مدیریت صنعتی
Journal of Industrial Management
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۷، شمارهٔ ۴
زمستان ۱۳۹۴
ص. ۸۶۰- ۸۳۷

مدل عصبی ـ فازی پشتیبان تصمیم فازهای اولیهٔ پروژه‌های صنعت نفت

محمود گلابچی[۱]، امیر فرجی[۲]

چکیده: طی برنامه‌ریزی‌های پیش از آغاز پروژه به‌عنوان یک مرحلهٔ مهم، تصمیم‌های اساسی اتخاذ می‌شوند که مسیر حرکت پروژه را در جهت موفقیت یا شکست ترسیم می‌کنند. این مرحله به‌ویژه در مگاپروژه‌های نفت، گاز و پتروشیمی که به حجم عظیمی از منابع نیاز دارند، اهمیتی مضاعف می‌یابد. عدم‌قطعیت در فازهای اولیهٔ پروژه زیاد است و باید با حداقل اطلاعات از آینده، عمده‌ترین تصمیم‌گیری‌ها صورت گیرند. در این پژوهش، مدل پیش‌بینی عملکرد برای پروژه‌های صنعت نفت براساس سیستم‌های عصبی- فازی پیشنهاد شده است که بر پایهٔ توابع پیشرفت استوار است که به مدل‌های منحنی S معروف‌اند. در این پژوهش، انواع توابع منحنی‌های پیشرفت پروژه مطالعه و پرکاربردترین آن‌ها شناسایی شدند. درادامه، از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و پرسشنامهٔ بسته، شش معیار عملکردی در قالب دو دسته و ۲۵ متغیر شکل‌دهندهٔ مدل در قالب دو بخش اصلی و چهار خوشه شناسایی شده است. درنهایت، مدل پیش‌بینی عملکرد با استفاده از سیستم انطباقی عصبی- فازی استنتاجی توسعه یافته است که ارزیابی نتایج آن بیانگر دقت مناسب مدل در انجام پیش‌بینی‌هاست.

واژه‌های کلیدی: پروژه‌های صنعت نفت، پیش‌بینی، تصمیم‌های راهبردی، مدل عصبی- فازی، منحنی S پروژه.

۱. استاد گروه مدیریت پروژه و ساخت دانشکدهٔ معماری، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری مدیریت پروژه و ساخت دانشکدهٔ معماری، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹٤/۰۵/۲٦
نویسندهٔ مسئول مقاله: امیر فرجی
E-mail: amirfaraji@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

موفقیت در مدیریت پروژه به‌صورت دستیابی به اهداف از پیش‌تعیین‌شده تعریف می‌شود که دربرگیرندهٔ مجموعه‌ای از پارامترها مانند زمان، هزینه، عملکرد، کیفیت و ایمنی است. هرچند کاربران و عموم لزوماً چنین اهداف و انتظاراتی از پروژه ندارند و انتظارات از خروجی‌های پروژه و درک از موفقیت آن برای افراد مختلف از جمله بخش‌های کارفرمایی، مشاوره و پیمانکاری متفاوت و گاه ممکن است در حوزه‌های زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی کاملاً متضاد باشد (میاگاوا، ۱۹۹۷). درنتیجه، پیش از آغاز پروژه، پیش‌بینی کارفرما دربارهٔ عملکرد پروژه برای اتخاذ تصمیم‌های اولیه بسیار حائز اهمیت است، زیرا در این مرحله عدم‌قطعیت‌ها بیشینه‌اند و دراختیارداشتن تصویری از آینده ممکن است مبنای عینی برای برنامه‌ریزی‌های اولیه باشد (حاجی کاظمی، ۲۰۱۳). همان‌طورکه در جدول ۱ نشان داده می‌شود، برنامه‌ریزی‌های اولیه در دستیابی به موفقیت پروژه اهمیت منحصربه‌فردی دارند. درحقیقت، تصمیم‌گیری‌های نادرست اولیه، برنامه‌ریزی ابتدایی ناکافی و نشناختن مسیر پیش رو انتخاب شکست پروژه از همان ابتداست (لیم، ۱۹۹۹).

جدول ۱. دلایل و فراوانی مشکلات و شکست‌های پروژه‌ای

دلایل شکست پروژه	تعداد	دلایل شکست پروژه	تعداد
برنامه‌ریزی اولیهٔ ناکافی	۳۶	برآوردهای مالی ضعیف	۹
رهبر پروژه	۲۵	محیط پروژهٔ پویا	۸
تعهد اعضای تیم	۲۲	بهره‌وری/ عملکرد/ کیفیت	۸
فقدان تعریف تیم	۱۸	تعریف غیرشفاف فعالیت‌ها	۸
شفاف‌نبودن اهداف	۱۷	اولویت‌ها و تمایلات مختلف	۷
فقدان پشتیبانی مدیریت ارشد	۱۶	ارتباطات ضعیف	۶
پایش ضعیف	۱۵	فعالیت‌های فنی	۲

منبع: لیم (۱۹۹۹)

مسئلهٔ اصلی تحقیق این است که مدل و فرایند علمی و مشخصی برای اتخاذ تصمیم‌های اولیهٔ پروژه توسط بخش کارفرمایی وجود ندارد و این تصمیم‌های راهبردی به‌صورت ذهنی و غیراستاندارد در فازهای اولیه– که عدم‌قطعیت پروژهٔ بیشینه است– گرفته می‌شوند. همان‌طورکه در جدول ۱ نیز مشاهده می‌شود، برنامه‌ریزی به‌عنوان یک اصل در مدیریت پروژه تأثیر بسزایی بر موفقیت یا شکست پروژه دارد. همچنین پروژه‌های صنعت نفت، بزرگ‌ترین پروژه‌های صنعت

Archive of SID

www.SID.ir

ساختمان از لحاظ حجم مالی در جهان شناخته می‌شوند؛ بنابراین، ضرورت این پژوهش از نبود روند معین برنامه‌ریزی‌های راهبردی صنعت نفت ایران ناشی می‌شود. درنتیجه، هدف این تحقیق طراحی و استقرار یک سیستم پشتیبان تصمیم برای مدیران ارشد بخش کارفرمایی است تا از طریق آن بتوان عملکرد پروژه را در حوزه‌های مختلف پیش‌بینی کرد و برمبنای آن تصمیم‌های راهبردی پروژه را بهبود بخشید.

پیشینهٔ پژوهش

پیش‌بینی به‌معنای کاربرد داده‌های تاریخی به‌منظور تعیین جهت تمایلات آینده است. به‌معنای دیگر، پیش‌بینی فرایند اظهارنظر درمورد رویدادهایی است که نتایج واقعی آن‌ها تاکنون مشاهده نشده‌اند (باکس، ۲۰۰۳). در مدیریت پروژه، قابلیت اطمینان از پیش‌بینی‌ها به این بستگی دارد که مدل پروژه ظرفیت نمایش پویایی واقعی پروژه را داشته باشد. با توجه به ماهیت مدل پروژه، از انواع روش‌های فیلترکردن می‌توان برای اصلاح مدل فرضی با دنبال‌کردن پیشرفت واقعی پروژه استفاده کرد. ممکن است پیش‌بینی به‌صورت ارزش مورد انتظار از برآورد هزینهٔ نهایی (EAC) یا مدت برآوردشده برای تکمیل (EDAC) یا به‌صورت برآورد الگوهای توزیع متغیرهای زمان، هزینه و سایر منابع در طول مدت پروژه باشند. به‌طورکلی، دو دسته از مدل‌های پیش‌بینی برای پروژه‌ها قابل شناسایی است (بوندوگولا، ۲۰۰۹):

۱. پیش‌بینی ارزش پروژه (در زمان اجرای پروژه): در این حالت، پیش‌بینی فرایند برون‌یابی[1] عملکرد فعلی پروژه یا سیستم برای آینده است که شامل پیش‌بینی براساس مدل پروژه بدون داشتن هیچ‌گونه اطلاعات از ماهیت پروژه و پیش‌بینی براساس مدل پروژه با وجود داشتن اطلاعات از پویایی پروژه است. همچنین، انواع مدل‌ها در این زمینه معرفی شده‌اند که یکی از روش‌های جدید آن پیش‌بینی عملکرد پروژه با استفاده از فیلتر کالمن است.

