



پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر - نرم افزار

استخراج خودکار نمودار کلاس ها از متن نیازمندی ها در زبان

فارسی

علی قیومی بیدهندی

استاد راهنما:

دکتر محمد هادی علایان

۱۴۰۳/۱۰/۱۵

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تأییدیه هیات داوران

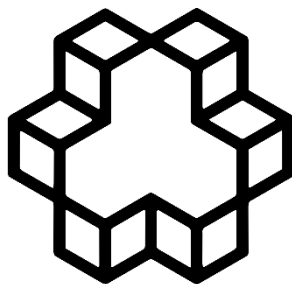
اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه/رساله خانم / آقای: [نام دانشجو]

را با عنوان: استخراج خودکار نمودار کلاس ها از متن نیازمندی ها در زبان فارسی

از نظر شکل و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می کنند.

| اعضای هیئت داوران | نام و نام خانوادگی | رتبه علمی | امضاء |
|-------------------|------------------------|-----------|-------|
| ۱- استاد راهنما | دکتر محمد هادی علائیان | استادیار | |
| ۲- استاد مشاور | | | |
| ۳- استاد مشاور | | | |
| ۴- استاد داور | | | |

| | | | |
|--|--|--|---------------------------|
| | | | ۵- استاد داور |
| | | | ۶- نماینده تحصیلات تکمیلی |



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اظہارنامہ دانشجو

اینجانب علی قیومی بیدھندی دانشجوی مقطع ارشد رشته مهندسی کامپیوتر گواهی می‌نمایم که مطالب ارائه شده در این پایان‌نامه/رساله با عنوان:

استخراج خودکار نمودار کلاس ها از متن نیازمندی ها در زبان فارسی

با راهنمایی استاد محترم دکتر محمدهادی علایان توسط شخص اینجانب انجام شده است. صحت و اصالت مطالب نوشته شده در این پایان‌نامه/رساله تأیید می‌شود و در تدوین متن پروژه قالب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ: ۱۴۰۳/۹/۲۷

حق طبع، نشر و مالکیت نتایج

- ۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه/رساله متعلق به نویسنده و استاد راهنمای آن است. هرگونه تصویربرداری از کل یا بخشی از پروژه تنها با موافقت نویسنده یا استاد راهنما یا کتابخانه دانشکده‌های مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز است.
- ۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است و بدون اجازه کتبی دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- ۳- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود پروژه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

تقدیم به:

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که بسیار برایم زحمت کشیده‌اند.

تشکر و قدردانی

از استاد راهنمای این پروژه، جناب دکتر علائیان به خاطر کمک‌هایشان در راستای پروژه سپاسگذارم.
از دوستان و همکاران گرامی آقایان علی قنبری، رضا لیافت، محمد حبیب‌اله‌زاده، محمدرضا کمالی و آرش
ساعتچی که در تهیه نمودارها همراهی کردند کمال تشکر را دارم و برای ایشان آرزوی موفقیت می‌کنم.

چکیده

هدف این پژوهش ارائه روشی برای استخراج خودکار نمودار کلاس از متن نیازمندی فارسی است. مهندسی نیازمندی‌های نرم‌افزار و تحلیل نیازمندی‌ها نخستین مرحله در توسعه یک نرم‌افزار است و تأثیر زیادی در مراحل بعدی و نتیجه‌ی نهایی دارد. از جمله کارهایی که در مهندسی نیازمندی‌ها انجام می‌گیرد مدل‌سازی نیازمندی به شکل نمودارهای مختلف است. نیازمندی‌ها به زبان طبیعی نوشته می‌شوند و این باعث می‌شود فرایند تبدیل آن‌ها به نمودار سخت و زمان‌بر باشد؛ تا کنون پژوهش‌هایی با استفاده از روش‌های مختلف قانون‌محور برای این زمینه صورت گرفته است؛ این پژوهش‌ها به ساختار زبان وابسته هستند و تاکنون پژوهشی در زبان فارسی صورت نگرفته است. به همین دلیل ارائه یک روش برای تبدیل نیازمندی فارسی مورد نیاز است. در این پژوهش ابزاری با استفاده از پردازش زبان طبیعی و قوانین دستوری و تطبیقی برای استخراج خودکار نمودار کلاس از متن نیازمندی فارسی توسعه‌یافته است. این پژوهش با وجود محدودیت‌های زبانی با استفاده از مجموعه‌داده‌ای شامل بیست نیازمندی دقت ۸۵ و بازیابی ۸۱ را به دست می‌دهد و در مقایسه با Chat GPT ۱۰ درصد در دقت و ۳۰ درصد در بازیابی بهتر است.

