بررسی رویکردهای استفاده از منطق فازی در تخمین هزینه و تلاش نرم افزار

ابوذر دولت‌آبادی نژاد
دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد
a_doulatabadi@yahoo.com

دکتر سید مهران شرفی
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد
me_sharafi@yahoo.com

دکتر ناصر نعمت‌بخش
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد
info@nematbakhsh.ir

چکیده: یکی از مراحل مهم و تأثیرگذار در فرآیند مهندسی نرم‌افزار که می‌تواند نقش مهمی در موفقیت یا شکست پروژه داشته باشد تخمین در فرآیند نرم‌افزار می‌باشد. تخمین می‌تواند شامل انواع مختلف از جمله هزینه، تلاش و زمان باشد. بنابراین طی سالیان گذشته کارهای تحقیقی بسیار زیادی در این زمینه به انجام رسیده است که حاصل آن‌ها افزایش دقت تخمین نرم‌افزار بوده است. یکی از زمینه‌های پرکاربرد در کارهای تحقیقی تخمین نرم‌افزار استفاده از روش‌های موجود با استفاده از تکنیک‌هائی از جمله منطق فازی و شبکه‌های عصبی می‌باشد. به علت وجود عدم قطعیت در فرآیند تخمین که ناشی از ذات تخمین نیز می‌باشد، استفاده از منطق فازی در تحقیقات تخمین نرم‌افزار در حال گسترش می‌باشد. در این تحقیق به بررسی جایگاه استفاده از منطق فازی در تخمین نرم‌افزار پرداخته‌ایم و با مطالعه ۶۴ کار تحقیقی تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار و مقایسه آن‌ها به ارائه پیشنهادات و راهکارهائی در رابطه با نحوه انجام تحقیق در این زمینه پرداخته می‌شود.

واژه های کلیدی: مدیریت توسعه نرم افزار، تخمین نرم افزار، منطق فازی، متریک سایز نرم افزار، متریک ارزیابی.

۱- مقدمه

مدیریت پروژه نرم‌افزاری از مهم‌ترین فعالیت‌ها در توسعه محصول نرم‌افزاری محسوب می‌گردد، زیرا تمامی فرآیند توسعه نرم‌افزار از ابتدا تا انتها را شامل می‌گردد [۱]. یکی از شاخه‌های تحقیق در مدیریت پروژه نرم‌افزاری که کارهای تحقیقی زیادی نیز در آن به انجام رسیده است، تخمین در مدیریت توسعه نرم‌افزار می‌باشد. در فرایند مدیریت پروژه نرم‌افزاری نیاز به انواع مختلف تخمین از جمله تخمین زمان، هزینه و تلاش می‌باشد. دقت تخمین در مدیریت توسعه نرم‌افزار می‌تواند نقش بسزائی در موفقیت یا شکست یک پروژه نرم افزاری ایفا نماید [۱] .در همین راستا تاکنون کارهای تحقیقاتی زیادی در مبحث تخمین نرم‌افزار به انجام رسیده است که حاصل آن افزایش دقت تخمین در مدیریت پروژه نرم‌افزاری می‌باشد. بنا بر نوع تخمین و روش بکار گرفته شده در تخمین دسته‌بندی‌های مختلفی از روش‌های تخمین ارائه شده، موجود می‌باشد. با توجه به وجود عدم قطعیت در تخمین نرم‌افزاری استفاده از تکنیک‌های غیرقطعی و انعطاف‌پذیر مانند منطق فازی می‌تواند نقش بسزائی در افزایش دقت تخمین داشته باشد. در این کار تحقیقی با توجه به اهمیت فرآیند تخمین و پرکاربرد بودن استفاده از منطق فازی در کارهای تحقیقی تخمین نرم‌افزار به بررسی کارهای تحقیقی تخمین نرم‌افزار پرداخته‌ایم. در این مقاله با بررسی ۶۴ مقاله معتبر تخمین نرم‌افزار بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۲ و ارزیابی متدلوژی‌های استفاده شده در این مقالات به استخراج متریک‌های، اندازه‌گیری سایز نرم‌افزار، متریک‌های ارزیابی نرم‌افزار و بانک‌های اطلاعاتی استفاده شده در ارزیابی، پرداخته‌ایم. در نهایت با آنالیز نتایج بدست آمده و تحلیل نتایج به ارائه پیشنهادات و راهبردهائی در رابطه با انجام کارهای تحقیقی در زمینه تخمین فازی نرم‌افزار پرداخته‌ایم که می‌تواند نقش موثری در انتخاب متدلوژی تحقیقات آینده در زمینه تخمین هزینه و تلاش فازی نرم‌افزار داشته باشد. در بخش دوم این مقاله به بررسی کارهای مرتبط با تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار و خصوصاً تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار پرداخته‌ایم و در بخش سوم به بررسی اهداف و رویکرد این مقاله پرداخته شده است. در بخش چهارم نتایج کمی استخراج شده از تحقیق ارائه شده است و در نهایت در بخش آخر به آنالیز نتایج بدست آمده و ارائه پیشنهادات و راهکارهائی در استفاده از منطق فازی در تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار، جهت استفاده در کارهای تحقیقی آینده، پرداخته شده است.

