۴- انواع آینده نگاری علم و فناوری

آینده نگاری را می توان برحسب این که بر چه موضوعاتی متمرکز می شود، چه افق زمانی را مدنظر دارد، چه گستره جغرافیایی را پوشش می دهد و ... تقسیم بندی نمود. یکی از مهمترین تقسیم بندی هایی که از انواع فعالیت های آینده نگاری ارائه می شود انواع فعالیت های آینده نگاری در محدوده یک کشور می باشد. در هر کشور سه نوع فعالیت آینده نگاری در سه سطح مختلف می تواند صورت بگیرد که به ترتیب اولویت عبارتند از:

1 project management
2 artificial neural network

در سطح ملی: برنامه های آینده نگاری ملی، قدیمی ترین و شناخته شده ترین برنامه های آینده نگاری می باشد. کشور پیشرو در انجام آینده نگاری در سطح ملی ژاپن می باشد که از حدود چهل سال پیش چندین فعالیت آینده نگاری را به طور منظم و مداوم انجام داده است.

در سطح منطقه ای: در این سطح دولت های محلی به انجام فعالیت آینده نگاری در محدوده خود می پردازند. این نوع از آینده نگاری در اروپا به صورت وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد. اتحادیه اروپا نیز پشتیبانی ویژه ای از برنامه های آینده نگاری منطقه ای نموده و برنامه های متنوعی جهت گسترش آن انجام داده است. برنامه های لیون فرانسه، شمال شرق انگلستان و کاتالونیای اسپانیا از جمله برنامه های آینده نگاری منطقه ای می باشد.

در سطح شرکتی: بسیاری از بنگاه ها، در بخش های مختلف، گروه های آینده نگاری و برنامه ریزی راهبردی را در درون شرکت خود ایجاد کرده اند تا دور نمای بلند مدت فناوری های جدید و اثراشان بر بازار و راهبردهای شرکت ی را ترسیم و تجزیه و تحلیل نمایند.

۳- سوالات تحقیق

- فاکتورهای مهم در تعیین اثربخشی مدیریت پروژه های عمرانی با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی با تاکید بر کاربرد آینده نگاری کدام است؟
- آیا با استفاده از شبکه های عصبی می توان اثربخشی پروژه های عمرانی با تاکید بر کاربرد آینده نگاری اندازه گیری و با هم مقایسه کرد؟

۴- روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر هدف ویژگی های تحقیقات کاربردی را داراست چرا که تحقیقات کاربردی تحقیقاتی هستند که نظریه ها، قانونمندی ها، اصول و فنونی که در تحقیقات پایه تدوین می شوند را برای حل مسائل اجرایی و واقعی بکار می گیرد. این نوع تحقیقات بر مؤثرترین اقدام تأکید دارند و علت ها را کمتر مورد توجه قرار می دهند. این تأکید بیشتر بواسطه ی آنست که تحقیقات کاربردی به سمت کاربرد علمی دانش هدایت می شوند.

هدف اساسی این نوع تحقیق ها بهبود روش هاست. به این دلیل که پژوهشگر در شرایط زندگی واقعی سازمان حضور پیدا می کند، این پژوهش در زمره ی مطالعات میدانی قرار می گیرد. جامعه آماری مورد مطالعه ، پروژه های عمرانی شهر قزوین می باشد. که مجموعاً تعداد آنها ۳۰ شرکت است.

در این پژوهش از روش های کتابخانه ای و پرسشنامه برای جمع آوری داده ها استفاده شده است . و همچنین در این پژوهش برای پاسخگویی به فرضیه ها پرسشنامه ای طراحی گردیده و اثر هر یک از شاخص ها را بر مدیریت پروژه اندازه گیری شده است . و در مرحله بعدی از طریق محاسبه با مدیران پروژه اطلاعات ورودی شبکه عصبی جمع آوری شده است.

۵- یافته های تحقیق

- تحقیق سوال اول پژوهش با عنوان " فاکتورهای مهم در تعیین اثربخشی مدیریت پروژه های عمرانی با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی با تاکید بر کاربرد آینده نگاری کدام است؟" مطرح گردید .
- که فاکتورهای مهم در اثربخشی پروژه ها در چهار شاخص عمده شناسایی شده است که هر کدام از شاخص های اصلی شامل زیر شاخص های می باشند که در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: فاکتورهای مهم در تعیین اثربخشی مدیریت پروژه عمرانی با تاکید بر کاربرد آینده نگاری شرکتی

