



دانشگاه خوارزمی  
دانشکده فنی و مهندسی  
گروه مهندسی کامپیوتر

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد " M.Sc. "  
رشته هوش مصنوعی

عنوان

تخمین قابلیت اطمینان نرم افزار با استفاده از عدم قطعیت

استاد راهنما

دکتر منوچهر کلارستانی

دانشجو

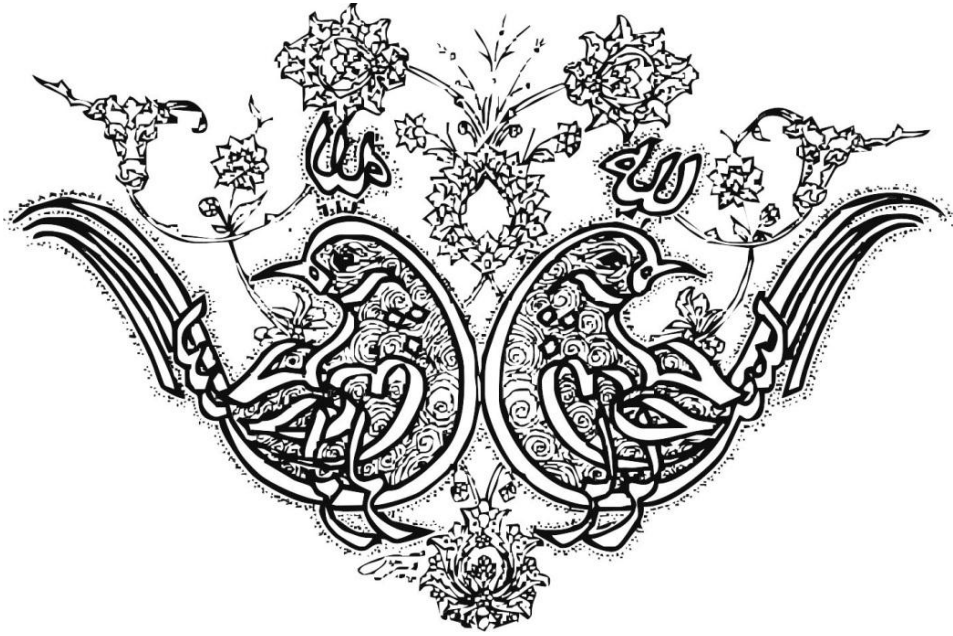
سیده زهرا هاشمی

۸۸۳۸۲۲۶۰۸

۱۳۹۱ بهمن



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





دانشگاه خوارزمی  
دانشکده فنی و مهندسی  
گروه مهندسی کامپیوتر

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد " M.Sc. "  
رشته هوش مصنوعی

عنوان

تخمین قابلیت اطمینان نرم افزار با استفاده از عدم قطعیت

استاد راهنما

دکتر منوچهر کلارستاقی

استاد مشاور

دکتر میر محسن پدرام

دانشجو

سیده زهرا هاشمی

۸۸۳۸۲۲۶۰۸

۱۳۹۱ بهمن

تقدیم:

مادر صبورم

که سجده ی ایثارش گل محبت را در وجودم پروراند و

دامان گهربارش لحظه های مهربانی را به من آموخت.

# تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. شکر خدا، که هر چه طلب کردم از خدا بر منتهای همت خود کامران شدم.

## از جناب آقای دکتر کلارستانی

استاد بزرگوار و شایسته، که در کمال سعه صدر و با حسن خلق از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پژوهش را بر عهده گرفتند.

## از جناب آقای دکتر پیرام

استاد صبور و گرمی که زحمت مشاوره این پژوهش را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید.

و از اساتید فرزانه و دلسوز؛ که در سایه دانش و بینش شان بسیار آموختیم، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