کلید واژه: مهندسی نیازمندی، مدل‌سازی نیازمندی، پردازش زبان طبیعی، نمودار کلاس، UML

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|---------|------------------------------------|
| ۵ | تأییدیه هیات داوران..... |
| و | فهرست شکل‌ها..... |
| ط | فهرست جدول‌ها..... |
| | فصل ۱- مقدمه ۱ |
| ۱-۱-۱ | پیشگفتار..... |
| ۱-۲-۱ | بیان مسئله..... |
| ۱-۳-۱ | هدف پژوهش..... |
| ۱-۴-۱ | نوآوری پژوهش..... |
| ۱-۵-۱ | محدودیت‌های پژوهش..... |
| ۱-۶-۱ | ساختار گزارش..... |
| ۵ | فصل ۲- مفاهیم اولیه..... |
| ۱-۲-۱ | مقدمه..... |
| ۲-۲-۱ | نیازمندی نرم‌افزار..... |
| ۳-۲-۱ | مهندسی نیازمندی‌های نرم‌افزار..... |
| ۱-۳-۲-۱ | مشخص‌سازی نیازمندی‌ها..... |
| ۴-۲-۱ | زبان مدل‌سازی یک‌پارچه..... |
| ۱-۴-۲-۱ | نمودار کلاس..... |
| ۵-۲-۱ | پردازش زبان طبیعی..... |
| ۱-۵-۲-۱ | سطوح پردازش زبان طبیعی..... |

۲-۵-۲- ابزارهای پردازش زبان طبیعی..... ۲۱

۲-۵-۳- پردازش زبان فارسی..... ۲۱

فصل ۳- مرور کارهای پیشین..... ۲۵

۱-۳- مقدمه ۲۵

۲-۳- نوع و زبان نیازمندی ورودی..... ۲۵

۳-۳- روش ها ۲۶

۴-۳- مجموعه داده ۳۰

۵-۳- ارزیابی ۳۱

۶-۳- نتیجه گیری کارهای پیشین ۳۳

فصل ۴- روش پیشنهادی..... ۴۱

۱-۴- مقدمه ۴۱

۲-۴- پردازش زبان طبیعی ۴۲

۳-۴- استخراج اجزای نمودار ۴۳

۱-۳-۴- استخراج کلاس ها..... ۴۵

۲-۳-۴- استخراج ویژگی های کلاس ها..... ۴۵

۴-۳-۳- استخراج روابط پایه..... ۴۶

۴-۳-۴- استخراج روابط بین کلاس ها..... ۴۷

۵-۳-۴- استخراج عملیات های کلاس ها..... ۵۰

۶-۳-۴- پردازش نهایی..... ۵۰

۷-۳-۴- جمع بندی قوانین..... ۵۱

۴-۴- رابط کاربری ۵۴

فصل ۵- ارزیابی روش پیشنهادی..... ۵۷

| | | |
|---------|----------------------------------|-------|
| ۵۷..... | مقدمه | ۱-۵ |
| ۵۷..... | مجموعه داده | ۲-۵ |
| ۶۱..... | روش ارزیابی | ۳-۵ |
| ۶۲..... | مورد آزمایشی | ۴-۵ |
| ۶۸..... | نتایج ارزیابی | ۵-۵ |
| ۷۴..... | مقایسه با Chat GPT | ۱-۵-۵ |
| ۷۹..... | نتیجه گیری و جمع بندی | ۶-۵ |
| ۸۱..... | نتیجه گیری و کارهای آینده | ۶ |
| ۸۱..... | جمع بندی | ۱-۶ |
| ۸۲..... | دستاوردها | ۲-۶ |
| ۸۲..... | کارهای آینده | ۳-۶ |
| ۸۵..... | پیوست ا- واژه نامه فارسی-انگلیسی | |
| ۸۹..... | پیوست ب- واژه نامه انگلیسی-فارسی | |
| ۹۴..... | فهرست مرجع ها | |

