

ارائه‌ی مدل مفهومی برای پیاده‌سازی سیستم خبره برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی به‌عنوان ابزار مدیریت دانش سازمان مجری پروژه

احمدعلی یزدان‌پناه* (استادیار)

گروه پژوهش‌های آمار و فناوری اطلاعات، مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

مهجتی حسینعلی‌پور (استادیار)

رضا صدری (کارشناسی ارشد)

گروه مدیریت پروژه و ساخت دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی

هدف پژوهش حاضر ارائه‌ی مدلی مفهومی برای پیاده‌سازی سیستم خبره^۱ برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی است که از قابلیت ذخیره‌سازی و بازیابی^۲ بخشی از دانش برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی برای تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان سازمان برخوردار باشد. هدف اصلی پژوهش این است که برای حل مشکلات توسعه‌ی سیستم‌های خبره، مدل به‌عنوان یک زیرسیستم مدیریت دانش^۳ در سازمان‌های پروژه‌محور با توجه به ویژگی‌های دانش برنامه‌ریزی ساخت - شامل فرایندهای برنامه‌ریزی، قواعد برنامه‌ریزی^۴، اسناد کمکی برنامه‌ریزی^۵ و نیز دانش فنی مراحل ساخت پروژه‌های ساختمانی - طراحی شود. از این رو فرایندهای پیاده‌سازی سیستم خبره در سازمان با استفاده از مدل‌های مدیریت دانش و مدل‌های توسعه‌ی سیستم‌های خبره تهیه شده و با استفاده از ویژگی‌های خاص صنعت ساخت و نیز نظرات خبرگان برنامه‌ریزی شرکت نوسازان به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های مدیریت ساخت کشور، تکمیل و اصلاح شده است.

واژگان کلیدی: سیستم‌های خبره، برنامه‌ریزی پروژه‌های صنعت ساختمان، مدیریت دانش ساخت.

۱. مقدمه

کشور در حال توسعه‌ی ایران، سالانه بخش عظیمی از منابع مالی خود را در صنعت ساخت‌وساز هزینه می‌کند. با این که قریب به ۴۰ سال از ورود سیستم‌های مدیریت پروژه مدرن به صنعت ساخت ایران می‌گذرد، این صنعت هنوز هم با مشکلات فراوانی روبه‌روست. مطالعات شرکت ملی ساختمان به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین و پرباقه‌ترین شرکت‌های عمرانی کشور نشان می‌دهد عدم توجه به فرایندها و رویه‌های اجرایی، مستندسازی و مدیریت دانش از بزرگ‌ترین مشکلات اجرایی در پروژه‌ها و شرکت‌های ساختمانی کشور به‌شمار می‌رود.^[۱] در عرصه‌ی رقابت‌کنونی اصلی‌ترین مزیت رقابتی برای شرکت‌ها توان آن‌ها در مدیریت دانش است و عمده‌ترین سرمایه‌ی آن‌ها دانشی است که به آن دسترسی دارند. برای کسانی که در پروژه‌های بزرگ کشور مشغول به فعالیت‌اند این موضوع کاملاً مشهود و آشکار است؛ زیرا با شرکت‌های پیمانکاری خارجی زیادی آشنا هستند که با کمک پیمانکاران دست دوم ایرانی و کم‌ترین سرمایه‌ی فیزیکی، و تنها به‌واسطه‌ی دانش موجود نزد متخصصان و کارشناسان خود در اجرای پروژه‌های مختلف شرکت دارند.^[۲]

* نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۱۲، اصلاحیه ۱۳۸۹/۶/۲۹، پذیرش ۱۳۸۹/۱۰/۲۲.

سیستم‌های مبتنی بر دانش^۶ و ابزار قدرت‌مند آن -- سیستم‌های خبره -- را می‌توان به‌عنوان راهکاری برای استفاده‌ی بهینه از دانش مدیریت ساخت در پروژه‌های ساختمانی کشور به کار گرفت. مبنای کاربرد سیستم‌های خبره در مدیریت ساخت در دهه‌ی هشتاد میلادی مطرح شد.^[۳] با گسترش و ساختارمند شدن دانش مدیریت پروژه و مدل‌های مدیریت دانش در سال‌های اخیر از یک سو، و پیشرفت و توسعه‌ی سیستم‌های خبره از سوی دیگر، تلفیق این سه حوزه به‌بروز راهکاری اجرایی در جهت بهبود کارایی صنعت ساخت انجامید.

۱.۱. پیشینه‌ی پژوهش

از سال ۱۹۸۷ تاکنون تیم‌های مختلف پژوهشی برای توسعه‌ی استفاده از سیستم خبره در برنامه‌ریزی پروژه‌های صنعت ساخت مدل‌های گوناگونی ارائه داده‌اند که مبتنی بر دو ساختار اصلی قاعده‌محور و چارچوب‌محور بوده است.^[۴] علی‌رغم چشم‌انداز مناسب استفاده از سیستم‌های خبره در مدیریت پروژه، عواملی باعث شده تا اشتیاق اولیه برای استفاده از سیستم‌های خبره در حوزه‌ی مدیریت ساخت کاهش یابد.

متخصصان چهار دلیل اصلی برای این موضوع برمی‌شمرند: ۱. استخراج دانش: انتخاب حوزه‌ی نامناسب مسئله (بسیار محدود یا بسیار گسترده)، منابع محدود اخذ دانش، اختلاط دانش و باور و عدم وجود مهارت‌های کافی برای تحلیل و اعتبارسنجی دانش؛ ۲. ارائه‌ی دانش: عدم تناسب ابزارهای نرم‌افزاری موجود با طبیعت پیچیده و حجم بالای دانش در پروژه‌های صنعت ساخت؛ ۳. محدودیت ابزارهای توسعه: محدودیت‌های سیستم‌های خبره‌ی قاعده‌محور کلاسیک؛ ۴. فرایندهای توسعه‌ی سیستم‌های خبره: تأکید بر توسعه‌ی تکنولوژیک سیستم‌های خبره در برابر توجه به نیازهای واقعی کاربران نهایی.^[۵] آنان برای حل مشکلات فوق سرفصل‌هایی را پیشنهاد کرده‌اند: توسعه‌ی سیستم‌های خبره در حوزه‌های محدود، ارائه‌ی انعطاف‌پذیر دانش و نیز پردازش داده‌ها در سیستم‌های خبره. محققین دیگر نیز اخذ دانش خیرگان، ساختاربندی و به‌روزرسانی این دانش را گلوگاه^۷ توسعه‌ی سیستم‌های خبره می‌دانند.^[۶] به‌طور خلاصه مشکلات اصلی عدم استفاده از سیستم‌های خبره در مدیریت پروژه‌های صنعت ساخت را می‌توان به دو دسته^۸ تقسیم کرد: کسب و به‌روزرسانی دانش،^[۷] عدم توجه به ویژگی‌های خاص این صنعت در طراحی این سیستم‌ها.^[۸]

۲. آموزه‌های نظری و ادبیات موضوع

۱.۲. سیستم‌های خبره

در تعریفی کلی می‌توان گفت «سیستم‌های خبره» یا «سیستم‌های مبتنی بر دانش»، سیستم‌هایی هستند که با تقلید از الگوهای مغز انسان به حل مسائل می‌پردازند؛ به عبارت دیگر سیستم خبره یک سیستم رایانه‌ی است که با استفاده از دانش، حقایق و روش‌های استدلالی، مسائلی را حل می‌کند که نیازمند توانایی افراد خبره است.^[۶] سیستم‌های خبره یکی از شاخه‌های حوزه‌ی هوش مصنوعی به شمار می‌رود که امروزه کاربرد وسیعی در علوم گوناگون پیدا کرده است. فلسفه‌ی اصلی ایجاد سیستم‌های خبره این فرضیه است که «رفتار هوشمندانه با روش‌های استدلالی رخ نمی‌دهد بلکه بستگی به دانشی دارد که بر مبنای آن استدلال انجام می‌شود». فکر انسان دارای حوزه‌ی وسیعی از دانسته‌های مربوط به مسائل و موضوعات غیرقابل شمارش است و زندگی انسان بستگی دارد به توانایی استفاده از این دانش در هر موقعیت، و نیز یادگیری مستمر از تجربیات جدید به‌گونه‌ی بی‌قادر به پاسخ‌گویی به شرایط مشابه در آینده باشیم. چیزی را که عموماً «هوش» می‌نامیم، می‌توان به واقعیت‌ها و مفاهیمی تقسیم کرد که از آن‌ها برای رسیدن به هدف‌ها استفاده می‌شود.^[۹] در حقیقت «استدلال» در حل مسئله توسط فرد خبره نقش بسیار کمی دارد و متخصصین به دانش تجربی و روش‌های ابتکاری که طی سالیان دراز آموخته‌اند تکیه دارند. تفاوت اصلی سیستم‌های خبره با نرم‌افزارهای مرسوم در این است که سیستم‌های خبره معمولاً هیچ نوع الگوریتم خاصی ندارند و برای رسیدن به یک راه حل منطقی به استنتاج وابسته‌اند، لذا سیستم‌های خبره کاملاً متفاوت با برنامه‌های مرسوم طراحی می‌شوند. تفاوت مهم دیگر سیستم‌های خبره با نرم‌افزارهای مرسوم در این است که دانش را پردازش می‌کنند، دیگر نرم‌افزارها اطلاعات و داده‌ها را پردازش می‌کنند.^[۱۰] ادبیات موضوع استفاده از سیستم‌های خبره در سه حوزه‌ی رایانه و هوش مصنوعی، سیستم‌های اطلاعات مدیریت و سیستم‌های مدیریت دانش توسعه یافته است. چنان که از تعریف سیستم خبره درمی‌یابیم، وظیفه‌ی اصلی این سیستم‌ها «اتخاذ تصمیم هوشمند» است. همین ویژگی باعث شده تا از یک منظر سیستم‌های خبره به‌عنوان سطحی از سیستم‌های اطلاعات مدیریت در نظر