جلسات مدیر پروژه	مدیر پروژه
زمان اختصاص داده شده به پروژه توسط مدیر پروژه	
بازدید از سایت توسط مدیر پروژه	
زیردستان مدیر پروژه	
سطح دانش مدیر پروژه	
تجربه مدیر پروژه	
تجربه مدیریت پروژه ی مدیر پروژه	
تجربه ی فنی مدیر پروژه	
گردش مالی تیم	تیم پروژه
مشوقهای پولی	
طراحی کامل در شروع	برنامه ریزی
بودجه احتمالی	
بازرسی پیشرفت	دستگاه نظارت و کنترل
بازرسی کیفیت	
بازرسی ایمنی	
جلسات کنترل طراحی	
جلسات کنترل	
به روز رسانی برنامه	
به روز رسانی بودجه	

سوال دوم پژوهش با عنوان " آیا با استفاده از شبکه های عصبی می توان اثربخشی پروژه ها ی عمرانی با تاکید بر کاربرد آینده نگاری اندازه گیری و با هم مقایسه کرد؟ مطرح گردید که برای پاسخ به این سوال ابتدا به طراحی مدل شبکه عصبی پرداخته و سپس اثربخشی هر یک از پروژه ها را با آن اندازه گیری کرده و در انتها پروژه ها با یکدیگر مقایسه می گردد. بنابراین اجزای یک شبکه عصبی عبارتند از:

-ورودی ها :

ورودی ها می توانند خروجی سایر لایه ها بوده و یا آنکه به حالت خام در اولین لایه استفاده شوند. در این مطالعه چهار ورودی اصلی وجود دارد که عبارتند از: مدیرپروژه، تیم پروژه، برنامه ریزی و دستگاه نظارت و کنترل. فاکتورهای اثربخشی مدیریت پروژه به عنوان متغیر های ورودی CPMEM در نظر گرفته خواهد شد. برای هر یک از این معیارها، شاخص هائی نیز در نظر گرفته شده است که در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲: معیارها و زیرمعیارهای تصمیم‌گیری (ورودی‌ها)

مدیر پروژه	A
جلسات مدیر پروژه	A1
زمان اختصاص داده شده به پروژه توسط مدیر پروژه	A2
بازدید از سایت توسط مدیر پروژه	A3
زیردستان مدیر پروژه	A4
سطح دانش مدیر پروژه	A5
تجربه مدیر پروژه	A6
تجربه مدیریت پروژه ی مدیر پروژه	A7
تجربه ی فنی مدیر پروژه	A8
تیم پروژه	B
گردش مالی تیم	B1
مشوقهای پولی	B2
برنامه ریزی	C
طراحی کامل در شروع	C1
بودجه احتمالی	C2
دستگاه نظارت و کنترل	D
بازرسی پیشرفت	D1
بازرسی کیفیت	D2
بازرسی ایمنی	D3
جلسات کنترل طراحی	D4
جلسات کنترل	D5
به روز رسانی برنامه	D6
به روز رسانی بودجه	D7

- وزن‌ها: میزان تأثیر ورودی X_i بر خروجی مسئله را تا حدودی مشخص می‌کنند و در شبکه های چند نرونی نیز تابع جمع میزان سطح فعالیت نرون Z در لایه های درونی را مشخص می‌سازد.

- تابع تبدیل: بدیهی است آن تابع جمع پاسخ مورد انتظار شبکه نیست. تابع تبدیل عضوی ضروری در شبکه های عصبی محسوب می‌گردد. انواع و اقسام متفاوتی از توابع تبدیل وجود دارد که بنا به ماهیت مسئله کاربرد دارند. این تابع توسط طراح مسئله انتخاب می‌گردد و براساس انتخاب الگوریتم یادگیری، پارامترهای مسأله (وزن ها) تنظیم می‌گردد.

- خروجی

فاکتورهای خروجی آن CPME ها بر حسب تغییرات هزینه است.

تغییرات هزینه پروژه توسط معادله زیر محاسبه خواهد شد.

$$Q = \frac{PI - FI}{PI} \times 100$$

PI = هزینه پروژه (پیش بینی)

FI = هزینه پروژه (واقعی)

جدول ۳: تغییرات هزینه پروژه (خروجی)