۲. پیش‌بینی عملکرد پروژه (پیش از آغاز پروژه): پیش‌بینی یکی از اجزای ضروری تصمیم‌گیری در شرایط عدم‌قطعیت است. درواقع، نیاز به پیش‌بینی زمانی به‌وجود می‌آید که دربارهٔ آینده عدم‌قطعیت وجود دارد و بخش‌هایی از آینده غیرقابل‌کنترل است. درمجموع، روش‌های پیش‌بینی را می‌توان به چهار گروه دسته‌بندی کرد (ماکریداکیس و همکاران، ۱۹۸۲): رویکردهای قضاوت خالص، روش‌های علی یا توصیفی، روش‌های تعمیمی (سری‌های زمانی) و روش‌های ترکیبی. یکی از مهم‌ترین روش‌های تعمیمی و احتمالی، پیش‌بینی پروژه‌ها برمبنای

1. Extrapolation

Archive of SID

www.SID.ir

استنتاج بیزی[1] و توابع منحنی‌های S است (گاردونی، ۲۰۰۷). منحنی‌های S که با نام منحنی‌های پیشرفت نیز شناخته می‌شوند، پیشرفت تجمعی پروژه را در دورهٔ اجرا نمایش می‌دهند. در این روش‌ها، اطلاعات اجرایی موجود که پیش از آغاز پروژه در دسترس هستند، به‌شکل مؤثری در پیش‌بینی‌های موثق کاربرد دارند. این اطلاعات به‌صورت برنامه‌های تفصیلی پروژه، داده‌های تاریخی یا قضاوت ذهنی مهندسان پروژه نیز استفاده می‌شوند. کاربرد مؤثر اطلاعات اجرایی موجود در پیش‌بینی پروژه، مزیت اساسی را برای انجام‌دادن پیش‌بینی در فازهای اولیهٔ پروژه- که داده‌های اجرایی واقعی کافی در دست مدیران نیست- فراهم می‌آورد. همچنین، تجربه نشان داده است منحنی‌های تجمعی پیشرفت پروژه مانند هزینه‌های تجمعی، نفرساعت نیروی انسانی و درصد تکمیل کار، صرف‌نظر از واحد اندازه‌گیری، الگوهای S مانند را دنبال می‌کنند (گاردونی، ۲۰۰۷). درواقع، منحنی S ویژگی عمومی تمام پروژه‌ها صرف‌نظر از نوع، اندازه و پیچیدگی پروژه است، اما شکل منحنی با توجه به ماهیت پروژه متفاوت است. در مدیریت پروژه منحنی‌های S، پیشرفت تجمعی در طول زمان را نمایش می‌دهد که بیانگر میزان کار انجام‌گرفته است و نقطهٔ ابتدایی پروژه را به نقطهٔ تکمیل پروژه برای یک پارامتر ویژه مثلاً بودجه متصل می‌کنند و مسیر منحنی نشان‌دهندهٔ تابع اهداف برحسب زمان است (کیم، ۲۰۰۷). درادامه، مدل‌های عصبی ـ فازی و مدل‌های ایجادکنندهٔ منحنی S که در توسعهٔ مدل کاربرد داشته‌اند، معرفی می‌شوند.

مدل‌های عصبی ـ فازی

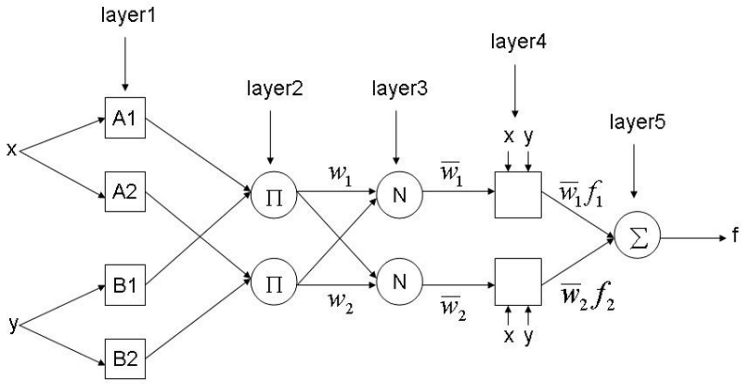
روش‌های تحلیل عددی برای سیستم‌های فازی بسیار توسعه یافته و مجموعهٔ وسیعی از تحقیقات در این زمینه انجام گرفته است. سیستم‌هایی که از منطق فازی استفاده می‌کنند، می‌توانند قوانین یا دانش را به‌عنوان فرم «اگر چنین شود» دنبال کنند و از مزایای تحلیل ریاضی در مدل‌سازی و انتخاب پارامتر مناسب بهره برند. ترکیب شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی، روشی قدرتمند برای توسعهٔ سیستم‌های فازی شناخته می‌شود. در سیستم‌های فازی، رابطهٔ میان ورودی و خروجی به‌صورت واضح به فرم «اگر چنین شود» ظاهر می‌شود، اما شبکه فقط با پارامترها «کدبندی» نمی‌شود. همچنین، در مقابل تکنیک‌های مبتنی‌بر دانش، به دانش غیرآشکار نیز در شبکه‌های عصبی نیاز است. مدل‌سازی عصبی- فازی به‌عنوان ابزاری قدرتمند، ممکن است در توسعهٔ مؤثر مدل‌ها از طریق ترکیب اطلاعات از منابع مختلف مفید باشد و در عین حال با مدل‌های تجربی نیز تطابق داشته باشد. درنتیجه، در بسیاری از موارد، مدل‌های

1. Bayesian Inference

Archive of SID

www.SID.ir

عصبی- فازی می‌توانند برای توضیح‌دادن راه‌حل‌ها برای کاربران به‌شکل بهتری استفاده شوند تا استفاده از مدل‌های جعبهٔ سیاه مانند شبکه‌های عصبی. در سال‌های اخیر، انواع برنامه‌ها برای مدل عصبی- فازی مطرح شده است. سیستم انطباقی عصبی- فازی استنتاجی قابلیت خوبی در آموزش، ساخت و طبقه‌بندی دارد و همچنین اجازهٔ استخراج قوانین فازی را از اطلاعات عددی یا دانش متخصص می‌دهد و به‌طور تطبیقی یک مدل مبتنی‌بر قاعده می‌سازد. علاوه‌براین، ممکن است تبدیل پیچیدهٔ هوش بشری به سیستم‌های فازی را تنظیم کند. مشکل اصلی انجام‌دادن پیش‌بینی با این روش، نیاز به تخصیص زمان مناسب برای آموزش ساختار و تعیین پارامترهاست (زاده، ۱۹۹۵). درنتیجه، ساختار سیستم انطباقی عصبی- فازی استنتاجی، همان‌طورکه در شکل ۱ نمایش داده شد، شبکهٔ تطبیق‌پذیر و قابل‌آموزشی است که به‌لحاظ عملکرد کاملاً مشابه سیستم استنتاج فازی است (جنگ، ۱۹۹۳). برای فازی‌سازی در بخش‌های عملیاتی دو روش وجود دارد، روش ممدانی و روش سوگنو که تفاوت آن‌ها در شیوهٔ تعریف متغیرهای خروجی و درنتیجه در روش غیرفازی‌سازی است. در سیستم‌های سوگنو، متغیرهای خروجی به‌صورت ترکیب خطی ورودی‌ها تعریف می‌شود. کار اصلی در فازی‌سازی یک سیستم به روش سوگنو، تعیین ضرایب است (چاو، ۲۰۰۷).



شکل ۱. ساختار عمومی سیستم انطباقی عصبی- فازی استنتاجی

انواع مدل‌های ایجادکنندهٔ منحنی S

در پژوهش‌ها و تحقیق‌های مختلف از انواع توابعی که می‌توانند منحنی S پروژه را تولید کنند، به‌منظور انجام پیش‌بینی‌ها استفاده شده است. دستهٔ اول مدل‌های منحنی S با شکل ثابت

www.SID.ir

هستند که به یک یا چند ضریب پارامتریک وابسته‌اند و با تغییر این ضرایب، منحنی‌های S متنوعی را می‌توان ایجاد کرد (کیم، ۲۰۰۷). مهم‌ترین توابع با شکل ثابت عبارت‌اند از:

رابطهٔ ۱) $$Pearl\ (t;a,b):\mathrm{w(t)} = \mathrm{S}/(1 + a.\exp(-bt))$$

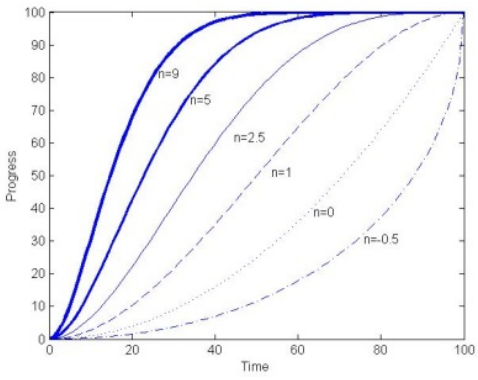
رابطهٔ ۲) $$Gompertz(t;\ a,b): w(t) = S.\exp\{-aexp\ [-bt]\}$$

رابطهٔ ۳) $$Dual - Gompertz\ (t;a,b): w(t) = S.(1 - exp\{-a.\exp[-b.t]\})$$

رابطهٔ ۴) $$Function\ 46(t;n,b): w(t) = S\left[\frac{b-t}{b}\right]^{n+1}\left[\left(\frac{b-t}{b}\right)(n+1) - (n+2)\right] + S$$

رابطهٔ ۵) $$Function\ 46(t;n,b): w(t) = S\left[\frac{(n+3)(n+2)(n+1)}{2b^2}\right]\left[\frac{b-t}{b}\right]^{n+1}\left[\left(\frac{2b(b-t)}{n+2}\right) - \left(\frac{(b-t)^2}{n+3}\right) - \left(\frac{b^2}{n+1}\right)\right] + S$$

در روابط بالا، w(t) نشان‌دهندهٔ پیشرفت تجمعی در زمان t و S نشان‌دهندهٔ حالت نهایی در زمان تکمیل است. مهم‌ترین قوت مدل‌های با شکل ثابت سهولت استفاده و کاربرد واقعی آن‌هاست و ضعف آن‌ها محدودیت در ایجاد منحنی‌های S پیچیده و متنوع به‌دلیل تعداد کم ضرایب پارامتریک است (شکل ۲).