گرفته شوند. سطوح مختلف سیستم‌های اطلاعاتی عبارت‌اند از: سیستم‌های پردازش تراکنش، سیستم‌های اطلاعاتی مدیریت، سیستم‌های پشتیبانی از تصمیم و سیستم‌های پشتیبانی خبره.^[۱۱] از منظر دیگر سیستم‌های خبره سیستم‌هایی دانش‌محورند؛ این ویژگی باعث شده است تا متخصصان بهره‌گیری از سیستم‌های خبره را به‌عنوان یکی از ابزارهای مورد استفاده در مدیریت دانش قلمداد کنند.^[۱۲]

۲.۲. سیستم‌های خبره در برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه‌های ساخت

دو ویژگی اصلی سیستم‌های خبره، آن‌ها را برای به‌کارگیری در مدیریت پروژه‌های ساختمانی مناسب کرده است: ۱. سیستم‌های خبره ابزار تصمیم‌گیری هستند و وظیفه‌ی اصلی مدیریت پروژه‌های عمرانی تصمیم‌گیری و پیاده‌سازی تصمیم است.^[۵] ۲. سیستم‌های خبره سیستم‌هایی دانش‌محورند که توانایی کار با دانش عمدتاً ابتکاری غیرقطعی را دارند.^[۱۳] مسائل زیادی در محیط‌های مهندسی ساخت وجود دارد که نمی‌توان آن‌ها را با الگوریتم‌های رویه‌ی حل کرد. این نوع مسائل که طبیعت پیچیده‌ی دارند به دانش و تجربه‌ی نیاز دارند که در طول سالیان زیاد تجربه توسعه یافته است.^[۱۴] از آنجا که بخش عمده‌ی دانش برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه‌های ساختمانی ماهیتی تجربه‌محور دارد سیستم‌های خبره پتانسیل بالایی برای کاربرد در این حوزه دارند. برخی زمینه‌های کاربرد سیستم‌های خبره در مدیریت پروژه عبارت است از: تفسیر، پیش‌بینی، تشخیص، نظارت، طراحی و برنامه‌ریزی. سیستم‌های خبره‌ی بررسی شده در این تحقیق از منظر اهداف این پژوهش به شرح جدول ۱ دسته‌بندی می‌شود.

۳.۲. سیستم‌های خبره در مدیریت دانش

مدیریت دانش یعنی ایجاد فرایندهای لازم برای شناسایی و جذب داده به اطلاعات و اطلاعات به دانش مورد نیاز سازمان از محیط درونی و بیرونی و انتقال آن‌ها به تصمیم‌ها و اقدامات سازمان و افراد.^[۱۴] براساس نگرش و رویکردی که صاحب‌نظران نسبت به مدیریت دانش اتخاذ کرده‌اند، مدل‌های مختلفی شکل گرفته است. اثربخشی هر مدل بستگی به ویژگی‌ها و راهکارهای سازمانی دارد که آن مدل در آنجا پیاده‌سازی می‌شود. یکی از معیارهای انتخاب مدل مدیریت دانش کارا، تناسب مدل با ماهیت و ساختار سازمان است. برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی ماهیتی فرایندمحور دارد و شرکت‌های مجری برنامه‌ریزی پروژه از مجموعه‌ی از فرایندهای برنامه‌ریزی آشکار (مستند در استانداردهای برنامه‌ریزی) یا ضمنی (تجربیات رسوب‌یافته در سازمان) برای برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی استفاده می‌کنند.^[۱۵] با توجه به این موضوع، مدل فرایندی ساختاربندی دانش بر مبنای فرایندهای^۹ تناسب بیشتری برای استفاده در شرکت‌های پروژه‌محور صنعت ساخت دارد. در این مدل فرایندهای ذخیره‌سازی دانش سازمانی بر مبنای فرایندهای کسب‌وکار سازمان ارائه شده است. گام‌های اصلی این مدل عبارت‌اند از:

۱. مدل‌سازی فرایندهای کسب‌وکار با حوزه‌ی دانش لازم، حاملین دانش، انتقال دهندگان دانش و پایگاه‌های ساختار دانش موجود؛
۲. استخراج نیازهای دانشی کاربران فرایندهای کسب‌وکار؛
۳. ساختاربندی اولیه‌ی دانش به حوزه‌های اصلی دانش و ارتباطات این حوزه‌ها؛
۴. ساختاربندی تفصیلی دانش با مشارکت مدیران، ذی‌نفعان و خیرگان؛
۵. پیاده‌سازی ساختار دانش از طریق تعریف نقش‌ها و فرایندهای توسعه.

جدول ۱. زمینه‌های کاربرد سیستم‌های خبره در مدیریت پروژه.

سیستم خبره	سال ارائه	تیم ارائه دهنده	روش استنتاج	اهداف سیستم	ویژگی‌های سیستم
MASON	۱۹۸۷	Hendrickson, A. & Martinelli, D. ^[۱۵]	مبتنی بر قاعده زنجیره‌سازی رو به عقب	برآورد فعالیت‌های کار ساختمانی	اخذ دانش از متخصصین تجربی (بناها) استفاده از زنجیره رو به عقب
RETAIN	۱۹۹۴	Hendrickson, A. & Chrisiano, P. ^[۱۶]	مبتنی بر قاعده زنجیره‌سازی رو به عقب	شناسایی روش تحکیم دیوارهای حایل	ترکیب دانش ساخت و اطلاعات جدولی قیمت
PLANEX	۱۹۸۷	Hendrickson, C.; Zozaya-Gorostiza, A.; Rehak, D.; Baracco-Mille, E. & Lim, P. ^[۱۷]	مبتنی بر قاعده	تعریف فعالیت‌ها و ارتباطات بین آن‌ها و برآوردها	ترکیب استفاده از سیستم خبره چارچوب محور و فرایندهای برنامه‌ریزی استفاده از توارث در مدل‌سازی دانش استفاده از سیستم خبره پس پردازنده برای تفسیر خروجی سیستم
CONSAS	۱۹۸۸	Western Illinois University & Pentagon ^[۱۸]	مبتنی بر چارچوب	تحلیل برنامه‌های زمان‌بندی	ترکیب استفاده از پایگاه داده، سیستم نرم‌افزاری مدیریت پروژه و سیستم خبره
ESSCAD	۲۰۰۲	Wang, S.Q. ^[۱۹]	مبتنی بر قاعده	استخراج ساختار شکست کار از فایل نقشه ساختمان	استفاده از سیستم خبره برای تحلیل خروجی دیگر سیستم‌ها
CONBPS	۲۰۰۳	Poon, J.; Potts, K. & Musgrove, P. University of Wolverhampton, UK ^[۸]	مبتنی بر قاعده	بهبود کارایی فرایندهای ساخت براساس استاندارد ریبا	مدل‌سازی یک استاندارد معماری با استفاده از قواعد تولیدی

۵.۲. ساختار بندی دانش برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی

مطالعات پژوهشگران در سازمان مورد مطالعه‌ی پژوهش نشان می‌دهد که دانش برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی را می‌توان به لحاظ محتوایی به شش دسته تقسیم کرد:

الف) فرایندهای برنامه‌ریزی، که دانش شناخت چارچوب‌ها و مراحل فرایندهای برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی را شامل می‌شود. به عبارت دیگر شناسایی فرایندهایی که باید در برنامه‌ریزی یک پروژه ساختمانی خاص به کار گرفته شوند. فرایندهای برنامه‌ریزی طی چرخه حیات پروژه‌های ساختمانی را می‌توان به دو مرحله‌ی اصلی تقسیم کرد:

-- فاز صفر (برنامه‌ریزی مفهومی و مطالعات امکان‌سنجی). این مرحله برنامه‌ریزی بخشی از مطالعات امکان‌سنجی پروژه است. در این مرحله برنامه‌های مختلف برای رسیدن به اهداف پروژه در غالب سناریوهای «چه می‌شود اگر این برنامه اجرا شود» مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.^[۲۸]

-- فاز یک؛ برنامه‌ریزی ساخت. برنامه‌ریزی ساخت را در فاز یک چرخه حیات پروژه می‌توان به دو حوزه اصلی تفکیک کرد: ۱. حوزه‌ی برنامه‌ریزی تفصیلی پروژه که در سازمان پروژه محور انجام می‌گیرد؛ ۲. حوزه‌ی برنامه‌ریزی کارگاه پروژه که در کارگاه ساختمانی صورت می‌گیرد. حوزه‌های تفصیلی و کارگاهی پروژه در واقع تهیه‌ی برنامه‌ی مدیریت پروژه را شامل می‌شوند، و تفکیک بین این دو حوزه یک تفکیک انتزاعی است با توجه به این که بخشی از این برنامه در سازمان پروژه محور و بخشی دیگر در کارگاه پیاده‌سازی می‌شود.^[۲۹]

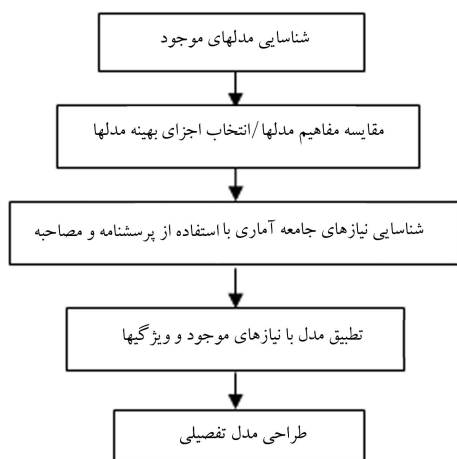
ب) قواعد برنامه‌ریزی. قواعد برنامه‌ریزی موجود در نزد خبرگان و متخصصین برنامه‌ریزی یا تجربی است و یا از منابع مکتوب (مانند دستورالعمل‌ها) استخراج شده‌اند. این قواعد را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: قواعد منفرد تجربی که

این ساختار بندی به عنوان بخشی از مدل مدیریت دانش فرایندی فرانهوفر به شمار می‌رود.^[۲۱]

ویژگی‌های سیستم‌های خبره این سیستم‌ها را به ابزار مناسبی برای استفاده در مدیریت دانش تبدیل کرده است.^[۶] سیستم‌های خبره می‌توانند چارچوبی برای مدیریت و یکپارچه‌سازی دانش منابع مختلف دانش ایجاد کنند. سیستم‌های خبره یک تکنولوژی ایده‌آل برای جذب و مستندسازی دانش‌اند.^[۱۳] برخی محققین کاربرد اصلی سیستم‌های خبره را در یک پارچگی، سازمان‌دهی، نگه‌داری و انتقال دانش دانسته‌اند.^[۲۲] در تحقیقی در زمینه‌ی نقش انواع سیستم‌های اطلاعاتی در توزیع دانش نشان داده شده که سیستم‌های خبره نقش اصلی را در تبدیل دانش نهان^{۱۰} به دانش آشکار^{۱۱} در سازمان دارند.^[۲۳] در یک تقسیم‌بندی کلی مدل‌های مدیریت دانش را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: مدل‌هایی که بیشتر برای درک مفاهیم مدیریت دانش به کار می‌روند (مانند مدل عمومی و مدل شش بعدی مدیریت دانش)^[۲۴] در برخی از مدل‌ها تأکید اصلی بر پیاده‌سازی مدیریت دانش است (مانند مدل‌های استیو هالس^[۲۵] و مدل فرایندی فرانهوفر)^[۲۱] و برخی از مدل‌ها هر دو جنبه را در نظر گرفته‌اند (مانند مدل نوناکا).^[۲۶]

۴.۲. مدل‌های توسعه سیستم‌های خبره

رویکردهای مختلفی برای ایجاد یک سیستم خبره وجود دارد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: مدل آشناری یا مرحله‌ی ۱۲، مدل نمونه‌سازی یا کدنویسی و اصلاح^{۱۳}، مدل ماریچی^{۱۴} و مدل تحلیلی خطی^{۱۵}. از بین این مدل‌ها مدل تحلیلی خطی تناسب بیشتری با مدل‌های پیاده‌سازی مدیریت دانش در سازمان دارد و در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار خواهد گرفت. مراحل اصلی این مدل عبارت‌اند از: برنامه‌ریزی، تعریف دانش، برنامه‌نویسی و بررسی سیستم، تصدیق دانش و ارزیابی سیستم.^[۲۷]



شکل ۱. فرایند پژوهشی تحقیق.

کوچک‌تر را خواهد داشت. ۱۶ نفر از برنامه‌ریزان و مدیران پروژه به پرسش‌نامه‌های پژوهش پاسخ داده‌اند و ۸ جلسه‌ی مصاحبه با حامیان دانشی سازمان مورد مطالعه انجام شده است. عناوین شغلی مصاحبه‌شوندگان عبارت است از کارشناس دفتر فنی (۲۵ درصد)، کارشناس برنامه‌ریزی (۳۷ درصد)، کارشناس اجرایی (۲۵ درصد)، کارشناس قرارداد (۱۳ درصد). میزان سابقه‌ی نیمی از پرسش‌شوندگان بین ۳ الی ۵ سال و نیمی دیگر از ۵ تا ۱۰ سال است.

روایی محتوایی پرسش‌های پژوهش با توجه به ماهیت کیفی پژوهش، پس از تأیید متخصصین صنعت مورد مطالعه و تأیید اساتید راهنما و مشاور و نیز با توجه به ماهیت بررسی‌موردی بودن پژوهش برای تعیین پایایی آن، از روش پس‌آزمون^{۱۷} استفاده شد. از این رو، پرسش‌نامه‌ی پژوهش در دو فاصله‌ی متفاوت زمانی و پس از یک ماه توسط ۲۵ درصد جامعه آماری پر شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار، ضریب اعتبار آزمون کودر-ریچاردسون محاسبه شده معادل ۷۸ درصد به دست آمد که با توجه به بالاتر بودن از حداقل ۷۰ درصد تأیید شد.

۴. یافته‌های پژوهش

در این بخش نتایج طراحی مدل اولیه بر مبنای فرایند پژوهشی، نتایج تطبیق مدل اولیه با ویژگی‌های جامعه آماری و طراحی نهایی مدل پیاده‌سازی سیستم خبره در سازمان و ساختار مناسب ذخیره‌ی دانش برنامه‌ریزی برای پیاده‌سازی در سیستم خبره ارائه شده است.

۱.۴. شناسایی مدل‌های موجود و طراحی مدل اولیه

پس از بررسی ادبیات موضوع پژوهش، مدل اولیه بر مبنای سه مدل توسعه یافته است: مدل عمومی مدیریت دانش، مدل فرایندی ساختار بندی دانش بر مبنای فرایندهای کسب‌وکار (بخشی از مدل فرانهوفر)، و مدل توسعه‌ی خطی سیستم‌های خبره. مدل اولیه‌ی سیستم دانش‌محور یک چارچوب کلی برای طراحی سؤالات پرسش‌نامه‌ی پژوهش و طراحی تفصیلی مدل پیاده‌سازی سیستم خبره در سازمان ایجاد می‌کند. در جدول ۲ اجزای مدل‌های یاد شده که در طراحی مدل پیاده‌سازی سیستم خبره در سازمان مورد استفاده قرار گرفته، ارائه شده است.

فرایندهای مدل اولیه و مدل‌های مرجع آن عبارت‌اند از:

-- شناسایی جایگاه سازمانی مدیریت سیستم‌های دانش‌محور (خبره) در

در یک فرایند برنامه‌ریزی کاربرد دارند، و قواعد رویه‌ی که مجموعه‌ی از قواعد مرتبط به هم هستند که روش انجام یک کار را مشخص می‌کنند. آنچه قواعد رویه‌ی را از الگوریتم‌های برنامه‌ریزی متمایز می‌کند این است که قواعد رویه‌ی لزوماً به یک نتیجه‌ی دقیق و کامل منتج نمی‌شود، در واقع قواعد رویه‌ی در برخورد با مسائل ساختار ناقص^{۱۶} به کار می‌رود که یک روش الگوریتمی برای حل مسئله وجود ندارد.