نام پروژه	PI	FI	CPME
پروژه ۱	۳۰۰۰۰۰۰۰	۴۲۴۱۹۴۵۳۹	-۴۱.۴۰
پروژه ۲	۴۳۰۳۸۹۰۱۶	۴۱۳۷۴۲۶۰۰	۳.۸۷
پروژه ۳	۱۰۰۰۰۰۰۰۰	۸۹۰۶۴۸۸۸۴	۱۰.۹۴
پروژه ۴	۱۰۰۰۰۰۰۰۰	۷۵۲۱۲۳۹۸۸	۲۴.۷۹
پروژه ۵	۴۲۰۰۰۰۰۰	۴۱۹۰۹۷۲۰	۰.۲۱
پروژه ۶	۴۸۰۰۰۰۰۰	۵۵۰۶۹۹۰۰۳	-۱۴.۷۳
پروژه ۷	۳۰۰۰۰۰۰۰	۳۰۹۶۶۶۰۰۲	-۳.۲۲
پروژه ۸	۵۱۰۰۰۰۰۰	۵۱۳۹۷۶۳۱۷	-۰.۷۸
پروژه ۹	۳۰۰۰۰۰۰۰	۳۸۱۸۹۴۶۰۹	-۲۷.۳۰
پروژه ۱۰	۲۲۰۰۰۰۰۰	۲۰۹۹۴۶۳۷۸	۴.۵۷
پروژه ۱۱	۲۵۰۰۰۰۰۰	۲۳۷۵۰۰۰۰	۵.۰۰
پروژه ۱۲	۳۸۲۲۱۹۰۸۲۶	۳۸۲۲۱۹۰۸۲۶	۰.۰۰
پروژه ۱۳	۳۸۲۴۱۷۲۳۱۳	۳۸۱۹۲۲۴۷۷۷	۰.۱۳
پروژه ۱۴	۱۷۰۰۰۰۰۰	۱۷۲۵۰۰۲۰۳	-۱.۴۷
پروژه ۱۵	۴۷۵۰۰۰۰۰	۴۶۳۰۷۰۲۴۱	۲.۵۱
پروژه ۱۶	۵۴۰۰۰۰۰۰	۵۳۷۹۲۴۰۰۷	۰.۳۸
پروژه ۱۷	۳۴۷۰۰۰۰۰	۳۵۱۰۰۰۲۷۴۳	-۱.۱۵
پروژه ۱۸	۲۳۴۰۰۰۰۰	۲۴۳۰۰۰۰۰	-۳.۸۵
پروژه ۱۹	۹۳۰۰۰۰۰۰	۹۲۱۰۰۰۰۰	۰.۹۷
پروژه ۲۰	۵۳۵۰۰۰۰۰	۵۴۱۰۰۰۰۰	-۱.۱۲
پروژه ۲۱	۱۰۰۰۰۰۰۰	۱۱۲۰۰۰۰۰	-۱۲.۰۰
پروژه ۲۲	۱۵۱۰۰۰۰۰	۱۵۹۷۲۴۰۰۰	-۵.۷۸
پروژه ۲۳	۴۰۰۰۰۰۰۰	۳۹۰۰۰۷۴۷۸	۲.۵۰
پروژه ۲۴	۱۱۰۰۰۰۰۰	۹۰۲۳۴۷۳۷	۱۷.۹۷
پروژه ۲۵	۶۱۰۰۰۰۰۰	۶۲۳۰۱۱۹۲	-۲.۱۳
پروژه ۲۶	۳۷۵۰۰۰۰۰	۳۸۷۸۲۴۷۲۱۴	-۳.۴۲
پروژه ۲۷	۷۳۰۰۰۰۰۰	۷۲۷۰۰۰۰۰	۰.۴۱
پروژه ۲۸	۱۸۱۰۰۰۰۰۰	۱۸۹۰۰۰۰۰۰	-۴.۴۲
پروژه ۲۹	۵۸۰۰۰۰۰۰	۵۸۲۰۷۷۹۳۴	-۰.۳۶
پروژه ۳۰	۵۵۰۰۰۰۰۰	۵۴۳۰۲۲۷۵۸	۱.۲۷