## چکیده

به علت پیچیدگی و حساسیت نرم افزار، به چند پارامتر در نرم افزار توجه ویژه ای می شود که یکی از این موارد کیفیت نرم افزار می باشد، قابلیت اطمینان نرم افزار بعنوان یکی از زیر مجموعه های کیفیت نرم افزار می باشد، در کیفیت نرم افزار، قابلیت اطمینان نرم افزار از جایگاه ویژه و اهمیت خاصی برخوردار است بدون تردید، قابلیت اطمینان یک نرم افزار کامپیوتری، عنصر مهمی از کیفیت کلی به شمار می رود. اگر برنامه ای به کرات از اجرا باز بماند، عوامل کیفی دیگر نرم افزار، اهمیت خود را از دست می دهند. بنابراین ارزیابی زود هنگام قابلیت اطمینان یک برنامه در چرخه حیات، که اطلاعات معماری، تست و قابلیت اطمینان مولفه هایش می باشند، ضروری است. در این پژوهش روشی برای ارزیابی قابلیت اطمینان نرم افزار با استفاده از تئوری شواهد (دمپستر- شافر) برای کاهش عدم قطعیت در قابلیت اطمینان نرم افزار و نزدیکتر شدن به عملکرد واقعی نرم افزار ارائه خواهد شد. بطور کلی تئوری دمپستر- شافر بر روی فرضیه نقص نسبت به بخشی از شواهد (شکست ها) که جزئی از یک سیستم هستند عمل می کند.

در این تحقیق با استفاده از تئوری شواهد سعی شده که عدم قطعیت را کاهش و همراه با کاهش عدم قطعیت به افزایش قابلیت اطمینان نرم افزار برسیم. که این امر جز با تشخیص دقیقتر زمان وقوع خطا امکان پذیر نیست. پس از انجام محاسبات و محاسبه جرم هر یک از خطاها و میزان باور و امکان ،اگر خطا ها دارای عدم قطعیت بیشتر و باور کمتر باشند نتیجه می گیریم که احتمال رخ دادن آن بسیار ناچیز خواهد بود و افزایش تابع امکان و نزدیک شدن به تابع باور و افزایش تابع باور و کاهش امکان باعث کاهش عدم قطعیت و کاهش شکست نرم افزار و افزایش قابلیت اطمینان نرم افزار می گردد . با استفاده از این خطا ها و تبدیل خطا از جرم به احتمال به محاسبه قابلیت اطمینان می پردازیم.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول - کلیات تحقیق

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| ۱-۱ مقدمه                           | ۲ |
| ۲-۱ تعریف مساله و سوالات اصلی تحقیق | ۳ |
| ۳-۱ فرضیه ها                        | ۳ |
| ۴-۱ موضوع و اهداف تحقیق             | ۴ |
| ۵-۱ روش تحقیق                       | ۴ |
| ۶-۱ جنبه های نوآوری                 | ۴ |
| ۷-۱ مراحل انجام تحقیق               | ۴ |
| ۸-۱ ساختار پایان نامه               | ۵ |

### فصل دوم - ادبیات تحقیق

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| ۱-۲ مقدمه                                            | ۸  |
| ۲-۲ مفاهیم قابلیت اطمینان                            | ۸  |
| ۳-۲ تعریف قابلیت اطمینان                             | ۸  |
| ۴-۲ مدل های قابلیت اطمینان نرم افزار                 | ۹  |
| ۵-۲ طبقه بندی مدل های قابلیت اطمینان نرم افزار       | ۱۰ |
| ۶-۲ انواع مدل های رشد یافته قابلیت اطمینان نرم افزار | ۱۰ |
| ۱-۶-۲ مدل های رشد قابلیت اطمینان نرم افزار NHPP      | ۱۴ |
| ۷-۲ مدل های از قابلیت اطمینان                        | ۲۰ |
| ۱-۷-۲ مدل های کلاس زمان خرابی نمایی                  | ۲۰ |
| ۱-۱-۷-۲ مدل Jelinski- Morade de-eutrophication       | ۲۱ |
| ۲-۱-۷-۲ مدل فرایند ناهمگن پواسن (NHPP)               | ۲۲ |