شکل ۲. منحنی تابع ٤٦ به‌ازای مقادیر مختلف n

Archive of SID

www.SID.ir

دستهٔ دوم مدل‌های قابل‌گسترش با فرم‌های زیر هستند که از لحاظ میزان مناسب‌بودن برازندگی با منحنی‌های مختلف قابلیت برازش بسیار بالایی دارند (گاردونی، ۲۰۰۷):

رابطهٔ ۶)
$$Gaussian(t; a_1, \dots, a_n;\ b_1, \dots, b_n) = a_1 \exp\left(-\left((t-b_1)/C_1\right)^2\right) + \cdots + a_n exp\left(-\left((t-b_n)/c_n\right)^2\right)$$

رابطهٔ ۷)
$$Fourier(t; a_1, \dots, a_n;\ b_1, \dots, b_n; w) = a_0 + a_1 \cos(tw) + b_1 \sin(tw) + \cdots + b_n \sin(ntw)$$

رابطهٔ ۸)
$$Polynomial(t;\ p_1, \dots, p_n) = p_1 t^n + \cdots + p_n t + p_{n+1}$$

نقص اصلی این دسته از توابع آن است که به‌دلیل ماهیت سری‌بودن این توابع، بهترین برازش‌ها زمانی حاصل می‌شود که تعداد جملات از یک حداقل مشخص بالاتر رود. افزایش تعداد جملات سری در تابع سبب می‌شود تعداد ضرایب پارامتریک به‌صورت نمایی افزایش یابد و این امر موجب می‌شود در برازش‌های با دقت بالا درعمل امکان تحلیل پارامتریک برای مدل‌سازی وجود نداشته باشد.

تابع سوم، مدل منحنی S بتا است که منحنی‌های بسیار انعطاف‌پذیری را ارائه می‌دهد و قابلیت برازش با طیف وسیعی از الگوهای تجمعی را دارد (ابوریزک، ۱۹۹۲).

رابطهٔ ۹)
$$dw(t)/dt = \Gamma(\alpha+\beta).x^{\alpha-1}.(T-x)^{\beta-1}/\Gamma(\alpha).\Gamma(\beta).\mathrm{T}^{\alpha+\beta-1}$$

مزیت اصلی توزیع بتا، امکان تولید طیف گسترده‌ای از توزیع‌ها با تغییر پارامترهاست و مهم‌ترین عیب آن را می‌توان انتگرال‌ناپذیربودن رابطهٔ آن دانست.

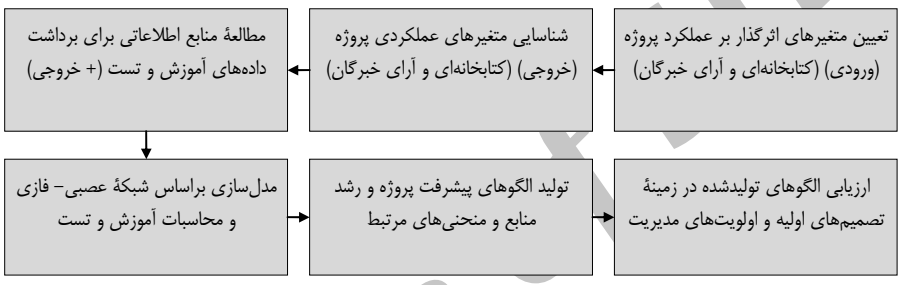
روش پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ گردآوری داده‌ها از نوع تحقیقات توصیفی است که براساس منطق توابع پیشرفت پروژه، قصد تبیین تأثیر چند متغیر مستقل بر چند متغیر وابسته را دارد و همچنین با توجه به آن بخش از تحقیق که برمبنای داده‌های پروژه‌های اجراشدهٔ صنعت نفت استوار است، پژوهش را می‌توان از نوع پس‌رویدادی و برمبنای تجزیه و تحلیل داده‌های واقعی دانست. این تحقیق از نظر هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی محسوب می‌شود و برای گردآوری داده‌های آن از ابزارهای مطالعات کتابخانه‌ای به‌منظور مرور ادبیات موضوع، بررسی اسناد و گزارش‌های پروژه‌های تکمیل‌شدهٔ صنعت نفت و همچنین از آرای خبرگان از طریق پرسشنامهٔ بسته شامل

Archive of SID

www.SID.ir

سه بخش شناسایی شاخص‌های مهم تعیین عملکرد پروژه، متغیرهای مهم اثرگذار بر عملکرد پروژه و ارزیابی پنج متغیر مستقل، که جنبهٔ کیفی دارند، استفاده شد. محدودهٔ پژوهش شامل طرح‌ها و پروژه‌های صنعت نفت ایران است که در چهار شرکت اصلی زیرمجموعهٔ وزارت نفت اجرا شده‌اند و گزارش‌های آن‌ها موجود و موثق است. در این پژوهش، مدل‌سازی با استفاده از توابعی که ظرفیت ایجاد منحنی‌های S را در پروژه دارند و از طریق برازش منحنی با داده‌های اجرایی و برقراری ارتباط میان متغیرهای اثرگذار به‌عنوان ورودی و متغیرهای عملکردی به‌عنوان خروجی با استفاده از شبکهٔ عصبی- فازی انجام گرفته است. خلاصهٔ روند مدل‌سازی در قالب نمودار جریان دستیابی به اهداف پژوهش، در شکل ۳ نمایش داده می‌شود.



شکل ۳. نمودار جریان و ساختار روش پژوهش

مدل‌سازی فضای عملکردی سیستم پروژه

منحنی S که نشانگر پیشرفت تجمعی یک متغیر است، برای متغیر هزینهٔ پروژه که عینی‌ترین ویژگی پروژه محسوب می‌شود، به‌صورت سنتی مطالعه شد. با توجه به رویکرد سیستمی به مدیریت پروژه و مفاهیم پایه‌ای مدیریت پروژه، سایر متغیرها را نیز می‌توان با همین دیدگاه بررسی کرد. از آنجاکه سنجش عملکرد پروژه و موفقیت آن موضوعی چندوجهی و پیچیده است، مدل‌های پیش‌بینی عملکرد معمولاً خروجی‌های متعدد دارند. همچنین، به‌منظور پیش‌بینی الگوی مسیری که پروژه با توجه به مدل منحنی S طی می‌کند، باید عوامل اثرگذار بر متغیرهای شکل‌دهنده تحلیل شوند. درونمایهٔ اصلی پویایی، تمرکز بر تغییرات در طول زمان است و پویایی پروژه، یعنی تغییرات سیستم آن، از دو منبع اصلی ناشی می‌شود (لاو، ۲۰۰۲): اول فعالیت‌های برنامه‌ریزی‌شده شامل طرح‌های عملیاتی، ترتیب‌های وظایف روزانه، مصالح برنامه‌ریزی‌شده و عملیات‌های کارگاهی و مواردی از این دست. این فعالیت‌ها برای ایجاد تغییر طراحی شده‌اند و پیشرفت کارهای ساختمانی را رقم می‌زنند. پویایی فعالیت‌های برنامه‌ریزی‌شده را پویایی از قبل

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین‌شده[1] می‌نامند. دوم پویایی ناخواسته[2] به پویایی موارد خارج از کنترل مدیران برمی‌گردد و به عدم‌قطعیت‌های خارجی اشاره دارد. در این پژوهش، معیارهای عملکردی و همچنین متغیرهای اثرگذار بر عملکرد و پویایی پروژه‌های صنعت نفت با توجه به مطالعات انجام‌گرفته در ادبیات موضوع به‌ویژه آن بخش از مطالعات که به‌نوعی به تصمیم‌های اولیهٔ پروژه مربوط می‌شوند و همچنین اهداف مورد نظر از پروژه‌های صنعت نفت، گاز و پتروشیمی از یک‌سو و داده‌های مورد نیاز برای تحلیل سری زمانی پروژه از سوی دیگر، با استفاده از ابزار پرسشنامه به‌صورت بسته شناسایی شده‌اند.