ترسیم ساختار شبکه عصبی چند لایه

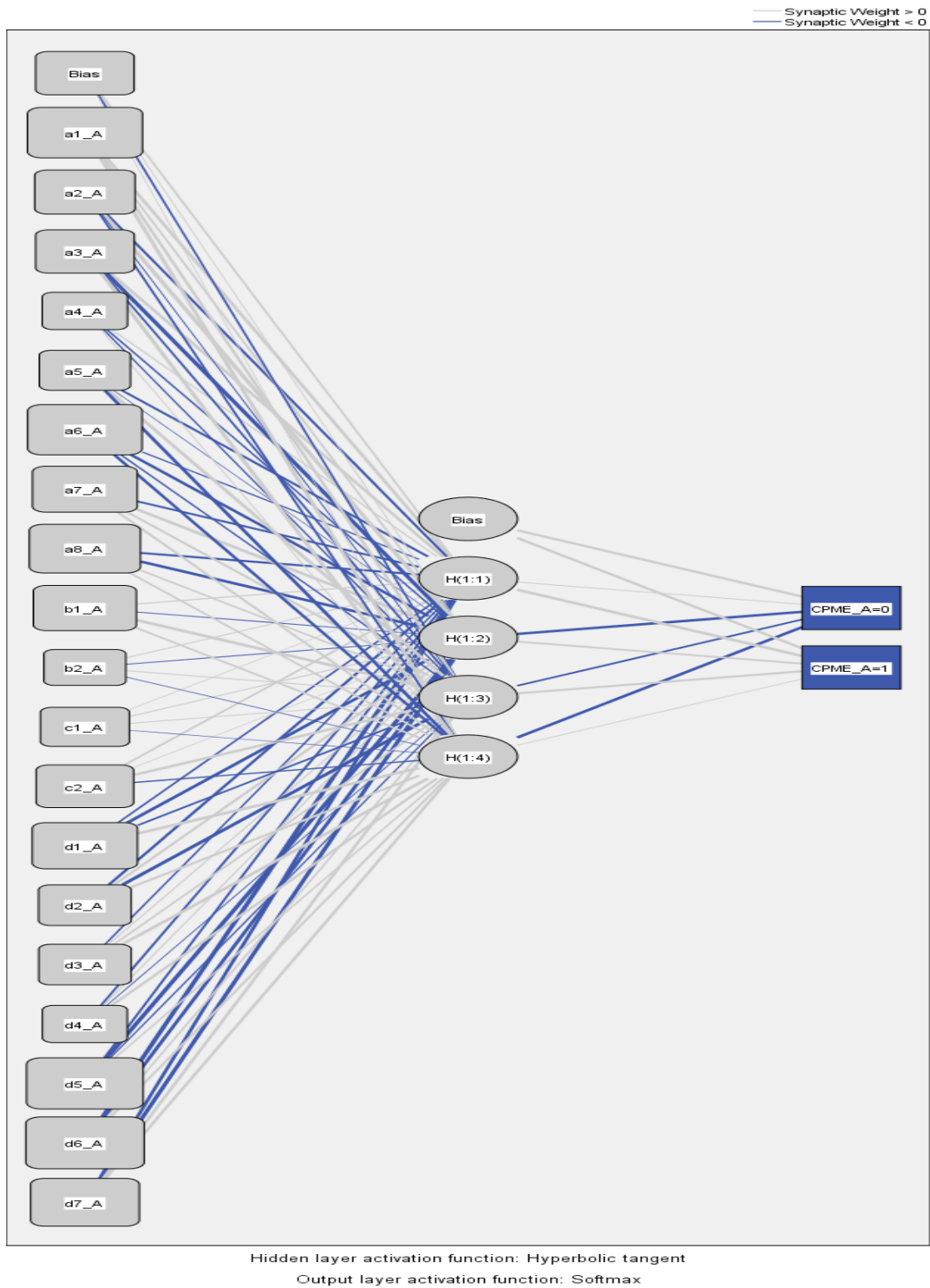
معماری شبکه عصبی حاصل شامل ۱۹ لایه ورودی، ۴ لایه میانی و ۱ لایه خروجی است. تابع عملکرد مورد استفاده در لایه میانی تابع هیپربولیک تانژانت و تابع خطای مورد استفاده خطای آنتروپی می باشد. خطای آنتروپی به دست آمده از این مدل برابر ۱۱.۵۰ در نمونه traninig و مقدار این خطا در نمونه testing برابر ۴.۸۷ می باشد. همچنین درصد پیشگویی نادرست در نمونه traninig برابر ۰.۳۴ و در نمونه testing در صد پیشگویی نادرست برابر ۴.۸۷ می باشد. در حالت کلی دقت طبقه بندی مدل در روش شبکه عصبی برابر ۸۳٪ در حالت کلی درنمونه traninig می باشد.

در جدول (۴) اطلاعات کلی مدل شامل لایه ورودی (۱۹ متغیر مستقل)، لایه پنهان (۴ لایه) و لایه خروجی (۲ لایه) ارائه شده است.