فهرست شکل ها

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ۱۱ | شکل ۱-۲ یک نمونه تعریف کلاس در نمودار کلاس..... |
| ۱۲ | شکل ۲-۲ یک نمونه از رابطه انجمنی..... |
| ۱۳ | شکل ۳-۲ یک نمونه از رابطه تعمیم..... |
| ۱۳ | شکل ۴-۲ یک نمونه از رابطه تجميع..... |
| ۱۴ | شکل ۵-۲ یک نمونه از رابطه ترکیب..... |
| ۱۴ | شکل ۶-۲ یک نمونه از رابطه وابستگی..... |
| ۱۵ | شکل ۷-۲ یک نمونه از رابطه تحقق..... |
| ۱۹ | شکل ۸-۲ نمونه‌ای از تجزیه‌ی وابستگی به زبان انگلیسی..... |
| ۱۹ | شکل ۹-۲ نمونه‌ای از تجزیه‌ی وابستگی به زبان فارسی..... |
| ۲۶ | شکل ۱-۳ روند کلی روش‌های استخراج نمودار از متن نیازمندی..... |
| ۲۸ | شکل ۲-۳ یک نمونه از کاربرد قوانین تبدیل استاندارد..... |
| ۴۱ | شکل ۱-۴ روند کلی..... |
| ۴۳ | شکل ۲-۴ ترتیب و دسته‌بندی قوانین..... |
| ۵۵ | شکل ۳-۴ نوشتار نمودار کلاس MERMAID و نمودار متناظر..... |
| ۵۵ | شکل ۴-۴ نمای صفحه‌ی ورودی رابط کاربری..... |
| ۵۶ | شکل ۵-۴ نمای صفحه نمودار رابط کاربری..... |
| ۶۷ | شکل ۱-۵ خروجی روش برای نیازمندی گروه موسیقی..... |
| ۶۸ | شکل ۲-۵ نمودار استاندارد برای نیازمندی گروه موسیقی..... |
| ۷۵ | شکل ۳-۵ یک نمونه از خروجی مدل GPT + MERMAID..... |
| ۷۶ | شکل ۴-۵ یک نمونه از خروجی مدل 40..... |
| ۷۷ | شکل ۵-۵ مقایسه دقت سه روش به ازای هر نیازمندی (بیشتر بهتر است)..... |
| ۷۷ | شکل ۶-۵ مقایسه بازیابی سه روش به ازای هر نیازمندی (بیشتر بهتر است)..... |
| ۷۸ | شکل ۷-۵ مقایسه بیش تشخیصی سه روش به ازای هر نیازمندی (کم‌تر بهتر است)..... |

شکل ۵-۸ مقایسه عملکرد هر روش با توجه به معیار کلاس (الف)، ویژگی (ب)، عملیات (ج) و روابط (د)..... ۷۹

فهرست جدول‌ها

| عنوان | صفحه |
|---|------|
| جدول ۱-۲ نماها و نمودارهای UML..... | ۱۰ |
| جدول ۲-۲ چند نمونه از برچسب‌های POS..... | ۱۸ |
| جدول ۱-۳ خلاصه کارهای پیشین مورد مطالعه..... | ۳۴ |
| جدول ۱-۴ جمع‌بندی قوانین استخراج اجزای نمودار..... | ۵۲ |
| جدول ۱-۵ مشخصات نیازمندی‌های مجموعه داده..... | ۵۸ |
| جدول ۲-۵ مشخصات نمودارهای مجموعه داده..... | ۵۹ |
| جدول ۳-۵ وزن به دست آمده برای هر معیار..... | ۶۲ |
| جدول ۴-۵ کلاس‌ها، ویژگی‌های و عملیات‌های اولیه در نیازمندی گروه موسیقی..... | ۶۳ |
| جدول ۵-۵ روابط استخراج شده در نیازمندی گروه موسیقی..... | ۶۶ |
| جدول ۵-۶ جزئیات مقادیر به دست آمده برای هر معیار..... | ۶۸ |
| جدول ۵-۷ دقت، بازیابی و بیش‌تخصیصی به دست آمده برای هر معیار..... | ۷۰ |
| جدول ۵-۸ میانگین عملکرد با استفاده از میانگین معمولی و AHP..... | ۷۲ |