داده‌های اولیه و تحلیل‌های آماری

برای ایجاد مدل مجموعه‌ای متشکل از ۱۱۰ پروژهٔ اجراشده در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی ایران که گزارش‌های آن‌ها در دسترس است، مطالعه شدند و ۷۵ پروژه به‌عنوان داده‌های آموزشی و آزمایشی برای توسعه و ارزیابی مدل انتخاب شدند. از این پروژه‌ها برای انتخاب مدل سازندهٔ منحنی S، آموزش مدل نهایی و تست مدل استفاده شد. برای انتخاب هر مدل سازندهٔ منحنی S، زوج‌های مرتب به‌شکل عمومی $Y_i:(t,F(t))$ از گزارش‌های پایانی پروژه‌ها استخراج شد. بدیهی است پروژه‌هایی که با روش‌های PC یا C اجرا شده‌اند، منحنی پیشرفت بخش مهندسی ($E(t)$) ندارند و از آنجاکه تأمین کالا و تجهیزات اساسی پروژه بر عهدهٔ کارفرماست و بعضاً در انبار موجود بوده یا در گزارش‌های پایانی منعکس نشده است، پروژه‌های C فاقد منحنی پیشرفت بخش تدارکات ($P(t)$) و خرید هستند. اطلاعات ۷۵ پروژهٔ برگزیده برای تحلیل در مراحل بعد شامل مبلغ قرارداد، مدت قرارداد، نوع قرارداد، روش واگذاری پروژه و سایر اطلاعات از گزارش‌ها استخراج و دسته‌بندی شد. جدول ۲ نتایج تحلیل آماری مبلغ و مدت قرارداد مجموع ۷۵ پروژهٔ منتخب را نشان می‌دهد.

جدول ۲. تحلیل آماری مبلغ و مدت قرارداد ۷۵ پروژهٔ منتخب

	مبلغ قرارداد (میلیون ریال)	مدت قرارداد (ماه)
حداقل	۱۶۰	۴
حداکثر	۲۳/۹۲۹/۵۰۰	۱۵۶
انحراف معیار	۴/۵۴۲/۸۹۳	۲۸
میانگین	۲/۱۵۵/۱۴۰	۳۴

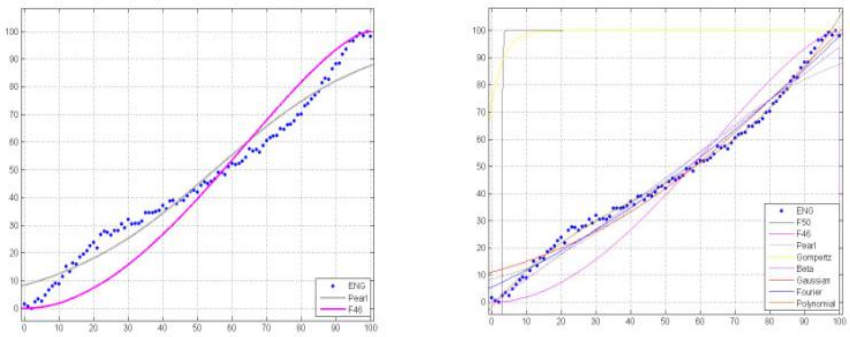
1. Intended Dynamic
2. Unintended Dynamic

Archive of SID

www.SID.ir

انتخاب مدل منحنی S

به‌منظور انتخاب مدل منحنی S روابط مورد نظر با داده‌های ویژهٔ پروژه‌های صنعت نفت برازش شدند. برای مقایسهٔ میزان تطابق مدل‌های مختلف منحنی S از روش حداقل مربعات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های تعیین همبستگی[1] استفاده شد و از مدلی که بیشترین تطابق را با داده‌های واقعی داشت، برای تولید سری‌های زمانی در مدل نهایی استفاده شد. به‌منظور برازش منحنی از داده‌های ۶۰ پروژه استفاده شد و ۱۵ پروژه به‌صورت تصادفی با درنظرگرفتن دو قید زیر برای تست مدل باقی ماندند: وجود حداقل سه مورد از هریک از سیستم‌های اجرا یا روش تأمین منابع مالی و حداقل یک مورد از هر سه مورد بالاتر از میانگین مبلغ یا مدت پیمان. برای انتخاب مدل ایجادکنندهٔ سری‌های زمانی پروژه ابتدا داده‌های مربوط به پیشرفت بخش‌های مختلف پروژه‌ها شامل مهندسی، تدارکات، پیشرفت فیزیکی، درصد رشد هزینه‌ها، درصد رشد منابع انسانی و درصد رشد ماشین‌آلات پروژه‌ها و همچنین مدت‌زمان تکمیل به‌صورت خطی بین ۰ و ۱۰۰ نرمال‌سازی شدند. برای هر پروژه حداکثر شش مجموعه از داده‌ها به‌صورت سری زمانی (برای مثال Eng برای بخش مهندسی) سامان داده شد. مجموعهٔ مدل‌های منحنی S که در سه دستهٔ اصلی مدل‌های با شکل ثابت، مدل‌های قابل‌گسترش و مدل منحنی بتا معرفی شدند، به‌منظور شناسایی مدل بهینه، با داده‌های نرمال‌شده برازش داده شدند. در شکل ۴، برازش دو تابع پرل و ۴۶ و همچنین سایر توابع با درصدهای پیشرفت بخش مهندسی پروژهٔ اول (PR01-Eng) به‌صورت مجزا نمایش داده می‌شود.



شکل ٤. برازش مدل منحنی S توابع پرل و ٤٦ (راست) و سایر توابع (چپ) با داده‌های PR01-Eng

1. Coefficient of Determination

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌طورکه در نمودارها مشخص است، هریک از توابع تا حدودی قابلیت تطابق با داده‌ها را داشته است؛ بنابراین، میزان مناسب‌بودن هریک از توابع با سری زمانی با استفاده از روش حداقل مربعات محاسبه شد. جدول ۳ میزان خطای برازش را نشان می‌دهد که توسط نرم‌افزار متلب محاسبه شد. برای این نمونه از داده‌ها تابع چندجمله‌ای قابل‌گسترش تطابق بیش از ۹۹ درصدی داشته است و توابع گامپرتز و ۵۰ که وابستگی تک‌متغیره دارند با این نمونه اصلاً سازگار نشده‌اند. پس از آنکه تمام سری‌های زمانی بخش مهندسی پروژه‌ها برازش منحنی شدند و میانگین محاسبات روش حداقل مربعات برای هر مدل محاسبه شد، بالاترین میانگین به‌عنوان مدل منتخب شناسایی شد. تابع ۴۶ برخلاف تک‌متغیره‌بودن بالاترین میانگین را در بخش مهندسی داشت (جدول ۴).

جدول ۳. خطای برازش توابع با سری زمانی بخش مهندسی پروژهٔ اول (PR01-Eng)

Data	Fit No.	Fit Model	R-square
PR01- Eng	F1	Function50	−۱/۳۳۶
	F2	Function46	۰/۸۸۴
	F3	Pearl	۰/۹۵۹
	F4	Gompertz	−۳/۶۰۹
	F5	Beta	۰/۸۴۹
	F6	Gaussian	۰/۹۷۸
	F7	Fourier	۰/۹۸۶
	F8	Polynomial	۰/۹۹۷

جدول ٤. میانگین محاسبات روش حداقل مربعات برای بخش مهندسی پروژه‌ها

Mean of R-square	مدل‌های پیشرفت	متغیر
۰/۸۹۵	Pearl(t)	Y_1=E(t)
۰/۴۲۳	Gompertz(t)	
۰/۹۱۲	Function46(t)	
۰/۵۸۴	Function50(t)	
۰/۹۰۰	Beta(t)	
۰/۸۵۳	Gaussian(t)	
۰/۸۹۰	Fourier(t)	
۰/۹۰۰	Polynomial (t)	

Archive of SID

www.SID.ir

به‌این‌ترتیب، برای پنج مجموعهٔ دیگر از سری‌های زمانی یعنی بخش تدارکات، بخش تکمیل فیزیکی، هزینه، منابع انسانی و ماشین‌آلات نیز فرایند بالا تکرار شد و براین‌اساس یک مدل برای هریک از متغیرهای وابسته براساس بیشترین مقادیر محاسبه‌شده در روش حداقل مربعات انتخاب شد (جدول ۵).