جدول ۴: اطلاعات کلی مدل شبکه

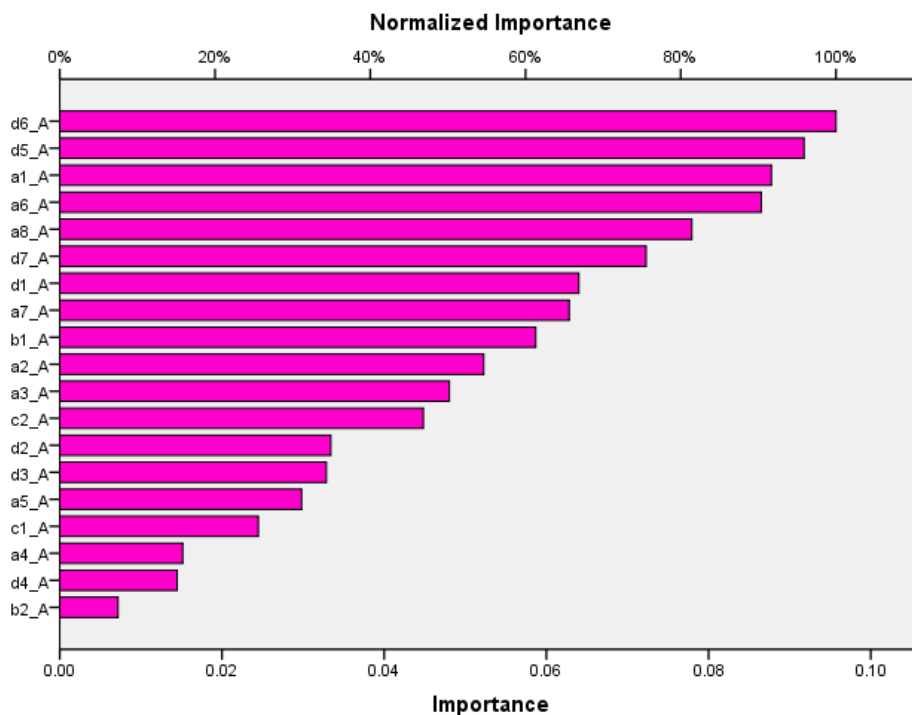
جلسات مدیر پروژه	۱	متغیرهای مستقل	لایه ورودی
زمان اختصاص داده شده به پروژه	۲		
توسط مدیر پروژه	۳		
بازدید از سایت توسط مدیر پروژه	۴		
زیردستان مدیر پروژه	۵		
سطح دانش مدیر پروژه	۶		
تجربه مدیر پروژه	۷		
تجربه مدیریت پروژه ی مدیر پروژه	۸		
تجربه ی فنی مدیر پروژه	۹		
گردش مالی تیم	۱۰		
مشوقهای پولی	۱۱		
طراحی کامل در شروع	۱۲		
بودجه احتمالی	۱۳		
بازرسی پیشرفت	۱۴		
بازرسی کیفیت	۱۵		
بازرسی ایمنی	۱۶		
جلسات کنترل طراحی	۱۷		
جلسات کنترل	۱۸		
به روز رسانی برنامه	۱۹		
۱۹	تعداد کل متغیرهای مستقل		
نرمال سازی	مقیاس داده ها جهت شبکه عصبی		
۱	تعداد لایه پنهان		لایه پنهان
۴	تعداد واحدهای لایه پنهان		
هیپربولیک تانژانت	تابع مورد استفاده		
CPME	متغیر وابسته		لایه خروجی
۲	تعداد واحد لایه خروجی		
سافت ماکس	تابع مورد استفاده		
آنتروپی	تابع خطا		

شکل ۱: ترسیم مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه



اهمیت متغیرهای مستقل که در نمودار و جدول پایین آمده است پنج متغیر تاثیر گذار که دارای بالاترین اهمیت هستند شکل (۲) می باشد. براین اساس به روز رسانی برنامه، جلسات کنترل، جلسات مدیر پروژه، تجربه مدیر پروژه و تجربه فنی مدیر پروژه از بیشترین اهمیت در میان سایر متغیرها برخوردار است.

شکل ۲: اهمیت نرمال شده متغیرهای مستقل



همچنین با توجه به مطالب بالا چنین نتیجه می شود که مدل ساختار شبکه عصبی از همه متغیرهای مستقل مسأله برای پیش بینی متغیر وابسته استفاده می کند.

جدول ۵: اهمیت متغیرهای مستقل

شاخص ها	تاثیرگذاری نرمال شده	درصد تاثیرگذاری
جلسات مدیر پروژه	٪۹۱.۷	۰.۰۸۸
زمان اختصاص داده شده به پروژه توسط مدیر پروژه	٪۵۴.۶	۰.۰۵۲
بازدید از سایت توسط مدیر پروژه	٪۵۰.۲	۰.۰۴۸
زیردستان مدیر پروژه	٪۱۵.۸	۰.۰۱۵
سطح دانش مدیر پروژه	٪۳۱.۲	۰.۰۳۰
تجربه مدیر پروژه	٪۹۰.۴	۰.۰۸۷
تجربه مدیریت پروژه ی مدیر پروژه	٪۶۵.۶	۰.۰۶۳
تجربه ی فنی مدیر پروژه	٪۸۱.۴	۰.۰۷۸
گردش مالی تیم	٪۶۱.۳	۰.۰۵۹

۰.۰۰۷	٪۷.۵	مشوق های پولی
۰.۰۲۴	٪۲۵.۶	طراحی کامل در شروع
۰.۰۴۵	٪۴۶.۸	بودجه احتمالی
۰.۰۶۴	٪۶۶.۹	بازرسی پیشرفت
۰.۰۳۳	٪۳۴.۹	بازرسی کیفیت
۰.۰۳۳	٪۳۴.۴	بازرسی ایمنی
۰.۰۱۴	٪۱۵.۱	جلسات کنترل طراحی
۰.۰۹۲	٪۹۵.۹	جلسات کنترل
۰.۰۹۶	٪۱۰۰.۰	به روز رسانی برنامه
۰.۰۷۲	٪۷۵.۵	به روز رسانی بودجه