ج) دانش توضیحی قواعد. دانشی تکمیلی برای درک بهتر یک قاعده‌ی برنامه‌ریزی (مانند چرایی انجام قاعده، متولی انجام آن، مرجع دانش قاعده و...) است.

د) الگوریتم‌های برنامه‌ریزی. قواعد نظام‌مند و مرتبط با هم و به عبارت دیگر الگوریتم‌های برنامه‌ریزی که برای حل یک مسئله استفاده می‌شوند. بیشتر تکنیک‌های برنامه‌ریزی را می‌توان در چارچوب الگوریتم‌ها بیان کرد.

هـ) الگوهای برنامه‌ریزی. الگوها و اسنادی هستند که برای برنامه‌ریزی پروژه‌های مشابه استفاده شده‌اند.

و) دانش فنی برنامه‌ریزی ساخت. دانش تکنولوژی ساخت مورد نیاز برنامه‌ریزی را شامل می‌شود، به عبارت دیگر بیان می‌کند که مراحل ساخت هر المان ساختمانی چگونه است، در چه شرایط محیطی باید ساخته شود، منابع مورد نیاز اجرا و راندمان این منابع چگونه است و...

این پژوهش درصدد ارائه‌ی پاسخ به این پرسش است که: مناسب‌ترین مدل پیاده‌سازی سیستم خبره در سازمان به منظور ذخیره‌ی دانش برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی و ارائه‌ی این دانش کدام است؟

۳. روش تحقیق پژوهش

تحقیق توسعه‌ی عبارت است از استفاده‌ی نظام‌مند از دانش حاصل از تحقیقات و تجربیات به منظور تولید الگوها، ابزارها، فرایندها و روش‌های جدید، یا بهبود آن‌ها. از این رو تحقیق حاضر با توجه به اهدافی که دنبال می‌کند، یک تحقیق توسعه‌ی محسوب می‌شود. بنابراین، با توجه به روش توسعه‌ی آن با بررسی مدل‌های گوناگون پیاده‌سازی سیستم خبره در فرایند برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی و ادغام ویژگی‌های مورد نظر جامعه آماری پژوهش، مدل مفهومی آن‌ها را بهبود داده است. از منظر دسته‌بندی تحقیقات با توجه به نحوه‌ی گردآوری داده‌ها این تحقیق توصیفی یا غیرآزمایشی از نوع بررسی‌موردی است. روشی که در این پژوهش برای رسیدن به پاسخ به سؤالات پژوهش استفاده می‌شود استفاده و بسط مدل‌های عمومی مدیریت دانش و مدل ساختار بندی دانش بر مبنای فرایندها (توسعه یافته توسط فرانهوفر) و مدل خطی توسعه‌ی سیستم‌های خبره و همچنین استفاده از پرسش‌نامه است. بر مبنای فرایند پژوهشی ارائه شده (شکل ۱)، برای طراحی مدل پیاده‌سازی سیستم با استفاده از مدل‌های موجود، یک مدل اولیه طراحی می‌شود. نتایج پرسش‌نامه و نیز مصاحبه و جمع‌آوری دانش مورد نیاز از سازمان مورد مطالعه مبنایی برای اصلاح، تکمیل و ارائه‌ی کاربردی و تفصیلی این مدل با توجه به ویژگی‌ها و نیازهای عملی جامعه آماری مورد مطالعه خواهد بود.

جامعه‌ی آماری تحقیق، کلیه‌ی برنامه‌ریزان شرکت پروژه‌محور نوسازان شهر تهران است که مجری مجموعه پروژه‌های نوسازی شهر تهران هستند. از آنجا که پروژه‌های نوسازان، گستره‌ی وسیعی از ساخت ساختمان‌های کوچک تا مجموعه برج‌های مسکونی را شامل می‌شوند، نتایج حاصل از این پژوهش قابلیت تعمیم به شرکت‌های

جدول ۲. اجزای مدل‌های مورد استفاده در طراحی مدل سیستم خبره.

نام مدل	اجزاء مدل
مدل عمومی مدیریت دانش [۲۰]	جست‌وجو و تولید دانش سازماندهی و ذخیره دانش اشتراک دانش استفاده از دانش
مدل فرایندی ساختاربندی دانش برمبنای فرایندها [۲۱]	شناسایی منابع دانش اکتساب و استخراج دانش طراحی ساختار دانش طراحی تفصیلی دانش پیاده‌سازی سیستم ممیزی و ارزیابی
مدل توسعه‌ی خطی سیستم‌های خبره [۲۷]	مدل‌سازی فرایندها برمبنای حوزه‌های دانش شناسایی نیازهای دانشی کاربران فرایندها ساختاربندی دانش پیاده‌سازی ساختار دانش

-- اکتساب، استخراج و دسته‌بندی دانش ضمنی و آشکار برنامه‌ریزی. اکتساب و استخراج دانش چرخه‌ی برنامه‌ریزی پروژه با استفاده از نتایج مراحل قبل انجام می‌شود. برای پیاده‌سازی ساختار دانش برمبنای مدل فرایندی، دانش جمع‌آوری شده به‌تفکیک هر فرایند برنامه‌ریزی دسته‌بندی می‌شود.

-- طراحی و توسعه‌ی سیستم خبره. راهبرد پیاده‌سازی نرم‌افزاری سیستم خبره مشخص شده و طراحی کدنویسی و پیاده‌سازی سیستم برمبنای این راهبرد انجام می‌شود (برمبنای مدل توسعه‌ی خطی سیستم خبره).

-- پیاده‌سازی سیستم مدیریت دانش برمبنای استفاده از سیستم خبره. از آنجا که چرخه‌ی استفاده و تولید دانش برنامه‌ریزی در پروژه‌های صنعت ساخت یک چرخه‌ی همیشگی است، استفاده از دانش سیستم خبره در فرایندهای برنامه‌ریزی سازمان و اخذ و ذخیره‌سازی دانش درس‌های آموخته و مستندات به‌روزشده فرایندهای برنامه‌ریزی برمبنای الگوی مدل عمومی مدیریت دانش در طراحی مدل استفاده می‌شود.

۲.۴. ارائه‌ی نتایج تطبیق برخی اجزای مدل اولیه با نیازهای

جامعه‌ی آماری

نظرات مدیران و برنامه‌ریزان سازمان نشان می‌دهد که ۶۰ درصد مصاحبه‌شوندگان دفتر مدیریت پروژه را جایگاه مناسبی برای مدیریت سیستم‌های دانش‌محور در سازمان می‌دانند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که سهم دانش ضمنی منابع دانشی برنامه‌ریزی پروژه بدین‌ترتیب است: مدیران پروژه ۲۲٪، سرپرستان کارگاه‌ها ۲۰٪، کارشناسان برنامه‌ریزی ۱۹٪، مهندسیین مشاور ۱۶٪، کارشناسان دفتر فنی ۱۲٪ و پیمانکاران جزء ۱۱٪ از کل دانش مورد نیاز برنامه‌ریزی پروژه. نتایج این بخش مشخص می‌کند که برای کسب دانش ضمنی هر فرایند کدام منبع دانش باید در اولویت قرار بگیرد؛ همچنین نشان می‌دهد که دانش ضمنی برنامه‌ریزی تقریباً به‌طور مساوی بین منابع اصلی (مدیران پروژه، سرپرستان کارگاه‌ها و کارشناسان برنامه‌ریزی) پراکنده شده است.

نتایج پرسش از روش‌های مطلوب اکتساب دانش از حاملین دانش سازمانی نشان می‌دهد که ۳۱ درصد خیرگان برنامه‌ریزی استفاده از روش مصاحبه‌ی ساخت‌یافته را برای انتقال تجربیات خود ترجیح می‌دهند. مطلوبیت ابزارهای دیگر عبارت‌اند از: مصاحبه‌ی باز ۲۵ درصد، پرسش‌نامه‌ی باز ۱۵ درصد، پرسش‌نامه‌ی بسته ۱۲ درصد، و مصاحبه‌ی تک‌گفتاری ۱۷ درصد جامعه آماری. نتایج این بخش همچنین نشان می‌دهد که منابع دانش ضمنی سازمانی عمدتاً به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند: گروهی که حدود ۱۵ دقیقه زمان برای پرسش‌نامه (۵۰ درصد جامعه آماری) و حدود ۳۰ دقیقه زمان برای مصاحبه مطلوب آن‌هاست (۴۶ درصد)، و گروهی که حدود ۳۰ دقیقه زمان برای پرسش‌نامه (۳۹ درصد) و ۱ الی ۲ ساعت زمان برای مصاحبه اختصاص می‌دهند (۴۰ درصد). این نتایج می‌تواند برای طراحی ابزارهای جداگانه برای این دو گروه مورد استفاده قرار بگیرد. همچنین ۷۵ درصد منابع ۲ الی ۳ بار مصاحبه را در طی ماه مطلوب دانسته‌اند.