۲- کارهای مرتبط

به علت حساسیت بالای فرآیند تخمین هزینه و تلاش در مدیریت توسعه محصول نرم‌افزاری، کارهای تحقیقی زیادی در زمینه تخمین نرم‌افزار به انجام رسیده است که همگی آن‌ها به ارائه روش‌ها و متدهائی جهت افزایش دقت تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار پرداخته‌اند. در یک دسته‌بندی کلی روش‌های ارائه شده در تخمین نرم‌افزاری را می‌توان به صورت جدول زیر دسته‌بندی نمود [۲] :

جدول(۱) دسته‌بندی مهم‌ترین روش‌های تخمین هزینه و تلاش در توسعه محصول نرم افزای

مثال از پیاده‌سازی رویکرد تخمین	رویکرد تخمین
Angel, Weighted Micro Function Points	تخمین مقایسه‌ای
Project Management Software, Company Specific Activity Templates[۳]	تخمین با شکست کارها(پایین به بالا)
Cocomo[۴][۵], Slim[۶][۷], Seer-Sem	مدل‌های پارامتری
Function Point Analysis[۸],Use Case Analysis, Ssu (Software Size Unit), Story Points-Based Estimation In Agile Software Development	مدل‌های تخمین بر اساس اندازه
Planning Poker, Wideband Delphi[۹]	تخمین گروهی
Average of An Analogy-Based And a Work Breakdown Structure-BasedEffort Estimate	تخمین ماشینی(مکانیکی)
Expert Judgment Based on Estimates From A Parametric Model And Group Estimation	تخمین با داوری

در سال‌های اخیر عمده کارهای تحقیقی بر روی استفاده از مدل‌های ترکیبی تمرکز داشته‌اند. استفاده از تکنیک‌هائی مانند منطق فازی و شبکه‌های عصبی نیز با توجه به ذات تخمین و وجود عدم قطعیت در فرآیند تخمین رشد زیادی داشته است که از آن جمله می‌توان به [۱۰] [۱۱] [۱۲] اشاره نمود. از جمله کارهای تحقیقی در رابطه با نحوه گزینش متریک ارزیابی و متریک سایز در تحقیقیات تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار می‌توان به [۱۳] اشاره نمود که به ارائه متریک‌های مناسبی جهت ارزیابی و انتخاب متریک سایز در فرآیند تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار پرداخته است.

۳- اهداف و رویکرد تحقیق

در این بخش به ارائه اهداف انجام تحقیق و نحوه انجام تحقیق پرداخته شده است و در نهایت به مجموعه داده‌های استفاده شده در این مقاله اشاره شده است.

