تحلیل نیازمندی‌های یک سامانه پشتیبان تصمیم هوشمند با استفاده از مدل غیرخطی تکراری بهبودیافته برای کمک به ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی

مهدی نخعی کهن

دانشجوی دکتری مهندسی فن‌آوری اطلاعات، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)[1]

علی معینی

استاد، دپارتمان الگوریتم‌ها و محاسبات، دانشکده علوم مهندسی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

دو فصلنامه علمی- پژوهشی

مدیریت اطلاعات

دوره ۴، شماره ۱

بهار و تابستان ۱۳۹۷

چکیده: از آنجا که ارزیابی عملکرد یک مسئله نیمه ساخت‌یافته است؛ بنابراین یک سامانه پشتیبان تصمیم هوشمند می‌تواند با فراهم‌کردن دانش و مدل‌های مناسب ارزیابی، به تصمیم‌گیرندگان وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و همچنین مدیران مؤسسات پژوهشی در ارزیابی بهتر عملکرد کمک کند. داشتن یک فرآیند تحلیل نیازمندی‌ها در مراحل اولیه توسعه یک سامانه پشتیبان تصمیم، می‌تواند عملکرد بهتر این سامانه را تضمین کند. سامانه اطلاعاتی موجود برای ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی زیرمجموعه وزارت علوم، تحقیقات و فناوری امکان تصمیم‌گیری مناسب در مورد ارزیابی و پیش‌بینی عملکرد این مؤسسات را فراهم نمی‌کند. مدل فرآیند غیرخطی تکراری مدلی مناسب برای تحلیل نیازمندی‌های یک سامانه اطلاعاتی است؛ اما ارزیابی ریسک در آن در نظر گرفته نشده است. در این پژوهش، برای تحلیل نیازمندی‌ها و ارزیابی ریسک‌های یک سامانه جدید، مدل فرآیند غیرخطی تکراری بهبودیافته پیشنهاد شده است. اعتبارسنجی و تصدیق این مدل فرآیند، با پیاده‌سازی آن توسط روش‌های اجماع گروهی نظیر دلفی و طوفان فکری برای تحلیل نیازمندی‌ها و ارزیابی ریسک‌های یک سامانه پشتیبان تصمیم هوشمند مناسب ارزیابی عملکرد انجام شده است. نتایج اندازه‌گیری میانگین و انحراف معیار دورهای مختلف تحلیل دلفی نشان می‌دهند که اجماع گروهی برای نیازمندی‌های مهم کارکردی و غیرکارکردی سامانه پشتیبان تصمیم هوشمند توسط ذینفعان مختلف حاصل شده است؛ همچنین ریسک‌های سامانه جدید نیز شناسایی شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی ریسک، ارزیابی عملکرد، تحلیل نیازمندی‌ها، روش‌های اجماع، سامانه پشتیبان تصمیم هوشمند.

۱. نویسنده مسئول: nakhaeie@students.irandoc.ac.ir

۱-مقدمه

«سامانه‌های پشتیبان تصمیم»[1]دسته‌ای از سامانه‌های اطلاعاتی هستند که به منظور پشتیبانی از فعالیت‌های تصمیم‌گیری استفاده می‌شوند (Power, Sharda, and Burstein 2015). این سامانه‌ها می‌توانند به تصمیم‌گیران در یافتن راه‌حل‌های بهتر برای انواع مختلف مسائل ساخت‌یافته، نیمه‌ساخت‌یافته و یا ساخت‌نیافته کمک کنند(Turban, Sharda, and Delen 2011). «سامانه‌های پشتیبان تصمیم هوشمند»[2] از انواع توسعه‌یافته سامانه‌های پشتیبان تصمیم هستند که از داده‌کاوی برای یافتن روابط و الگوهای پنهان داده‌ها استفاده می‌کنند و برای وظایفی همچون تحلیل و پیش‌بینی داده‌ها استفاده می‌شوند (Merkert, Mueller, and Hubl 2015; Yang et al. 2012).

ساخت یک سامانه پشتیبان تصمیم با استفاده از «زیست چرخ توسعه نرم‌افزار»[3]شامل چهار فاز اصلی طرح‌ریزی، تحلیل، طراحی و پیاده‌سازی است. هر فاز از چندین زیرفاز تشکیل شده است. «تحلیل نیازمندی‌ها یا مهندسی نیازمندی‌ها»[4]زیرمجموعه فاز تحلیل محسوب می‌شود (Dennis, Wixom, and Roth 2008). تحلیل نیازمندی‌ها، تشخیص دقیق نیازهایی است که یک سامانه بر اساس شرایط حال، آینده داخلی و یا خارجی سازمان باید برآورده سازد. تحلیل نیازمندی‌ها باید مشخص کند که یک سامانه برای چه چیزی مورد نیاز است و چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد (Ross and Schoman 1977) . برخی پژوهش‌گران، تحلیل نیازمندی‌ها را به عنوان فرآیندی تعریف کرده‌اند که شکاف بین انتظارات ذینفعان و سامانه‌های نرم‌افزاری را پر می‌کند؛ هنگامی‌که ذینفعان مختلفی برای یک سامانه جدید وجود دارند آنگاه اهداف، نیازمندی‌های کارکردی و کیفی این سامانه ممکن است متفاوت، ناقص و نادقیق باشند. تحلیل نیازمندی‌ها می‌تواند با فراهم‌کردن اهداف و نیازمندی‌های کارکردی و کیفی مشترک، کامل و دقیق این مشکل را حل کند (Bourque and Fairley 2014). چندین «مدل فرآیند»[5]برای مهندسی نیازمندی‌ها وجود دارند. مهمترین مدل‌های فرآیند یا چارچوب‌های مهندسی نیازمندی‌ها عبارتند از: مدل‌های «تکراری و غیرتکراری»[6] (Martin et al. 2002; Schön, Thomaschewski, and Escalona 2017). علاوه بر مدل‌های فرآیند تحلیل نیازمندی‌ها، برخی رویکردها، نظیر رویکردهای «سناریوگرا، عامل‌گرا و هدف‌گرا»[7]نیز برای تحلیل نیازمندی‌ها ارائه شده‌اند(Graessler, Scholle, and Pottebaum 2017, Tenso et al. 2017).

به طور معمول در دنیا و همچنین در ایران از سامانه‌های اطلاعاتی برای جمع‌آوری اطلاعات تحقیقات استفاده می‌شود. از جمله این سامانه‌ها، می‌توان از سامانه‌های اطلاعاتی تحقیقاتی جاری «(کریس)»[8]نام برد که از دهۀ ۱۹۶۰ به طور خاص برای مدیریت پژوهش استفاده شده‌اند(Jeffery and Asserson 2009). در ایران، از سال ۱۳۸۵ تلاش‌هایی برای ایجاد سامانۀ اطلاعات تحقیقات جاری ملی با عنوان سمات شکل

1Decision Support Systems
2Intelligent Decision Support Systems
3Software Development Life Cycle
4Requirements Engineering or Requirements Analysis
5Process model
6Iterative and Non-Iterative
7Scenario-Oriented, Agent-Oriented and Goal-Oriented
8. CRIS: Current Research Information Systems

گرفته است که اهداف و ساختار آن در مقاله ارائه شده توسط خوشرو و فاطمی شرح داده شده است (Khoshroo and Fatemi 2010). این سامانه متشکل از یک مدل داده توصیف‌کننده موجودیت‌های مورد نظر در پژوهش و توسعه و همچنین ابزارهایی برای مدیریت داده‌ها است. سامانهٔ کوچکتری در وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) برای جمع‌آوری داده‌های مؤسسات تحقیقاتی زیرمجموعه وزارت عتف جهت ارزیابی عملکرد آنها تشکیل شده است. سمات و سامانهٔ ارزیابی عملکرد وزارت عتف قادر به ارزیابی مؤسسات پژوهشی از جنبه‌های مختلف نیستند. این سامانه‌ها برای تحلیل‌هایی نظیر تحلیل چه-اگر، جستجوی هدف و تحلیل‌های هوشمند مناسب نیستند.

در زمینهٔ ارزیابی عملکرد، سامانه‌های پشتیبان تصمیم مختلفی برای ارزیابی عملکرد ساخته شده‌اند. از جمله این سامانه‌ها می‌توان از سامانه ارائه شده توسط آزاده و همکارانش برای ارزیابی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده با استفاده از «تحلیل پوششی داده‌ها(DEA)»[1] نام برد(Azadeh et al. 2013). «وانگ»[2] سامانه‌ای جهت ارزیابی عملکرد مبتنی بر دانش، جهت ارزیابی نسبی سازمان‌های مدرن ارائه کرده است (Wang, Huang, and Lai 2008). این سامانه‌ها و سایر سامانه‌های ارائه شده در زمینه ارزیابی عملکرد برای منظورهای خاص و برای سازمان‌های خاصی ایجاد شده‌اند و از لحاظ روش ارزیابی محدودیت دارند. ذینفعان مؤسسات پژوهشی نیازمند ایجاد یک سامانه پشتیبان تصمیم برای ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی زیرمجموعه وزارت عتف هستند. مهمترین سئوال قبل از ایجاد این سامانه پشتیبان تصمیم، نحوهٔ تحلیل نیازمندی‌های متفاوت این سامانه از دیدگاه ذینفعان است. مدل فرآیند غیرخطی تکراری می‌تواند برای تحلیل نیازمندی‌های این سامانه استفاده شود. این مدل برخی مزایا از قبیل امکان اعتبارسنجی نیازمندی‌ها و امکان استفاده از رویکردهای هدف‌گرا، سناریوگرا و عامل‌گرا را دارد. یکی از مسائل این مدل این است که جایگاه ارزیابی ریسک در این مدل به طور واضح بیان نشده است. ریسک یک عامل یا رویداد ناخواسته است که رخدادن آن ممکن است بر تحقق یک هدف مشخص تأثیر منفی داشته باشد (Cailliau and Van Lamsweerde 2012). باید توجه داشت که معمولاً توسعهٔ پروژه‌های فن‌آوری اطلاعات با ریسک‌های بالا همراه است(Chen, Law, and Yang 2009) . نیازمندی‌ها و فرض‌های اشتباه به عنوان یک عامل اصلی در شکست پروژه‌های نرم‌افزاری شناخته شده‌اند. شناخت و ارزیابی ریسک‌ها قبل از ایجاد سامانه جدید این امکان را فراهم می‌کند تا از شکست پروژه جلوگیری شود. بنابراین ارزیابی ریسک باید در فرآیند تحلیل نیازمندی‌ها در نظر گرفته شود (Van Lamsweerde 2009, Lund, Solhaug, and Stølen 2010). با توجه به این موارد، اهداف پژوهش حاضر عبارتند از:

- هدف اصلی: تحلیل نیازمندی‌های یک سامانه پشتیبان تصمیم مناسب ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی در ایران
- هدف فرعی: اضافه کردن ارزیابی ریسک به مدل فرآیند غیرخطی تکراری به طوری که علاوه بر مشخص نمودن نیازمندی‌ها، امکان ارزیابی ریسک نیز توسط آن وجود داشته باشد.

1 Data Envelopment Analysis
2 Wang

به منظور تحقق این اهداف، در این مقاله یک مدل فرآیند پیشنهاد شده است که نه تنها مزایای مدل فرآیند غیرخطی تکراری را دارد؛ بلکه امکان ارزیابی ریسک را نیز دارد. در این مدل فرآیند، مسئولیت‌های «تحلیل‌گر یا تسهیل‌گر»[1] در فرآیندهای تحلیل نیازمندی‌ها و ریسک‌ها بهتر مشخص شده‌اند. این مدل فرآیند، با استفاده از روش‌های «اجماع»[2] گروهی و همچنین تحلیل هدف‌گرا، برای تحلیل نیازمندی‌ها و ارزیابی ریسک‌های یک سامانه پشتیبان تصمیم پیشرفته، مناسب ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی استفاده شده است.

در ادامه این مقاله، پیشینه پژوهش در بخش بعدی خواهد آمد. در بخش ۳، روش تحقیق شرح داده خواهد شد. در بخش ۴، مدل فرآیند پیشنهادی آورده می‌شود؛ و در بخش ۵ پیاده‌سازی و اجرای این مدل توصیف خواهد شد. یافته‌ها و دستاوردهای این پژوهش در بخش ۶ شرح داده خواهد شد؛ و نتیجه‌گیری در بخش ۷ بیان می‌شود.

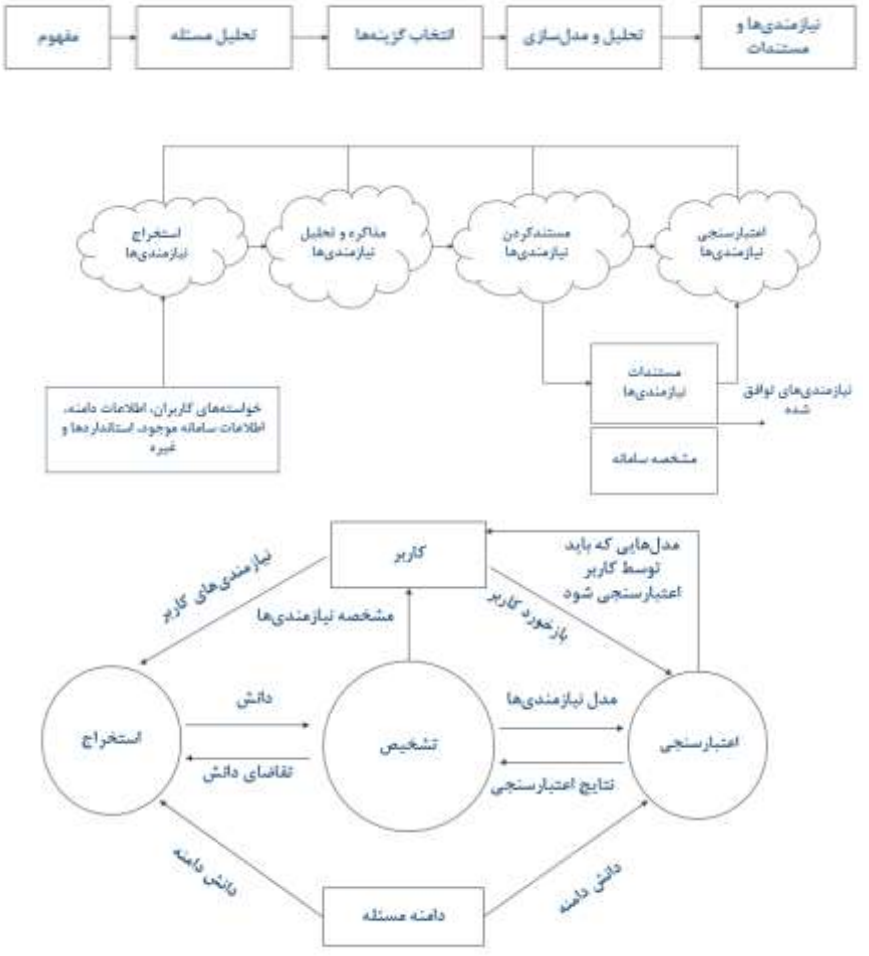
۲- پیشینهٔ پژوهش

دو دسته مهم از مدل‌های فرآیند تحلیل نیازمندی‌ها عبارتند از: مدل‌های تکراری و غیرتکراری (Martin et al. 2002). «مکالی»[3] مدل فرآیند خطی غیرتکراری را معرفی کرده است و بیان می‌کند که فرآیند تحلیل نیازمندی‌ها وابسته به موقعیت است؛ و هفت رابطه مربوط به تأمین‌کننده-مشتری و فرآیند تحلیل نیازمندی‌های مربوطه را تبیین کرده است(Macaulay 1996).