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

این پژوهش ابزاری برای استخراج خودکار نمودار کلاس از متن نیازمندی نوشته شده در زبان فارسی را تشریح می‌کند. در چرخه‌ی توسعه نرم‌افزار^۱، نخستین گام فرایند مهندسی نیازمندی‌های نرم‌افزار است. مهندسی نیازمندی نرم‌افزار شامل فعالیت‌هایی برای جمع‌آوری، تحلیل، مستندسازی، تأیید و مدیریت نیازمندی‌ها با ارتباط با کاربران و ذی‌نفعان^۲ است. این فرایندها گام آغازین و بنیادین فرایند توسعه محسوب می‌شوند. انجام درست این فرایند موجب توصیف درست سیستم و خدماتی است که باید ارائه شوند و از بروز خطا در مراحل بعدی جلوگیری می‌کند. در مقابل مهندسی نادرست و ضعیف نیازمندی‌ها موجب بروز خطاهای مختلف در مراحل بعدی، تعارض دیدگاه‌ها، تأخیر در زمان و مشکلاتی از این قبیل می‌شود. این مشکلات ممکن است در نهایت باعث شکست پروژه‌ی نرم‌افزاری شوند؛ به همین خاطر مهندسی نیازمندی‌های نرم‌افزار اهمیت بسیاری دارد. در مهندسی نیازمندی‌های نرم‌افزار، نیازمندی‌ها مستند می‌شوند تا در آینده بتوان به آن‌ها ارجاع داد و از بروز اختلافات جلوگیری کرد؛ هم‌چنین مستندسازی نیازمندی‌ها به روشن‌تر شدن آن‌ها کمک می‌کند. از جمله فرایندهایی که در مستندسازی نیازمندی‌ها انجام می‌شود، مدل‌سازی یا صورت‌بندی نیازمندی‌ها^۳ به صورت مدل‌های مفهومی و نمودارهای مختلف است. صورت‌بندی نیازمندی‌ها به این شکل

^۱ Software development lifecycle (SDLC)

^۲ Stakeholder

^۳ Requirement formalization

به درک بهتر نیازمندی ها کمک می کند. این کار بخش های مختلف سیستم و ارتباط آن ها را مشخص می کند و تحلیل بهتر نیازمندی ها را ممکن می سازد. همچنین گاهی از نمودارهای تولید شده در این بخش می توان به طور مستقیم در مراحل بعدی استفاده نمود؛ به عنوان مثال نمودار کلاس زبان مدل سازی یک پارچه^۱ با توسعه شیء گرا^۲ سازگار است و می تواند در فرایند پیاده سازی نرم افزار مورد استفاده قرار گیرد.

فرایند تبدیل نیازمندی ها به نرم افزار فرایندی زمان گیر و دشوار است و ارائه ی یک ابزار برای تبدیل خودکار نیازمندی به نمودار می تواند بسیار راهگشا باشد. بدین منظور ما ابزاری با استفاده از پردازش زبان طبیعی و تعریف قوانین دستوری و تطبیقی همراه با رابط کاربری توسعه دادیم که متن نیازمندی به زبان فارسی را دریافت می کند و نمودار کلاس را خروجی می دهد.

۱-۲- بیان مسئله

مدل سازی نیازمندی می تواند در مراحل مختلف مستندسازی نیازمندی ها صورت پذیرد. انجام این کار در مراحل اولیه با استفاده از نیازمندی های کاربر و ذی نفعان در روشن شدن بیش تر نیازمندی ها مؤثر است و فرایندهای بعدی را آسان تر می سازد. روش های مختلفی برای مدل سازی نیازمندی ها و بیان آن ها به شکل نمودار وجود دارد که رایج ترین آن ها نمودارهای UML و به طور ویژه نمودار کلاس هستند.