جدول ۵. مدل منحنی S هریک از متغیرهای وابسته با استفاده از روش حداقل مربعات

متغیر	مدل‌های پیشرفت	Mean of R-square
$Y_1=E(t)$	Function46(t)	۰/۹۱
$Y_2=P(t)$	Gaussian(t)	۰/۹۷
$Y_3=A(t)$	Gaussian(t)	۰/۹۶
$Y_4=C(t)$	Beta(t)	۰/۹۱
$Y_5=H(t)$	Fourier(t)	۰/۹۱
$Y_6=M(t)$	Beta(t)	۰/۹۰

طراحی مدل عصبی– فازی استنتاجی برای پیش‌بینی عملکرد پروژه

نرم‌افزار متلب به‌عنوان ابزار پیاده‌سازی سیستم انطباقی عصبی– فازی استنتاجی، الگوریتم یادگیری ترکیبی را پیاده‌سازی می‌کند. پارامترهای پیش‌فرض که توابع عضویت را تعریف می‌کنند، با استفاده از روش شیب تعیین می‌شوند و پارامترهای نتیجه با به‌کاربردن روش حداقل مربعات تعیین می‌شوند. برای طراحی سیستم عصبی– فازی پیش‌بینی‌کنندهٔ عملکرد پروژه لازم است از داده‌های تحلیل‌شدهٔ پروژه‌ها استفاده شود. برای پیش‌بینی درصد پیشرفت بخش مهندسی یک متغیر n، درصد پیشرفت بخش تدارکات و درصد پیشرفت فیزیکی سه متغیر a، b و c، درصد رشد هزینه‌ها و درصد رشد ماشین‌آلات دو متغیر a، b و درصد رشد منابع انسانی چهار متغیر a_0، a_0، b، w باید تخمین زده شوند. برای این منظور باید ماتریس ورودی‌ها و خروجی‌ها را برای ایجاد یک سیستم فازی سوگنو تشکیل داد؛ برای مثال، فرایند طراحی مدل برای $Y_1=E(t)$ که از تابع ۴۶ براساس برازش منحنی تبعیت می‌کند، به‌منظور تخمین پارامتر n انجام می‌گیرد. این فرایند برای تخمین‌زدن هریک از پارامترهای سایر مدل‌ها، درمجموع ۱۵ مرتبه تکرار شده است. در هر مرحله تکرار درواقع خروجی حاصل‌شده از مرحلهٔ برازش منحنی‌ها تغییر می‌کند؛ بنابراین، ورودی‌ها ثابت خواهد بود. از آنجاکه روش سوگنو فقط یک خروجی را پشتیبانی می‌کند، ماتریس‌های ورودی ۲۵×۷۵ و ماتریس‌های خروجی ۱×۷۵ تعریف می‌شوند. با توجه به اینکه

Archive of SID

www.SID.ir

تعداد سری‌های زمانی ورودی ۲۵ متغیر به‌صورت سری زمانی ۷۵ عددی است که برای ایجاد سیستم فازی زیاد محسوب می‌شود، لازم است برای ایجاد سیستم از روش خوشه‌بندی کاهشی[1] استفاده شود. مدل انطباقی عصبی- فازی استنتاجی با استفاده از نرم‌افزار متلب و از طریق بارگذاری داده‌های مربوط به ۶۰ پروژه به‌عنوان داده‌های آموزشی و داده‌های ۱۵ پروژه به‌عنوان داده‌های ایجاد، آموزش و تست سیستم استنتاج فازی توسعه یافته است. به‌منظور اطمینان از کفایت کمیت داده‌ها از تحلیل حساسیت شبکه به تعداد داده‌ها استفاده شد که طی آن خطای مدل با درصدهای مختلف داده‌های آموزش و تست (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد) محاسبه شد. نتایج تحلیل بیانگر کافی‌بودن تعداد داده‌ها برای انجام پیش‌بینی‌های مورد نظر است؛ این موضوع از مشابهت ساختاری منبع داده‌ها، که همان پروژه‌های نفتی است، ناشی می‌شود.

یافته‌های پژوهش

با تحلیل نتایج پرسشنامه‌ها، شش معیار عملکردی در قالب دو دسته خروجی‌های مدل (متغیرهای وابسته) شناسایی شده‌اند. دستهٔ اول معیارهای مربوط به پیشرفت پروژه مشتمل بر پیشرفت مهندسی، پیشرفت تدارکات و پیشرفت فیزیکی و دستهٔ دوم مربوط به رشد منابع مشتمل بر هزینه، نیروی انسانی و ماشین‌آلات است (جدول ۶). در اینجا، هدف تحلیل رفتار پروژه در طول زمان است؛ بنابراین، درنهایت برای هر پروژه یک سری زمانی شش‌بعدی (به‌جز عامل زمان)- که معرف الگوی تکاملی مسیر پروژه است- براساس خروجی‌های جدول ۶ پیش‌بینی می‌شود.

جدول ٦. شش معیار عملکردی پروژه که در دو دسته شناسایی شده‌اند

معیارهای عملکردی		خروجی‌های مدل
پیشرفت پروژه	Y1=E(t)	درصد پیشرفت بخش مهندسی (E)
	Y2=P(t)	درصد پیشرفت بخش تدارکات (P)
	Y3=A(t)	درصد پیشرفت فیزیکی (A)
رشد منابع	Y4=C(t)	درصد رشد هزینه‌ها (C)
	Y5=H(t)	درصد رشد منابع انسانی (H)
	Y6=M(t)	درصد رشد ماشین‌آلات (M)

1. Subtractive Clustering

Archive of SID

www.SID.ir

متغیرهای مستقل شکل‌دهندهٔ مدل نیز براساس نتایج پرسشنامه‌ها، در دو بخش اصلی و چهار خوشه به‌شرح زیر شناسایی شده‌اند:

الف) پویایی قابل‌کنترل: این گروه، عواملی را دربرمی‌گیرد که تحت تأثیر تعریف پروژه، پویایی پروژه را شکل می‌دهند، اگرچه تشخیص پویایی ناشی از این شرایط اولیه به‌صورت کاملاً دقیق امکان‌پذیر نیست. از آنجاکه این نوع از عوامل یا ماهیت تصمیم دارند یا به طبیعت کار وابسته‌اند، به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱. تصمیم‌های راهبردی: این دسته از عوامل که همان تصمیم‌گیری‌های اولیه‌ای هستند که بر روند تکاملی مسیر پروژه مؤثرند، عبارت‌اند از: سیستم اجرای پروژه، شیوهٔ تأمین مالی، نوع قرارداد که انعکاس شیوهٔ قیمت‌گذاری قرارداد است، روش واگذاری پروژه و ترکیب ذی‌نفعان کلیدی پروژه. منظور از پیمانکاران با «تجربهٔ زیاد» سابقهٔ بیشتر از ده سال و همچنین مشاوران با «تخصص زیاد» افراد متخصص امتیازآور بیشتر از ۲۵ نفر بوده است (جدول ۷).

جدول ۷. تصمیم‌های راهبردی مؤثر بر پویایی پروژه

A	پویایی قابل‌کنترل	
A1	**تصمیم‌های راهبردی**	**گزینه‌ها**
A11	سیستم اجرای پروژه	۱: ساخت (C) ۲: تدارکات ساخت (PC) ۳: مهندسی تدارکات ساخت (EPC)
A12	شیوهٔ تأمین مالی	۱: شرکتی ۲: فاینانس (F) ۳: پروژه‌ای (Buy Back)
A13	نوع قرارداد	۱: مبلغ مقطوع قطعی ۲: مبلغ مقطوع با تعدیل
A14	روش واگذاری پروژه	۱: مناقصه‌گذاری عمومی ۲: مناقصه‌گذاری محدود ۳: مذاکره/ ترک تشریفات
A15	ترکیب ذی‌نفعان کلیدی پروژه	۱: (پ) تجربهٔ زیاد/ (م) تخصص زیاد ۲: (پ) تجربهٔ زیاد/ (م) تخصص کم ۳: (پ) تجربهٔ کم/ (م) تخصص زیاد ۴: (پ) تجربهٔ کم/ (م) تخصص کم

Archive of SID

www.SID.ir

۲. ماهیت پروژه: دستهٔ دوم از عوامل قابل‌کنترل که به ماهیت پروژه وابسته‌اند و از این طریق مسیر پروژه را شکل می‌دهند، عبارت‌اند از: روش‌ها و فناوری، دقت مطالعات اولیه، پیچیدگی طراحی، پیچیدگی ساخت، محل اجرای پروژه، مدت قرارداد و مبلغ قرارداد (جدول ۸).

جدول ۸. متغیرهای برآمده از ماهیت پروژه مؤثر بر پویایی پروژه

A	پویایی قابل‌کنترل	
A2	ماهیت پروژه	حالات
A21	روش‌ها و فناوری	۱: نوین؛ ۲: تکرارشده
A22	دقت مطالعات اولیه	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
A23	پیچیدگی طراحی	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
A24	پیچیدگی ساخت	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
A25	محل اجرای پروژه	۱: مناطق شهری؛ ۲: مناطق حومهٔ شهر؛ ۳: مناطق عملیاتی
A26	مدت قرارداد	۱: ۱۵> ماه؛ ۲: ۳۰ > ماه≥ ۱۵؛ ۳: ۵۰ > ماه ≥ ۳۰؛ ۴: ۱۰۰ > ماه ≥ ۵۰؛ ۵: ۱۰۰ ≥ ماه
A27	مبلغ قرارداد	۱: ۱۰۰,۰۰۰ > میلیون ریال؛ ۲: ۵۰۰,۰۰۰ > میلیون ریال ≥ ۱۰۰,۰۰۰؛ ۳: ۳,۰۰۰,۰۰۰ > میلیون ریال ≥ ۵۰۰,۰۰۰؛ ۴: ۱۰,۰۰۰,۰۰۰ > میلیون ریال ≥ ۳,۰۰۰,۰۰۰؛ ۵: ۱۰,۰۰۰,۰۰۰ ≥ میلیون ریال

ب) پویایی غیرقابل‌کنترل: این گروه، به‌طورعمده عوامل محیطی‌ای را دربر می‌گیرد که بر پویایی پروژه اثر می‌گذارند و غیرقابل‌کنترل‌اند و پیش‌بینی آن‌ها بسیار دشوار است.