«کاتونیا و سامرویل»[4] یک مدل فرآیند خطی تکراری را ارائه کرده‌اند که تکراری بودن آن نشان‌دهنده تکرار فعالیت‌های این مدل است. آنها بیان می‌کنند که فعالیت‌های این مدل همپوشانی دارند و اغلب به طور تکراری انجام می‌شوند(Kotonya and Sommerville 1998). به هرحال، در هر دو مدل فرآیند تکراری و غیرتکراری خطی، مستندسازی به صورت خطی پیشرفت می‌کند. «لوکوپولوس و کاراکوستاس»[5] بیان می‌کنند که فرآیند تحلیل نیازمندی‌ها تکراری و چرخشی است و فعالیت‌ها به صورت غیرخطی انجام می‌شوند و یک رابطه علت و معلولی بین آنها را پیشنهاد می‌دهند. مدل فرآیند آنها تعامل بین فازهای استخراج، تشخیص، اعتبارسنجی، کاربر و دامنه مسئله مورد نظر را نشان می‌دهد. این مدل فرآیند سه فاز اصلی دارد. در فاز استخراج، اکتشاف نیازمندی‌ها و استخراج آنها صورت می‌گیرد. در فاز تشخیص، تبدیل نیازمندی‌ها به شکل مستندات استاندارد صورت می‌گیرد و در فاز اعتبارسنجی، بررسی و تأیید این نکته انجام می‌شود که نیازمندی‌ها به طور واقعی سامانه‌ای را که مشتری می‌خواهد تعریف می‌کنند (Loucopoulos and Karakostas 1995). این سه مدل در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

---

1 Analyzer or facilitator
2 Consensus
3 Macaulay
4 Kotonya & Sommerville
5 Loucopoulos and Karakostas



شکل ۱. بالا :مدل فرآیند خطی غیرتکراری(Macaulay 1996). وسط: خطی تکراری(Kotonya and Sommerville 1998) ، پایین: غیرخطی تکراری (Loucopoulos and Karakostas 1995).

علاوه بر مدل‌های فرآیند فوق، چندین رویکرد مهم برای استخراج نیازمندی‌ها وجود دارند. سه رویکرد اصلی تحلیل نیازمندی‌ها عبارتند از: رویکردهای هدف‌گرا، عامل‌گرا و سناریوگرا. رویکرد هدف‌گرا می‌تواند جنبه‌های مختلف مربوط به یک دامنه‌ی کاری مشخص را توصیف کند و تحلیل‌گر را قادر می‌سازد تا دلایل واقعی خواسته‌های ذینفعان را قبل از ارائه راه‌حل‌های موجود برای تولید یک سامانه جدید را بفهمد. همچنین، رویکرد هدف‌گرا می‌تواند مقاصد و منظورهای ذینفعان را با نیازمندی‌های « کارکردی»[1]و «غیرکارکردی یا کمک کارکردی»[2]سامانه مورد نظر ارتباط دهد(Giorgini, Rizzi, and Garzetti 2008). رویکردهای

1Functional
2Non-Functional or Ancillary Functional

عامل‌گرا، نیازمندی‌ها را بر اساس مفهوم عامل‌های نرم‌افزاری پیدا می‌کنند(Zhang 2009). در رویکرد سناریوگرا، به منظور بیان توالی اعمالی که برای برآورده‌کردن برخی اهداف اجرا می‌شوند از برخی از سناریوها استفاده می‌شود (Van Lamsweerde 2008).

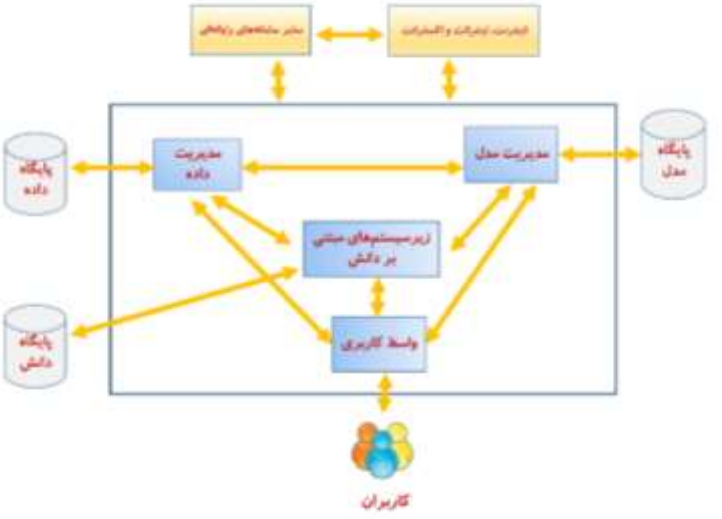
مدل‌های فرآیند و یا رویکردهای تعیین نیازمندی‌ها، برخی مزایا و بعضی محدودیت‌ها دارند که در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱. مزایا و معایب مدل ها و رویکردهای تحلیل نیازمندی

نام مدل یا رویکرد	مزایا	محدودیت‌ها(معایب)
مدل فرآیند خطی غیرتکراری (Macaulay 1996)	✓ مناسب پروژه‌های کوچک ✓ زمان اجرای پایین ✓ مدل پایه برای سایر مدل‌ها	✓ نامناسب برای پروژه‌های پیچیده و بزرگ ✓ عدم وجود بازخورد ✓ عدم تأیید اعتبار نیازمندی‌ها ✓ عدم وجود استراتژی مدیریت ریسک
مدل فرآیند خطی تکراری (Kotonya and Sommerville 1998)	✓ تأیید اعتبار نیازمندی ✓ امکان بازنگری نیازمندی	✓ زمان اجرای بالا ✓ عدم وجود استراتژی مدیریت ریسک ✓ عدم امکان انجام موازی فعالیت‌ها
مدل فرآیند غیرخطی تکراری (Loucopoulos and Karakostas 1995)	✓ مناسب پروژه‌های پیچیده ✓ امکان تأیید اعتبار نیازمندی ✓ امکان بازنگری نیازمندی ✓ امکان انجام موازی فعالیت‌ها	✓ عدم وجود استراتژی مدیریت ریسک ✓ زمان اجرای متوسط به بالا
رویکردهای هدف‌گرا، عامل‌گرا، سناریوگرا (Georgini, Rizzi, and Garzetti 2008; Zhang 2009,Van Lamsveerde 2008)	✓ امکان تعیین ریسک در برخی از این رویکردها ✓ مناسب برای استفاده در انواع مدل‌های فرآیند	✓ عدم توجه کافی به فعالیت‌های اصلی استخراج، تشخیص و اعتبارسنجی نیازمندی‌ها ✓ عدم تبیین مسئولیت‌های تسهیل‌گر به روشنی ✓ قابل استفاده در موارد خاص(هدف، عامل و یا سناریو)

نیازمندی‌ها می‌توانند در چند گروه دسته‌بندی شوند؛ یکی از مهم‌ترین دسته‌بندی نیازمندی‌ها، دسته‌بندی آنها به نیازمندی‌های کارکردی، غیرکارکردی یا کمک کارکردی است. نیازمندی‌های کارکردی سرویس‌هایی را که سامانه باید فراهم کند شرح می‌دهند. برخی اوقات، آنها مشخص می‌کنند که سامانه چه چیزی را نباید انجام دهد. این نیازمندی‌ها می‌توانند کلی یا جزئی باشند، ورودی‌ها، خروجی‌ها و یا انتظارات را بیان کنند(Lopes and Forster 2013, Van Lamsweerde 2009). نیازمندی‌های غیرکارکردی تحت تأثیر محیطی هستند که سامانه در آن پیاده‌سازی می‌شود؛ این نیازمندی‌ها کیفیت سامانه نرم‌افزاری را مد نظر دارند. آنها شامل نیازمندی‌هایی مانند استفاده آسان، محدودیت‌های امنیتی و غیره هستند. این نیازمندی‌ها می‌توانند معماری سامانه و ساختار تیم توسعه را تحت تأثیر قرار دهند(Laplante 2007).

هر سامانه پشتیبان تصمیم هوشمند از برخی اجزاء مشخص نظیر پایگاه مدل برای نگهداری مدل‌ها، پایگاه داده برای نگهداری داده‌ها، پایگاه دانش برای ذخیره دانش، رابط کاربری برای ارتباط با کاربر و بخش‌های مدیریت پایگاه‌ها و نیز بخش‌هایی برای ارتباط با محیط بیرونی نظیر اینترنت و اینترانت و همچنین ارتباط با سایر سامانه‌ها تشکیل شده است(Turban, Sharda, and Delen 2011). نمونه‌ای از معماری این سامانه‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. معماری سامانه‌های پشتیبان تصمیم هوشمند(**منبع**: Turban, Sharda, and Delen 2010)

در زمینهٔ ارزیابی عملکرد، سیستم‌های گوناگونی در زمینه‌های مختلف برای کمک به تصمیم‌گیرندگان ساخته شده‌اند. به عنوان مثال، «وانگ»[1] یک سامانه پشتیبان تصمیم هوشمند ارائه کرده است که از تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها استفاده می‌کند. این سامانه روش‌های متنوعی از تحلیل پوششی داده‌ها را برای ارزیابی سازمان‌های کشور چین استفاه می‌کند. در این سامانه، پایگاه مدل شامل چندین مدل تحلیل پوششی است و پایگاه دانش شامل دانش خبرگان است. قوانین موجود در پایگاه دانش مربوط به ارزیابی هستند(Wang, 2006). آزاده و همکارانش یک سامانه پشتیبان تصمیم برای ارزیابی نسبی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده ارائه کرده‌اند(Azadeh et al. 2013). در تحقیقی دیگر «گیانولیس و ایشیزاکا»[2] یک سامانهٔ پشتیبان تصمیم مبتنی بر وب ارائه کرده است که از « الکتره ۳»[3] جهت رتبه‌دهی دانشگاه‌های انگلستان استفاده می‌کند(Giannoulis and Ishizaka 2010). سایر پژوهش‌گران نیز سامانه‌های مشابهی را برای ارزیابی عملکرد ارائه کرده‌اند. در جدول ۲ برخی از این سامانه‌ها به طور مختصر شرح داده شده‌اند.

1Wang
2Giannoulis and Ishizaka
3Electre III

اولیاء با بررسی روش‌های ارزیابی عملکرد سازمان‌ها در ایران و همچنین در چند کشور دیگر از جمله هلند، انگلستان، استرالیا و آمریکا، چندین معیار برای ارزیابی سازمان‌های پژوهشی بر اساس چارچوب « EFQM[1]» مشخص کرده است(اولیاء ۱۳۸۲). این معیارها به همراه «شاخص‌ها»[2]و یا همان «سنجه‌های»[3] مشخص شده برای هر معیار در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. در چند سال اخیر، وزارت عتف عملکرد مؤسسات پژوهشی را با استفاده از سنجه‌ها یا شاخص‌های دارای علامت * جدول ۳ که توسط اولیاء معرفی شده‌اند و برخی شاخص‌های دیگر (جدول ۴) با استفاده از سامانه ارزیابی عملکرد مورد ارزیابی قرار داده است.

جدول ۲. انواع مختلف سامانه‌های پشتیبان تصمیم برای ارزیابی عملکرد

توصیف سامانه پشتیبان تصمیم	کاربرد	مرجع	روش‌ها
سامانه پشتیبان تصمیم برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده	سازمان‌ها	(Azadeh et al. 2013)	«DEA»،«NT»[4] « PCA»[6]
ارزیابی عملکرد برنامه‌های بازیافت	شرکت‌های بازیافت	(Wibowo and Deng 2015)	تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی
رتبه‌دهی دانشگاه‌های انگلستان	دانشگاه‌ها	(Giannoulis and Ishizaka 2010)	الکتره۳[7]
ارزیابی عملکرد سرمایه‌گذاری مالی دولت	استان‌های چین	(Wang 2005)	DEA
ارزیابی عملکرد مبتنی بر دانش	سازمان‌های مدرن	(Wang, Huang, and Lai 2008)	DEA
سامانهٔ دانشگاهی برای ارزیابی برنامه‌ها و دروس دانشجویان	دانشگاه‌ها	(Deniz and Ersan 2002)	« میانگین امتیاز رتبه تجمعی »[8]
ارزیابی عملکرد سازمان‌های با استفاده از سامانه مبتنی بر دانش	سازمان‌ها	(Wen, Chen, and Chen 2008)	استدلال دانشی و هوش مصنوعی

1 European Foundation for Quality Management
2 Indexes
3 Measures
4 Numerical Taxonomy
5 Data Envelopment Analysis
6 Principal Component Analysis
7 ELECTRE
8 Cumulative Grade Point Average

ارزیابی عملکرد مدیریت زنجیره تأمین	صنایع لاسیتک	(Marimin, Wibisono, and Darmawan 2017)	F_AHP[1], BSC[2]

سامانه وزارت عتف از جداول لیگ یا جداول عملکرد استفاده می‌کند. این جداول شامل سنجه‌های قابل اندازه‌گیری هستند که هر سال از مؤسسات پژوهشی جمع‌آوری می‌شوند. پس از جمع‌آوری سنجه‌های اولیه، با استفاده از ترکیب آنها شاخص‌های جدید محاسبه می‌شوند که معمولاً این شاخص‌ها به صورت نسبت دو سنجه اولیه هستند. به عنوان مثال شاخص تعداد نوآوری به تعداد کل پژوهش‌گران از دو سنجه تعداد نوآوری و تعداد کل پژوهش‌گران بدست می‌آید. پس از آن با استفاده از فنون «تصمیم‌گیری چندمعیاره»[3] یک رتبه حرفی از A تا F (الف تا اف) با عنوان عملکرد کلی به هر مؤسسه تخصیص داده می‌شود. نحوهٔ محاسبه عملکرد کلی به این صورت است که ابتدا مقدار میانگین موزون شاخص‌ها بر اساس وزن‌هایی که خبرگان برای هر شاخص مشخص کرده‌اند محاسبه می‌شود؛ آنگاه با استفاده از جدول تبدیل مقادیر به حروف، به هر مؤسسه پژوهشی بک رتبه حرفی از A تا F تخصیص داده می‌شود. مقادیر شاخص‌ها و عملکرد کلی به تفکیک زمینهٔ فعالیت، وابستگی، نوع هر مؤسسه پژوهشی به صورت سالانه گزارش می‌شوند(مهدیان، عطاران، و میراحمدی ۱۳۹۱). جهت آشنایی بیشتر با نحوه استخراج شاخص‌های ارزیابی به پژوهش‌های صورت گرفته توسط اولیاء و همکارانش مراجعه کنید (اولیاء ۱۳۸۲؛ اولیاء، امین، و خاکزار ۱۳۸۳).