تحلیلگران سیستم پس از تعریف نیازمندی های کاربر به صورت دستی به مدل سازی آن ها می پردازند. این کار فرایندی وقت گیر و نیازمند دقت است و به طور عمده به مهارت و تشخیص فرد تحلیل گر وابسته است. علاوه بر این، نیازمندی ها به زبان طبیعی نوشته می شوند و زبان طبیعی ذاتاً دارای پیچیدگی و ابهام است و این فرایند تبدیل متن نیازمندی به نمودار را بسیار مشکل و خطا خیز می کند. با توجه به این موارد ارائه ی یک روش با استفاده از پردازش زبان طبیعی^۳ برای تبدیل خودکار نیازمندی ها به نمودار می تواند در این زمینه کمک کننده باشد و باعث صرفه جویی در وقت و کاهش خطا شود.

^۱ Unified modeling language (UML)

^۲ Object-oriented (OO)

^۳ Natural language processing (NLP)

تا کنون پژوهش‌های مختلفی به این منظور صورت گرفته‌است. اکثر این پژوهش‌ها نیازمندی‌های نوشته شده به زبان انگلیسی را مورد بررسی قرار داده‌اند و تا کنون پژوهشی برای تبدیل متن فارسی صورت نگرفته است. با توجه به این که روش‌های ارائه شده به ساختار زبان وابسته‌اند و ساختار زبان فارسی با زبان انگلیسی متفاوت است؛ نیاز به روشی برای تبدیل خودکار متن نیازمندی فارسی به نمودار احساس می‌شود.

۱-۳-هدف پژوهش

ارائه‌ی یک ابزار برای مدل‌سازی خودکار از متن نیازمندی به زبان فارسی مورد نیاز است و می‌تواند از اتلاف وقت و بروز خطا جلوگیری کند. همچنین نمودار کلاس UML یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای مدل‌سازی نیازمندی‌ها و نمایش آن‌ها به صورت نمودار است. هدف این پژوهش ارائه‌ی ابزاری است که متن نیازمندی به زبان فارسی را دریافت کند و نمودار کلاس متناظر را خروجی دهد.

۱-۴-نوآوری پژوهش

در این پژوهش نوآوری‌های زیر به دست می‌آید:

۱. استخراج نمودار کلاس از متن نیازمندی فارسی با استفاده از پردازش زبان طبیعی و قوانین تطبیقی و دستوری

۲. دسته‌بندی قوانین و قواعد تولید نمودار کلاس

۳. تهیه مجموعه داده‌ای از متن نیازمندی فارسی و نمودار کلاس متناظر

۱-۵-محدودیت‌های پژوهش

در این پژوهش برای پیش‌پردازش داده‌ها مجبور به استفاده از ابزارهای موجود به زبان فارسی بوده‌ایم که متأسفانه تعداد موارد در دسترس زیاد نیست و کیفیت ابزارها از نمونه‌های مشابه برای زبان‌های دیگر کمتر

است. این محدودیت در نهایت در نتایج به دست آمده تأثیر گذار است. هم‌چنین به علت نبود مجموعه داده مشابه و عدم وجود نمودار استاندارد در منابع موجود، برای تهیه نمودارهای مجموعه داده مجبور به جمع‌بندی از نظرات شش نفر از کارشناسان این حوزه بوده‌ایم؛ هرچند به تخصص و دانش این افراد باور داریم و میان نظرات جمع‌بندی کرده‌ایم ولیکن در نهایت نتیجه‌ی نهایی وابسته به قضاوت و دانش این افراد خواهد بود.

۱-۶- ساختار گزارش

در این فصل در اهمیت و هدف و شرح مسئله مقدمه‌ای گفتیم. در فصل دوم به بیان مفاهیم اولیه‌ی مورد نیاز می‌پردازیم. در فصل سوم کارهای پیشین را مرور می‌کنیم. در فصل چهارم روش پیشنهادی خود را توضیح می‌دهیم و در فصل پنجم این روش را ارزیابی می‌کنیم. در نهایت در فصل ششم به نتیجه گیری و کارهای آتی می‌پردازیم.

فصل ۲- مفاهیم اولیه

۲-۱- مقدمه

در این بخش به تعاریف و مفاهیم مورد نیاز در این پژوهش خواهیم پرداخت که در ادامه مورد نیاز هستند. ابتدا بیان خواهیم کرد که منظور از نیازمندی نرم افزار چیست. در ادامه فرایند مهندسی نیازمندی ها و مراحل آن نظیر مستندسازی و مدل سازی را توضیح می دهیم؛ سپس ساختار زبان مدل سازی یک پارچه را که ارتباط مستقیم با هدف این پژوهش دارد، توضیح می دهیم و در آخر مفاهیم مورد نیاز در پردازش زبان طبیعی را بیان خواهیم کرد.