۱. شرایط اجرایی پروژه: این گروه از پویایی غیرقابل‌کنترل که به‌طورمستقیم به شرایط ویژهٔ پروژه مربوط می‌شوند، شامل میزان رقابت برای پروژه (تعداد شرکت‌کنندگان در مناقصه)، شرایط ژئوفیزیکی، اهمیت تاریخ بهره‌برداری پروژه (تغییرپذیری زمان‌بندی)، امکان تعریف محدودهٔ پروژه، نوع سازمان کارفرمایی پروژه، تجارب مشابه پیمانکار با کارفرما، تجارب مشابه مشاور با کارفرما و نوسان منفی مالی نهاد سرمایه‌گذار در پروژه هستند (جدول ۹).

۲. شرایط پیرامون پروژه: این گروه از پویایی غیرقابل‌کنترل که به‌طورمستقیم به شرایط ویژهٔ پروژه مربوط نمی‌شود و به آثار محیطی کلان می‌پردازد، شامل میزان نوسان قیمت در طول اجرای پروژه، مشکلات تأمین نیروی انسانی و افراد متخصص در منطقه، اعتراضات عمومی به

Archive of SID

www.SID.ir

پروژه در منطقه، تغییرات در قوانین و مقررات ناظر بر پروژه و نظارت نهادهـای منطقـه‌ای اسـت (جدول ۱۰).

جدول ۹. متغیرهای ناشی از شرایط اجرایی، مؤثر بر پویایی پروژه

B	پویایی غیرقابل‌کنترل	
B1	**شرایط اجرایی پروژه**	**حالات**
B11	میزان رقابت برای پروژه (تعداد شرکت‌کنندگان در مناقصه)	۱: ۳> تعداد ≤ ۱؛ ۲: ۸ > تعداد ≤ ۳ ۳: ۱۵> تعداد ≤ ۸؛ ۴: ۱۵ ≤ تعداد
B12	شرایط ژئوفیزیکی	۱: بسیار نامتعارف؛ ۵: متعارف
B13	اهمیت تاریخ بهره‌برداری پروژه (تغییرپذیری زمان‌بندی)	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
B14	امکان تعریف محدودهٔ پروژه	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
B15	نوع سازمان کارفرمایی پروژه	۱: پروژه‌ای؛ ۲: ماتریسی متوسط؛ ۳: وظیفه‌ای
B16	تجارب مشابه پیمانکار با کارفرما	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
B17	تجارب مشابه مشاور با کارفرما	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
B18	نوسان منفی مالی نهاد سرمایه‌گذار در پروژه	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد

جدول ۱۰. متغیرهای ناشی از شرایط پیرامونی، مؤثر بر پویایی پروژه

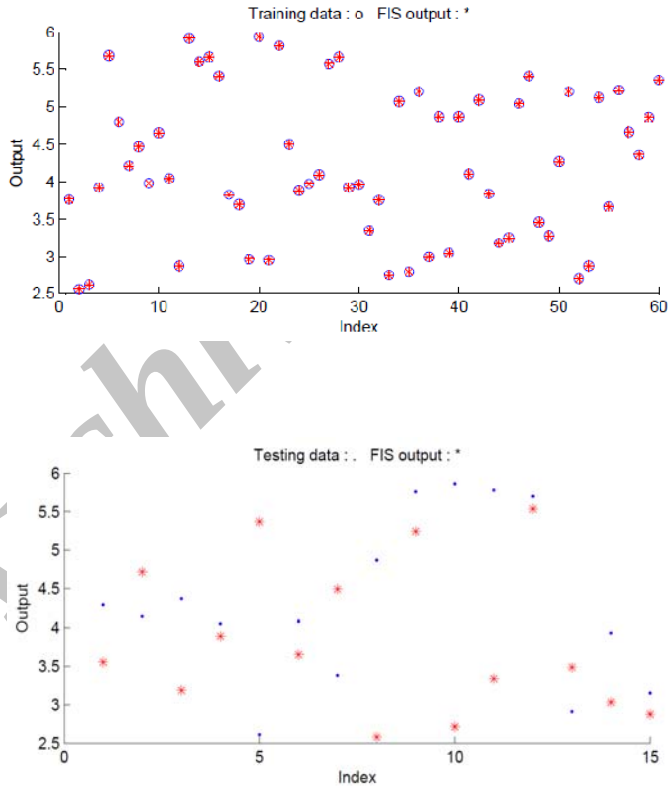
B	پویایی غیرقابل‌کنترل	
B2	**شرایط پیرامون پروژه**	**حالات**
B21	میزان نوسان قیمت در طول اجرای پروژه	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
B22	مشکلات تأمین نیروی انسانی و افراد متخصص در منطقه	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
B23	اعتراضات عمومی در منطقه به پروژه	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
B24	تغییرات در قوانین و مقررات ناظر بر پروژه	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد
B25	نظارت نهادهای منطقه‌ای	۱: خیلی کم؛ ۵: خیلی زیاد

اگرچه بیشتر این متغیرها قابلیت تعریف دقیق به‌صورت کیفی دارند، اما پنج متغیر روش‌هـا و فناوری، پیچیدگی طراحی، پیچیدگی ساخت، اهمیت تاریخ بهره‌بـرداری پـروژه و امکـان تعریـف محدودهٔ پروژه ماهیت کیفـی دارنـد و از تحلیـل‌هـای ذهنـی منـتج مـی‌شـوند؛ بنـابراین، بـرای کمی‌کردن آن‌ها از آرای خبرگان از طریق پرسشنامه استفاده شد. باید توجـه کـرد تصـمیم‌هـای

Archive of SID

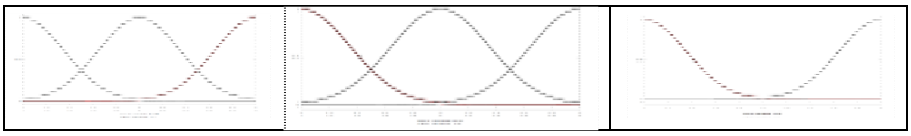
www.SID.ir

راهبردی پروژه شامل «گزینه» و سه خوشهٔ دیگر شامل «حالات» است. حالات بالا، بیش از ۱۸۴ هزار میلیارد حالت پویای متفاوت را محتمل می‌سازد که فقط با استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی قابل‌تحلیل است؛ بنابراین، همان‌طورکه توضیح داده شد با استفاده از داده‌های آموزش و تست مدل انطباقی عصبی- فازی استنتاجی توسعه یافت. با این روش ۶۰ قاعده برای مدل استنتاجی فازی ایجاد شد و به‌این‌ترتیب توابع عضویت نیز ایجاد شدند. میزان تطابق سیستم پیشنهادی ایجادشده توسط نرم‌افزار در مقابل داده‌های آموزشی ۹۹/۸ درصد و دربرابر داده‌های تست ۹۴/۳ درصد است (شکل ۵). درادامه، توابع عضویت سیستم استنتاج فازی به‌عنوان ابزارهای محاسباتی برای انجام‌دادن پیش‌بینی‌ها، متناسب با هریک از ۲۵ ورودی توسط سیستم عصبی- فازی ایجاد شدند که در شکل ۶ مشاهده می‌شود.