جدول ۳: معیارها و سنجه‌های تعریف شده توسط اولیاء برای ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی(اولیاء ۱۳۸۲)

معیار: کمیت آثار علمی		کیفیت آثار علمی
سنجه‌ها(شاخص‌ها):		✓ نسبت مقالات منتشر شده در مجلات معتبر به کل مقالات*
✓ تعداد مقالات در مجلات*		✓ نسبت مقالات ISI به کل مقالات*
✓ تعداد مقالات کنفرانس‌ها*		✓ تعداد ارجاعات به آثار علمی
✓ تعداد گزارش‌های علمی و پژوهشی منتشر شده*		✓ تعداد اختراعات، اکتشافات و ابداعات به ثبت رسیده*
✓ تعداد کتب تألیف شده/ترجمه شده*		✓ تعداد رتبه‌ها و افتخارات اخذشده از جشنواره‌های علمی*
✓ تعداد آثار ویژه (مانند آثار هنری)*		✓ کیفیت سه اثر برگزیده
✓		

کمیت طرح‌ها و خدمات پژوهشی		کیفیت طرح‌های پژوهشی
✓ تعداد طرح‌های پژوهشی فعال درون سازمانی*		✓ درصد طرح‌های پژوهشی منجر به مقاله
✓ تعداد طرح‌های پژوهشی برون سازمانی*		✓ درصد طرح‌های پژوهشی منجر به استفاده یا تولید دانش فنی
✓ مبلغ طرح‌های پژوهشی برون‌سازمانی*		✓ کیفیت سه طرح برگزیده
✓ مبلغ خدمات پژوهشی (آزمایشگاهی، کار گروهی و مشاوره)		

1 Fuzzy analytical Hieratical process
2 Balanced ScoreCard
3 Multiple Criteria Decision Making

موقعیت علمی	پژوهشگران
✓ تعداد تفاهم‌نامه‌های بین‌المللی*	✓ تعداد پژوهشگران (معادل تمام وقت)*
✓ تعداد تفاهم‌نامه‌های فعال ملی*	✓ درصد پژوهشگران تمام وقت*
✓ تعداد عضویت در مجامع علمی بین‌المللی	✓ درصد استادیار پژوهشی به بالا*
✓ تعداد عضویت در مجامع علمی ملی	✓ تعداد پژوهشگران دانشجویی کارشناسی اشد، دکتری و فوق دکتری تربیت شده*
✓ تعداد عناوین مجلات منتشر شده*	
✓ تعداد همایش‌های بین‌المللی برگزار شده*	✓ تعداد کارگاه‌ها و دوره‌های تخصصی برگزار شده
✓ میزان ارجاع داوری	
✓ تعداد مراجعات به سایت اینترنت	✓ متوسط تعداد پژوهشگران در طرح‌های پژوهشی آثار علمی

کارایی	امکانات و تجهیزات
✓ نسبت تعداد آثار علمی به تعداد پژوهشگران*	✓ متوسط بودجه سالیانه*
✓ نسبت تعداد طرح‌های پژوهشی به تعداد پژوهشگران*	✓ درصد بودجه پژوهشی*
✓ نسبت درآمد پژوهشی به تعداد پژوهشگران*	✓ درصد درامدهای پژوهشی از کل بودجه*
✓ ضریب استفاده از امکانات و تجهیزات	✓ ارزش تجهیزات و منابع علمی
✓ نسبت پژوهشگران به کل کارکنان*	

اثربخشی	مدیریت
✓ میزان مطابقت مأموریت‌ها با اولویت‌ها	✓ برنامه‌ریزی
✓ میزات مطابقت تحقیقات با مأموریت‌ها	✓ ایجاد انگیزه و رهبری
✓ درصد تحقق اهداف	✓ نظارت و کنترل
	✓ جریان مالی
	✓ فرایند انجام طرح‌ها

جدول ۴. برخی شاخص‌های دیگر استفاد شده در ارزیابی عملکرد وزارت عتف(مهدیان، عطاران، و میراحمدی ۱۳۹۱)

- ✓ سایر مستندات علمی(دانش فنی، سند راهبردی، استاندارد، قوانین و مقرارت)
- ✓ تعداد جوایز دریافتی از جشنواره‌ها و سایر مراجع معتبر
- ✓ نسبت دستاوردهای گروهی به کل دستاوردها
- ✓ نسبت مبلغ قراردادهای منعقده جدید به پژوهشگران
- ✓ نسبت پروژه‌هایی که مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند به کل پروژه‌ها
- ✓ درآمد حاصل از تجاری‌سازی یا فروش دستاوردهای پژوهشی
- ✓ نسبت پژوهشگران مرتبط با پارک‌های علم و فناوری به کل پژوهشگران
- ✓ نسبت هزینه پژوهشی به کل هزینه‌ها

از آنجا که سامانه‌های پشتیبان تصمیم ارزیابی عملکرد ساخته شده در دنیا برای سازمان‌های خاصی استفاده می‌شوند و پایگاه‌های مدل و دانش استفاده شده در آنها نیز خاص آن سازمان‌ها هستند و با توجه به اینکه برای ارزیابی بهتر عملکرد مؤسسات پژوهشی و همچنین انجام تحلیل‌هایی نظیر تحلیل چه-اگر،

جستجوی هدف و تحلیل‌های هوشمند مربوط به این مؤسسات نیازمند استفاده از مدل‌ها، دانش و داده خاص مؤسسات پژوهشی هستیم. لذا با توجه به عدم وجود پژوهش داخلی و یا خارجی مشابه، پژوهش حاضر در راستای تحلیل نیازمندی‌های سامانه تصمیم‌یار هوشمند برای کمک در ارزیابی بهتر عملکرد و کمک در تصمیم‌گیری‌های آینده برای این مؤسسات انجام شده است.

۳- روش تحقیق

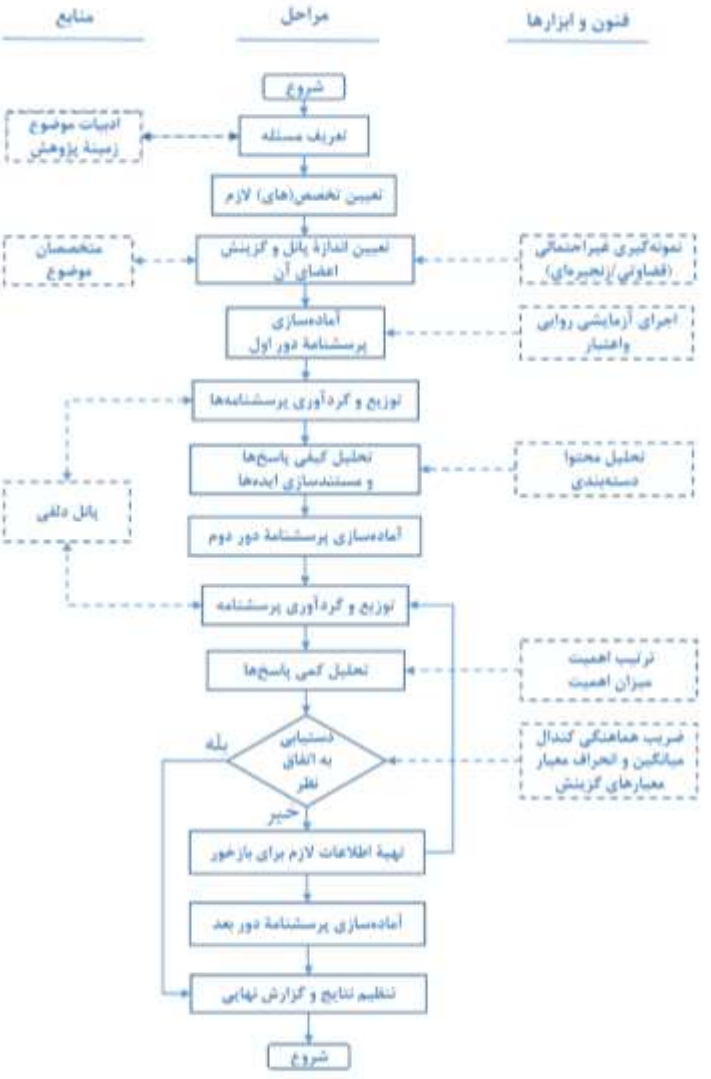
رویکرد و روش اصلی این پژوهش کیفی است؛ و پژوهش از نوع کاربردی است. مصاحبه با خبرگان یکی از ابزارهای مهم برای جمع‌آوری داده محسوب می‌شود. انواع مختلف مصاحبه وجود دارد، مصاحبه «نیمه‌ساخت‌یافته»[1] به ما اجازه می‌دهد تا مصاحبه نظم مجدد پیدا کند (Cohen, Manion, and Morrison 2013). در مرحلهٔ آغازین این پژوهش، مصاحبه نیمه‌ساخت‌یافته با چهار نفر از اعضای کمیته ملی تحقیقات کشور (سمات) برای تحلیل دامنه و شناخت بهتر مسائل تحقیقات در کشور انجام شد. پس از آن سامانهٔ فعلی ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی زیرمجموعهٔ وزارت عتف از جنبه‌های مختلفی نظیر روش‌ها و شاخص‌های ارزیابی مورد استفاده در آن مورد مطالعه قرار گرفت. با مطالعهٔ کتابخانه‌ای مستندات تهیه شده در مورد سمات ملی، موجودیت‌های مطرح برای جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های مربوط به تحقیقات صورت گرفته در کشور شناسایی شدند. مدل اطلاعاتی کریس که در مقدمه معرفی شد، مورد مطالعه قرار گرفت. برای آشنایی بیشتر با فرآیندها، برون‌دادها، و عملکرد مؤسسات پژوهشی، پژوهشگاه علوم و فن‌آوری اطلاعات ایران مورد مطالعه میدانی قرار گرفت. پس از آن انواع سامانه‌های پشتیبان تصمیم در زمینه ارزیابی عملکرد از طریق پایگاه‌های اطلاعاتی مطرح، نظیر « گوگل اسکالر»[2]، «وب آو ساینس»[3]، و «اشپرینگر»[4] با استفاده از کلمات کلیدی نظیر ارزیابی عملکرد و سامانه پشتیبان تصمیم جستجو شدند و از میان مستندات آنها موارد مهم‌تر انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفتند. در مرحلهٔ بعدی، انواع روش‌های تحلیل یا مهندسی نیازمندی‌ها مورد مطالعه کتابخانه‌ای قرار گرفتند. طراحی مبتنی بر «سناریو»[5] روشی است که توسط «روسون و کارول»[6] برای طراحی و توسعه سیستم ارائه شده است(Rosson and Carroll 2009). با ساخت چند سناریوی فرضی، مدل فرآیند غیرخطی تکراری برای تعیین نیازمندی‌ها و همچنین تعیین ریسک‌ها پیاده‌سازی و اصلاح شد. اعتبار مدل فرآیند ایجاد شده توسط خبرگان مورد تأیید قرار گرفت. در مرحلهٔ بعدی این پژوهش، از روش دلفی نشان داده شده در شکل ۳ به دلیل عملکرد خوب آن و به دلیل تطبیق بهتر آن با مدل فرآیند غیرخطی برای تحلیل نیازمندی‌ها، به عنوان روش اصلی تحلیل نیازمندی‌ها استفاده شد. هر پانل دلفی شامل تعدادی افراد خبره است که با عنوان پانلیست شناخته می‌شوند و همچنین شامل یک نفر به عنوان تسهیل‌گر یا تحلیل‌گر سامانه و یا رهبر است که در روش دلفی برای انجام هماهنگی و دریافت پاسخ پانل خبرگان استفاده می‌شود(Brown 1968). اندازه پانل مناسب معمولاً بین ۴ تا ۳۰۰۰ است و عواملی

---

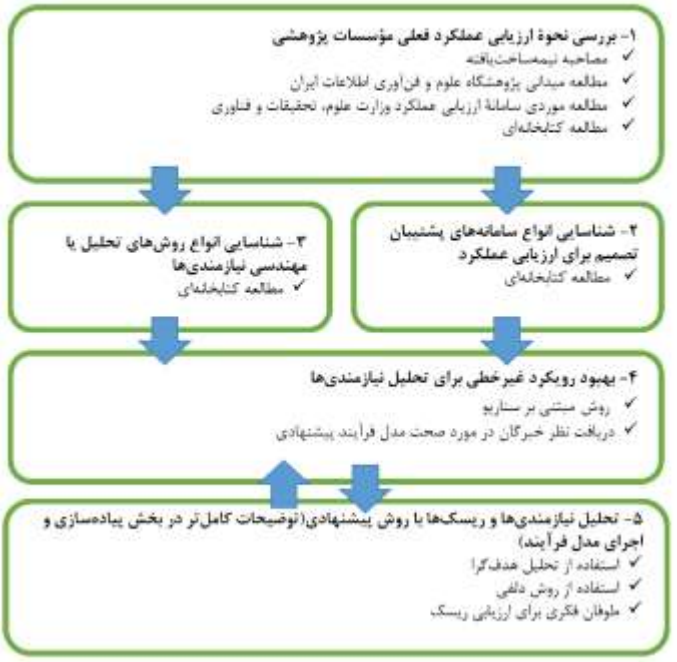
1 Semi-Structured
2 Google Scholar
3 Web of Science
4 Springer
5 Scenario
6 Rosson and Carroll

نظیر زمان و هزینه می‌توانند بر اندازه پانل تأثیرگذار هستند(Hasson, Keeney, and McKenna 2000). کیفیت اعضای پانل مهم‌تر از اندازه پانل است(Powell 2003). در این پژوهش، دو پانل از خبرگان برای شرکت در فرآیند دلفی برای رسیدن به اجماع گروهی در مورد نیازمندی‌های سامانه پشتیبان تصمیم جدید تشکیل شد. اولین پانل شامل ۸ نفر از اعضای هیأت علمی، تصمیم‌گیرندگان، مدیران حوزه تحقیقات و یک نفر تسهیل‌گر بود که یک نفر در دور آخر پرسش‌نامه را تحویل نداد. پانل دوم شامل ۱۰ نفر از برنامه‌نویسان، تصمیم‌گیرندگان، تحلیل‌گرها و کاربران به همراه یک نفر رهبر پانل بود که در دور آخر به هشت نفر کاهش پیدا کردند. از لحاظ تئوری، دورهای دلفی می‌تواند به طور مرتب تا رسیدن به اجماع گروهی تکرار شوند. پس از شناسایی اهداف و نیازمندی‌ها توسط پانل‌های دلفی و تحلیل هدف‌گرا، یک گروه چهارنفره از متخصصین رشته‌های فن‌آوری اطلاعات، کامپیوتر و علوم اطلاعات با استفاده از «طوفان فکری»[1] ریسک‌های سامانه را با در نظرگرفتن رویدادهای منفی(ریسک‌های) تأثیرگذار بر هر یک از اهداف(نیازمندی‌ها) شناسایی کردند و توافق بر روی سطوح ریسک‌ها صورت پذیرفت. با استفاده از ارتباط ریسک‌ها و نیازمندی‌ها نیز سطوح ریسک‌های نیازمندی‌ها نیز مشخص شدند. کلیات روش‌شناسی پژوهش در شکل ۴ نمایش داده شده است.

11 Brain Storm



شکل ۳. فرآیند روش دلفی(منبع: علیدوستی ۱۳۸۵)



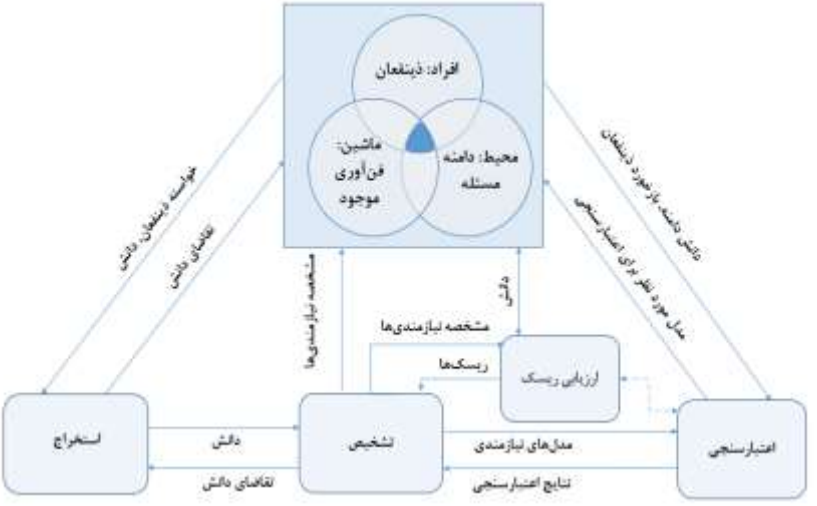
شکل ۴. کلیات روش‌شناسی پژوهش

۴- مدل فرآیند پیشنهادی

به طور معمول، فرآیند ایده‌آلی برای تحلیل نیازمندی‌ها وجود ندارد؛ اما این امکان وجود دارد که برای هر مسئله خاص، فرآیند تحلیل مشخصی تعریف شود. مدل غیرخطی تکراری برای سامانه‌هایی مفید است که در آنها صحت مشخصه‌های نیازمندی‌ها باید مورد توافق ذینفعان سامانه باشد (Loucopoulos and Karakostas 1995). در مدل فرآیند پیشنهادی ما، مدل فرآیند غیرخطی تکراری نشان داده شده در شکل ۱ تصحیح شده است؛ و چندین بهبود در آن اعمال شده است. یکی از مسائل موجود در مدل فرآیند شکل ۱ نداشتن قسمتی مجزا برای ارزیابی ریسک است. به اعتقاد ما ارزیابی ریسک‌های سامانه تصمیم‌یار هوشمند مورد نظر باید در مراحل اولیه زیست چرخ توسعه نرم‌افزار انجام شود؛ بنابراین ما یک قسمت ارزیابی ریسک به مدل غیرخطی تکراری اضافه کردیم. علاوه بر این، در فرآیند پیشنهادی بر خلاف فرآیند غیرخطی قبلی که دارای دو «موجودیت»[1] کاربر و دامنه مسئله است؛ به دلیل اینکه در تحلیل نیازمندی‌ها توسط تحلیل‌گر یا تسهیل‌گر، آن دسته از نیازمندی‌هایی مورد قبول واقع می‌شوند که با توجه به نظر افراد ذینفع، ماشین یا فن‌آوری موجود و محیط مورد نظر قابل پیاده‌سازی باشند؛ لذا یک موجودیت که شامل تعامل سه موجودیت ماشین، محیط و افراد(ذینفعان) است به جای دو موجودیت کاربر و دامنه به مدل قبلی اضافه شد.