۳-۱ اهداف تحقیق

جهت انجام کارهای تحقیقی در مبحث تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار متدلوژی‌های گوناگونی وجود دارد که بر اساس انتخاب متریک‌هایی که در تحقیق استفاده می‌گردند از یکدیگر متفاوت می‌باشند. به عنوان نمونه یک محقق برای ارائه روش تخمین فازی و انتخاب متدلوژی تحقیق از متریک FP(Function Point) به عنوان متریک اندازه‌گیری سایز محصول نرم‌افزاری استفاده نموده و جهت ارزیابی از متریک MRE بر روی مجموعه داده‌های COCOMO استفاده می‌نماید. انتخاب متریک‌های مناسب جهت استفاده از یک متدلوژی در تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار می‌تواند نقش مهمی در ارائه کار تحقیقی به صورت علمی و آکادمیک داشته باشد. در این مقاله با بررسی مقاله‌های مختلف تحقیقی در زمینه تخمین فازی نرم‌افزار به بررسی موارد کمی زیر پرداخته‌ایم:

۱)متریک‌های اندازه‌گیری سایز نرم‌افزار که در تحقیقات تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار بیشترین کاربرد را داشته‌اند.

۲)متریک‌های پر کاربرد اندازه‌گیری دقت تخمین، جهت ارزیابی روش ارائه شده در تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار.

۳)نوع روش ارائه شده جهت تخمین فازی هزینه و تلاش بر اساس استفاده یا عدم استفاده از مدل COCOMO در روش ارائه شده.

۴)مجموعه داده‌های استفاده شده جهت ارزیابی نتایج در کارهای تحقیقی تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار.

و در نهایت به عنوان هدف نهایی تحقیق، با بررسی نتایج بدست آمده به ارائه پیشنهادات و راهکارهائی جهت پرسش‌هائی که در زیر مطرح شده‌اند، پرداخته‌ایم:

۱)اگر روشی جهت تخمین فازی هزینه و تلاش بر پایه COCOMO ارائه داده می‌شود از کدام یک از متریک‌های سایز و دقت استفاده نماییم و بر روی کدام مجموعه داده ارزیابی نماییم؟

۲) اگر روشی جهت تخمین فازی هزینه و تلاش مستقل از COCOMO ارائه می‌دهیم از کدام یک از متریک‌های سایز و دقت استفاده نماییم و بر روی کدام مجموعه داده ارزیابی نماییم؟

۳)پرکاربردترین متریک‌های سایز، دقت و مجموعه داده‌های در تخمین نرم‌افزار کدامند؟

۲-۳ مجموعه داده‌های استفاده شده

در این کار تحقیقی جهت بررسی موارد ذکر شده در بخش ۳-۱ و ارائه راهکارهای ذکر شده نیاز به مطالعه و بررسی مقاله‌های متعدد در زمینه تخمین نرم‌افزار می‌باشد. در این مقاله پس از جمع‌آوری ۶۴ مقاله معتبر در بین مقالات تحقیقی در زمینه تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار به خصوص تخمین فازی نرم‌افزار در بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۲، به استخراج متدلوژی‌های استفاده شده در این مقالات پرداخته‌ایم. از متدلوژی‌های استخراجی متریک‌های ارزیابی دقت روش تخمین ارائه شده، متریک اندازه‌گیری سایز استفاده شده و مجموعه داده‌هایی که در ارزیابی آن متدلوژی استفاده شده‌اند استخراج گردیده‌اند. سپس بر اساس جداول و نمودارهایی به استخراج داده‌های مقایسه‌ای در بین متدلوژی‌های ارائه شده پرداخته‌ایم و در نهایت با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده به ارائه راهبردهایی درباره انتخاب متدلوژی مناسب در ارائه تحقیقات در تخمین فازی نرم‌افزار پرداخته‌ایم. در زیر جدول مجموعه داده‌های اولیه از مقاله‌های مورد مطالعه بر اساس استفاده یا عدم استفاده از منطق فازی را مشاهده می‌نمایید.