شکل ۵. میزان تطابق داده‌های آموزش (بالا) و داده‌های تست (پایین) با مدل استنتاج فازی

www.SID.ir



شکل ٦. توابع عضویت ورودی‌های اول تا سوم مدل استنتاج فازی

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

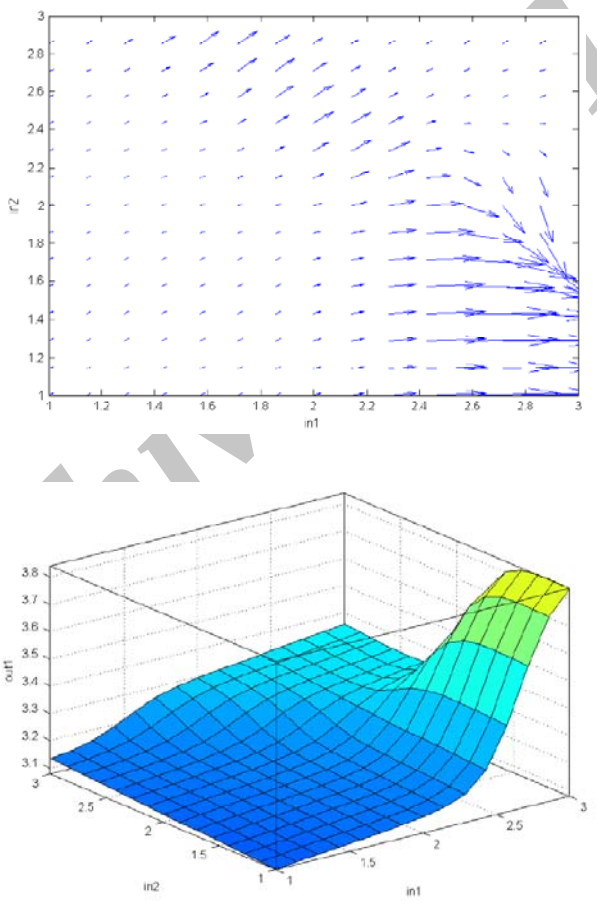
در ادبیات مدیریت پروژه از پیش‌بینی عملکرد برای برنامه‌ریزی‌های ابتدایی مانند بودجه‌بندی و تسطیح منابع استفاده شد، اما در این پژوهش، انجام‌دادن پیش‌بینی به‌عنوان ابزاری برای پشتیبانی از تصمیم‌های اولیه و راهبردی پروژه معرفی می‌شود که به‌شکل مدلی کمی امکان مشاهدهٔ آثار بلندمدت تصمیم‌های اولیهٔ بخش کارفرمایی را فراهم می‌کند. دستاورد اصلی پژوهش، ارائهٔ مدل عصبی- فازی است که قابلیت پیش‌بینی عملکرد پروژه‌های صنعت نفت را در شش حوزهٔ متفاوت دارد و میزان تغییرات خروجی دربرابر محدودهٔ ورودی‌ها قابل‌تحلیل است؛ برای نمونه، شکل ۷ نحوهٔ تغییرات خروجی (پارامتر n بخش پیشرفت مهندسی) در زمینهٔ تغییرات ورودی اول (x_1) یعنی سیستم اجرای پروژه و ورودی دوم (x_2) یعنی شیوهٔ تأمین مالی را نشان می‌دهد. همان‌طورکه به‌صورت گرافیکی مشخص است، با حرکت به سمت سیستم EPC و باقی‌ماندن در روش تأمین مالی از منابع داخلی مقدار خروجی به‌شدت افزایش می‌یابد که به‌معنای حرکت تمرکز چگالی توزیع به سمت زمان‌های اولیهٔ پروژه است و در مقابل زمانی‌که تأمین منابع مالی بر عهدهٔ بخش خصوصی بوده است، توزیع هموارتر می‌شود. به‌این‌ترتیب می‌توان ۶۰۰ حالت (تکرار ۲۵ ورودی در دو محور و ۱ خروجی در یک محور) برای هر متغیر وابسته و ۳۶۰۰ حالت برای کل متغیرها را تحلیل کرد (شکل ۸). درنتیجه، حالت پویایی پروژه در فازهای مقدماتی پروژه با اثرگذاری ۲۵ متغیر مستقل توسط کارفرما پیش‌بینی می‌شود که پنج متغیر از این تعداد با عنوان پویایی قابل کنترل، تصمیم‌های راهبردی پروژه هستند که فضای تصمیم معادل ۲۱۶ را دربرابر یک فضای حالت پویای ثابت ایجاد می‌کنند. این فضای تصمیم را می‌توان با توجه به نیازهای بخش کارفرمایی و به روش‌های مختلف تحلیل کرد؛ برای نمونه شکل ۹، عملکرد پروژهٔ موردی و همچنین سرعت میزان تغییرات عملکرد پروژه را برای شناخت اینکه در چه مقطع زمانی رشد یا کاهش در پیشرفت پروژه (E، P و A) یا مصرف منابع (C، H و M) خواهیم داشت، نمایش می‌دهد.

تصمیم‌های اولیهٔ یک پروژه تأثیر مهمی بر مسیر حرکتی و تکاملی پروژه دارد، تا آنجاکه متخصصان، تصمیم‌گیری نادرست اولیه را تصمیم به شکست از همان ابتدا می‌دانند؛ بنابراین،

Archive of SID

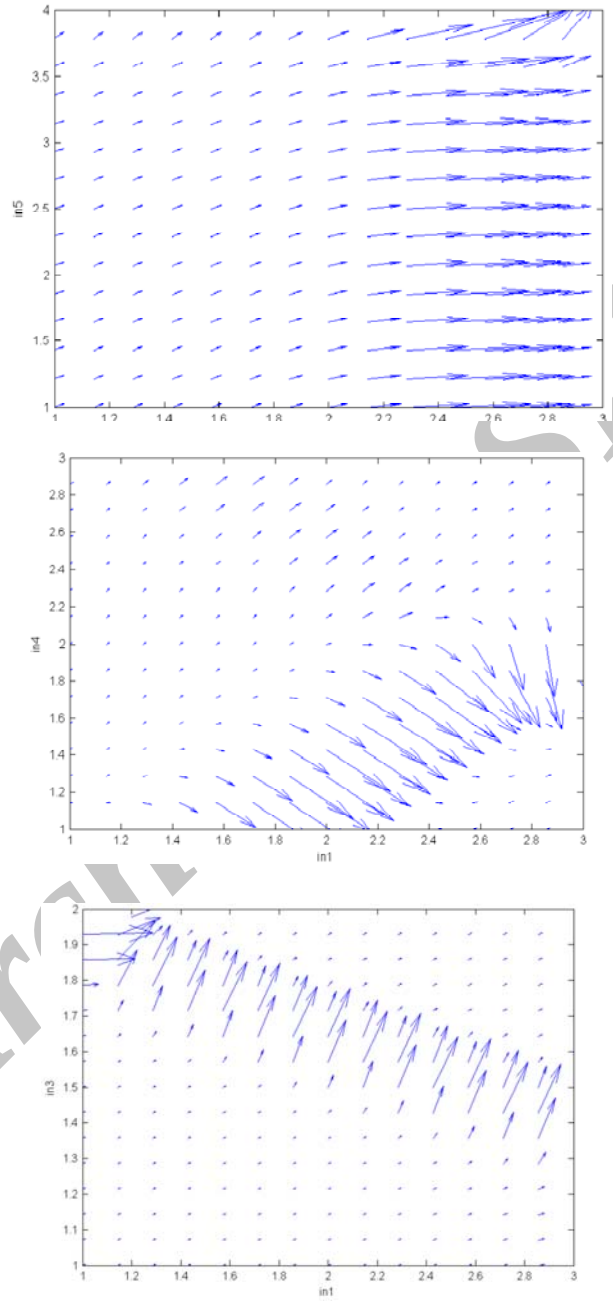
www.SID.ir

پیشنهاد می‌شود در دستگاه‌های اجرایی از روش‌های کمی و اصولی که به‌صورت یکپارچه، تصمیم‌گیری را پشتیبانی می‌کنند، استفاده شود. مدل ارائه‌شده در این پژوهش با این هدف طراحی شده است که با استفاده از آن در فازهای اولیهٔ پروژه‌های نفتی، کارفرما عملکرد پروژه را در شش حوزه پیش‌بینی می‌کند و از این طریق می‌توان آثار تغییر تصمیم‌های راهبردی (خوشهٔ اول متغیرهای مستقل) را بر عملکرد پروژه بررسی کرد و مجموعهٔ مطلوب تصمیم‌ها را اتخاذ کرد. همچنین، امکان توسعه و ارتقای این مدل با عمیق‌ترکردن مطالعه در زمینهٔ متغیرهای مستقل، گسترش متغیرهای وابسته و ارزیابی کارکرد سایر ابزارهای هوش مصنوعی وجود دارد.