1Entity

در مدل پیشنهادی شکل ۵، فازهای اصلی تحلیل نیازمندی‌ها عبارتند از: استخراج، تشخیص، اعتبارسنجی و ارزیابی ریسک. لازم به یادآوری است که قبل از تحلیل نیازمندی‌ها، تحلیل دامنه انجام می‌شود. در تحلیل دامنه، مجموعه‌ای از روابط اشیاء و قوانین موجود در حوزه یا دامنه مورد مطالعه تعیین می‌شوند(Arango 1988) . تحلیل‌گر باید از روابط ماشین، ذینفعان و محیط آگاه باشد و ارتباط آن را با سایر اجزای فرآیند تشخیص دهد. در مدل فرآیند پیشنهادی، ماشین، محیط و افراد نه تنها با یکدیگر بلکه با فعالیت‌های مربوط به ارزیابی ریسک، استخراج، تشخیص و اعتبارسنجی نیز در تعامل هستند.



شکل ۵. مدل فرآیند پیشنهادی

در فاز استخراج نیازمندی‌ها، می‌توان از فعالیت‌های متفاوتی نظیر مصاحبه، طوفان فکری، دلفی، تشکیل گروه‌های کاری و یا ارائه نمونه استفاده کرد. این مرحله به عنوان فراهم‌کننده مواد خام برای مرحله تشخیص شناخته می‌شود. در مرحلهٔ تشخیص، مستندات «مشخصات نیازمندی‌های نرم‌افزار»[1]مشخص می‌شوند، این مستندات نیازمندی‌های کافی و لازم را در بر دارند که برای اجرای پروژه لازم هستند(Pressman 2005). مشخصات نرم‌افزار، پایه و اساسی برای انجام توافق بین ذینفعان محصول نرم‌افزاری در مورد اینکه این محصول چه کارهایی را باید انجام دهد و چه کارهایی را نباید انجام دهد را فراهم می‌کنند. این مرحله، همچنین پایه‌ای برای تخمین هزینه‌های محصول، ریسک‌ها و زمان‌بندی پروژه را فراهم می‌کند (Bourque and Fairley 2014). اعتبارسنجی این اطمینان را به وجود می‌آورد که مسئله به صورت صحیح شناخته شده است و مدل نیازمندی با اهداف ذینفعان سازگار است. هر مدل نیازمندی رسمی یا غیررسمی باید اعتبارسنجی شود. دانش دامنه برای اثبات صحت و سازگاری باید بررسی شود. اعتبارسنجی نیاز به تعامل تحلیل‌گر و سایر ذینفعان در حوزه یا دامنه مورد بررسی دارد. اعتبارسنجی مشخص می‌کند که آیا آنچه که کاربر نیاز دارد با محدودیت‌های پروژه از قبیل دامنه و فن‌آوری سازگار هست یا خیر؟ و آیا کاربران بر روی نیازمندی‌های توافق دارند یا خیر؟

[1]Software Requirements Specifications(SRS)

ریسک و مدیریت ریسک پروژه توسط انجمن‌ها و مؤسسات بسیاری در سراسر دنیا مورد توجه قرار گرفته است. ایزو ۲۰۰۹:۳۱۰۰۰ ریسک را تأثیر عدم قطعیت بر اهداف تعریف می‌کند که اغلب با رجوع به رخدادهای بالقوه و عواقب آنها و یا ترکیبی از این‌ها توصیف می‌شود. برخی از استانداردهای مشهور مدیریت ریسک عبارتند از: AS/NZS 4360 (2004)، IEC 62198 (2001)، ISO 31000:2009.

مدیریت تهدیدهای بالقوه و اثرات منفی آنها توسط ساختارها و فرآیندهایی با عنوان مدیریت ریسک انجام می‌شود. وظایف مدیریت ریسک از طریق فرآیند مدیریت ریسک انجام می‌شود. «بری بوهم»[1] رویکردی برای مدیریت ریسک ارائه داده است که دارای دو فاز است: ارزیابی ریسک و کنترل ریسک(Boehm 1989). در مرحله ارزیابی ریسک، علاوه بر مشخص‌شدن ریسک‌های نیازمندی‌ها، ریسک‌های ساخت سامانه نیز مشخص خواهند شد. ارزیابی ریسک شامل سه فعالیت اصلی مشخص‌کردن ریسک، تحلیل ریسک و اولویت‌بندی ریسک است(Boehm 1989). رویکردهای دیگری که در زمینه مدیریت ریسک وجود دارند، ساختار مشابهی دارند و قابل مقایسه و سازگار با رویکرد بوهم هستند؛ اگر چه از اصطلاحات متفاوتی استفاده می‌کنند. همانگونه که در شکل۵ نشان داده شده است؛ در مدل فرآیند پیشنهادی، ارزیابی ریسک با سایر قسمت‌های مدل فرآیند در تعامل است؛ به طوری‌که تحلیل‌گر، مشخصه نیازمندی‌های نرم‌افزار را از قسمت تشخیص دریافت می‌کند و سپس سه فعالیت اصلی ارزیابی ریسک را، ضمن کسب دانش از موجودیت سه‌گانه افراد، محیط و ماشین انجام می‌دهد؛ به طور معمول اعتبارسنجی ریسک‌ها در ارزیابی ریسک انجام می‌شود و نیاز به اعتبار سنجی مجدد ندارند؛ به همین دلیل در شکل ۵ ارتباط ارزیابی ریسک با اعتبارسنجی به صورت نقطه‌چین نشان داده شده است. در نهایت، تحلیل‌گر نتایج ارزیابی ریسک را به سند مشخصه نیازمندی‌های نرم‌افزار در قسمت تشخیص اضافه می‌کند.

به طور خلاصه می‌توان مزایای مدل پیشنهادی را به شرح زیر ارائه کرد:

- تأکید بر نیازمندی‌های قابل پیاده‌سازی با افزودن موجودیت ماشین(فناوری موجود) و مرحلهٔ ارزیابی ریسک به مدل فرآیند غیرخطی تکراری معمولی
- جلوگیری از شکست پروژه با شناسایی نیازمندی‌های دارای ریسک بالا و مدیریت آنها
- امکان اجرای همزمان فعالیت‌های تحلیل نیازمندی‌ها شامل فعالیت‌های استخراج، تشخیص و اعتبارسنجی و حتی ارزیابی ریسک
- امکان استفاده از هر یک از رویکردهای هدف‌گرا، عامل‌گرا، و سناریوگرا به صورت مجزا یا با هم در تحلیل نیازمندی‌ها
- امکان تعریف فعالیت‌هایی جهت کاهش اثرات ریسک پس از مشخص‌شدن ریسک‌ها
- امکان استفاده از رویکردهای مختلف کیفی در تعیین نیازمندی‌ها
- تطبیق بسیار خوب مراحل این مدل فرآیند با روش قدرتمند دلفی(هر تکرار معادل یک دور دلفی)

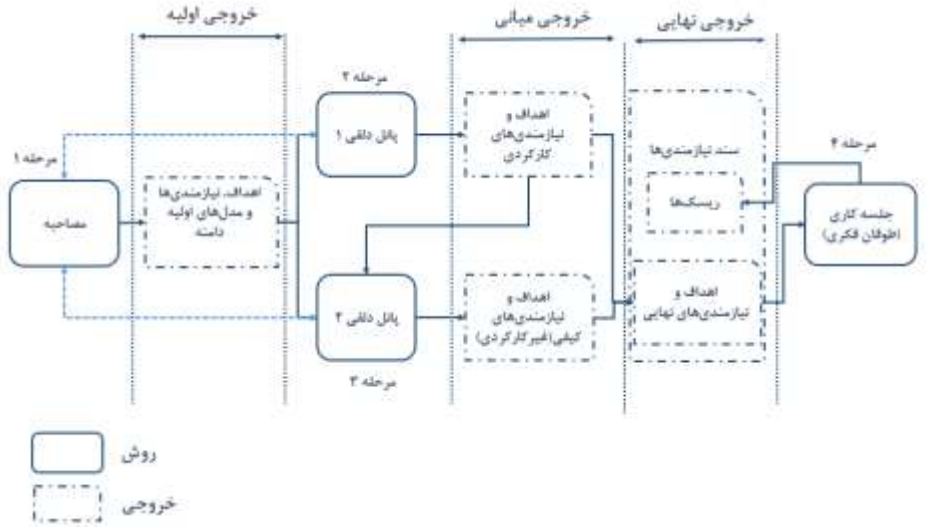
لازم است تا اعتبار و صحت مدل فرآیند پیشنهادی تأیید شود. برای ارزیابی و اعتبارسنجی مدل‌ها، الگوهای متفاوتی وجود دارند. تأیید مدل فرآیند توسط خبرگان و آزمایش و پیاده‌سازی انواعی از این الگوها هستند

[1] Barry Boehm

(Vaishnavi and Kuechler 2015). علاوه بر تأیید مدل توسط خبرگان، از آزمایش یا همان پیاده‌سازی برای ارزیابی و تأیید اعتبار مدل پیشنهادی در بخش بعدی استفاده شده است.

۵- پیاده‌سازی و اجرای مدل فرآیند

از یک فرآیند چهار مرحله‌ای با استفاده از رویکرد هدف‌گرا برای پیاده‌سازی مدل فرآیند پیشنهادی استفاده شده است. در مرحله اول این فرآیند، از روش مصاحبه نیم ساخت‌یافته استفاده شده‌است؛ این مصاحبه در شکل ۴ روش تحقیق در گام نخست آورده شده است. بدیهی است که این مصاحبه جهت شناخت بهتر دامنه مورد مطالعه یا همان محیط مؤسسات پژوهشی و شناسایی ذینفعان آنها و آشنایی با فن‌آوری موجود جهت ارزیابی عملکرد انجام شده است. لازم به یادآوری است که پس از گام سوم روش تحقیق که در شکل ۴ نشان داده شده است تسهیل‌گر و یا همان تحلیل‌گر با محیط، ماشین(فناوری موجود) و همچنین ذینفعان سامانه آشنایی بسیار خوبی پیدا کرده است. حال در مراحل ۲ و ۳ شکل ۶ دو پانل دلفی برای ارزیابی نیازمندی‌ها و اهداف سامانه پشتیبان تصمیم مورد نظر استفاده شده‌اند؛ و در مرحله ۴ طوفان فکری برای ارزیابی ریسک‌های مختلف استفاده شده است. در انتهای این فرآیند، سند نیازمندی‌ها شامل ریسک‌ها، اهداف و نیازمندی‌های نهایی بدست می‌آید. این مراحل در شکل ۶ نشان داده شده‌اند. جزئیات این مراحل مشابه توضیحات ارائه شده در زیر است.



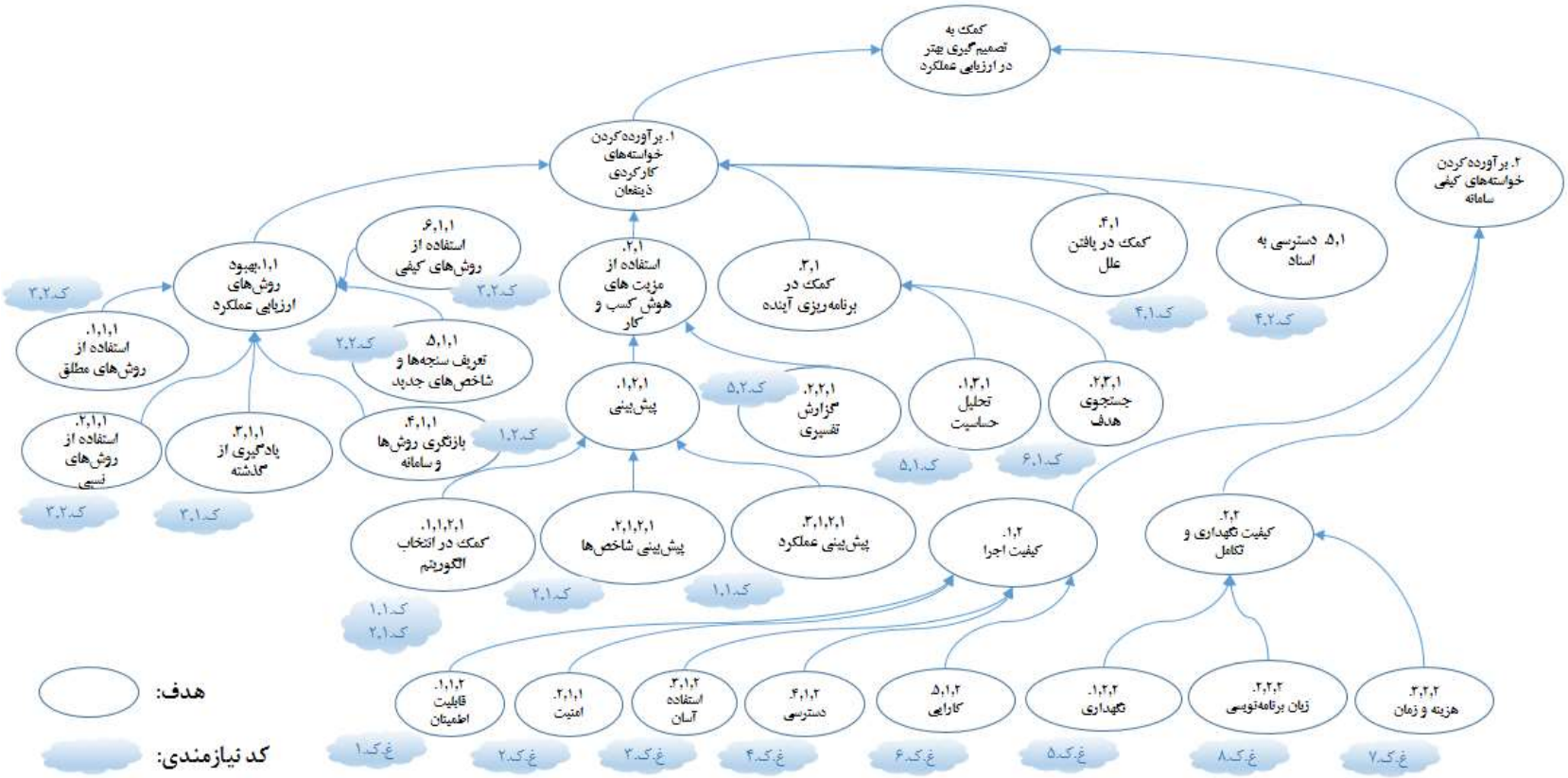
شکل ۶. پیاده‌سازی مدل فرآیند پیشنهادی

پس از مصاحبه اولیه و تحلیل دامنه توسط تحلیل‌گر تعدادی سئوال باز استخراج شد و آنگاه بر اساس فرآیند شکل ۳ پانل‌های دلفی برگزار شدند. در پانل اول، سئوالات باز بدست‌آمده از تحلیل دامنه به همراه اطلاعات تکمیلی در مورد هدف از برگزاری پانل و سامانه‌های تصمیم‌یار هوشمند به اعضای پانل ارسال شد و پاسخ‌های آنها در دور اول توسط تحلیل‌گر بررسی شدند. با برگزاری اولین دور دلفی، اولین تکرار فازهای استخراج، تشخیص انجام شد. در فاز استخراج، تحلیل‌گر نیازمندی‌ها را با تطبیق درخواست‌ها و یا همان