در جدول (۵) اطلاعات تفصیلی درصد تاثیرگذاری هریک از متغیرهای مستقل در مدل نشان داده شده است و بیانگر این است که بیشترین درصد تاثیرگذاری مربوط به متغیرهای به روز رسانی برنامه و کمترین آن مربوط به متغیرهای مشوق های پولی می باشد. با توجه به اطلاعات ورودی شبکه ی عصبی که مربوط به شاخص های اثربخشی مدیریت پروژه می باشند و اولویت بندی زیر شاخص ها که بدست آمده است؛ خروجی شبکه که اختلاف هزینه ی پروژه ها را که براساس میزان پیش بینی هزینه و هزینه واقعی بررسی می کند را نشان می دهد. با توجه به اطلاعات مربوط به هزینه ی تمام شده ی پروژه ها که یکی از شاخص های اصلی اثربخشی در پروژه های عمرانی است می توان اثربخشی پروژه ها را بررسی کرد. در تحقیق حاضر ۲۰ پروژه از ۳۰ پروژه ی نمونه اثربخش و ۱۰ پروژه غیر اثربخش بوده اند که در صورت توجه به اولویت بندی و درجه ی اهمیت شاخص ها می توان در آینده پروژه های اثربخش تری را شاهد باشیم.

۶- بحث و نتیجه گیری

برای رویارویی با تغییرات اقتصادی و اجتماعی، سیستم های علم و تکنولوژی بایستی یا از طریق سازگار کردن تکنولوژی های فعلی و یا ایجاد و بکارگیری تکنولوژی های جدید، قادر به پاسخ گویی و تغییر باشند. ارزش آینده نگاری در آن است که یک فرصت ساختاریافته را برای نگاه به آینده و بررسی نقش علم و تکنولوژی در آینده، فراهم می آورد.

آینده نگاری به یکی از ابزارهای مهم سیاست گذاران و تصمیم گیران تبدیل شده است. ترسیم آینده های مطلوب، امکان پذیر و تلاش برای تحقق چنین آینده های را می توان آینده نگاری نامید. یکی از مزایای انجام آینده نگاری استفاده از نتایج و دانش ایجاد شده برای تصمیم گیری و سیاست گذاری می باشد. نتایج آینده نگاری چون از همفکری و اجماع بین بخش های دانشگاهی، صنعتی و سازمان های حکومتی حاصل شده است احتمال موفقیت آن بسیار زیاد بوده زیرا از حمایت های فراوانی در جامعه برخوردار می باشد. برنامه های آینده نگاری ملی قدیمی ترین و شناخته شده ترین برنامه های آینده نگاری بوده و پیشرو انجام آن کشور ژاپن می باشد. استفاده از آینده نگاری شرکتی برای تقویت قابلیت های رقابتی بنگاه در سطح بازار می باشد. انجام آینده نگاری موفقیت آمیز در هریک از این سطوح نیازمند استفاده از

تجربیات، دانش و نتایج حاصل از آینده نگاری سطوح دیگر می باشد. نگارنده امیدوار است که در کشور ما نیز فعالیت های آینده نگاری به صورت منظم و مداوم در سطوح مختلف ملی، منطقه ای و شرکتی صورت پذیرفته تا با گرد هم آمدن بازیگران مهم عرصه علم و فناوری ایجاد آینده های مطلوبتر با همفکری در دستور کار قرار بگیرد. آینده نگاری، یک پاسخ و به نظر مارتین و ایروین تنها پاسخ قابل قبول برای برطرف نمودن تعارضات ناشی از اولویت گذاری است، تعارضاتی که بوسیله افزایش تدریجی هزینه های آزمایشات، منابع محدود، پیچیدگی تصمیم گیری های علمی و اعمال فشار های مختلف جهت دستیابی به ارزش واقعی پول و در نظر گرفتن جنبه های اقتصادی اجتماعی، ایجاد می شود. آینده نگاری، حداقل در مبانی و اصول خود، یک مکانیسم سیستماتیک به منظور فایق آمدن بر پیچیدگی ها و وابستگی های متقابل تصمیم ها ارائه می کند. آینده نگاری، این عمل را از طریق تحت تأثیر قراردادن تصمیم گیری های بلندمدت در خصوص تحقیقات و به خصوص تسهیل نمودن فرآیند سیاستگذاری، هنگامی که یکپارچگی و هماهنگی فعالیت ها در چندین بخش مختلف امری حیاتی است، به انجام می رساند (کینان، ۲۰۰۳).