۲-۲- نیازمندی نرم افزار

با این که مدت زیادی از رایج شدن کامپیوتر و نرم افزار می گذارد، هنوز در بین متخصصین و صاحب نظران حوزه نرم افزار در مورد این که تعریف نیازمندی دقیقاً چیست بحث وجود دارد. برایان لارنس^۱ یک نیازمندی را این گونه تعریف می کند: «هر چیزی است که انتخاب های طراحی را هدایت کند». این تعریف انواع مختلفی از اطلاعات را در بر می گیرد و با توجه به این که، هدف اصلی توسعه نیازمندی ها، انتخاب طراحی مناسب برای برآورده کردن نیازهای مشتری است، یک تعریف محاوره ای خوب است. تعریف دیگر این است که

^۱ Brian Lawrence

نیازمندی خاصیتی است که یک محصول باید داشته باشد تا برای ذی‌نفعان ارزش ایجاد کند. این تعریف نیز تعریف خوبی است ولی خیلی دقیق نیست. بهترین تعریف را سامرویل^۱ و پیت ساویر^۲ ارائه داده‌اند:

«نیازمندی‌ها، مشخصاتی هستند که باید اجرا شوند. آن‌ها توصیفی از رفتار سیستم و یا ویژگی‌ها آن

هستند. آن‌ها ممکن است محدودیتی در روند توسعه سیستم باشند»

نیازمندی‌ها هم شامل دیدگاه کاربر از رفتار بیرونی سیستم و هم شامل دیدگاه توسعه‌دهنده درباره‌ی برخی از ویژگی‌ها درونی است. نیازمندی‌ها بیانگر رفتار سیستم تحت شرایط خاص و ویژگی‌هایی است که در نهایت سیستم را برای کاربران مناسب و رضایت بخش می‌کند. نیازمندی‌های نرم‌افزار را می‌توان در سطوح مختلفی قرار داد که مهم‌ترین آن‌ها نیازمندی‌های کسب‌وکار، نیازمندی‌های کاربر، نیازمندی‌های کارکردی^۳ و نیازمندی‌های غیرکارکردی^۴ هستند.

نیازمندی‌های کسب‌وکار هدف کسب‌وکار از توسعه نرم‌افزار را بیان می‌کنند و در اسناد بالادستی مستند می‌شوند. نیازمندی‌های کاربر و یا نیازمندی‌های ذی‌نفعان بیان‌گر کارهایی است که کاربر باید بتواند با محصول انجام دهد تا تولید ارزش نماید. همچنین نیازمندی‌ها کاربر شامل ویژگی‌هایی می‌شود که برای رضایت کاربر مهم است. نیازمندی‌های کاربر نیازمندی‌های کارکردی و غیر کارکردی را مشخص می‌کنند.

نیازمندی کارکردی بیانگر رفتارهایی هستند که محصول باید تحت شرایط خاص انجام دهد. در واقع بیان می‌کنند که توسعه‌دهنده باید چه چیزی را پیاده‌سازی کند تا کاربر بتواند کارها خود را انجام دهد. (نیازمندی‌های کاربر محقق شود). در مقابل نیازمندی‌های غیرکارکردی رفتار سیستم را بیان نمی‌کنند ولی بیانگر ویژگی‌هایی است که محصول باید داشته باشد و از دید کاربر، توسعه‌دهنده، نگهدارنده و دیگر افراد درگیر مهم است. این ویژگی‌ها شامل ویژگی‌هایی مانند کارایی، امنیت، در دسترس بودن و غیره است [۱].