جدول(۲) دسته‌بندی مقاله‌های مورد مطالعه بر حسب استفاده یا عدم استفاده از منطق فازی در تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار

عدم استفاده از منطق فازی	استفاده از منطق فازی	تعداد مقاله‌های مورد مطالعه
۳۳	۳۱	۶۴

در جدول زیر دسته‌بندی متریک‌های پر کاربرد در تخمین تلاش و هزینه نرم‌افزار را مشاهده می‌نمایید.

جدول (۳) دسته‌بندی متریک‌های مورد استفاده در مقالات مورد مطالعه

متریک‌های پرکاربرد	رویکرد تخمین
KLOC(Thousand Lines Of Code) **KDSI**(Thousand Delivered Source Instructions),**FP**(Function Point),**UCP**(*Use case point*)	متریک اندازه محصول
MRE(Magnitude of Relative Error) ,**MMRE**(Mean Magnitude of Relative Error), **PRED**(prediction accuracy), **MM**(man-month), **MMER**(Mean Magnitude of Error Relative),**PM**(Person Months) **VARE** (Variance Absolute Relative Error) **MARE**(Mean Absolute Relative Error),**MER**(Magnitude of Error Relative)	متریک ارزیابی دقت
NASA[۱۴],**COCOMO**[۱۴] **ISBSG**(International Software Benchmarking Standards Group)[۱۵],**SMAR**[۱۶]	داده‌های ارزیابی

۴- نتایج

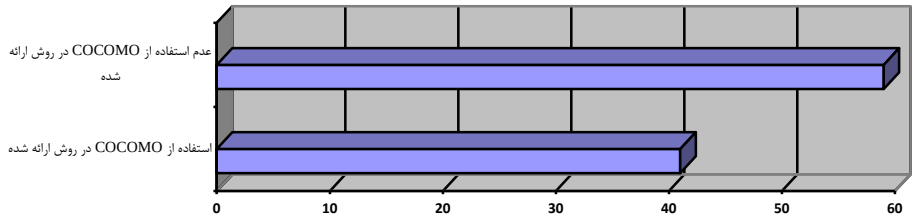
در این بخش به بررسی مقاله‌های مورد نظر و استخراج متدلوژی‌های آن‌ها پرداخته و موارد ذکر شده در بخش ۳-۱ را از متدلوژی‌ها استخراج نموده و دسته بندی نموده‌ایم.

۱-۴ انواع تخمین بر پایه COCOMO

یکی از مدل‌های بسیار مهم در تخمین نرم‌افزار بدون شک [۴] COCOMO است که در مقاله‌های تحقیقی در زمینه تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار عموماً به افزایش دقت این مدل پرداخته شده است. مدل COCOMO در سال ۱۹۸۱ توسط Bohem ارائه گردید که با توجه به نتایج آن از کارائی بالایی نیز برخوردار است. در این قسمت به استخراج نوع روش ارائه شده در متدلوژی تحقیقی در زمینه تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار در مقاله های موجود، بر اساس استفاده یا عدم استفاده از مدل COCOMO پرداخته‌ایم. نتایج بدست آمده که در جدول و نمودار زیر ارائه شده است حاکی از پرکاربرد بودن مدل COCOMO در تحقیقات تخمین فازی نرم‌افزار، می‌باشد.

جدول(۴) کاربرد مدل COCOMO در متدلوژی‌های تحقیقی تخمین فازی هزینه و تلاش نرم افزار

عدم استفاده از COCOMO در روش ارائه شده	استفاده از COCOMO در روش ارائه شده
٪۵۹	٪۴۱



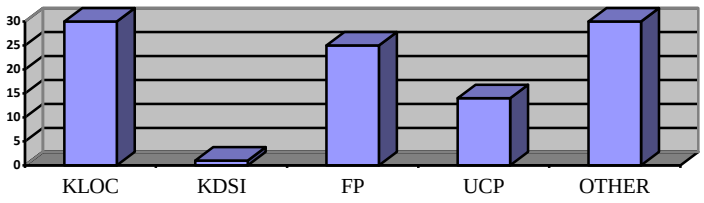
نمودار(۱) کاربرد مدل COCOMO در متدلوژی‌های تحقیقی تخمین فازی هزینه و تلاش نرم افزار