پاسخ سئوالات دور اول دلفی با دامنه و فن‌آوری موجود شناسایی و آنها را از پاسخ‌های اعضای پانل و اهداف مشخص شده استخراج کرد و در فاز تشخیص، این نیازمندی‌ها استخراج شده را در یک سند نیازمندی با تخصیص کد به هر نیازمندی و دسته‌بندی آنها مدون کرد. در این دور می‌توان از تطبیق نیازمندی‌های مستخرج با اهداف ذینفعان با عنوان اعتبارسنجی نام برد. تحلیل انجام شده توسط تحلیل‌گر بر روی پاسخ‌های اولین دور دلفی به اعضای پانل فرستاده شد و از آنها خواسته شد تا بر اساس اولویت، نیازمندی‌های تعیین شده را در دو گروه مجزا مرتب سازند و نیازمندی جدید را نیز در صورت لزوم اضافه نمایند و مجدداً با بررسی پاسخ‌نامه‌ها، تکرار بعدی فازهای استخراج، تشخیص و اعتبارسنجی انجام شد. در این تکرار، اعتبارسنجی با تحلیل کمی پاسخ‌ها انجام شد و نیازمندی جدیدی نیز به نیازمندی‌های اضافه نشد. در دور سوم، از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا اولویت‌های تخصیصی را بازنگری کنند و امتیازهای جدید را بر اساس خلاصه نظرهای اعضای پانل با توجه به امتیازهای تخصیصی در دور قبل، به اقلام نیازمندی‌ها بدهند. با بررسی پاسخ‌نامه‌های دور سوم، تکرار نهایی فازهای استخراج، تشخیص و اعتبارسنجی برای شناسایی نیازمندی‌ها و درخت اهداف انجام شد. لازم به یادآوری است که در دورهای اولیه تحلیل دلفی (یا همان تکرارهای اولیه فرآیند)، فاز استخراج پررنگ‌تر است به عبارت دیگر عمده فعالیت انجام شده در دورهای اول تحلیل دلفی مربوط به فاز استخراج است و در دورهای نهایی نیز نقش فاز اعتبارسنجی و تشخیص پررنگ‌تر است. پس از مشخص نمودن نیازمندی‌های کارکردی، دومین پانل دلفی برای نیازمندی‌های غیرکارکردی برگزار گردید. بعد از سه دور پانل دلفی دوم، بر اساس جداول همگرایی اجماع گروهی بر روی نیازمندی‌های غیرکارکردی حاصل شد. تجارب موفق از روش‌های کیفی برای تعیین ریسک‌ها استفاده کرده‌اند(McManus 2012). بنابراین برای ارزیابی ریسک‌ها، پس از مشخص شدن نیازمندی‌های کارکردی و غیرکارکردی یک جلسه کاری با حضور متخصصین برگزار گردید و ابتدا توسط طوفان فکری، ریسک‌ها شناسایی شد و سپس این ریسک‌ها با روش نیمه کمی اولویت‌بندی شدند و سطوح ریسک هر نیازمندی نیز مشخص شدند.

۶- یافته‌ها و دستاوردها

یافته‌های حاصل از برگزاری پانل اول دلفی مربوط به پاسخ سه دسته مختلف از سئوالات می‌شوند. دسته اول از سئوالات برای تحلیل نیازمندی‌های کارکردی و ارتباط آنها با اهداف ذینفعان هستند که به دلیل سرعت بخشیدن در طراحی و پیاده‌سازی سامانه به دو دسته تقسیم شدند. بدین ترتیب نیازمندی‌های دسته اول که وابستگی بیشتری با یکدیگر دارند می‌توانند به صورت موازی با نیازمندی‌های دسته دوم طراحی و پیاده‌سازی شوند. در نمودار هدف، اهداف و ارتباط آنها با نیازمندی‌ها مشخص شده است. در این نمودار درختی، یک هدف اصلی وجود دارد که دارای چند زیرهدف است و هر هدف میانی یک یا چند هدف زیرمجموعه دیگر دارد. برگ‌های درخت به عنوان اهداف نهایی هستند که توسط یک یا چند نیازمندی محقق می‌شوند؛ این نمودار درختی به همراه کد نیازمندی مربوط به هر برگ درخت در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷. درخت اهداف و ارتباط اهداف با نیازمندی‌ها(ابر نشان داده شده برای هر برگ درخت، نیازمندی مرتبط با هدف تعیین شده را نشان می‌دهد.)

«هایکو»[1]انواع معیارهای رسیدن به اجماع در تحلیل دلفی را مورد بررسی قرار داده است و پس از اشاره به ۱۵ معیار دستیابی به اجماع بیان می‌کند که هیچگونه قاعده قطعی و نهایی در مورد زمان و میزان دستیابی به اتفاق نظر در تحلیل دلفی را نمی‌توان ارائه داد. وی به معیارهایی نظیر تعداد مشخص دورها، تحلیل ذهنی، سطح مشخصی از توافق، «نرخ برش متوسط نظریات اکثریت»[2]، اندازه‌های مرکزی نظیر میانه، مد و نما و شاخص پراکندگی نظیر انحراف معیار و محدوده میان چارکی، اتفاق نظر انجمنی، ضریب تغییرات، «آزمون ویلکاکسون»[3]، آزمون مربع کای، «ضریب همبستگی اسپیرمن و کندال»[4]، و «آزمون‌های اف»[5] اشاره می‌کند(Heiko 2012). «ویلیام و ویب»[6]به کاربرد انحراف معیار و میانگین به عنوان معیار دستیابی به اجماع اشاره کرده‌اند(Williams and Webb 1994). «گریتورکس و دکستر»[7]اظهار داشته‌اند که در حالیکه میانگین به عنوان معیاری جهت نشان دادن تمایل به مرکز ، عقیده گروهی اعضای دلفی را نشان می‌دهد؛ انحراف معیار به عنوان معیاری برای پراکندگی، نشان‌دهنده توافق یا عدم توافق اعضای گروه است(Greatorex and Dexter 2000). در پژوهش حاضر از میانگین جهت محاسبه اولویت هر نیازمندی و از انحراف معیار کوچکتر یا مساوی ۱/۲۵ به عنوان معیار رسیدن به توافق اعضای گروه استفاده شده است. همگرایی تقریبی نیازمندی‌های کارکردی در جداول ۶و۵ نشان داده شده‌اند. همانگونه که از جداول مشخص است اگر چه اولویت‌های نیازمندی‌ها در دورهای دوم و سوم تغییری نکرده‌اند؛ اما انحراف معیارها به زیر ۱/۲۵ کاهش یافته‌اند و میانگین‌ها نیز به اعداد اولویت نزدیکتر شده‌اند. از آنجا که معیار دستیابی به توافق، انحراف معیار کوچکتری یا مساوی ۱/۲۵ فرض شده است؛ بنابراین در اینجا در تمامی موارد توافق صورت گرفته است. این جداول همگرایی نشان می‌دهند که در دورهای آخر پانل دلفی انحراف معیار رتبه‌ها کاهش یافته است و درصد بالایی از همگرایی پیرامون رتبه‌ها بدست آمده است.

جدول۵. همگرایی نظرات پانل دلفی برای اولین دسته از نیازمندی‌های کارکردی

نیازمندی	دور ۲			دور ۳		
	انحراف معیار	اولویت	میانگین	انحراف معیار	اولویت	میانگین
ک.۱,۱	۲/۲	۲	۳	۰/۳	۲	۱/۸
ک.۲,۱	۱/۷۳	۱	۲/۸۷	۰/۳	۱	۱/۱
ک.۳,۱	۱/۳	۵	۴/۳۷	۰/۷	۵	۵/۲
ک.۴,۱	۲/۳	۴	۴/۲۵	۰/۷	۴	۴/۲
ک.۵,۱	۲	۳	۳/۷۵	۰	۳	۳
ک.۶,۱	۲/۶۷	۶	۵/۳۷	۰/۹	۶	۶/۶

1Heiko
2APMO Cut-off Rate
3Wilcoxon test
4Spearman’s and Kendall’s correlation coefficient
5F-tests
6Williams and Webb
7Greatorex and Dexter

جدول۶. همگرایی نظرات پانل دلفی برای دومین دسته از نیازمندی‌های کارکردی

نیازمندی	دور ۲			دور ۳		
	انحراف معیار	اولویت	میانگین	انحراف معیار	اولویت	میانگین
ک.۱,۲	۱/۵	۲	۲/۶	۱	۲	۲/۳
ک.۲,۲	۱/۵	۱	۱/۸۶	۱	۱	۱/۳
ک.۳,۲	۰/۹	۴	۳/۱۴	۰/۶	۴	۳/۹
ک.۴,۲	۰/۸	۵	۴/۴	۰/۷	۵	۴/۷
ک.۵,۲	۱/۳	۳	۳	۰/۶	۳	۲/۹

همانگونه که در بخش پیشینه پژوهش بیان شد، سامانه پشتیبان تصمیم می‌تواند با فراهم آوری انواع مدل‌های ارزیابی، داده‌ها و دانش مورد نیاز به تصمیم‌گیرندگان در حل مسئله ارزیابی عملکرد کمک کند. سامانه‌های پشتیبان تصمیم معمولاً در سطح فردی یا سازمانی برای کمک به حل مسئله ارزیابی عملکرد تهیه می‌شوند؛ بدیهی است برای ساخت سامانه‌ای در سطح ملی لازم است تا از آغار به صورت سیستماتیک چرخهٔ توسعهٔ آن دنبال شود. به طور معمول، اجزای اصلی سامانه‌های پشتیبان تصمیم مشترک هستند و تفاوت عمده آنها مربوط به مدل‌ها، داده‌ها و دانش مورد استفاده در آنها می‌شود. تفاوت این پژوهش با پژوهش‌های دیگر انجام شده در دنیا در زمینه سامانه‌های پشتیبان تصمیم ارزیابی عملکرد این است که در این سامانه نیازمندی‌های مورد توافق ذینفعان به صورت سیستماتیک تهیه شده‌اند و این نیازمندی‌ها کاملتر از سایر پژوهش‌های انجام شده هستند و هدف از شناسایی آنها طراحی و ساخت اجزای سامانه پشتیبان تصمیم برای کمک در ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی بوده است. بدیهی است که پایگاه‌های داده، مدل و دانش این سامانه از سایر سامانه‌ها متفاوت هستند. به این معنی که پایگاه داده آن اطلاعات جمع‌آوری شده از مؤسسات تحقیقاتی زیرمجموعهٔ وزرات عتف، پایگاه داده سمات وسایر منابع داده داخلی و خارجی شامل اینترنت و اینترانت خواهد بود. هر گونهٔ داده دیگری که برای تحقق هر نیازمندی لازم باشد به صورت دستی و یا غیره در این پایگاه قرار خواهد گرفت. مدل‌هایی که برخی از آنها خاص ارزیابی تحقیقات هستند به خصوص مدل ارزیابی فعلی وزارت عتف که در بخش پیشینه توضیح داده شده است و بر اساس شاخص‌های ارزیابی واحدهای پژوهشی جداول ۳و۴ طراحی شده است و همچنین سایر مدل‌های مربوط به ارزیابی عملکرد که می‌توانند مدل ارزیابی نسبی و یا مدل ارزیابی مطلق باشند و حتی مدل‌های مربوط به تحلیل‌های هوشمند در پایگاه مدل قرار خواهند گرفت. پایگاه دانش نیز شامل نظرات و قوانین خبرگان در مورد ارزیابی و همچنین پارامترهایی نظیر وزن‌ها تعیین شده برای هر شاخص ارزیابی که توسط خبرگان تعیین می‌شوند خواهد بود. این پایگاه همچنین شامل قوانینی خواهد بود که از الگوریتم‌های هوشمند نظیر الگوریتم‌های درخت تصمیم و یا سایر الگوریتم‌هایی که منتج به تولید قوانین می‌شوند بدست آمده‌اند. این قوانین می‌توانند تأثیر یک

شاخص ارزیابی را در عملکرد کلی مؤسسات نشان دهند. این قوانین می‌توانند وابستگی هر شاخص به سایر شاخص‌ها و نحوهٔ تأثیر آنها بر یکدیگر را بیان کنند.

دانش بدست آمده از یادگیری سایر الگوریتم‌های هوشمند شامل الگوریتم‌های دسته‌بندی و خوشه‌بندی نیز در پایگاه دانش قرار خواهد گرفت. همچنین دانش حاصل از روش «فرایادگیری»[۱] برای انتخاب الگوریتم‌های یادگیری نیز در این پایگاه قرار خواهد گرفت.

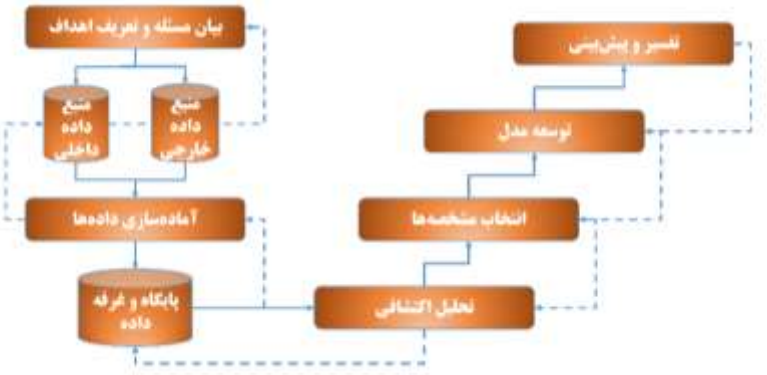
قبل از پیاده‌سازی سامانه و یا درحین پیاده‌سازی لازم است تا فرآیند داده‌کاوی برای محقق ساختن هر کدام از نیازمندی‌هایی که مربوط به پیش‌بینی و یا تحلیل هوشمند می‌شوند انجام شود. فرآیند داده‌کاوی از بیان مسئله و تعریف اهداف شروع می‌شود و به تفسیر و پیش‌بینی منتهی می‌شود و در شکل ۸ نشان داده شده است(Vercellis 2011). برای سامانه پیشنهادی، ابتدا آماده‌سازی داده‌های تحقیقات کشور پس از تعریف مسئله (این مسئله از تعریف هر نیازمندی مشخص می‌شود و به عنوان مثال می‌تواند پیش‌بینی یک شاخص برای سال‌های آتی و یا تحلیل روند افزایش یا کاهش آن شاخص باشد.) انجام می‌شود. آماده‌سازی داده‌ها شامل استخراج داده‌ها و پیش‌پردازش داده‌ها می‌شود. در مرحلهٔ استخراج داده‌ها، داده‌های مربوطه از منابع مختلف داخلی مربوط به پایگاه داده ارزیابی عملکرد وزارت عتف و یا منابع خارجی مانند پایگاه داده تحقیقات کشور و سایر منابع خارجی انتخاب و جمع‌آوری می‌شوند. پس از استخراج داده‌ها، پیش‌پردازش داده‌ها انجام می‌شود. پیش‌پردازش شامل سلسله عملیاتی است که باعث برطرف شدن مشکلات مختلف داده مسأله مورد بررسی خواهد شد. این سلسله عملیات عبارت است از: «پاک‌سازی داده»[۲]، فیلترینگ نمونه‌ها، نمونه‌برداری، تبدیل داده، گسسته‌سازی، «انبوهش داده»[۳]. پس از آن، داده‌های آماده شده در یک پایگاه داده مسطح و یا در غرفه داده به صورت «مکعب داده‌ای»[۴] قرار خواهند گرفت. بعد از آن با استفاده از «تحلیل اکتشافی داده‌ها»[۵] نسبت به انجام یک پیش‌پردازش بر روی داده‌ها با استفاده از سه روش «آمارهای خلاصه»[۶]، «مصورسازی داده»[۷] و «پردازش تحلیلی برخط»[۸] اقدام خواهد شد. در سامانهٔ پشتیبان تصمیم پیشنهادی این عمل پیش‌پردازش با استفاده از مدل‌های مختلف آماری و مدل‌های مصورسازی که در پایگاه مدل سامانه قرار دارند قابل انجام خواهد بود. با استفاده از تحلیل اکتشافی، اطلاعات با ارزشی از داده‌ها جمع‌آوری می‌شوند. پس از آن انتخاب زیرمجموعهٔ ویژگی یا مشخصه توسط روشی خودکار نظیر «روش انحصاری»[۹] و یا به صورت دستی صورت خواهد پذیرفت. این عمل باعث انتخاب ویژگی‌های مفید برای دستیابی به هدف مسئله و یا حتی ایجاد ویژگی‌های جدید مرتبط با مسئله مورد نظر خواهد شد. بعد از آن، مدل مورد نظر با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین ساخته خواهد شد که این مدل می‌تواند یک مدل پیش‌بینی، تجویزی و یا

---

1 Meta-Learning
2 Data Cleansing
3 Data Aggregation
4 Data Cube
5 Exploratory data analysis
6 Summary statistics
7 Data visualization
8 On-Line Analytical Processing
9 Wrapper Approach

تفسیری باشد. در انتها می‌توانیم از این مدل برای تفسیر و یا پیش‌بینی استفاده کنیم. جزئیات فرآیند داده‌کاوی توسط صنیعی و همکارانش شرح داده شده است(صنیعی آباده، محمودی، و طاهرپور ۱۳۹۱).