آینده نگاری بعنوان یک ابزار بسیار موثر جهت سیاستگذاری (و بخصوص سیاستگذاری علم و تکنولوژی) به دولت ها کمک می نماید تا در شرایط دنیای امروز به چالش هایی همچون جهانی شدن و رقابت فزاینده پاسخی مناسب ارائه و اقداماتی موثر انجام دهند. در انجام هر پروژه آینده نگاری ناگزیر باید انواع خاصی از ابعاد یک پروژه را انتخاب نمود که این انتخاب با توجه به متغیرهای مختلف انجام می پذیرد. تحقیق حاضر تلاشی است که جهت مشخص نمودن متغیرهای تاثیرگذار بر برخی از ابعاد یک پروژه های عمرانی با تاکید بر کاربرد آینده نگاری انجام شد بگونه ای که در انتهای تحقیق، فهرستی از این متغیرها بدست آمد. در این تحقیق از طریق مطالعه ادبیات، مصاحبه با خبرگان و پیمایش از طریق پرسشنامه، ۲۰ متغیر که بر ابعاد انتخابی این تحقیق تاثیرگذارند، شناسایی و میزان اهمیت آنها تعیین گردید.

منابع

۱. راعی، رضا، (۱۳۸۰)، شبکه های عصبی: رویکردی نوین در تصمیم گیری های مدیریت، مجله مدرس، دوره ۵ شماره ۲.
۲. الوانی، مهدی؛ حسین پور، داود؛ (۱۳۸۶)، کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در تصمیم گیری راهبردی، فصلنامه مطالعات مدیریت شماره ۵۴.
۳. صالحی سده، رضا؛ (۱۳۸۳)، "کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی جریان رودخانه" پایان نامه کارشناسی ارشد عمران آب، دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد
۴. ابریشمی، حمید؛ معینی، علی؛ مهرآرا، احمراری؛ محسن؛ سلیمانی کیا، فاطمه؛ (۱۳۸۷)، "مدل سازی و پیش بینی قیمت بنزین با استفاده از شبکه عصبی، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران. حمید ابریشمی
۵. مهرگان، محمدرضا؛ فراست، علیرضا؛ (۱۳۸۷)، ارائه یک الگوریتم ترکیبی شبکه های عصبی - تکامل توام ژنتیک، جهت مساله طراحی مقاوم چند متغیره در مهندسی کیفیت، نشریه مدیریت فناوری اطلاعات، دوره ۱، شماره ۱.
۶. منهج، محمد رضا، (۱۳۸۴)، مبانی شبکه های عصبی (جلد اول)، انتشارات دانشگاه صنعتی. امیرکبیر، چاپ سوم،
۷. مهرگان، محمدرضا، (۱۳۸۶)، تصمیم گیری با چندین هدف، انتشارات دانشکده مدیریت. دانشگاه تهران،
۸. مونت گمری، راگلاس سی، (۱۳۸۰)، ترجمه غلامحسین شاهکار "طرح و تحلیل آزمایش ها، مرکز نشر دانشگاهی،

۹. حافظ نیا، محمدرضا، (۱۳۸۶)، مقدمه ای بر روش های تحقیق در علوم انسانی، انتشارات سمت.
۱۰. البرزی، محمد، (۱۳۸۰)، "آشنایی با شبکه های عصبی"، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
۱۱. خاکی، غلامرضا، (۱۳۸۳)، روش تحقیق در مدیریت، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، چاپ دوم،
۱۲. سرمد، زهره؛ بازرگان، عباس؛ حجازی، الهه، (۱۳۷۶)، روش های تحقیق در علوم رفتاری. تهران: انتشارات آگاه
۱۳. دفتر همکاری های فناوری ریاست جمهوری، "گذری بر تجربیات"، گزارش دوم گروه پژوهش آینده نگری فناوری، تابستان ۱۳۸۱.
۱۴. فتوحی فیروزآباد، محمود و قاسمی، محمد، (۱۳۸۲)، "روش های آینده نگاری و کاربرد آن در تعیین اولویتهای فناوری کشور"، مجموعه مقالات دومین همایش علم و فناوری- آینده و راهبردها، تهران.
15. Hawkins, T. (1994). Neural network models for time series forecasts, management science, 42: 1082-1092.
16. Shannbrg, A., (1990). Equity Trend Prediction with Neural Networks; Res. Lett. Inf. Math. Sci., Vol.6, pp 15-29., Dawn business.
17. Habrmn , A. , Rumelhart, G. (1992). Genetic Algorithms Approach to Feature Discretization in Artificial Neural Networks for the Prediction of Stock Price Index; Expert System with Application, 19, 125-132
18. Hajemer, S., Beher, N. and D. Scuse. (2000). Static, Dynamic, and Hybrid Neural Networks in Forecasting Inflation, Computational Economics, 14:219-235.
19. Cao,j. (2001). Unit Root and Co integration in Econometrics, Cultural Service Institute, First Edition.
20. Gavigan, P. James & Fabiana Scapolo, "FOREN Workpackage 3", IPTS, Seville, December 2000.
21. Keenan, Michael, "Technology Foresight: An Introduction", Technology Foresight for Organizers, 8-12 December 2003, Ankara, Turkey.
22. Loveridge, Denis, Kirsten Cuhls, Mike Keenan and Maria Nedeva, "The practice of national Foresight programmes - A New Analytical Framework", Policy Research in Engineering Science & Technology (PREST), May 2001.
23. Miles, Ian and Michael Keenan, "Organising a Technology Foresight Exercise", Technology Foresight for Organizers, 8-12 December 2003 a, Ankara, Turkey.
24. Nyiri, Lajos, "Foresight as a Policy-making Tool", Technology Foresight for Organizers, 8-12 December 2003, Ankara, Turkey.
25. University of Durham Business School, "Leading into the Future: Foresight Perspectives from the Construction Industry Research and Information Association (CIRIA)", November 2000.
26. Voros, Joseph, "A generic foresight process framework", Foresight Journal, 2003, this journal is available at <http://www.emeraldinsight.com/1463-6689.htm>
27. Zhang,L. Pato, N. Hu, S. (1998). Neural networks versus time series methods: A forecasting exercises, 14th international symposium on forecasting, Sweden
28. Studies, Volume 7, No. 14, P. 87-120.
29. Asrenivason,h. , Chang ,l. and Liu, G. (1994). Neural network forecasting of Canadian GDP growth, International Journal of Forecasting, 17: 57-69.
30. Faust, g.(1994) Application of Neural Networkto Technical Analysis of Stock Market Prediction; Department of Information System Engineering, Faculty of Engineering, Japan: Osaka University.