۲-۴ متریک‌های اندازه‌گیری سایز نرم افزار

در اکثر تحقیقات ارائه شده و مدل‌های مختلف موجود در زمینه تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار، یکی از موارد مهم که می‌تواند تأثیر بسزائی در دقت تخمین داشته باشد انتخاب سایز و متریک مناسب جهت سایز نرم‌افزار می‌باشد. متریک سایز بایستی با دقت انتخاب گردد زیرا نقش مهمی در موفقیت یک روش جدید دارد. در این بخش به ارائه انواع متریک‌های اندازه‌گیری سایز نرم‌افزار و تعداد استفاده‌های آن‌ها در مقاله‌های موجود تحقیقی می‌پردازیم. با بررسی مقاله‌هایی که در سال‌های اخیر در زمینه تخمین فازی نرم‌افزار به انجام رسیده است و آشنائی با نحوه کار و متدلوژی هر یک از مقاله‌ها، به طور خلاصه در جدول زیر میزان استفاده از هر یک از متریک‌های اندازه‌گیری سایز نرم‌افزار، در سال‌های اخیر بر حسب درصد بیان گردیده است.

جدول(۵) درصد استفاده از متریک‌های اندازه‌گیری سایز نرم‌افزار در متدلوژی‌های مورد مطالعه

متریک سایز	KLOC	KDSI	FP	UCP	OTHER
درصد استفاده	٪۳۰	٪۱	٪۲۵	٪۱۴	٪۳۰



نمودار (۲) درصد استفاده از متریک‌های اندازه‌گیری سایز نرم‌افزار در متدلوژی‌های مورد مطالعه

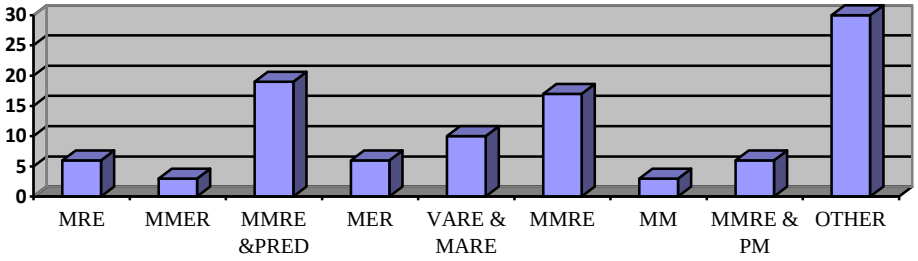
بر حسب یافته‌های بالا بیشترین کاربرد در بین متریک‌های اندازه‌گیری سایز در سال‌های اخیر در زمینه تخمین فازی نرم‌افزار در اختیار متریک KLOC می‌باشد.

۳-۴ متریک ارزیابی دقت

در متدلوژی‌های تحقیقی در زمینه تخمین فازی هزینه و تلاش نرم افزار، در مرحله ارزیابی در متدلوژی مورد نظر عموماً از متریک‌های رایج در ارزیابی دقت تخمین نرم‌افزار استفاده می‌گردد که از جمله این متریک‌ها می‌توان به MRE و PRED اشاره نمود. انتخاب متریک ارزیابی دقت مناسب، با توجه به ماهیت روش ارائه شده در تحقیقات تخمین فازی نرم‌افزار می‌تواند نقش بسزائی در پذیرش یا عدم پذیرش علمی یک مقاله تحقیقی داشته باشد و می‌تواند ارزش علمی یک کار تحقیقی را مشخص نماید. در همین راستا در جدول زیر به صورت خلاصه با بررسی‌های متدلوژی‌های مقاله‌های در دسترس در زمینه تخمین فازی نرم‌افزار به استخراج متریک‌های ارزیابی دقت هر یک از مقاله‌ها پرداخته و در جدول زیر بر حسب درصد ارائه کرده‌ایم.