.



شکل ۸. فرآیند داده‌کاوی(منبع: Vercellis 2011)

در بخش بعدی نیازمندی‌های شناسایی شده آورده شده‌اند و توضیحات تکمیلی برای هر یک از آنها در مورد پیاده‌سازی آنها و ارتباط آنها با فرآیند داده‌کاوی به اختصار بیان شده است.

نیازمندی‌های کارکردی به دو دسته تقسیم شده‌اند.

دسته اول از نیازمندی‌های کارکردی عبارتند از:

ک.۱,۱. کمک در پیش‌بینی عملکرد کلی با قابلیت انتخاب خودکار الگوریتم یادگیری ماشین (اولویت:۲) – *(سطح ریسک: بالا):* این سامانه باید به تصمیم‌گیران در پیش‌بینی عملکرد کلی مؤسسات پژوهشی برای سال‌های آینده کمک کند. در ضمن، باید قابلیت انتخاب الگوریتم یادگیری ماشین بصورت خودکار توسط سامانه وجود داشته باشد.

توضیح: عملکرد کلی فعلی به صورت یک رتبه تخصیصی به هر مؤسسه پژوهشی است که برای بدست آوردن این رتبه از مجموع وزن‌دار سنجه‌های جمع‌آوری شده و نظریه مطلوبیت استفاده شده است(مهدیان، عطاران، و میراحمدی ۱۳۹۱). هدف این نیازمندی عبارت است از پیش‌بینی این رتبه. برای پیش‌بینی این رتبه لازم است تا فرآیند داده‌کاوی که در فوق به آن اشاره شد طی شود. در این فرآیند، انتخاب داده‌ها، مشخصه‌ها و انتخاب الگوریتم یادگیری و تعیین پارامترهای الگوریتم بسیار مهم هستند. از آنجا که نتایج الگوریتم‌های مختلف یادگیری وابسته به داده‌ها هستند به این معنی که یک الگوریتم یادگیری بر روی یک مجموعهٔ داده ممکن است به خوبی عمل کند و بر روی مجموعهٔ دادهٔ دیگر به خوبی عمل نکند. از اینرو باید روشی برای تعیین بهترین الگوریتم یادگیری وجود داشته باشد. در حال حاضر یکی از روش‌های انتخاب بهترین الگوریتم یادگیری استفاده از فرایادگیری است که برای پیاده‌سازی فرایادگیری باید عملکرد الگوریتم‌های مختلف بر روی مجموعهٔ داده‌های مختلف بررسی شود و آنگاه یک ماشین فرایادگیری ساخته شود که امکان پیش‌بینی عملکرد هر الگوریتم را با توجه به مجموعهٔ داده ورودی داشته باشد(Lemke, Budka, and Gabrys 2015). می‌توان از فرایادگیری برای کمک در انتخاب الگوریتم یادگیری استفاده کرد. از آنجا که

سطح ریسک این نیازمندی بالا است برای بهبود تحقق این نیازمندی لازم است تا با شناسایی دقیق‌تر عوامل تأثیرگذار بر عملکرد هر مؤسسه و جمع‌آوری داده‌های مرتبط در پایگاه داده، و قرادادن مدل‌های یادگیری بهتر در پایگاه مدل، به عبارت دیگر با تشخیص بهتر مشخصه‌ها و انتخاب الگوریتم یادگیری بهتر و یا با استفاده از نظرات خبرگان و قوانین مربوطه پیش‌بینی عملکرد را به صورت دقیق‌تری انجام داد.

ک.۱.۲. پشتیبانی از پیش‌بینی سنجه‌ها، شاخص‌ها و یا بررسی صحت شاخص‌ها با قابلیت انتخاب خودکار الگوریتم یادگیری (اولویت:۱) – (سطح ریسک: بالا): این سامانه باید قادر باشد سنجه‌ها یا شاخص‌هایی که برای اندازه‌گیری عملکرد کلی استفاده می‌شوند و قابل پیش‌بینی هستند را پیش‌بینی کند. از پیش‌بینی این شاخص‌ها می‌توان برای بررسی صحت اندازه‌گیری شاخص‌ها در سال‌های آتی نیز استفاده کرد.

توضیح: در این نیازمندی، هدف عبارت است از پیش‌بینی یک سنجه یا شاخص موجود در جداول ۳و۴. به عنوان مثال، هدف پیش‌بینی تعداد مقالات و یا پیش‌بینی درآمد پژوهشی خواهد بود. با طی فرآیند داده‌کاوی فوق و با داشتن پایگاه داده‌ای از مقادیر سنجه‌های اندازه‌گیری شده در سال‌های قبل و با سایر داده‌های جمع‌آوری شده از منابع داده داخلی و خارجی موجود و با انتخاب ویژگی‌هایی از پایگاه داده که بر پیش‌بینی این سنجه‌ها تأثیرگذار هستند و در نهایت با انتخاب مناسب الگوریتم یادگیری و تنظیم بهینه پارامترهای آن با استفاده از فرایادگیری، می‌توان مقادیر سنجه‌ها را برای سال‌های آتی پیش‌بینی کرد. اینکار به تصمیم‌گیرندگان مؤسسات پژوهشی کمک خواهد کرد تا اقدامات لازم جهت رسیدن به مقادیر سنجه مناسب را برنامه‌ریزی کنند و آنها را انجام دهند. از آنجا که سطح ریسک این نیازمندی نیز بالا است. لازم است تا با شناسایی دقیق‌تر راهکارهای کاهش این ریسک از جمله عوامل تأثیرگذاز بر هر سنجه، پیش‌بینی سنجه‌ها را دقیق‌تر انجام داد.

ک.۱.۳. ایجاد مدل هوشمند اندازه‌گیری عملکرد با یادگیری از اندازه‌گیری‌های قبلی (اولویت:۵) – (ریسک: متوسط): اندازه‌گیری عملکرد بخشی از ارزیابی عملکرد محسوب می‌شود و روش‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری عملکرد وجود دارند. معمولاً، مدل‌های ریاضی و یا شاخص‌های اندازه‌گیری عملکرد هر چند سال یکبار تغییر می‌کنند. اگر کاربران بخواهند یک مدل یکتا از روی مدل‌های قبلی داشته باشند این سامانه قابلیت یادگیری یک مدل از روی چندین مدل اندازه‌گیری قبلی را خواهد داشت.

توضیح: با داشتن مقادیر سنجه‌های ارزیابی عملکرد جداول ۳و۴ مربوط به سال‌های قبل که در پایگاه داده قرار می‌گیرند و با استفاده از انواع مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که در پایگاه مدل وجود خواهند داشت. نسبت به ارزیابی واحدهای پژوهشی اقدام خواهد شد و پس از ارزیابی عملکرد چند ساله آنها، از این داده‌ها به عنوان ورودی الگوریتم یادگیری مناسب استفاده خواهد شد و ماشین یادگیری یک مدل ارزیابی هوشمند را یاد خواهد گرفت؛ از این مدل برای ارزیابی هوشمند استفاده خواهد شد.در آینده با واردکردن مدل‌های جدید ارزیابی در پایگاه مدل و یا ساخت مدل‌های هوشمند جدید و تأیید نتایج بدست آمده توسط هر مدل توسط خبرگان می‌توان به مدل‌های بهتری دست یافت.

ک.۱.۴. نمایش گرافیکی اثرات شاخص‌ها بر عملکرد کلی مؤسسات پژوهشی (اولویت:۴)-(سطح ریسک: پایین): عملکرد کلی هر مؤسسه پژوهشی توسط یک مدل اندازه‌گیری می‌شود که این مدل می‌تواند یک مدل ریاضی باشد و یا اینکه یک مدل یادگیری ماشین باشد. اگر کاربر قصد داشته باشد تا عللی که تأثیر بیشتری

در کسب این رتبه داشته‌اند را شناسایی کند؛ آنگاه این سامانه باید نحوه تأثیر هر شاخص بر عملکرد کلی را به صورت گرافیکی نمایش دهد.

توضیح: با استفاده از داده‌های گردآوری شده از سال‌های قبل در پایگاه داده و با فرض استفاده از مدل کنونی ارزیابی عملکرد می‌توان تأثیر هر شاخص یا سنجه جداول ۳ و ۴ را بر روی عملکرد کلی به صورت گرافیکی نمایش داد. به عنوان مثال می‌توان نشان داد که علت کم شدن رتبه مؤسسه در اثر بدست‌نیامدن مقدار مناسب برای تعداد مقالات بوده است. در آینده، هنگام استفاده از مدل‌های جدید ارزیابی عملکرد، بررسی تأثیرات سنجه‌ها بر عملکرد کلی مؤسسات حاصل از این مدل‌ها نیز قابل انجام خواهد بود.

ک.۱,۵. تحلیل چه-اگر و تحلیل حساسیت (اولویت:۳) – (سطح ریسک: پایین): اگر ذینفعان قصد داشته باشند تا در مورد چگونگی اثر تغییر هر شاخص یا سنجه بر عملکرد کلی بدانند. این سامانه به آنها کمک خواهد کرد.

توضیح: مدل ارزیابی فعلی وزارت عتف در سامانه پیاده‌سازی خواهد شد. با یک رابط کاربری مناسب، کاربر می‌تواند سنجه‌ها را کم و یا زیاد کند و اثر آنها را بر عملکرد کلی مشاهده کند. این نیازمندی برای برنامه‌ریزی آینده مؤسسات جهت کسب رتبه‌های بالاتر با توجه کردن به سنجه‌هایی که اثر بهتری بر عملکرد دارند مؤثر خواهد بود. به عنوان مثال اگر بخواهیم بدانیم که در نظرگرفتن یک مقدار مشخص برای تعداد کتب بر رتبه آینده مؤسسه پژوهشی چه تأثیری خواهد گذاشت این سامانه با استفاده از مدل ارزیابی مناسب مؤسسات تحقیقاتی که می‌تواند همان مدل فعلی ارزیابی باشد این تأثیر را مشخص می‌کند. به عنوان مثال مشخص خواهد کرد که با فرض ثابت نگهداشتن سایر شرایط و سنجه‌ها، رتبه مؤسسه از ب به الف ارتقاء خواهد یافت. با اضافه نمودن مدل‌های جدید ارزیابی این سامانه قادر به تحلیل اثر هر سنجه بر عملکرد کلی حاصل از هر مدل ارزیابی جدید خواهد بود.

ک.۱,۶. جستجوی هدف (اولویت: ۶) – (سطح ریسک: متوسط): اگر ذینفعان قصد داشته باشند تا به یک رتبه مشخص یا یک هدف مشخص دست یابند آنگاه این سامانه سطح مناسب برای هر شاخص را با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی فراهم می‌کند.

توضیح: مدل ارزیابی فعلی وزارت عتف در پایگاه مدل وارد خواهد شد. با استفاده از مدل و داده‌های ارزیابی موجود در پایگاه داده، می‌توان نحوهٔ دستیابی به یک رتبهٔ مشخص را با استفاده از فنون بهینه‌سازی (برای دستیابی به بهترین مقادیر سنجه‌ها) و همچنین پیاده‌سازی رابط کاربری مناسب انجام داد. این نیازمندی به تصمیم‌گیرندگان مؤسسات پژوهشی کمک خواهد کرد به عنوان مثال اگر بخواهند رتبهٔ الف را کسب کنند با فرض اینکه بدانند در برخی از شاخص‌های جداول ۳و۴ در سال آتی حدوداً چه مقادیری کسب خواهند کرد آنگاه در سایر شاخص‌ها حداقل چه مقادیری را باید کسب کنند. به عنوان مثال سامانه تعیین می‌کند که نسبت طرح‌های پژوهشی به تعداد پژوهشگران با فرض دانستن سایر شاخص‌ها حداقل چه مقداری باشد تا مؤسسه رتبهٔ الف را کسب کند. در آینده با اضافه نمودن مدل‌های جدید ارزیابی این سامانه قادر به جستجوی هدف برای مدل‌های جدید وارد شده خواهد بود

دسته دوم از نیازمندی‌های کارکردی به صورت زیر هستند.

ک.۱,۲. قابلیت خودارزیابی سامانه (اولویت: ۲) – (سطح ریسک: پایین): این سامانه باید نظرات خبرگان را

جمع‌آوری کند و مناسب بودن عملکرد سامانه از دیدگاه ذینفعان مورد ارزیابی قرار گیرد.
توضیح: پیاده‌سازی این نیازمندی می‌تواند با استفاده از تحلیل دلفی الکترونیکی برای جمع‌آوری نظرات خبرگان پیرامون بخش‌های مختلف سامانه و یا اضافه نمودن بخشی جدید به سامانه انجام شود. این نیازمندی به بهبود کارکرد سامانه کمک می‌کند. .همچنین امکان اضافه نمودن دانش خبرگان در پایگاه دانش وجود خواهد داشت.در آینده، روش‌های کیفی دیگری غیر از روش دلفی برای کسب نظرات خبرگان از طریق این سامانه قابل پیاده‌سازی خواهند بود.

ک.۲,۲. تعریف سنجه یا شاخص جدید و به روزرسانی روش ارزیابی سامانه بر اساس مدل‌ها و ابزارهایی نظیر «EFQM[1]» و یا «BSC[2]» ، با استفاده از نظرات خبرگان(تصمیم‌گیری گروهی) (اولویت: ۱) – (سطح ریسک: پایین): اگر مالک سامانه نیاز داشته باشد تا سنجه‌ها یا شاخص‌های جدیدی ایجاد کند و یا روش اندازه‌گیری عملکرد را تغییردهد، آنگاه بهتر است تا این کار را توسط نظرات خبرگان انجام دهد. این سامانه باید نظرات خبرگان را جمع‌آوری کند و مدل‌های ارزیابی را به‌روزرسانی کند.
توضیح: با توجه به اینکه این امکان وجود دارد که هر ساله تعدادی از شاخص‌های جدید ارزیابی تعریف شوند و یا اینکه نحوهٔ ارزیابی فعلی مؤسسات پژوهشی تغییر کند. لذا می‌توان نظرات خبرگان پیرامون سنجه‌های جدید را توسط روش دلفی الکترونیکی از طریق سامانه جمع‌آوری کرد تا در ارزیابی‌های بعدی از آنها استفاده کرد.در ضمن می‌توان از روش‌های کیفی غیر از روش دلفی برای جمع‌آوری نظرات خبرگان استفاده کرد.