|    |                                                                      |
|----|----------------------------------------------------------------------|
| ۲۲ | ..... مدل بهبود یافته (ENHPP) NHPP ۱-۲-۱-۷-۲                         |
| ۲۳ | ..... Schneidewind مدل ۳-۱-۷-۲                                       |
| ۲۴ | ..... مدل زمان اجرای پایه موسی ۴-۱-۷-۲                               |
| ۲۵ | ..... Hyper exponential مدل ۵-۱-۷-۲                                  |
| ۲۵ | ..... مدل‌های کلاس زمان خرابی ویویبل و گاما ۲-۷-۲                    |
| ۲۶ | ..... مدل وایبال ۱-۲-۷-۲                                             |
| ۲۶ | ..... مدل رشد قابلیت اطمینان S - شکل ۲-۲-۷-۲                         |
| ۲۷ | ..... مدل‌های گروه خرابی نامحدود ۳-۷-۲                               |
| ۲۷ | ..... Duane مدل ۱-۳-۷-۲                                              |
| ۲۸ | ..... مدل هندسی ۲-۳-۷-۲                                              |
| ۲۸ | ..... مدل لگاریتمیک پواسن موسی-اوکومتو ۳-۳-۷-۲                       |
| ۲۹ | ..... پیشگویی قابلیت اطمینان نرم افزار در فازهای اولیه چرخه حیات ۸-۲ |
| ۲۹ | ..... phase-based مدل ۱-۸-۲                                          |
| ۳۱ | ..... مدل‌های قابلیت اطمینان بیزین ۹-۲                               |
| ۳۲ | ..... Littlewood-Verall مدل رشد قابلیت اطمینان ۱-۹-۲                 |
| ۳۳ | ..... فرضیات و نیازهای داده ای ۱-۱-۹-۲                               |
| ۳۴ | ..... شکل مدل ۲-۱-۹-۲                                                |
| ۳۵ | ..... تخمین مدل و پیشگویی قابلیت اطمینان ۳-۱-۹-۲                     |
| ۳۶ | ..... توضیحات ۴-۱-۹-۲                                                |
| ۳۷ | ..... مفهوم و اهمیت آن ۱۰-۲                                          |
| ۴۰ | ..... اطلاعات مبتنی بر عدم قطعیت ۱-۱۰-۲                              |
| ۴۱ | ..... تئوری اطلاعات کلی و تعمیم یافته ۲-۱۰-۲                         |
| ۴۳ | ..... عدم قطعیت های علمی ۳-۱۰-۲                                      |
| ۴۴ | ..... برنامه ریزی و برخورد با مسأله عدم قطعیت ۱۱-۲                   |
| ۴۵ | ..... دسته بندی عدم قطعیت ها در مهندسی ۱۲-۲                          |

- ۴۵.....۱-۱۲-۲ عدم قطعیت های ذاتی (تصادف).....
- ۴۶.....۲-۱۲-۲ عدم قطعیت در مدل.....
- ۴۷.....۳-۱۲-۲ عدم قطعیت آماری.....
- ۴۷.....۴-۱۲-۲ عدم قطعیت در اندازه گیری.....
- ۴۸.....۵-۱۲-۲ خطاهای انسانی و تشکیلاتی.....
- ۴۹.....۱۳-۲ منابع عدم قطعیت.....
- ۴۹.....۱-۱۳-۲ طبیعت عدم قطعیت ها.....
- ۵۱.....۱۴-۲ تئوری شواهد.....
- ۵۱.....۱-۱۴-۲ نظریه شواهد (تئوری دمپستر-شافر).....
- ۵۴.....۱-۱-۱۴-۲ تابع جرم.....
- ۵۶.....۲-۱-۱۴-۲ تابع باور.....
- ۵۶.....۳-۱-۱۴-۲ تابع امکان.....
- ۵۸.....۱۵-۲ قانون ترکیب دمپستر.....
- ۶۰.....۱۶-۲ مروری اجمالی به چندی از تحقیقات و مطالعات انجام گرفته.....
- ۶۲.....۱۷-۲ جمع بندی مطالب فصل.....

### فصل سوم-روش پیشنهادی

- ۶۶.....۱-۳ مقدمه.....
- ۶۶.....۲-۳ گام اول الگوریتم انتخاب مدل.....
- ۷۰.....۳-۳ گام دوم محاسبه مقادیر مورد نیاز با استفاده از مدل.....
- ۷۰.....۴-۳ گام سوم تبدیل احتمال به جرم.....
- ۷۱.....۵-۳ گام چهارم محاسبه توابع باور و امکان.....
- ۷۴.....۶-۳ جمع بندی مطالب فصل.....

### فصل چهارم - ارزیابی نتایج بدست آمده با ارائه مثال

- ۷۷.....۱-۴ مقدمه.....

۷۸..... ۲-۴ انتخاب مدل.....

۸۵..... ۳-۴ ارائه مثال.....

۹۰..... ۴-۴ جمع بندی مطالب فصل.....

### فصل پنجم - جمع بندی و نتیجه گیری

۹۲..... ۱-۵ مقدمه.....

۹۲..... ۲-۵ مقایسه با کارهای مشابه.....