جدول(۶)درصد استفاده از متریک‌های ارزیابی دقت در متدلوژی‌های مورد مطالعه

متریک دقت	MRE	MMER	MMRE & PRED	MER	VARE& MARE	MMRE	MM	MMRE & PM	OTHER
درصد استفاده	٪۶	٪۳	٪۱۹	٪۶	٪۱۰	٪۱۷	٪۳	٪۶	٪۳۰



نمودار (۳) درصد استفاده از متریک‌های ارزیابی دقت در متدلوژی‌های مورد مطالعه

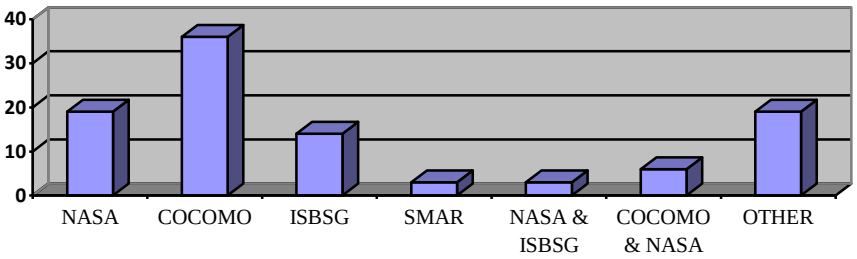
نتایج بررسی‌ها حاکی از پرکاربرد بودن استفاده از متریک MMRE & PRED به نسبت سایر متریک‌های ارزیابی دقت، در مقاله‌های تحقیقی در سال‌های اخیر در زمینه تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار می‌باشد.

۴-۴ مجموعه داده‌های استفاده شده جهت ارزیابی

جهت ارزیابی روش‌های ارائه شده در زمینه تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار می‌بایستی روش ارائه شده بر روی مجموعه داده‌هائی معتبر و قابل اطمینان آزمایش شده و نتایج بر حسب متریک‌های ارزیابی دقت ارائه شده در بالا بیان گردد. انتخاب مجموعه داده‌های با کیفیت و مناسب جهت ارزیابی روش ارائه شده در کار تحقیقی می‌تواند نقش مهمی در موفقیت یک کار تحقیقی داشته باشد و اعتبار یک تحقیق را مشخص نماید. با بررسی متدلوژی‌های ارائه شده در مقاله‌های تحقیقی در زمینه تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار، به استخراج مجموعه داده‌های پر کاربرد در این مقالات و درصد استفاده از آنها در مقاله‌های موجود پرداخته‌ایم که در جدول زیر نتایج بدست آمده جهت مجموعه داده‌های استفاده شده در تحقیقات تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار بر حسب درصد بیان شده است.

جدو(۷) درصد استفاده از مجموعه داده‌های مورد استفاده مرحله ارزیابی در متدلوژی‌های مورد مطالعه

بانک اطلاعاتی	NASA	COCOMO	ISBSG	SMAR	NASA & ISBSG	COCOMO & NASA	OTHER
درصد استفاده	٪۱۹	٪۳۶	٪۱۴	٪۳	٪۳	٪۶	٪۱۹



نمودار(۴) درصد استفاده از مجموعه داده‌های مورد استفاده مرحله ارزیابی در متدلوژی‌های مورد مطالعه

۵- آنالیز نتایج

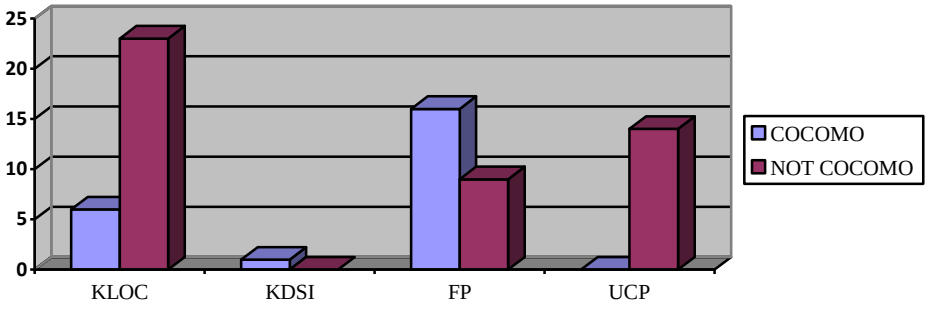
پس از بررسی متدلوژی‌های ارائه شده در تحقیقات تخمین نرم‌افزار و استخراج موارد ذکر شده در بخش، ۴ در این بخش به تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده و استخراج پیشنهاداتی جهت انجام تحقیقات آینده در زمینه تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار پرداخته‌ایم.