ک.۳,۲. ارزیابی با روش‌های نسبی یا مطلق یا ارزیابی کیفی (اولویت: ۴) – (سطح ریسک: متوسط): معمولاً عملکرد، توسط ترکیبی از روش‌های کیفی و کمی ارزیابی می‌شود. روش‌های کمی، روش‌های مطلق و یا نسبی هستند. روش‌های مطلق شامل روش‌های تحلیل چندمعیاره هستند(Cohon 2004). تحلیل پوششی داده‌ها یک ابزار مفید برای ارزیابی اثربخشی یا بهره‌وری سازمان‌ها است که در تصمیم‌گیری مرزی مهم است(Cooper, Seiford, and Zhu 2004, Kaklauskas 2015). اگر کاربر بخواهد تا مؤسسات پژوهشی را با روش‌های نسبی مقایسه کند؛ به این معنی که به جای رتبه‌دهی به هر مؤسسه به طور جداگانه، کاربر می‌خواهد تا عملکرد یک واحد را با سایر واحدها مقایسه کند؛ آنگاه این سامانه قادر خواهد بود تا روش مناسب تحلیل پوششی داده‌ها را در اختیار او قرار دهد. همچنین، این سامانه باید امکان ارزیابی کیفی مؤسسات پژوهشی را توسط خبرگان فراهم کند و حتی‌الامکان قادر به ثبت نتایج حاصل از ارزیابی کیفی توسط خبرگان و دلایل آنها در پایگاه دانش باشد.
توضیح: روش ارزیابی فعلی که برای ارزیابی سالانه مؤسسات پژوهشی وزارت عتف استفاده می‌شود و سایر روش‌های ارزیابی عملکرد مطلق و ارزیابی نسبی در پایگاه مدل وارد می‌شوند و با استفاده از این روش‌ها و با استفاده از داده‌های ارزیابی سالانه مؤسسات پژوهشی، ارزیابی هر مؤسسه انجام می‌شود. امکان تهیه سئوالات ارزیابی و ارسال به خبرگان جهت ارزیابی کیفی مؤسسات پژوهشی نیز وجود دارد. به عنوان مثال اگر قصد داشته باشیم به غیر از روش میانگین موزون فعلی با استفاد از روش الکتره و یا تاپسیس نسبت به

1European Foundation for Quality Management
2Balanced Scorecard

ارزیابی مؤسسات پژوهشی اقدام کنیم این امکان فراهم خواهد بود.در آینده می‌توان روش‌های جدید ارزیابی مختلف کیفی یا کمی را شناسایی و در سامانه وارد کرد.

ک.۴,۲. ذخیره و بازیابی اسناد مرتبط با ارزیابی عملکرد (اولویت: ۵) – (سطح ریسک: پایین): همه اسنادی که مربوط به ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی هستند باید از طریق این سامانه قابل بازیابی و جستجو باشند و در صورت امکان از قابلیت‌های «OCR»[1] و متن‌کاوی[2] جهت استخراج دانش مورد نیاز از این اسناد استفاده شود.

توضیح: اسناد فعلی موجود برای ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی جمع‌آوری شوند و در پایگاه داده وارد شوند. اگر الگوریتم‌های متن‌کاوی در پایگاه مدل سامانه وارد شوند، با استفاده از آنها و به کمک فن‌آوری OCR دانش مورد نیاز از اسناد موجود استخراج خواهد شد و در پایگاه دانش قرار خواهد گرفت.

ک.۵,۲. گزارش‌های هوش کسب و کار (اولویت: ۳) – (سطح ریسک: متوسط): این سامانه حتی‌الامکان باید از تجزیه و تحلیل کمی و آماری داده‌ها و فنون مربوطه استفاد کند. تجزیه و تحلیل قابلیت‌های مهمی در سامانه تصمیم‌یار هوشمند محسوب می‌شوند. سه نوع تجزیه و تحلیل شناخته شده‌اند: (۱) گزارش‌گیری و تحلیل اکتشافی(۲) تجویزی و تفسیری(۳) پیشگویانه، گزارش‌گیری با استفاده از آمار توصیفی، قادر به خلاصه‌سازی داده‌ها است. تحلیل تجویزی، توصیه‌ای برای انجام یک عمل فراهم می‌کند. تحلیل پیشگویانه، به پیشگویی احتمالات و روندهای آتی مربوط است (Cooper, Seiford, and Zhu 2004, Kaklauskas 2015).

توضیح: پیاده‌سازی این قسمت یکی از ملزومات استفاده از داده‌کاوی در سامانه خواهد بود که برای سامانه لازم است. با اینکه در اینجا اولویت ۳ توسط گروه دلفی به این نیازمندی داده شده است. اما گزارش‌گیری و تحلیل اکتشافی یکی از بخش‌های اصلی سامانه است. در تحلیل اکتشافی ویژگی‌های هر سنجه یا شاخص موجود در پایگاه داده با استفاده از ابزارهای آماری شامل تحلیل‌های تک متغیره، دو متغیره و چندمتغیره انجام خواهد شد:

تحلیل تک متغیره: خواص هر متغیر به تنهایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این خواص می‌تواند بررسی مقادیر آماری یک سنجه نظیر میانگین، مد، انحراف معیار و غیره باشد. به عنوان مثال می‌توان به بررسی مقادیر آماری میانگین تعداد مقالات، میانگین، مد، میانه و انحراف معیار تعداد طرح‌های پژوهشی برون‌سازمانی اشاره کرد. یا اینکه فرض‌هایی را که برخی از الگوریتم‌های یادگیری نیاز دارند را در مورد یک سنجه مورد بررسی قرار داد. تحلیل دو متغیره: خواص دو متغیر یا دو سنجه باهم مورد مطالعه قرار خواهند گرفت. به عنوان مثال ارتباط تعداد طرح‌های پژوهشی با تعداد پژوهشگران بررسی خواهد شد.تحلیل چندمتغیره: ارتباط، تفاوت و تأثیر چند متغیر یا چند سنجه مورد مطالعه قرار خواهند گرفت. به عنوان مثال می‌توان رابطهٔ تعداد اختراعات و اکتشافات، بودجه پژوهشی و تعداد پژوهشگران را با آزمون‌هایی نظیر اسپیرمن، پیرسون و تحلیل واریانس مورد بررسی قرار داد. تحلیل تجویزی: این تحلیل با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند در نیازمندی‌هایی شبیه تحلیل چه – اگر استفاده شود. تحلیل پیشگویانه: این

1Optical Character Recognition
2Text mining

تحلیل علاوه بر اینکه می‌تواند برای پیش‌بینی سنجه‌ها و عملکرد استفاده شود برای پیش‌بینی سایر ویژگی‌های موجود در پایگاه داده نیز می‌تواند استفاده شود.

ممکن است برخی از امکانات سامانه برای تحقق این نیازمندی توسط کاربران معمولی قابل اجرا نباشد و حتی‌الامکان لازم است تا کاربر با فنون آماری و داده‌کاوی آشنا باشد. بنابراین لازم است تا حتی الامکان با تشکیل گروه تخصصی انواع تحلیل‌ها و گزارش‌هایی را که می‌توان بر روی داده‌های موجود انجام داد شناسایی و پیاده‌سازی کرد تا دستیابی به این قسمت به صورت ساده‌تر قابل انجام باشد.

کاربران

سئوال دیگری که توسط شرکت‌کنندگان در پانل اول دلفی پاسخ داده شد این بود که کاربران این سامانه چه کسانی هستند؟ پاسخ اولیه این سئوال عبارت است از تصمیم‌گیرندگان مربوط به حوزه ارزیابی مؤسسات پژوهشی، اما این تصمیم‌گیرندگان نیز خود اعضایی از گروه بزرگتری از کاربران هستند. گروه‌های کاربران به ترتیب اهمیت توسط خبرگان پانل دلفی اول به صورت زیر مشخص شدند. مدیران مؤسسات پژوهشی، دولت، پژوهش‌گران، اساتید و دانشجویان، صنعت، سرمایه‌گذاران و افراد دیگر.

نتایج حاصل از دورهای مختلف پانل دوم

پس از سه دور اجرای پانل دلفی دوم، نیازمندی‌های غیرکارکردی به صورت زیر مشخص شدند.

نیازمندی‌های غیرکارکردی

عناوین نیازمندی‌های غیرکارکردی نظیر امنیت، دسترس‌پذیری و نگهداری سامانه بر حسب میزان اهمیت در جدول ۷ نشان داده شده‌اند. نکته مهمی که متخصصان بر آن تأکید دارند استفاده از استانداردهای تولید نرم‌افزار نظیر سند نظام مهندسی و استانداردهای تولید و توسعه نرم‌افزار که توسط شورای‌عالی انفورماتیک کشور با عنوان نماتن ارائه شده است و همچنین استانداردهای IEEE است که برخی از آنها در جدول ۷ آورده شده‌اند. لازم به یادآوری است که از دیدگاه خبرگان میزان اهمیت این نیازمندی‌ها در طول زمان حیات سامانه تغییر می‌کند. به عنوان مثال، میزان اهمیت تعمیر و نگهداری پس از استقرار سامانه افزایش چشمگیری نسبت به وضعیت قبل از استقرار سامانه دارد. جزئیات مربوط به این نیازمندی‌ها در اینجا نشان داده نشده‌اند.

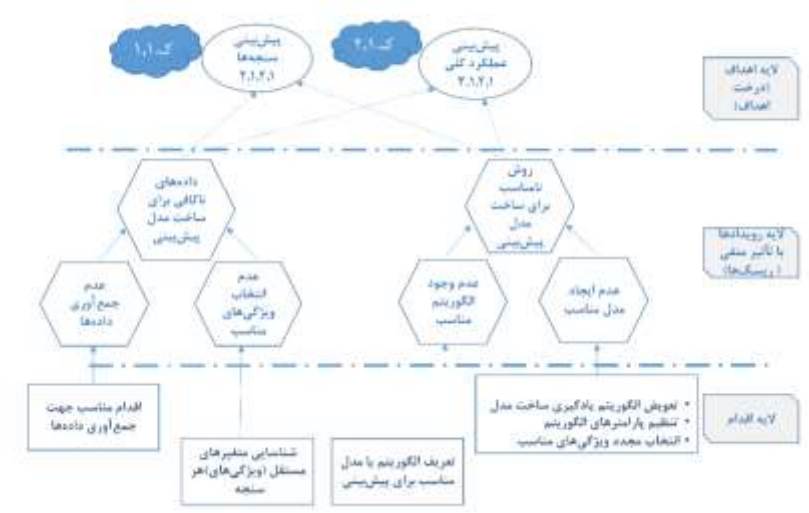
جدول ۷. عناوین و اولویت‌های نیازمندی‌های غیرکارکردی

کد نیازمندی	عنوان نیازمندی	استاندارد	اولویت
غ.ک.۱	قابلیت اطمینان	IEEE 982	۱
غ.ک.۲	امنیت	ISO/IEC 27000	۲
غ.ک.۳	قابلیت استفاده و استفاده آسان	IEEE 1063	۳
غ.ک.۴	دسترس‌پذیری	.	۴
غ.ک.۵	تعمیر و نگهداری	IEEE 1016, 1219, 730, 1059	۵
غ.ک.۶	کارایی(زمان اجرا و زمان پاسخ)	.	۶
غ.ک.۷	زمان/هزینه تولید	.	۷
غ.ک.۸	زبان و محیط برنامه‌نویسی	ISO/IEC 23270:2006	۸
		IEEE 1074, 829, 830, 1219, 14764, 1012, 1028, 1059, 29919	

ارزیابی ریسک

طوفان فکری یک ابزار ساده اما پراستفاده برای حل مسائل مختلف است(McManus 2012). بنابراین، در این پژوهش از این ابزار برای تشخیص ریسک‌ها استفاده شده است. برای ارزیابی ریسک‌ها از مدل سه لایه «اسنار، گیورگینی، و میلوپولوس»[1] استفاده شد(Asnar, Giorgini, and Mylopoulos 2011). بدین منظور مدل سه لایه شامل لایه اهداف یا نیازمندی‌ها، لایه رویدادهای منفی و لایه اقدامات در نظر گرفته شد. ارزیابی ریسک از درخت اهداف نشان داده شده در شکل ۷ شروع می‌شود. این ارزیابی بر روی هر یک از برگ‌های درخت (اهداف انتهایی) و یا همان نیازمندی‌ها انجام می‌شود. به عنوان مثال برای ارزیابی ریسک نیازمندی‌های ۱,۱ و ۲,۱ دو لایهٔ دیگر ترسیم می‌شود. لایهٔ اول لایهٔ رویدادهای منفی یا ریسک ها است. به هر حال، یک رویداد به عنوان یک ریسک شناخته می‌شود وقتی که یک اثر منفی تولید کند. تعیین رویدادها می‌تواند توسط رویکردهای مختلفی نظیر «تحلیل مانع»[2](Van Lamsweerde and Letier 2000)، «ضد هدف»[3](Van Lamsweerde et al. 2003) صورت پذیرد. هر رویداد یه چند زیر رویداد تجزیه می‌شود تا بتوان اقدامات لازم جهت کنترل ریسک را برای زیررویدادها تعریف کرد. برای مقایسه ریسک‌ها از سطح ریسک یا «افشاء ریسک»[4]استفاده شده است؛ سطح ریسک از احتمال رخ‌دادن ریسک ضربدر تأثیر ریسک بدست آمده است. نیازمندی‌هایی که با ریسک‌هایی که مقدار افشاء یا سطح ریسک بالاتری دارند ارتباط بیشتری دارند دارای سطح ریسک بالاتری هستند؛ بنابراین سطح ریسک هر نیازمندی نیز با توجه به میزان ارتباط هر ریسک با هر کدام از نیازمندی‌ها بدست آمده است. به عنوان مثال در شکل ۹ سطح ریسک نیازمندی‌های ۱,۱ و ۲,۱ بالا است زیرا این نیازمندی‌ها با تعداد بیشتری از ریسک‌هایی که سطح بالاتری دارند در ارتباط هستند. تجربه نشان داده است که ریسک‌هایی که بالاترین سطح ریسک را دارند در مدیریت ریسک اولویت بالاتری دارند(McManus 2012). در اینجا پس از اینکه ریسک‌ها در لایهٔ دوم توسط متخصصین شناسایی شدند. می‌توان اقدامات لازم برای کنترل ریسک‌ها را در لایهٔ اقدام مشخص کرد. اساساً، هر اقدام به دو طریق عمل می‌کند: کاهش احتمال رخ دادن ریسک یا کاهش تأثیر ریسک. این عمل برای ریسک‌های دو نیازمندی ۱,۱و ۱,۲ در شکل ۹ انجام شده است.به عنوان مثال پیش‌بینی یک نیازمندی با ریسک بالا است. با توجه به داده‌های موجود به نظر می‌رسد پیش‌بینی تک تک شاخص‌ها کار آسانی نباشد. بنابراین لازم است تا اقدامات لازم که در لایهٔ اقدام مشخص می‌شوند برای کاهش سطح ریسک‌ها انجام شود.

1 Asnar, Giorgini, and Mylopoulos
2 Obstacle analysis
3 Anti goal
4 Risk Exposure



شکل ۹. مدل سه لایهٔ ارزیابی ریسک‌ها و ارتباط ریسک با اهداف

با توجه به موارد فوق، ۳۵ ریسک فنی و مدیریتی مشخص شدند و آنگاه این ریسک‌ها اولویت‌دهی شدند و سطح ریسک هر نیازمندی نیز مشخص شد. با اهمیت‌ترین ریسک‌ها در جدول ۸ نشان داده شده‌اند. ریسک‌ها در دسته‌های الف)تأثیر کسب وکار، ب)اندازه محصول، پ)نظرات پانل خبرگان، ت)تعریف فرآیند، ث)تجربه و تعداد کارکنان، ج)محیط توسعه، چ)فن‌آوری تولید دسته‌بندی شده‌اند. گزینه‌های قابل انتخاب برای احتمال عبارتند از: خیلی کم، کم، میانه، بالا و خیلی بالا که معادل مقادیر عددی ۱ تا ۵ هستند. گزینه‌های قابل انتخاب برای تأثیر ریسک عبارتند از: پایین، خیلی پایین، میانه، بالا و خیلی بالا که معادل مقادیر عددی ۱ تا ۵ هستند. همانگونه که در جدول ۸ نشان داده شده است؛ داده‌های ناکافی یکی از مهم‌ترین عامل‌های مؤثر برای پیش‌بینی عملکرد کلی آینده و همچنین پیش‌بینی سنجه‌ها و شاخص‌های ارزیابی است. از این جدول، مشخص است که مهمترین ریسک‌هایی که بر نیازمندی‌های کارکردی اثرگذار هستند مربوط به پیش‌بینی هستند. بنابراین، سطح ریسک پیاده‌سازی نیازمندی‌های مرتبط با پیش‌بینی، توسط فن‌آوری موجود بالاتر از سطح ریسک پیاده‌سازی سایر نیازمندی‌ها است.