۹۴..... ۳-۵ مقایسه نتایج بدست آمده با اهداف.....

۹۵..... ۴-۵ معایب روش پیشنهادی.....

۹۵..... ۵-۵ کارهای آینده.....

۹۶..... فهرست منابع و مأخذ.....

## فهرست نمودار و شکل

| عنوان                                                                      | صفحه |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| نمودار ۱-۱ نمودار مراحل انجام تحقیق.....                                   | ۵    |
| شکل ۲-۱ طبقه بندی مدل های قابلیت اطمینان نرم افزار.....                    | ۱۱   |
| شکل ۲-۲ مدل رشد قابلیت اطمینان در دو کلاس معقر و S شکل.....                | ۱۲   |
| شکل ۲-۳ نمونه ای از تابع توزیع تجمعی و تابع چگالی احتمال.....              | ۱۹   |
| شکل ۲-۴ فرآیند De-eutrophication.....                                      | ۲۱   |
| شکل ۲-۵ تابع شدت خرابی مدل اجرای پایه موسی.....                            | ۲۴   |
| شکل ۲-۶ تابع نرخ خطر برای مدل وایبال.....                                  | ۲۶   |
| شکل ۲-۷ مدل هندسی تابع نرخ خطر.....                                        | ۲۸   |
| شکل ۲-۸ تابع شدت خرابی مدل پوآسن لگاریتمی.....                             | ۲۹   |
| شکل ۲-۹ بررسی اطلاعات بر اساس کاهش عدم قطعیت.....                          | ۴۱   |
| شکل ۲-۱۰ باور، عدم قطعیت و امکان مجموعه A.....                             | ۵۷   |
| شکل ۳-۱ دیاگرام روش انجام کار.....                                         | ۶۷   |
| نمودار ۲-۳ نمودار جریان انتخاب مدل.....                                    | ۶۹   |
| نمودار ۱-۴ نمودار تعداد خطا برحسب زمان بین خرابی.....                      | ۸۰   |
| نمودار ۲-۴ نمودار تجمعی خرابی.....                                         | ۸۰   |
| نمودار ۳-۴ مقایسه زمان بین خرابی Jelinski-Moranda, Littlewood-Verrall..... | ۸۱   |

- نمودار (۴-۴) مقایسه نمودار تجمعی خرابی *Jelinski-Moranda, Littlewood-Verrall* ..... ۸۱
- نمودار (۵-۴) مقایسه نمودار فزونی خرابی *Jelinski-Moranda, Littlewood-Verrall* ..... ۸۲
- نمودار (۶-۴) مقایسه نمودار درست نمایی *Musa-Basic, Jelinski-Moranda, Littlewood-Verrall* ..... ۸۲
- نمودار (۷-۴) نمودار زمان بین خرابی مدل *Littlewood-Verrall* ..... ۸۳
- نمودار (۸-۴) نمودار تجمعی خرابی *Littlewood-Verrall* ..... ۸۳
- نمودار (۹-۴) نمودار فزونی خرابی *Littlewood-Verrall* ..... ۸۴
- نمودار (۱۰-۴) نمودار برآورد قابلیت اطمینان *Littlewood-Verrall* ..... ۸۴
- نمودار (۱۱-۴) نمودار ..... ۹۰

## فهرست جداول

---

| صفحه    | عنوان                                                     |
|---------|-----------------------------------------------------------|
| ۱۳..... | جدول ۱-۲: تقسیم بندی مدل ها براساس نوع.....               |
| ۱۵..... | جدول ۲-۲: انواع مدل‌های رشد قابلیت اطمینان نرم افزار..... |
| ۷۲..... | جدول ۱-۳: حالت های پیش آمده فضای نمونه $\Omega$ .....     |
| ۷۲..... | جدول ۲-۳: فضای نمونه Likelihood , MTTF.....               |
| ۷۸..... | جدول ۱-۴:.....                                            |
| ۸۵..... | جدول ۲-۴:.....                                            |
| ۸۶..... | جدول ۳-۴:.....                                            |
| ۸۶..... | جدول ۴-۴:.....                                            |
| ۸۷..... | جدول ۵-۴:.....                                            |
| ۸۸..... | جدول ۶-۴:.....                                            |
| ۸۹..... | جدول ۷-۴:.....                                            |



# فصل اوّل

کلیات تحقیق



## ۱-۱ مقدمه

کیفیت نرم افزار<sup>۱</sup> براساس استاندارد ۹۱۲۶-۱ ISO/IEC به صورت مجموعه ای از مشخصه های زیر تعریف می شود. ۱- قابلیت عملکرد، ۲- قابلیت اطمینان<sup>۲</sup>، ۳- قابلیت کاربرد<sup>۳</sup>، ۴- قابلیت کارایی<sup>۴</sup>، ۵- قابلیت نگهداری و تعمیر، ۶- قابلیت انتقال [۲].