۱-۵ بررسی جایگاه منطق فازی در تخمین نرم‌افزار

با توجه به وجود عدم قطعیت در تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار که ناشی از ذات تخمین و توسعه محصول نرم‌افزاری است، استفاده از منطق فازی در تحقیقات تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار در حال گسترش می‌باشد. در این مقاله تحقیقی به بررسی جایگاه منطق فازی در تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار بر حسب متریک‌های استفاده شده جهت تخمین فازی هزینه و تلاش پرداخته‌ایم. در جداول ۸ و ۹ و ۱۰ که در ادامه مشاهده می‌نمائید به دسته‌بندی سایز، دقت و مجموعه داده‌های مرحله ارزیابی بر مبنای استفاده یا عدم استفاده از مدل COCOMO بر حسب درصد پرداخته شده است.

جدول(۸) دسته‌بندی متریک‌های سایز نرم‌افزار در روش‌های بر پایه COCOMO و مستقل از COCOMO بر حسب درصد

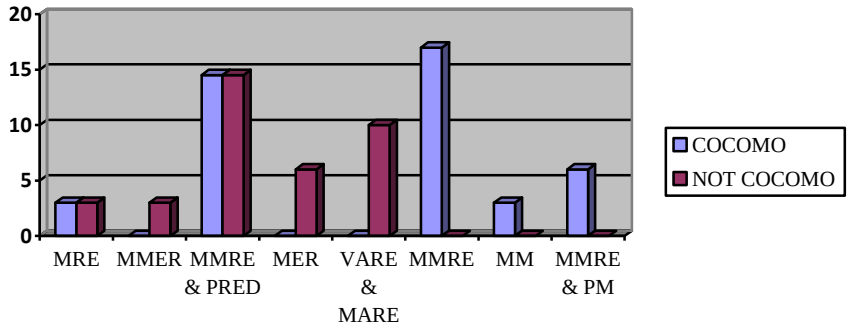
متریک‌های سایز	UCP	FP	KDSI	KLOC
روش بر پایه COCOMO	-	٪۱۶	٪۱	٪۶
روش مستقل از COCOMO	٪۱۴	٪۹	-	٪۲۳



نمودار(۵) دسته‌بندی متریک‌های سایز نرم‌افزار در روش‌های بر پایه COCOMO و مستقل از COCOMO بر حسب درصد

جدول(۹) دسته‌بندی متریک‌های ارزیابی دقت در روش‌های بر پایه COCOMO و مستقل از COCOMO بر حسب درصد

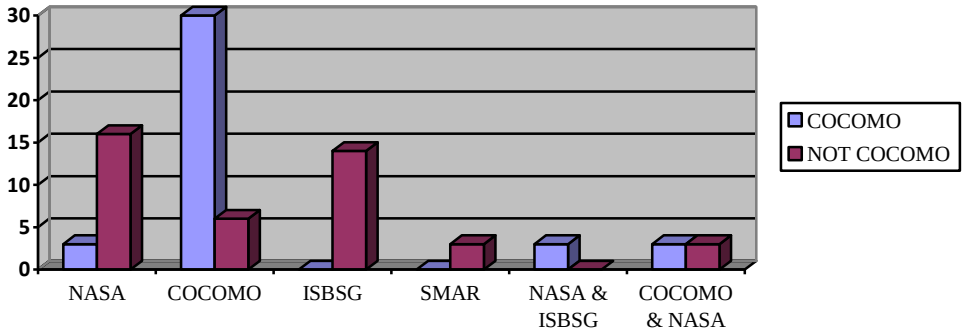
متریک‌های دقت	MMRE & PM	MM	MMRE	VARE & MARE	MER	MMRE & PRED	MMER	MRE
روش بر پایه COCOMO	٪۶	٪۳	٪۱۷	-	-	٪۱۴.۵	-	٪۳
روش مستقل از COCOMO	-	-	-	٪۱۰	٪۶	٪۱۴.۵	٪۳	٪۳