مطلوبیت روش‌های اکتساب دانش از حاملین دانش سازمانی در سازمان پروژه‌محور براساس پاسخ به پرسش‌های پژوهش، در مقایسه با ابزارهای معرفی‌شده در سازمان و در یک طیف سه‌گزینه‌ی تحلیل و نتیجه‌گیری شد. چنان‌که اشاره شد این پاسخ‌ها براساس میزان ترجیح پاسخ‌دهندگان و براساس تجربه‌های آنان به دست آمده است.

سازمان. گام اول در شروع پیاده‌سازی استفاده از سیستم خبره در سازمان، تهیه‌ی برنامه‌ی مدیریت این پروژه است. این مرحله در مدل توسعه‌ی خطی سیستم خبره به‌صورت آشکار و در مدل مدیریت دانش فرایندی به‌صورت تلویحی ذکر شده است. همچنین با توجه به این‌که فرایند به‌روزرسانی سیستم خبره (به‌عبارت دیگر چرخه‌ی دانش از سازمان به سیستم و از سیستم به سازمان) نیازمند مدیریت مستمر است، متولی مدیریت سیستم خبره با توجه به ویژگی‌های سازمان‌های پروژه‌محور مشخص می‌شود.

-- شناسایی فرایندهای برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی. از آنجا که برای طراحی سیستم خبره از تلفیق سیستم مدیریت دانش مبتنی بر فرایندهای کسب کار (مدل‌سازی فرایندها برمبنای حوزه‌های دانش) و فرایندهای مدیریت پروژه‌های ساختمانی استفاده می‌شود، فرایندهای برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی در طول چرخه حیات برنامه‌ریزی پروژه در حوزه‌های برنامه‌ریزی امکان‌سنجی، برنامه‌ریزی تفصیلی (سازمانی) و برنامه‌ریزی کارگاهی مورد شناسایی قرار می‌گیرد.

-- شناسایی مراحل انجام، و عناوین دانش مورد نیاز برای انجام فرایندهای برنامه‌ریزی. برای سازمان‌دهی دانش برنامه‌ریزی (برمبنای مدل عمومی مدیریت دانش) و ایجاد پایه و چارچوبی برای اکتساب و استخراج دانش (برمبنای مدل توسعه‌ی خطی سیستم خبره)، و نیز شناسایی نیازهای دانشی کاربران فرایندها (برمبنای مدل فرایندی ساختاربندی دانش) گام‌ها و مراحل انجام هر فرایند و عناوین دانش مورد نیاز انجام فرایندهای برنامه‌ریزی با استفاده از بررسی ادبیات موضوع و مصاحبه‌ی باز با متخصصین مورد شناسایی قرار می‌گیرد.

-- شناسایی منابع دانش فرایندهای برنامه‌ریزی. شناسایی منابع دانش هر فرایند برنامه‌ریزی پیش‌نیاز سازمان‌دهی و اشتراک دانش است که در مدل توسعه‌ی خطی سیستم خبره مورد تصریح قرار گرفته است.

-- شناسایی روش‌های مناسب اکتساب دانش برنامه‌ریزی. اکتساب و استخراج دانش برنامه‌ریزی گوناگون توسعه‌ی سیستم خبره محسوب می‌شود. از این رو باید روش‌های مطلوب و کاربردی اخذ دانش خبرگان درخصوص زمان، تناوب و روش اکتساب دانش مورد شناسایی قرار گیرد.

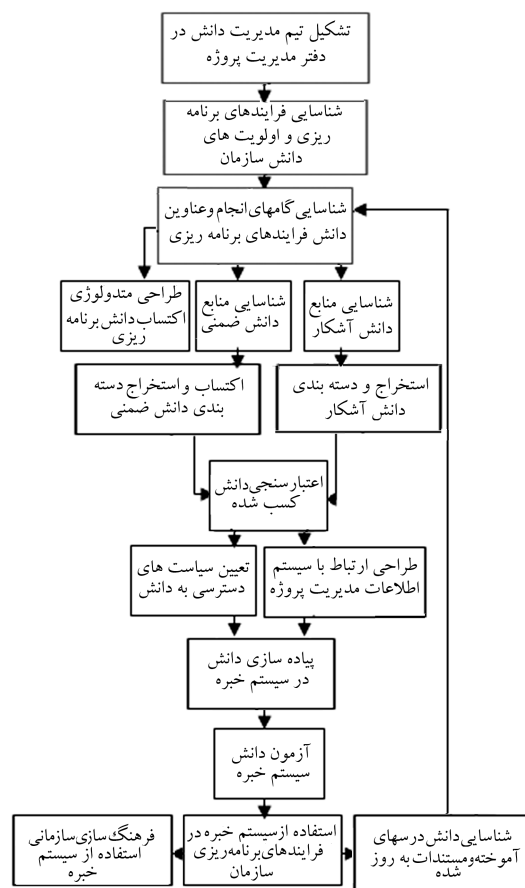
۳.۴. طراحی مدل پیاده‌سازی و ساختار ذخیره دانش

مدل نهایی پیاده‌سازی سیستم خبره با توجه به مدل‌های مرجع و ارزیابی نتایج پرسش‌نامه و نظرات اصلاحی خبرگان در این بخش ارائه می‌شود. از آنجا که پیاده‌سازی دانش در سیستم خبره یکی از گام‌های این مدل محسوب می‌شود، ساختار ذخیره‌ی دانش در پایگاه دانش سیستم خبره و معماری نرم‌افزاری سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی نیز در بخش ۲.۳.۴. طراحی شده است.

۱.۳.۴. مدل نهایی پیاده‌سازی سیستم خبره برنامه‌ریزی در سازمان

مدل نهایی پیاده‌سازی سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی در سازمان‌های متولی برنامه‌ریزی این پروژه‌ها بر مبنای نتایج این پژوهش در شکل ۲ ارائه می‌شود. گام‌های (مراحل) مدل پیاده‌سازی سیستم خبره در سازمان عبارت‌اند از:

۱. تشکیل تیم مدیریت دانش در دفتر مدیریت پروژه: تشکیل تیم مدیریت سیستم دانش محور در دفتر مدیریت پروژه و تهیه‌ی برنامه‌ی مدیریت پروژه‌ی پیاده‌سازی این سیستم؛
۲. شناسایی فرایندهای برنامه‌ریزی سازمان: شامل شناسایی فرایندهای مدیریت پروژه در حوزه‌های مختلف چرخه‌ی حیات پروژه که توسط سازمان انجام می‌شود؛
۳. شناسایی اولویت‌های دانشی سازمان: شامل تهیه‌ی فهرستی از فرایندهای مدیریت پروژه به ترتیب اهمیت برای سازمان و تعیین اولویت‌های سازمان در پیاده‌سازی سیستم خبره با توجه به اهمیت هر فرایند؛
۴. شناسایی مراحل انجام و عناوین دانش فرایندهای برنامه‌ریزی: شامل شناسایی



شکل ۲. مدل پیاده‌سازی سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی در سازمان مجری پروژه.

جدول ۳. مثال‌هایی برای دسته‌بندی‌های مختلف دانش.