با توجه به تعریف بالا در کیفیت نرم افزار، قابلیت اطمینان نرم افزار از جایگاه ویژه و اهمیت خاصی برخوردار است. بدون تردید، قابلیت اطمینان یک نرم افزار کامپیوتری، عنصر مهمی از کیفیت کلی به شمار می رود. اگر برنامه ای به کرات از اجرا باز بماند، عوامل کیفی دیگر نرم افزار، اهمیت خود را از دست می دهند. قابلیت اطمینان برخلاف عوامل کیفیتی دیگر اینگونه بنظر می رسد که مستقیماً قابل برآورد و اندازه گیری است ولی در برنامه های بزرگ و در محیط های مختلف امکان برآورد دقیق آن میسر نمی باشد. قابلیت اطمینان به زبان آماری، بعنوان « احتمال عملکرد خالی از شکست یک برنامه کامپیوتری در محیطی مشخص برای یک زمان معین» تعریف می شود و متفاوت از دسترس پذیری<sup>۵</sup> است. و هرگاه قابلیت اطمینان مورد بحث قرار می گیرد، یک سوال مطرح می شود: منظور از شکست با خواسته های نرم افزار و قابلیت اطمینان چیست؟ شکست عبارت از عدم همخوانی با خواسته های نرم افزار است در همین حیطه نیز درجات مختلفی از شکستها ممکن است رخ دهد. ما با توجه به

---

Software Quality<sup>۱</sup>  
Reliability<sup>۲</sup>  
applicability<sup>۳</sup>  
Performance capability<sup>۴</sup>  
Accessibility<sup>۵</sup>

وضعیت ، سه گروه از مدلها را درسه مرحله تست، پیاده سازی و بازخورد کاربر، برای ارزیابی قابلیت اطمینان نرم افزار بررسی خواهیم کرد.

مرحله تست نرم افزار شایع ترین روش و یک عنصر حیاتی از تضمین کیفیت نرم افزار است و طراحی و پیاده سازی مناسب در تست داده ها کمک شایانی خواهد نمود. تا نرخ شکست نرم افزار شناسایی شود. حال برای محاسبه و برآورد نرخ شکست<sup>۱</sup> از آزمونهای جعبه سیاه<sup>۲</sup> و جعبه سفید<sup>۳</sup> و ابزار های عدم قطعیت<sup>۴</sup> مانند نظریه شواهد به اجرای آن می پردازیم. یعنی سیستم نرم افزاری به صورت کلی در نظر گرفته می شود و تنها تعاملات آن با دنیای خارج مدلسازی می شود. بدون اینکه به ساختار داخلی آن توجهی شود.

## ۲-۱ تعریف مساله و سوالات اصلی تحقیق

در راستای اهمیت ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم های نرم افزاری سوالات زیر مطرح است:

- چه دلایلی برای ارزیابی قابلیت اطمینان نرم افزار وجود دارد؟
- چه روش هایی برای ارزیابی قابلیت اطمینان نرم افزار وجود دارد؟
- چه روشی برای بهینه کردن قابلیت اطمینان یک نرم افزار با استفاده تئوری های عدم قطعیت وجود دارد؟

## ۳-۱ فرضیه

با استفاده از مدلهای عدم قطعیت به برآوردی واقعی تر از قابلیت اطمینان نرم افزار دست یابیم.

---

<sup>۱</sup> Failure rate  
<sup>۲</sup> black box  
<sup>۳</sup> white box  
<sup>۴</sup> Uncertainty

## ۴-۱ موضوع و اهداف تحقیق

- ۱- با مطالعه و تحقیق در مدل‌های قابلیت اطمینان نرم افزار به بررسی نقاط ضعف و قوت این مدلها پرداخته شد.
- ۲- به طراحی مدل جدیدی با استفاده از عدم قطعیت برای دستیابی به قابلیت اطمینان نرم افزار می پردازد.
- ۳- ارزیابی نتایج بدست آمده و مقایسه آن با نتایج مدل دیگر و عملکرد واقعی سیستم.