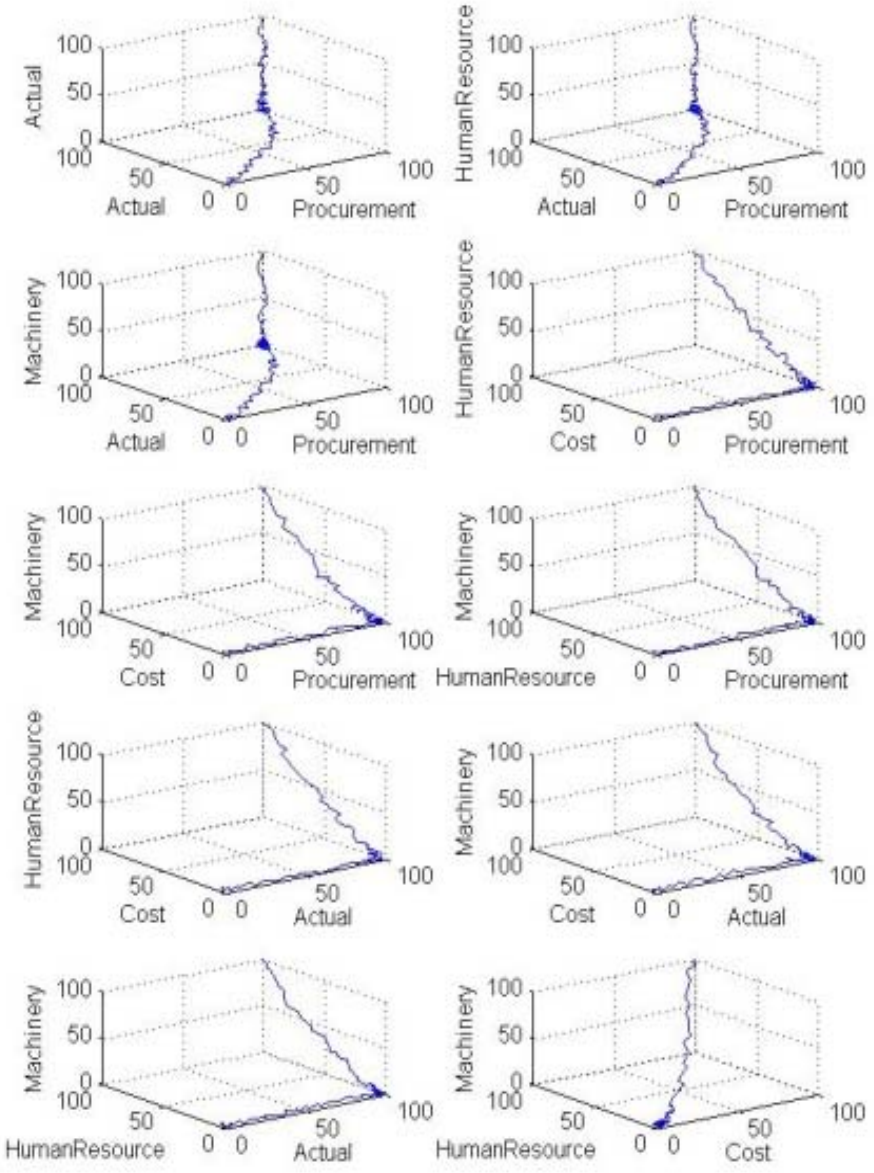
شکل ۷. رابطهٔ ورودی ۱، ورودی ۲ و خروجی به‌صورت منحنی صفحه‌ای (بالا) و منحنی ارتعاشی (پایین)

www.SID.ir



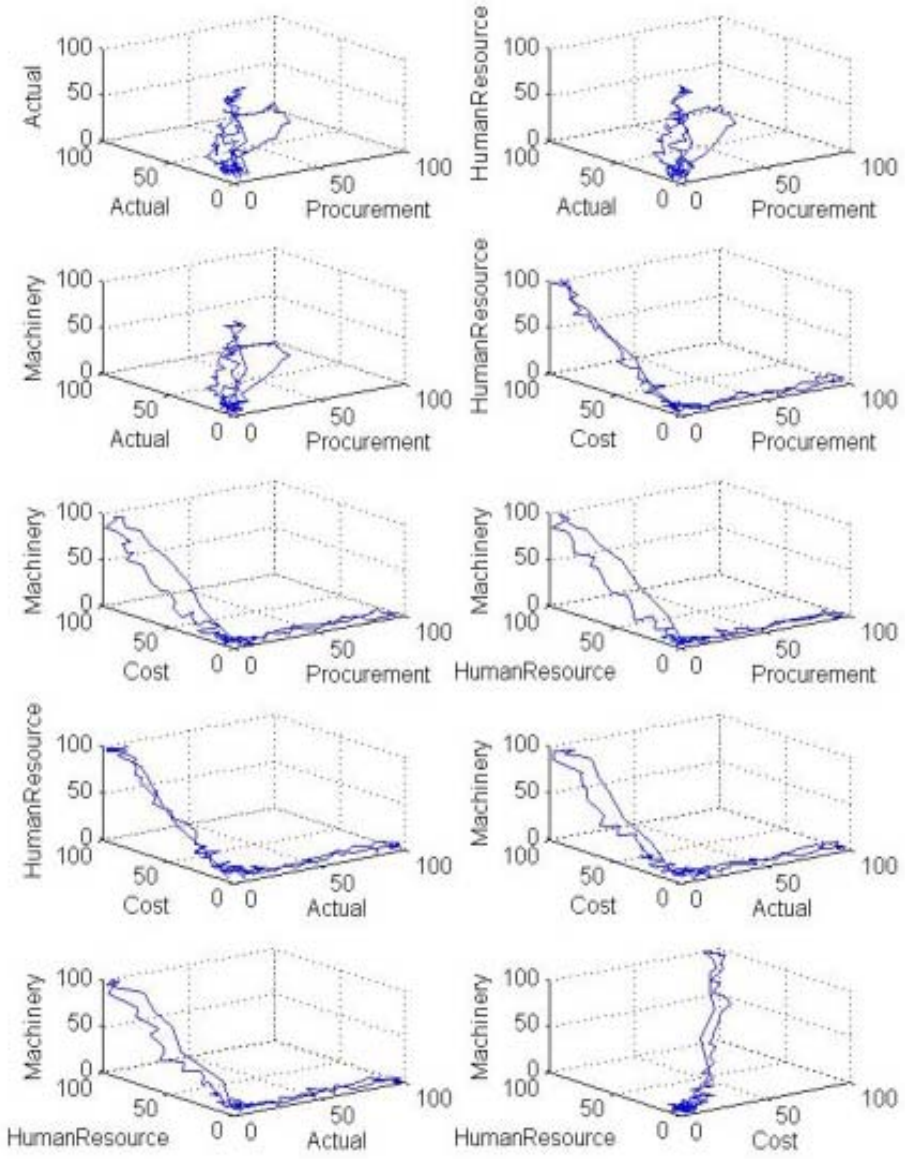
شکل ۸. رابطهٔ میزان تغییرات ورودی ۱ به‌ترتیب از بالا به پایین با ورودی‌های ۳، ٤ و ٥

www.SID.ir



شکل ۹. عملکرد پروژهٔ موردی

www.SID.ir



ادامهٔ شکل ۹. سرعت میزان تغییرات عملکرد پروژهٔ موردی

www.SID.ir

References

AbouRizk, and Halpin, D. W. (1992). Statistical properties of construction duration data. *Journal of Construction Engineering and Management*, 118(3): 525-544.

Bondugula Srikant. (2009). *Optimal Control of Projects Based on Kalman Filter Approach for Tracking & Forecasting the Project Performance*. Phd Thesis, Texas A&M University.

Box G.E., G.M.Jenkins and G.C. Reinsel, (2003). *Time Series Analysis*. 6th Edition, Chapter 19, Pearson Education. Inc.

Chao L.-C. (2007). Fuzzy logic model for determining minimum bid markup. *Computer- Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 22: 449-460.

Gardoni, P., Reinschmidt, K. F., and Kumar, R. (2007). A probabilistic framework for Bayesian adaptive forecasting of project progress. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 22:182-196.

Haji-Kazemi Sara, Andersen Bjorn, Krane Hans Petter. (2013). Identification of early warning signs in front-end stage of projects, an aid to effective decision making. *Social and Behavioral Sciences*, 74: 212-222.

Jang J.-S. R. (1991). Fuzzy modeling using generalized neural networks and kalman filter algorithm. *Ninth National Conference on Artificial Intelligence*, PP. 762-767.

Jang J.-S.R. (1993). ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23 (3): 665-685.

Jergear, George. (2008). analysis of the front end loading of alberta mega oil sands projects. *Project management journal*, 39 (4): 95-104.

Kim Byung Cheol. (2007). *Forecasting Project Progress and Early Warning of Project Overruns With Probabilistic Methods*. Phd Thesis, Texas A&M University, 11-12, 58-59.

Lim C S, M Zarin Mohamed. (1999). Criteria of project success: an exploratory re-examination. *International Journal of Project Management*, 17(4): 243-248.

Love P.E.D., Holt, Shen, Irani. (2002). Using systems dynamics to better understand change and rework in construction project management systems. *International Journal of Project Management*, Vol. 20, Issue 6, PP.425-436.

Makridakis, S., Andersen, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibon, M., Lewandowski, R., Newton, J., Parzen, E., and Winkler, R. (1982). The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition. *Journal of Forecasting*, 1(2): 111-153.

Archive of SID

www.SID.ir

Miyagawa, T. (1997). Construction manageability planning a system for manageability analysis in construction planning. *Automation in Construction,* 6(3): 175-191.

Zadeh L.A. (1995). *Fuzzy logic toolbox for use with MATLAB, User's guide.* Version 2, The Math Works Inc., Natick, MA.

Archive of SID

www.SID.ir