¹ Ian Sommerville

² Pete Sawyer

³ Functional requirements

⁴ Nonfunctional requirements

۲-۳- مهندسی نیازمندی‌های نرم‌افزار

مهندسی نیازمندی‌های نرم‌افزار یک رشته اساسی در توسعه نرم‌افزار است که به طور عمده با تعیین اهداف، عملکردها، و محدودیت‌های سیستم‌های نرم‌افزاری سروکار دارد. در اصل، مهندسی نیازمندی‌ها شامل درک و مستندسازی آنچه که یک سیستم نرم‌افزاری باید انجام دهد و همچنین محدودیت‌هایی که باید تحت آن عمل کند، است. این فرآیند برای اطمینان از اینکه محصول نرم‌افزاری نهایی نیازها و انتظارات کاربران و ذی‌نفعان را برآورده می‌کند، حیاتی است. بدون فرایند مهندسی نیازمندی‌های دقیق و جامع، پروژه‌های نرم‌افزاری ممکن است با مشکلاتی از قبیل تأخیر در زمان‌بندی، افزایش هزینه‌ها و حتی شکست مواجه شوند. همچنین، این فرایند کمک می‌کند تا تیم توسعه و ذی‌نفعان بر روی هدف نهایی پروژه تمرکز کنند و اطمینان حاصل کنند که نتایج نهایی منطبق با انتظارات و استانداردهای مورد نظر است. بنابراین، مهندسی نیازمندی‌ها نه تنها به افزایش کیفیت نهایی محصول کمک می‌کند بلکه نقش کلیدی در بهینه‌سازی فرآیندهای توسعه و کاهش ریسک‌های پروژه دارد.

مهندسی نرم‌افزار شامل مراحل استخراج نیازمندی‌ها، تحلیل نیازمندی‌ها، مشخص‌سازی نیازمندی‌ها^۱، تأیید نیازمندی‌ها^۲ و مدیریت نیازمندی‌ها است. در این میان مرحله مشخص‌سازی نیازمندی‌ها برای ما اهمیت دارد.

۲-۳-۱- مشخص‌سازی نیازمندی‌ها

مشخص‌سازی نیازمندی‌ها، که گاهی به عنوان مستندسازی نیازمندی‌ها^۳ نیز شناخته می‌شود، یک مرحله کلیدی در مهندسی نیازمندی‌های نرم‌افزار است. در این مرحله، نیازمندی‌های جمع‌آوری شده و به صورت مستند و سازمان‌یافته در سند مشخصات نیازمندی‌های نرم‌افزار^۴ ثبت می‌شوند. این سند باید دقیق، واضح و

^۱ Requirements specification

^۲ Requirements validation

^۳ Requirements documentation

^۴ Software Requirement Specification (SRS)

قابل فهم برای تمامی ذی‌نفعان باشد. هدف از این مرحله، ایجاد یک درک مشترک و یکسان از نیازمندی‌ها بین تمامی اعضای تیم توسعه و ذی‌نفعان است تا از این طریق اطمینان حاصل شود که تمامی جنبه‌های سیستم به درستی درک و برنامه‌ریزی شده‌اند. این کار همچنین به جلوگیری از سوء تفاهم‌ها و اشتباهات در مراحل بعدی پروژه کمک شایانی می‌کند.

ساختار سند می‌تواند در پروژه‌های مختلف متفاوت باشد؛ شامل بخش‌های مختلفی باشد و یا تنها نیازمندی‌های نرم‌افزار به زبان طبیعی نوشته شده باشد. همچنین مستندسازی نیازمندی‌ها در پروژه‌های مختلف در سطوح متفاوتی انجام می‌گیرد و از روش‌های مختلفی برای بیان نیازمندی‌ها استفاده می‌گردد؛ به عنوان مثال در توسعه چابک^۱ معمولاً نیازمندی‌های کاربر به صورت داستان کاربر^۲ بیان می‌شود [۱].

علاوه بر نوشتن نیازمندی‌ها در این مرحله معمولاً نیازمندی‌ها مدل‌سازی می‌شوند و به شکل نمودارهای مختلف به نمایش در می‌آیند. مدل‌سازی کمک می‌کند بخش‌های مختلف نرم‌افزار و شیوه تعامل آن‌ها با یک دیگر روشن شود. رایج‌ترین شیوه مدل‌سازی در این مرحله مدل‌سازی با استفاده از نمودارهای زبان مدل‌سازی یک پارچه است که هدف این پژوهش است.