31. Dar ,L. , Stein M. (1997) Predictable Variation and Profitable Trading of US Equities: A Trading Simulation Using Neural Networks; *Computer & Operations Research*, 27:1111-1129.
32. Fama, Eugene F. (1970) Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work; *The Journal of Finance*, Vol. 25, 383-417.
33. Fernandez-Rodriguez, F., C. Gonzlez-Martel & S. Sosvilla-Rivero (2000) On The Profitability of Technical Trading Rules Based on Artificial Neural Networks: Evidence from the Madrid Stock Market; *Economic Letters*, 69: 89-94.
34. Gencay, R. & T. Stengos (1998) Moving Averages Rules, Volume and the Predictability of Security Returns with Feed-Forward Networks; *Journal of Forecasting*, 17: 401-414
35. Quah, T. & B. Srinivasan (1999) Improving Returns on Stock Investment Through Neural Network Selection; *Expert Systems with Applications* 17:295-301.
36. Hsieh Kun-Lin, Tong Lee-Ing, Chiu Hung-Pin, Yeh Hsin-Ya, (2005), "Optimization of a multi-response problem in Taguchi's dynamicsystem", *Computers & Industrial Engineering* 49, pp.556-571.
37. Juille H., Pollack J., (1998), "Coevolving the "ideal" trainer: Application to the discovery of cellular automata rules", *Proc.Third Annual Genetic Programming Conf.*
38. Ko Dae-Cheol, Kim Dong-Hwan, Kim Byung-Min, Choi J.C., (1998), "Methodology of preform design considering workability in metal forming by the artificial neural network and Taguchi method", *Journal of Materials Processing Technology* 80-81, pp.487-492.
39. Larose D.T, "Discovering Knowledge in Data", John Wiley, (2005). Layne K.L., (1995), "Method to determine optimum factor levels for multiple responses in the designed experimentation", *Quality Engineering* 7 (4), pp.649-656.
40. Li T.S., Su C.T., Chiang T.L., (2003), "Applying robust multi-response quality engineering for parameter selection using a novel neural-genetic algorithm", *Computers in Industry* 50, pp.113-122.
41. Logothetis N. A. (1998), "Haigh Characterizing and optimizing multiresponse processes by the Taguchi method", *Quality and Reliability Engineering International* 4 (2), pp.159-169.
42. Lohn J.D., W. Kraus, G. Haith, (2002), "Comparing a Coevolutionary Genetic Algorithm for Multiobjective Optimization", *Proceedings of the 2002 IEEE Congress on Evolutionary Computation*, pp. 1157-1162.
43. Lohn J.D., G.L. Haith, S.P. Colombano, D. Stassinopoulos, (1999), "A Comparison of Dynamic Fitness Schedules for Evolutionary Design of Amplifiers" *Proc. of the First NASA/DoD Workshop on Evolvable Hardware*, Pasadena, CA, IEEE Computer Society Press, pp. 87-92.
44. Mitchel M, "An introduction to genetic algorithms", MIT Press, (1999). Montgomery D.C, "Design and Analysis Of Experiments", JohnWiley And SonsInc,fifth Edition .
45. Olabi A.G., Casalino G., Benyounis K.Y., Hashmi M.S.J., (2006), "An ANN and Taguchi algorithms integrated approach to the optimization of CO2 laser welding", *Advances in Engineering Software* 37, pp.643-648.
46. Paredis J., (1995), "The symbiotic evolution of solutions and their representations". Pages 359 365 of: Eshelman, L. (ed), *Proceedings of the sixth international conference on genetic algorithms*. San Mateo, CA:Morgan Kaufmann.