جدول۸. ریسک‌ها و سطوح آنها

شرح ریسک	دسته ریسک	سطح ریسک	تأثیر ریسک	احتمال (۱-۵)
داده‌های ناکافی برای ساخت مدل پیش‌بینی برای پیش‌بینی شاخص‌ها و عملکرد	الف	۲۰	۴	۵
روش نامناسب برای ساخت مدل پیش‌بینی شاخص‌ها و یا عملکرد	چ	۱۶	۴	۴
دقت کم روش‌های اعمال شده برای اندازه‌گیری عملکرد	الف، چ	۱۵	۵	۳
افراد آموزش‌ندیده یا تعداد افراد ناکافی برای ساخت سامانه	ث	۱۵	۵	۳

فن‌آوری نامناسب طراحی	ت	۱۵	۵	۳
طرح آزمون نامناسب	ت	۲۰	۵	۴
واسط کاربری ناپسند	چ	۱۶	۴	۴
استراتژی کنترل ریسک نامناسب	الف	۱۶	۴	۴

۷- نتیجه‌گیری

یک سامانه تصمیم‌یار هوشمند معمولاً از روش‌های داده‌کاوی استفاده می‌کند. دقت این روش‌ها به پارامترهای مختلفی که با عنوان ریسک‌های بالقوه شناخته می‌شوند؛ وابسته است. بنابراین، در فرآیند تحلیل نیازمندی‌های این نوع از سامانه‌ها علاوه بر یافتن نیازمندی‌ها، ارزیابی ریسک می‌تواند به توسعه‌دهندگان در یافتن ریسک‌های بالقوه و اجرای یک طرح برای کنترل آنها کمک کند. به دلیل اینکه فرآیند تحلیل نیازمندی‌های غیرخطی تکراری فاقد ارزیابی ریسک است، بنابراین در این پژوهش، یک مدل فرآیند جدید برای استخراج، تشخیص، اعتبارسنجی و ارزیابی ریسک‌های یک سامانه تصمیم‌یار هوشمند برای کمک به ارزیابی عملکرد مؤسسات پژوهشی ارائه شده است. برای پیاده‌سازی و اعتبارسنجی این مدل فرآیند، فنون مختلفی وجود دارند که در این پژوهش، به دلیل قابلیت‌هایی نظیر اعتبارسنجی و قابلیت تکرار روش‌های اجماع گروهی، روش‌های دلفی و طوفان فکری برای پیاده‌سازی این مدل فرآیند استفاده شدند. در این پژوهش، فرآیند چهار مرحله‌ای برای تحلیل اهداف، نیازمندی‌های کارکردی و غیرکارکردی و ریسک‌های سامانه تصمیم‌یار هوشمند استفاده شد. استفاده از فنون پیش‌بینی برای پیش‌بینی عملکرد کلی و شاخص‌های ارزیابی مؤسسات پژوهشی، تحلیل چه-اگر، جستجوی هدف، استفاده از انواع روش‌های ارزیابی از جمله قابلیت‌های مهم این سامانه هستند. همچنین انواع مختلف کاربران این سامانه مشخص شدند و تعدادی از مهم‌ترین نیازمندی‌های غیرکارکردی نظیر دقت، امنیت، قابلیت استفاده، دسترس‌پذیری، تعمیر و نگهداری شناسایی شدند. علاوه بر شناسایی نیازمندی‌ها، ارزیابی ریسک نیز انجام شد و ریسک‌های مهم و همچنین سطوح ریسک هر نیازمندی مشخص شدند. با داشتن یک برنامه کنترل ریسک مناسب در زیست‌چرخ نرم‌افزار می‌توان ریسک‌ها را به نحو مناسبی کنترل و مدیریت کرد.

فهرست منابع

اولیاء، محمدصالح. ۱۳۸۲. گزارش نهایی طرح پژوهشی طراحی سیستم ارزیابی پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری. معاونت پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه یزد.

اولیاء، محمد صالح، محمد امین، و مرتضی خاکزار. ۱۳۸۳. طراحی یک سیستم ارزیابی برای واحدهای پژوهشی. کنفرانس آموزش عالی و توسعه پایدار، تهران.

صنیعی آباده، محمد، سینا محمودی، محدثه طاهرپرور. ۱۳۹۱. داده‌کاوی کاربردی. تهران:نیاز دانش.

علیدوستی، سیروس. ۱۳۸۵. روش دلفی: مبانی، مراحل و نمونه‌هایی از کاربرد، فصلنامه مدیریت توسعه ۳۱(زمستان): ۹-۲۳.

مهدیان، حمید. هاجر عطاران، و زهره میراحمدی. ۱۳۹۱. ارزیابی عملکرد پژوهش و فناوری واحدهای پژوهشی کشور در سال ۱۳۹۱. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری – معاونت پژوهش و فناوری.

Alexander, Ian F, and Ljerka Beus-Dukic. ۲۰۰۹. Discovering requirements: how to specify products and services: John Wiley & Sons.

Arango, Guillermo Francisco. ۱۹۸۸. Domain engineering for software reuse.

Asnar, Yudistira, Paolo Giorgini, and John Mylopoulos. 2011. Goal-driven risk assessment in requirements engineering. Requirements Engineering 16 (2):101-116.

Azadeh, A, SF Ghaderi, M Anvari, HR Izadbakhsh, M Jahangoshai Rezaee, and Z Raoofi. 2013. An integrated decision support system for performance assessment and optimization of decision-making units. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 66 (5-8):1031-1045.

Boehm, Barry. ۱۹۸۹. Software risk management. European Software Engineering Conference.

Bourque, Pierre, and Richard E Fairley. ۲۰۱٤. Guide to the software engineering body of knowledge (SWEBOK (R)): Version ۳٫۰: IEEE Computer Society Press.

Brown, Bernice B. ۱۹٦۸. Delphi process: A methodology used for the elicitation of opinions of experts. Rand Corp Santa Monica CA: Rand Corp Santa Monica CA.

Cailliau, Antoine, and Axel Van Lamsweerde. 2012. A probabilistic framework for goal-oriented risk analysis. Requirements Engineering Conference (RE), 2012 20th IEEE International.

Çelik, Başak, Sertan Girgin, and Kahraman Ünlü. 2010. A decision support system for assessing landfill performance. Waste management 30.۸۱-۷۲:(۱)

Chen, Charlie C, Chuck CH Law, and Samuel C Yang. 2009. Managing ERP implementation failure: a project management perspective. IEEE transactions on engineering management 56 (1):157-170.

Cohen, Louis, Lawrence Manion, and Keith Morrison. ۲۰۱۳. The ethics of educational and social research. In Research methods in education, ۱۲۸-۹۹. Routledge.

Cohon, Jared L. ۲۰۰٤. Multiobjective programming and planning. Vol. ۱٤۰: Courier Corporation.

Cooper, William W, Lawrence M Seiford, and Joe Zhu. ۲۰۰٤. Data envelopment analysis. In Handbook on data envelopment analysis, ۳۹-۱. Springer.

Deniz, Dervis Z, and Ibrahim Ersan. 2001. Using an academic DSS for student, course and program assessment. Proceedings of the ICEE 2001 Conference.

Deniz, Dervis Z, and Ibrahim Ersan. 2002. An academic decision support system based on academic performance evaluation for student and program assessment. International Journal of Engineering Education 18 (2):236-244.

Dennis, Alan, Barbara Haley Wixom, and Roberta M Roth. ۲۰۰۸. Systems analysis and design: John wiley & sons.

Giannoulis, Christos, and Alessio Ishizaka. 2010. A Web-based decision support system with ELECTRE III for a personalised ranking of British universities. Decision Support Systems 48 (3):488-4.۹۷

Giorgini, Paolo, Stefano Rizzi, and Maddalena Garzetti. ٢٠٠٨. GRAnD: A goal-oriented approach to requirement analysis in data warehouses. Decision Support Systems ٤٥(١):.٢١-٤
Graessler, Iris, Philipp Scholle, and Jens Pottebaum. ٢٠١٧. Integrated process and data model for applying scenario-technique in requirements engineering. Proceedings of the ٢١st International Conference on Engineering Design (ICED ١٧) Vol ٣: Product, Services and Systems Design, Vancouver, Canada, .٢٠١٧ .٢٥,٠٨-٢١
Greatorex, Jackie, and Trevor Dexter. 2000. An accessible analytical approach for investigating what happens between the rounds of a Delphi study. Journal of advanced nursing 32 (4):1016-1024.
Hasson, Felicity, Sinead Keeney, and Hugh McKenna. ٢٠٠٠. Research guidelines for the Delphi survey technique. Journal of advanced nursing ٣٢(٤):.١٠١٥-١٠٠٨
Heiko, A. 2012. Consensus measurement in Delphi studies :review and implications for future quality assurance. Technological forecasting and social change 79 (8):1525-1536.
Jeffery, Keith, and Anne Asserson. 2009. Institutional repositories and current research information systems. New Review of Information Networking 14 (2):71-83.
Kaklauskas, Arturas. ٢٠١٥. Biometric and Intelligent Decision Making Support: Springer.
Khoshroo, Mohammad Javad, and Omid Fatemi. 2010. SEMAT, National Current Research Information System for IRAN'. CRIS.
Kotonya, Gerald, and Ian Sommerville. ١٩٩٨. Requirements engineering: processes and techniques: Wiley Publishing.
Laplante, Phillip A. ٢٠٠٧. What every engineer should know about software engineering: CRC Press.
Lemke, Christiane, Marcin Budka, and Bogdan Gabrys. 2015. Metalearning: a survey of trends and technologies .Artificial intelligence review 44 (1):117-130.
Lopes, Milene Elizabeth Rigolin Ferreira, and Carlos Henrique Quartucci Forster. ٢٠١٣. Application of human error theories for the process improvement of Requirements Engineering. Information Sciences .١٦١-٢٥٠:١٤٢
Loucopoulos, Pericles, and Vassilios Karakostas. ١٩٩٥. System requirements engineering: McGraw-Hill, Inc.
Lund, Mass Soldal, Bjørnar Solhaug, and Ketil Stølen. 2010. Model-driven risk analysis: the CORAS approach: Springer Science & Business Media.
Macaulay, Linda. ١٩٩٦. Requirements for requirements engineering techniques .Requirements Engineering, ١٩٩٦., Proceedings of the Second International Conference on.
Marimin, Marimin, Adhi Wibisono, and M Arif Darmawan. 2017. Decision support system for natural rubber supply chain management performance measurement: a sustainable balanced scorecard approach. International Journal of Supply Chain Management 6 (2):60-74.
Martin, Sacha, Aybüke Aurum, Ross Jeffery, and Barbara Paech. ٢٠٠٢. Requirements engineering process models in practice. ٧th Australian workshop on requirements engineering. Deakin University, Melbourne, Australia.
McManus, John. ٢٠١٢. Risk management in software development projects: Routledge.
Merkert, Johannes, Marcus Mueller, and Marvin Hubl. ٢٠١٥. A Survey of the Application of Machine Learning in Decision Support Systems. ECIS.
Powell, Catherine. ٢٠٠٣. The Delphi technique: myths and realities. Journal of advanced nursing ٤١(٤):.٣٨٢-٣٧٦
Power, Daniel J, Ramesh Sharda, and Frada Burstein. ٢٠١٥. Decision support systems: Wiley Online Library.
Pressman, Roger S. ٢٠٠٥. Software engineering: a practitioner's approach: Palgrave Macmillan.
Ross, Douglas T, and Kenneth E Schoman. ١٩٧٧. Structured analysis for requirements definition. IEEE transactions on Software Engineering (١):.١٥-٦
Rosson, Mary Beth, and John M Carroll. 2009. Scenario based design. Human-computer interaction. boca raton, FL:145-162.

Samoilenko, Sergey, and Kweku-Muata Osei-Bryson. 2013. Using Data Envelopment Analysis (DEA) for monitoring efficiency-based performance of productivity-driven organizations: Design and implementation of a decision support system. Omega 41 (1):131-142.

Schön, Eva-Maria, Jörg Thomaschewski, and Maria Jose Escalona. ۲۰۱۷. Agile Requirements Engineering: A systematic literature review. Computer Standards & Interfaces -۴۹:۷۹ .۹۱

Tenso, Tanel, Alexander Horst Norta, Hannes Rootsi, Kuldar Taveter, and Irina Vorontsova. ۲۰۱۷. Enhancing requirements engineering in agile methodologies by agent-oriented goal models: Two empirical case studies. ۲۰۱۷IEEE ۲۵th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW).

Turban, Efraim, Ramesh Sharda, and Dursun Delen. ۲۰۱۱. Decision support and business intelligence systems: Pearson Education India.

Vaishnavi, Vijay K, and William Kuechler. ۲۰۱۵. Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology: Crc Press.

Van Lamsweerde, Axel. ۲۰۰۸. Requirements engineering: from craft to discipline. Proceedings of the ۱۶th ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of software engineering.

Van Lamsweerde, Axel. ۲۰۰۹. Requirements engineering: From system goals to UML models to software. Vol. ۱۰: Chichester, UK: John Wiley & Sons.

Van Lamsweerde, Axel, Simon Brohez, Renaud De Landtsheer, and David Janssens. 2003. From system goals to intruder anti-goals: attack generation and resolution for security requirements engineering. Proc. of RHAS 3:49-56.

Van Lamsweerde, Axel, and Emmanuel Letier. 2000. Handling obstacles in goal-oriented requirements engineering. IEEE Transactions on software engineering (10):978-1005.

Vercellis, Carlo. 2011. Business intelligence: data mining and optimization for decision making: John Wiley & Sons.

Wang, Wei-Kang. 2005. A knowledge-based decision support system for measuring the performance of government real estate investment. Expert Systems with Applications 2.۹۱۲-۹۰۱:(٤) ۹

Wang, Wei-Kang, Hao-Chen Huang, and Mei-Chi Lai. 2008. Design of a knowledge-based performance evaluation system: A case of high-tech state-owned enterprises in an emerging economy. Expert Systems with Applications 34 (3):1795-1803.

Wen ,W, YH Chen, and IC Chen. 2008. A knowledge-based decision support system for measuring enterprise performance. Knowledge-Based Systems 21 (2):148-163.

Wibowo, Santoso, and Hepu Deng. 2015. Multi-criteria group decision making for evaluating the performance of e-waste recycling programs under uncertainty. Waste Management 40:127-135.

Williams, Patricia L, and Christine Webb. 1994. The Delphi technique: a methodological discussion. Journal of advanced nursing 19 (1):180-186.

Yang, Yan, Wei Tan, Tianrui Li, and Da Ruan. ۲۰۱۲. Consensus clustering based on constrained self-organizing map and improved Cop-Kmeans ensemble in intelligent decision support systems. Knowledge-Based Systems .۱۱۵-۳۲:۱۰۱

Zhang, Hao Lan. ۲۰۰۹. Application of multi-agent technology to information systems: An agent-based design architecture for decision support systems. Australasian Journal of Information Systems 15(2).

Requirements analysis of an intelligent decision support system using an improved iterative non-linear process model to help performance evaluation of the research institutes

Mahdi Nakhaie Kohan
Ph.D. Candidate in Information Technology Engineering, Iranian Research Institute for Information Science and Technology (IranDoc), Tehran, Iran[1]
Ali Moeini
Prof., Department of Algorithms and Computation, School of Engineering Sciences, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract: Performance evaluation is a semi-structured issue; therefore, an intelligent decision support system can help decision makers in the Ministry of Science, Research and Technology, as well as, managers of the research institutes to better evaluate the performance, by providing the required knowledge and appropriate evaluation models. Conducting a requirements analysis process in the early stages of the development of a decision support system can guarantee the better performance of this system. The existing information system for evaluating the performance of research institutes affiliated to the Ministry of Science, Research and Technology does not allow for a proper decision on the evaluation and prediction of the performance of these institutes. Although iterative non-linear process model is suitable for analysing the requirements of an information system, it does not consider any risk assessment. In this research, an adjusted iterative non-linear process model was proposed for requirements analysis and risk assessment. To validate this process model, it was implemented through consensus methods such as Delphi and Brainstorming for requirements analysis and risk assessment of an intelligent decision support system suitable for performance evaluation. The calculation of means and standard deviations of successive rounds of Delphi showed that different stakeholders reached a consensus on the main functional and non-functional requirements of the intelligent decision support system. In addition, the risks of the new system were identified.

Keywords: Consensus methods, Intelligent decision support system, Performance evaluation, Requirements analysis, Risk assessment

[1]Corresponding Author: nakhaeie@students.irandoc.ac.ir