۲-۴- زبان مدل‌سازی یک پارچه

UML یک زبان مدل‌سازی بصری همه‌منظوره است که برای مشخص کردن، ساخت و مستندسازی مصنوعات یک سیستم نرم‌افزاری استفاده می‌شود. UML به درک، طراحی، مرور، پی‌کربندی و مدیریت اطلاعات سیستم‌ها کمک می‌کند. این زبان از تمامی روش‌های توسعه، مراحل چرخه عمر، حوزه‌های کاربردی و رسانه‌ها پشتیبانی می‌کند و به منظور استانداردسازی تکنیک‌های مدل‌سازی و ادغام بهترین شیوه‌های نرم‌افزاری این حوزه استفاده می‌شود. UML شامل مفاهیم معنایی، روش‌های نشانه‌گذاری^۳ و دستورالعمل‌ها است. UML

^۱ Agile

^۲ User story

^۳ Notations

جنبه‌های مختلف سیستم‌ها شامل اجزای ایستا^۱، پویا^۲، محیطی^۳ و سازمانی^۴ را پوشش می‌دهد. اگرچه UML فرآیند توسعه خاصی را تعریف نمی‌کند، اما با فرآیندهای توسعه تکراری^۵ و توسعه شیء‌گرا سازگار است [۲].

مفاهیم موجود در UML به سادگی قابل جداسازی نیستند ولی برای راحتی می‌توانیم آن‌ها را به چندین نما^۶ تقسیم کنیم. یک نما زیرمجموعه‌ای از اجزای UML است که یک جنبه از سیستم را بیان می‌کند. برای هر نما یک یا دو نمودار برای نمایش بصری مفاهیم مورد بحث وجود دارد. نماها را می‌توان در سه حوزه‌ی دسته‌بندی ساختاری^۷، رفتار پویا^۸ و مدیریت مدل^۹ قرار داد [۲].

دسته‌بندی ساختاری اشیای درون سیستم و ارتباط بین آن‌ها را بیان می‌کند. سه نمای ایستا، مورد کاربرد^{۱۰} و پیاده‌سازی^{۱۱} در این حوزه قرار می‌گیرند.

حوزه رفتار پویا، رفتار سیستم در طول زمان را نشان می‌دهد و حوزه‌ی مدیریت مدل سازمان‌دهی مدل در مراتب مختلف را بیان می‌کند. دسته‌بندی نماها و نمودارهای مرتبط با هریک در جدول ۲-۱ قابل مشاهده است.

از آن جایی که موضوع ما تنها مرتبط با نمودار کلاس است؛ در ادامه تنها مختصراً درباره این نمودار و مفاهیم مربوطه حرف می‌زنیم.

¹ Static

² Dynamic

³ Environmental

⁴ Organizational

⁵ Iterative programming process

⁶ View

⁷ Structural classification

⁸ Dynamic behavior

⁹ Model management

¹⁰ Use case

¹¹ Implementation

۲-۴-۱-نمودار کلاس

نمای ایستا از مفاهیمی تشکیل می شود که در دامنه ی سیستم معنا دارند؛ شامل مفاهیم جهان بیرون، مفاهیم انتزاعی^۱، مفاهیم پیاده سازی، مفاهیم کامپیوتری و تمامی مفاهیمی که در سیستم یافت می شوند. مهم ترین جزء این نما کلاس ها و روابط بین آن ها هستند.

جدول ۲-۱ نماها و نمودارهای UML

| حوزه | نما | نمودارها |
|------------|------------------------------|-----------------------------|
| ساختاری | نمای ایستا | نمودار کلاس |
| | نمای مورد کاربرد | نمودار مورد کاربرد |
| | نمای پیاده‌سازی | نمودار مؤلفه ^۲ |
| | | نمودار استقرار ^۳ |
| پویا | نمای ماشین حالت ^۴ | نمودار حالت ^۵ |
| | نمای فعالیت ^۶ | نمودار فعالیت |
| | نمای تعامل ^۷ | نمودار توالی ^۸ |
| | | نمودار همکاری ^۹ |
| مدیریت مدل | نمای مدیریت مدل | نمودار کلاس |

^۱ Abstract^۲ Component^۳ Deployment^۴ State machine^۵ State^۶ Activity^۷ Interaction^۸ Sequence^۹ Collaboration