نمونه دانش	دسته‌بندی دانش
فرایند برنامه‌ریزی قرارداد - فرایند برنامه‌ریزی زمان	فرایندهای برنامه‌ریزی
قاعده: کارگران بختیاری برای انجام آرماتوربندی مهارت دارند.	قواعد برنامه‌ریزی (منفرد)
دلایل استفاده از انواع روش‌های قراردادی توصیه شده	دانش توضیحی قواعد
روش برآورد سرانگشتی زمان پروژه - روش برنامه‌ریزی سیستم ارجاع قرارداد با توجه به ریسک	الگوریتم‌های برنامه‌ریزی
الگوی گزارشات - الگوی برنامه ایمنی	الگوهای برنامه‌ریزی
فعالیت‌هایی که در هوای سرد انجام نمی‌شوند - لیست فعالیت‌های اجرای دیوار حایل بتنی	دانش فنی برنامه‌ریزی ساخت

گام‌ها و مراحل انجام هر فرایند و عناوین دانش که در اجرای هر مرحله از فرایندهای مدیریت پروژه سازمان مورد استفاده قرار می‌گیرند؛

۵. شناسایی منابع دانش ضمنی: شامل شناسایی منابع دانش ضمنی (تجربی) هر عنوان دانش در سازمان و خارج از آن؛
۶. شناسایی منابع دانش آشکار: شامل شناسایی منابع دانش مستند شده هر عنوان دانش؛
۷. طراحی متدولوژی اکتساب دانش ضمنی برنامه‌ریزی: طراحی مصاحبه‌های ساخت یافته و پرسش‌نامه‌های باز به تفکیک فرایندهای برنامه‌ریزی با محوریت عناوین دانش و تعیین زمان و تناوب جلسات؛
۸. اکتساب، استخراج و دسته‌بندی دانش ضمنی: اکتساب دانش عناوین دانشی از منابع دانش ضمنی با استفاده از متدولوژی طراحی شده و طبقه‌بندی و ذخیره‌ی این دانش با استفاده از ساختار پایگاه دانش ارائه شده در مدل سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی. مثال‌هایی از دانش دسته‌بندی شده در جدول ۳ ارائه شده است؛
۹. استخراج و دسته‌بندی دانش آشکار: استخراج دانش «عناوین دانش» از منابع مکتوب و طبقه‌بندی و ذخیره‌ی این دانش با استفاده از ساختار پایگاه دانش ارائه شده در مدل سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی. قالب‌های^{۱۸} کلی این منابع عبارت‌اند از چک‌لیست، الگو، آئین‌نامه و مدل‌های ریاضی؛
۱۰. اعتبارسنجی دانش کسب شده: اعتبارسنجی، تکمیل و رفع مغایرت‌های احتمالی دانش گردآوری شده توسط تیم نخبگان با مدیریت دفتر مدیریت پروژه و استفاده از تکنیک‌های رسیدن به اجماع مانند تکنیک دلفی؛
۱۱. تعیین سیاست‌های دسترسی به دانش: تعیین سطوح دسترسی کاربران به دانش سیستم خبره سازمان؛
۱۲. طراحی ارتباط سیستم خبره با سیستم اطلاعات مدیریت پروژه: تعیین نیازهای اطلاعاتی سیستم خبره و طراحی ساختار سیستم ارتباطی سیستم خبره با سیستم اطلاعات مدیریت پروژه؛
۱۳. پیاده‌سازی دانش در سیستم خبره: پیاده‌سازی نرم‌افزاری سیستم خبره بر مبنای مدل سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی؛
۱۴. آزمون دانش سیستم: ارزیابی و آزمایش صحت دانش باز یابی شده توسط سیستم با همکاری خبرگان سازمانی؛

۱۵. فرهنگ‌سازی سازمانی: آموزش و فرهنگ‌سازی استفاده از سیستم دانش‌محور در سازمان؛

۱۶. به‌روزرسانی سیستم: شناسایی دانش درس‌های آموخته و مستندات به‌روز شده در چرخه‌ی برنامه‌ریزی پروژه و به‌روزرسانی سیستم با استفاده از مراحل قبلی.

۲.۳.۴. پیاده‌سازی دانش در سیستم خبره (طراحی معماری نرم‌افزاری سیستم خبره)

پیاده‌سازی دانش در سیستم خبره یکی از مراحل اصلی مدل پیاده‌سازی سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی در سازمان به‌شمار می‌رود. پس از جمع‌آوری و ساختار بندی دانش برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی فرایندهای برنامه‌ریزی، این دانش باید در پایگاه دانش یک سیستم خبره ذخیره و بازیابی شود. در این بخش ساختار پایگاه دانش و معماری نرم‌افزاری یک سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی منطبق بر نیازهای مدل پیاده‌سازی سیستم خبره در سازمان طراحی و ارائه می‌شود. چنان‌که اشاره شد دانش برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی را می‌توان به‌لحاظ محتوایی به پنج دسته تقسیم کرد. برای ذخیره‌ی هر دسته از این دانش، ساختار مناسب ذخیره و بازیابی در سیستم خبره ارائه می‌شود.

۱. فرایندهای برنامه‌ریزی. برای ذخیره‌سازی فرایندهای برنامه‌ریزی از ساختار ذخیره‌ی دانش مدل سیستم خبره‌ی چارچوب‌محور شی‌اگر^{۱۹} استفاده می‌شود. هر فرایند در یک دسته‌ی مستقل مدل می‌شود. هر دسته می‌تواند دسته‌های دیگر را صدا بزند یا اطلاعات را با آن دسته رد و بدل کند. همچنین هر دسته می‌تواند دسته‌های زیرمجموعه‌ی خود را داشته باشد (مطابق جدول ۴). در این صورت دسته‌ی مرتبه بالاتر می‌تواند خواص خود را به دسته‌ی پایین‌تر انتقال دهد، آن‌ها را تغییر داده، و یا حذف کند. کاری که درمورد دسته‌های مستقل دیگر نمی‌تواند انجام دهد.

۲. قواعد برنامه‌ریزی و دانش توضیحی قواعد. قواعد منفرد، رویه‌ی و دانش توضیحی قواعد را می‌توان با استفاده از یک سیستم خبره قاعده‌محور ذخیره‌سازی کرد. ارتباط این سیستم خبره‌ی قاعده‌محور با سیستم خبره‌ی چارچوب‌محور شی‌اگر اصلی سیستم بدین صورت است که سیستم قاعده‌محور در صورت نیاز توسط سیستم چارچوب‌محور اجرا شده و دانش موجود در دسته‌های برنامه‌ریزی (به‌عبارت دیگر فرایندهای برنامه‌ریزی) را تکمیل یا اصلاح می‌کند.

۳. الگوریتم‌های برنامه‌ریزی. الگوریتم‌های برنامه‌ریزی در واقع نوعی از سیستم پشتیبانی از تصمیم‌رأه ارائه می‌کنند. الگوریتم‌ها توسط شبه‌کدها ذخیره و بازیابی می‌شوند. شبه‌کد روشی سریع و فشرده برای توضیح یک الگوریتم رایانه‌ی

جدول ۴. سلسله‌مراتب دسته‌ها در فرایند برنامه‌ریزی ساخت.

۱- نام دسته	۷- منابع انسانی مستقیم و غیر مستقیم
۲- کد دسته	۸- مصالح مورد نیاز
۳- تکنولوژی ساخت	۹- ماشین آلات مورد نیاز
۴- دسته‌های مادر	۱۰- ابزار مورد نیاز
۵- دسته‌های فرزند	۱۱- شرایط جوی کار
۶- راندمان تخمینی	۱۲- گام‌های ساخت

است که از ساختارهای معمول بعضی از زبان‌های برنامه‌نویسی استفاده می‌کند که برای خوانده‌شدن توسط انسان و نه ماشین طراحی شده است.

۴. الگوهای برنامه‌ریزی. با توجه به ماهیت الگوها (که اسناد کمکی برنامه‌ریزی هستند) و خواص چارچوب‌های دانشی (که دارای سلسله‌مراتب، ارث‌بری و مقادیر پیش‌فرض هستند) یک سیستم خبره‌ی پیشنهاد اسناد برنامه‌ریزی برای ذخیره و بازیابی این اسناد پیشنهاد می‌شود. این سیستم خبره مدیریت ارائه‌ی بهترین الگوها و اسناد برنامه‌ریزی را با توجه به شرایط ارائه‌شده از طرف کاربر به عهده دارد.

۵. دانش فنی برنامه‌ریزی ساخت. برای ذخیره‌ی دانش مراحل ساخت عناصر و مؤلفه‌های ساختمانی، تجزیه و تحلیل دانش گردآوری شده نشان می‌دهد استفاده از یک ساختار چارچوب‌محور بر مبنای اجزاء یک پروژه ساختمانی مناسب‌ترین ساختار برای ذخیره‌سازی این دانش است. این ساختار با توجه به خاصیت ارث‌بری و داشتن دانش پیشین مناسب‌ترین ساختار برای ذخیره‌ی دانش فعالیت‌های اصلی ساخت یک پروژه ساختمانی به‌شمار می‌رود. ارث‌بری بدین معناست که هر چارچوب خواص چارچوبی را که در سطح بالاتر قرار دارد به ارث می‌برد. دانش پیشین بدین معناست که بخشی از دانش مورد نیاز در چارچوب دانش از قبل قرار می‌گیرد، مگر آن‌که آن دانش حذف یا تغییر داده شود. در جدول ۵ خلاصه‌ی ساختارهای مناسب برای ذخیره و بازیابی دانش مورد نیاز هر فرایند پیشنهاد می‌شود.