## ۵-۱ روش تحقیق

روش انجام تحقیق از طریق مطالعه مدل ها و روش های مختلف موجود در راستای موضوع تحقیق می باشد. و نیز از طریق مقایسه با روش های مرتبط موجود انجام خواهد شد. که به طور گسترده از تحقیقات کتابخانه ای چون مطالعه کتاب های لاتین، خواندن مقالات لاتین و فارسی استفاده شده است.

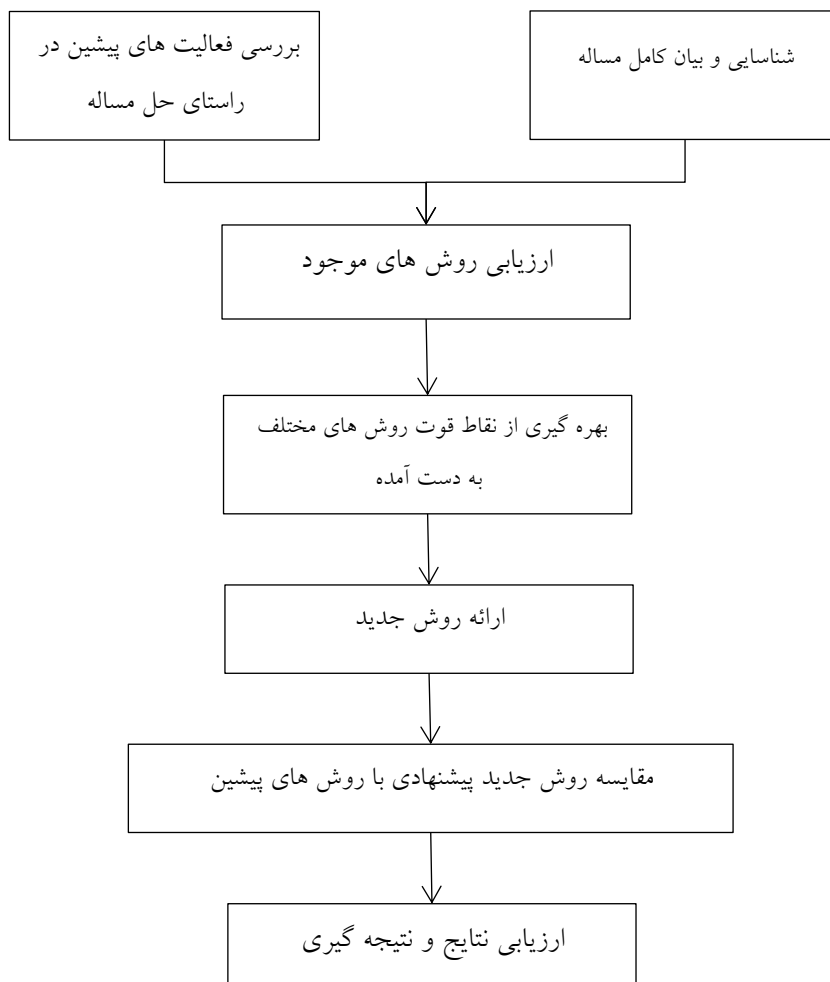
## ۶-۱ جنبه های نوآوری

با انجام این تحقیق می توان قابلیت اطمینان کل سیستم نرم افزاری را با استفاده از تئوری شواهد دقیق تر پیشگویی کرد.

## ۷-۱ مراحل انجام تحقیق

- شناسایی و بیان کامل مساله
- بررسی فعالیت های پیشین در راستای حل مساله
- ارزیابی روش های موجود
- بهره گیری از نقاط قوت روش های مختلف به دست آمده از طریق اعمال چارچوب ارزیابی ( در راستای ایجاد روش های کارآمدتر و مناسب حوزه مسأله )
- ارائه روش جدید
- مقایسه روش جدید پیشنهادی با روش های پیشین

## • ارزیابی نتایج و نتیجه گیری



۱-۱ نمودار مراحل انجام تحقیق

## ۸-۱ ساختار پایان نامه

فصل دوم، مقدمه و تاریخچه ای از ارزیابی قابلیت اطمینان نرم افزار، تعریف و تشریح عدم

قطعیت و تئوری شواهد و پیشینه تحقیق ذکر شده است.