۵. معماری نرم‌افزاری سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی

پروژه‌های ساختمانی

بر اساس جدول ۵ سیستمی که بتواند دانش مورد نیاز هر فرایند برنامه‌ریزی را ذخیره و در اختیار کاربر قرار دهد باید یک سیستم پیوندی^{۲۰} متشکل از سیستم‌های خبره شی‌اگر، چارچوب‌محور و قاعده‌محور و پایگاه الگوریتم‌ها و اطلاعات باشد. روشی ترکیبی متشکل از ساختارهای ارائه‌شده استفاده از سیستم خبره‌ی چارچوب‌محور شی‌اگر برای فرایندهای برنامه‌ریزی به‌عنوان سیستم اصلی (مدیر سیستم) و استفاده از سایر سیستم‌ها به‌عنوان زیرسیستم‌های آن است. در این سیستم (شکل ۳) هر دسته فرایندی سیستم خبره شی‌اگر شامل قواعد، الگوریتم‌ها، چارچوب‌ها، الگوها و راهنماهای خود است. بدین صورت که اجزاء هر دسته دانش برنامه‌ریزی توسط اجرای یک سیستم خبره‌ی قاعده‌محور روش‌های برنامه‌ریزی، اجرای یک فرایند،

جدول ۵. مدل‌های ذخیره و بازیابی انواع دانش.

دسته بندی دانش	ساختار ذخیره و بازیابی
فرایندهای برنامه‌ریزی	سیستم خبره چارچوب‌محور شی‌اگر
قواعد برنامه‌ریزی و دانش توضیحی آن‌ها	سیستم خبره قاعده‌محور
الگوریتم‌های برنامه‌ریزی	پایگاه دانش الگوریتم‌ها
الگوهای برنامه‌ریزی	سیستم خبره چارچوب‌محور
دانش فنی برنامه‌ریزی ساخت	سیستم خبره چارچوب‌محور

ه) پایگاه اطلاعات مدیریت پروژه: این پایگاه اطلاعات حاصل از فرایند برنامه‌ریزی و مشاوره با سیستم خبره را ذخیره می‌کند. به عبارت دیگر اطلاعات پروژه‌ی خاصی که در حال برنامه‌ریزی است در این پایگاه ذخیره می‌شود. این اطلاعات مبنایی برای تشکیل اسناد برنامه‌ریزی پروژه -- مانند بیانیه محدود، برنامه‌ی زمان‌بندی و... -- می‌شود. همچنین ممکن است بین این سیستم و سیستم‌های دیگر مدیریت پروژه (مانند نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه) رابطه برقرار شود. این زیرسیستم از یک بانک اطلاعاتی و الگوهای گزارش‌دهی تشکیل شده است.

و) رابط ارتباط با کاربر: این رابط وظیفه دریافت حقایق از کاربر و ارائه‌ی مشورت و خبرگی به کاربر را دارد.

ز) رابط اخذ دانش: این رابط وظیفه‌ی اخذ دانش خبرگان سازمان و ذخیره‌ی آن را در پایگاه دانش سیستم دارد. به عبارت دیگر این سیستم وظیفه‌ی اصلاح و تکمیل چارچوب‌های دانش، قواعد برنامه‌ریزی، فرایندهای برنامه‌ریزی و ساختارهای اسناد را دارد.

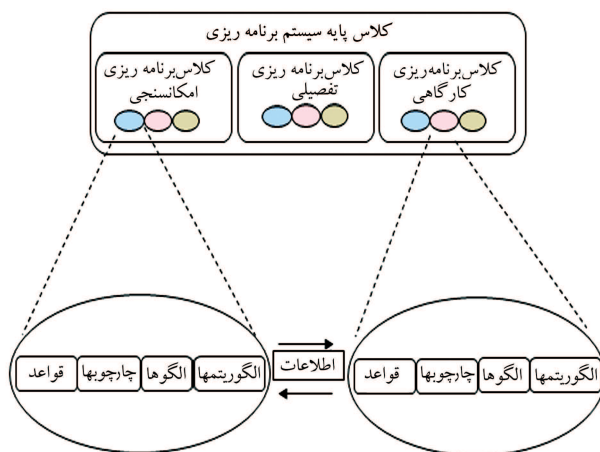
ح) موتور استنتاج: یک موتور استنتاج پیشرو که وظیفه‌ی استنتاج از قواعد پایگاه دانش سیستم خبره قواعد برنامه‌ریزی را دارد.

۶. اعتبارسنجی مدل

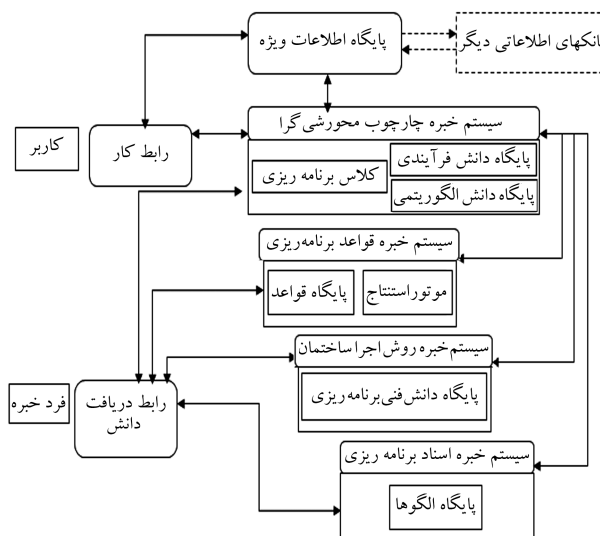
با توجه به ماهیت پژوهشی و مفهومی مدل، اعتبارسنجی مدل ارائه‌شده با استفاده از بررسی نتایج پیاده‌سازی موضوعیت ندارد. بنابراین استفاده از زیر سیستم‌ها و متدولوژی‌های اخذ شده از مدل‌های معتبر، و نیز استفاده از نتایج برگرفته از پرسش‌نامه‌ی پایای پژوهش در طراحی مدل (به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی اعتبار مدل مفهومی ارائه‌شده) قرار گرفته است. از این رو، اعتبارسنجی مدل‌های ارائه‌شده از دو روش: استناد به مدل‌های معتبر و استفاده از نتایج تحلیل آماری نتایج پاسخ به سؤالات پژوهش با استفاده از طیف سه‌نقطه‌ی لیکرت (با ضرایب ۱، ۳ و ۵) وزن‌دار شده، نتایج هر پرسش بر مبنای تعداد کسانی که به آن پرسش پاسخ داده‌اند نرمال شده و نمودارهای مدل بر مبنای آن نتایج ترسیم شده‌اند.

۷. نتیجه‌گیری

براساس تقسیم‌بندی مدل‌های مدیریت دانش در سه دسته‌ی کلی، به برخی از ویژگی‌های مدل‌ها، مانند مدل‌های استیو هالس و مدل فرایندی فرانهور که تأکید اصلی‌شان بر پیاده‌سازی مدیریت دانش است، اشاره شد. از منظر پاسخ به سؤالات پژوهش، یعنی جایگاه و کاربرد سیستم‌های خبره در مدیریت دانش سازمان‌های پروژه‌محور، به دلیل ماهیت تجربه‌محور حل مسائل در پروژه‌های ساختمانی و حجم بالای پردازش مورد نیاز در پروژه، اطلاعات کیفی در این حوزه به‌عنوان مبنای طراحی و پیشنهاد مدلی مفهومی برای جامعه‌ی مورد مطالعه با اتکاء به جنبه‌های ایزر محور و سازمان‌محور بودن پروژه‌ها ارائه شد. براساس یافته‌های این پژوهش، برای ارائه‌ی مدل مفهومی پیاده‌سازی سیستم خبره در شرکت‌های پروژه‌محور ساختمانی، این مدل بر مبنای: ۱. تجربیات توسعه‌ی سیستم‌های خبره در مدیریت ساخت؛ ۲. مدل‌های مدیریت دانش در سازمان‌ها؛ ۳. ویژگی‌های دانش برنامه‌ریزی پروژه‌های ساخت؛ ۴. نظرات خبرگان برنامه‌ریزی بهینه شد.



شکل ۳. سیستم پیوندی ارتباط بین دسته‌های برنامه‌ریزی و اجزای دانش.



شکل ۴. معماری نرم‌افزاری سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی پروژه‌های ساختمانی.

استنتاج دانش از سیستم خبره روش اجرا یا انتخاب یک الگوی برنامه‌ریزی توسط سیستم خبره‌ی الگوها تکمیل می‌شود.

معماری نرم‌افزاری مدل نمونه‌ی سیستم خبره‌ی برنامه‌ریزی نیز براساس یافته‌های پژوهش، با استفاده از ترکیب ساختارهای ارائه‌شده بر مبنای روش فوق و الگوی مدل عمومی سیستم خبره در شکل ۴ ارائه شده است. زیرسیستم‌های این مدل عبارت‌اند از:

الف) سیستم خبره‌ی چارچوب‌محور شی‌عگرایی فرایندهای برنامه‌ریزی، که برای ذخیره و بازیابی دانش فرایندهای برنامه‌ریزی به کار می‌رود؛

ب) سیستم خبره‌ی قاعده‌محور روش‌های برنامه‌ریزی، یک سیستم خبره‌ی قاعده‌محور که از روش استنتاج رو به جلو استفاده می‌کند؛

ج) سیستم خبره‌ی چارچوب‌محور اسناد، برای ذخیره‌ی هوشمند ساختار اسناد مدیریت پروژه -- شامل الگوها، چک‌لیست‌ها، دستورالعمل‌ها، راهنماها، گزارشات، فرم‌ها... -- به کار می‌رود؛

د) سیستم خبره‌ی چارچوب‌محور شی‌عگرایی روش‌های اجرای اجزای ساختمان، برای ذخیره و بازیابی دانش فنی برنامه‌ریزی ساخت (دانش مراحل ساخت) اجزای ساختمان به کار می‌رود؛

دانش و معماری نرم‌افزاری این مدل منطبق با نیازهای مدل، و بر مبنای ساختار دانش و نیازهای واقعی موجود در شرکت‌های مدیریت ساخت ارائه شده است. این ساختار پایگاه دانش سیستم، توانایی ذخیره و بازیابی قواعد تجربی، الگوریتم‌های برنامه‌ریزی و اسناد کمکی برنامه‌ریزی را دارد. همچنین از منظر پاسخ‌دهندگان، این پایگاه دانش می‌تواند به عنوان یک دارایی سازمانی برای ذخیره‌ی دانش سازمان و انتقال این دانش عمل کند.

ویژگی مدل پیشنهادی -- که بر پیاده‌سازی نحوه‌ی پیاده‌سازی سیستم خبره در سازمان تأکید دارد -- متکی بر ارائه روشی ساختارمند برای اخذ، ذخیره و استفاده از دانش موجود در فرایندها، اسناد و تجربیات خیرگان سازمانی و نیز به روزرسانی این دانش با استفاده از تجربیات آموخته به عنوان بخشی از سیستم مدیریت دانش سازمان است. همچنین به عنوان بخشی از مدل پیاده‌سازی سیستم خبره در سازمان طراحی پایگاه

پانویس‌ها

1. expert system implementation
2. storage/retrieval system
3. knowledge management
4. planning rules
5. planning documents templates
6. knowledge base system
7. bottleneck
8. class
9. process oriented knowledge structuring
10. taxit knowledge
11. explicit knowledge
12. incremental model
13. code and fix model
14. spiral model
15. linear model
16. Ill structured
17. test-retest
18. formats
19. object oriented frame based
20. hybrid system

منابع (References)

1. Civitello, A.M., *Construction Manual of Policies and Procedures*, 3rd Ed. Transaltd by Azimi Bolorian A., Tehran, RasaPub.Co., pp.24 (2006).
2. Sarmadi, P. Dorodian, H. and Shafae, R. "The business process oriented knowledge management model for construction project contractor companies", 4th IIPMC Proceeding, Tehran, Ariana Group, p. 11 (2008).
3. Hendrickson, C., *Project Management for Construction*, fundamental concepts for owners, engineers architicts, and builders, Prentice Hall, New York, 4 Edition, pp.418 (2003).
4. Hendrickson, C. Zozaya, C. Rehak, D. and Baracco-Miller, E. *Expert System for Construction Planning*, ASCE Pub. (1987).
5. Yang, J.; Heng, L. and Martin, S. "Expert systmes in construction management: Is hype over?", *International Construction Information Technology, INCIT 96 Pro-*

ceeding, Australia, ACT Institution of Engineers, pp. 3-6 (1996).

6. Darlington, K., *The Essence of Expert systems*, England, Prentice Hall, pp. 40-60 (2000).
7. Sooknanan, J., *Knowledge Management in Public Sector*, edition of knowledge management magazine.pp. 5 (2001). Available at: www.destinationcrm.com/articles.
8. Poon, J. and Potts, K. "An expert system to improve the efficiency of the construction process", *Wolverhampton, RICS Foundation Press*, (2003). Available at: www.rics.org/site/download_feed.aspx?fileID=1786&fileExtension.
9. Lewin, R. and et al. *An Expert Systems Guide in C*, Translated by BadeeK, Tehran, Behine Pub., p. 21 (1996).
10. Ghazanfari, M. and Kazemi, K., *The Principle of Expert Systems*, Tehran, IUST Pub., p. 22 (2003).
11. Yazdanpanah, A.A., *Management information systems*, Tehran, pp. 23-25 (2007). Available at: <http://yazadanpanah.org/Books.aspx>, Nvember 2009.
12. Liebowitz, J. "Expert systems: An integral part of knowledge management", *Inside Knowledge*, 1(3), p. 3 (1998).
13. Giarratano, J.C. and Gary, R. "Expert systems: Principles and programming" PWS Publishing co. 3rd ed., pp.3-11 (1998). Available at: <http://www.scpe.org/site/index.php/scpe/article/view/380>
14. Finn, G. "Expert systems applications in construction management and engineering" *Journal of Construction Engineering and Management*, 116 (1), pp.87-99 (1997). Available at: [http://www.ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1997\)113:2\(887\)1.0](http://www.ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9364(1997)113:2(887)1.0)
15. Hendrickson, c.; Martinelli, D. and Rehak, D. *Journal of construction engineering and managemnt*, (2), (1987). Available at: [http://www.ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1987\)113:2\(887\)1.0](http://www.ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9364(1987)113:2(887)1.0)
16. Adams, T.M. Chrisiano, P. and Hendrickson, C. "Some expert system applications in geotechnical engineering, foundation engineering: Current principles and practices" ASCE New York, 2 pp.885-902 (1987). Available at: <http://cedb.asce.org/cgi/www.display.cgi?61014>.

17. Hendrickson, C.; Zozaya-Gorostiza, A.; Rehak, D.; Baracco-Mille, E. and Lim, "knowledge based process planning for construction and manufacturing, "Academic press, cambridge, MA, (1989). Available at: <http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?8703568>.
18. Adeli, H., *Expert Systems in Construction and Structural Engineering*, Kindle Edition, pp.132-173 (2007). Available at: http://www.amazon.com/Expert-Systems-Construction-Structural-Engineering/dp/0412289105#reader_0412289105.
19. Wang, S.Q. "Expert system integrating construction scheduling with CAD drawing", *National University of Singapore Press*, Available at: <http://166.111.44.134/ComputerSeminarESSCAD.htm>.
20. Wiig, M.K. "The inteligent enterprise and knowledge management", Knowledge Research Institute, Inc. Article prepared for UNESCO's Encyclopedia of Life Support Systems, p.10-15 (1999). Available at: www.ecz.edu?decenter/ok/.
21. Merties, K.; Heisig, P. and Alwert, K. "Process oriented knowledge structuring", I-KNOW 03, 3rd International Conference on KM, pp. 1-4 (2003).
22. Sammer, M. and et al "An illustrated guide to knowledge management", Wissens Managemnt Forum, pp.23(1994).
23. Rezazade, M., *The Role of Information Systems in Knowledge Management*, Master thesis, Management and economics Faculty of Sharif University of Technology, Tehran, pp. 143 (2005).
24. <http://www.know-center.tugraz.at/previous/i-know03/presentations/kminas/alwert.pdf>.
25. Hales, S., *Dimensions Knowledge and its Management*, pp.73 (2001). available at: www.insighting.co.uk/resources_articles.htm
26. Nonaka, I. "Dynamic theory of organizational knowledge creation", *Organization Science*, 1(5), pp. 14-53 (1994).
27. Elahi, S. and Rajabzade, A., *Expert Systems Intelligent Decision Making Model*, Tehran, Commerce Printing and Publishing Co, pp. 167 (2003).
28. Yazdanpanah, A.A. and Keshtiban Y., *Project Management Concepts and Principal*, Tehran, IMRE, pp. 19 (2007).
29. PMI. *PMBOK2003 Construction Extension*, PMI Pub, pp. 1-16 (2003).
30. Sadeghi, H. and Olamaee S.M. "Principles of construction management", Tehran, IHU Press, pp. 139-227 (2006).