نمودار(۶) دسته‌بندی متریک‌های ارزیابی دقت در روش‌های بر پایه COCOMO و مستقل از COCOMO بر حسب درصد

جدول(۱۰) دسته‌بندی مجموعه داده‌های استفاده شده در مرحله ارزیابی در روش‌های بر پایه COCOMO و مستقل از COCOMO بر حسب درصد

متریک‌های بانک داده	COCOMO & NASA	NASA & ISBSG	SMAR	ISBSG	COCOMO	NASA
روش بر پایه COCOMO	٪۳	٪۳	-	–	٪۳۰	٪۳
روش مستقل از COCOMO	٪۳	-	٪۳	٪۱۴	٪۶	٪۱۶



نمودار(۷) دسته‌بندی مجموعه داده‌های استفاده شده در مرحله ارزیابی در روش‌های بر پایه COCOMO و مستقل از COCOMO بر حسب درصد

۵-۲ نتایج تحقیق

با توجه به آنالیز نتایج مشاهده شده در بخش ۵-۱ به طور خلاصه می‌توان پیشنهادات و راهکارهای زیر را در جهت ارائه کارهای تحقیقی در زمینه تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار استخراج نمود:

۱)در روش‌های تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار بر پایه COCOMO، پرکاربردترین متریک‌های استفاده شده جهت سایز نرم‌افزار به ترتیبFP، KLOC، KDSI و UCP می‌باشد.

۲) در روش‌های تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار مستقل از COCOMO، پرکاربردترین متریک‌های استفاده شده جهت سایز نرم‌افزار به ترتیب KLOC، UCP، FP و KDSI می‌باشد.

۳) در روش‌های تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار بر پایه COCOMO، پرکاربردترین متریک‌های استفاده شده جهت دقت تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار به ترتیب MMRE ، MMRE & PRED، MMRE & PM، MRE، MM می‌باشد.

۴) در روش‌های تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار مستقل از COCOMO، پرکاربردترین متریک‌های استفاده شده جهت دقت تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار به ترتیب MMRE & PRED، VARE & MARE, MRE , MMRE می‌باشد.

۵)در تحقیقات بر پایه COCOMO بیشتر تحقیقات در زمینه تخمین فازی هزینه و تلاش نرم افزار، جهت ارزیابی از مجموعه داده‌های COCOMO استفاده نموده‌اند.

۶) در تحقیقات مستقل از COCOMO بیشتر تحقیقات در زمینه هزینه و تلاش تخمین فازی نرم افزار، جهت ارزیابی از مجموعه داده‌های NASA استفاده نموده‌اند.

۶- نتیجه‌گیری

تخمین در فرآیند توسعه نرم‌افزار دارای جایگاه ویژه و پر اهمیتی می‌باشد و نقش مهمی در پیشبرد اهداف پروژه بر عهده دارد. انواع گوناگونی از تخمین در مدیریت توسعه نرم‌افزار به کار برده می‌شود که برای هر یک، روش‌های مختلفی توسط محققان ارائه شده است. در سال های اخیر با توجه به حساسیت و اهمیت فراوان تخمین در فرآیند مدیریت نرم‌افزار، کارهای تحقیقی بسیار زیادی در این زمینه به انجام رسیده است. یکی از پر کاربردترین تکنیک‌های ارائه شده در انواع مختلف تحقیقات تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار، منطق فازی می‌باشد که بعلت ذات غیر قطعی تخمین و توسعه نرم‌افزار کاربرد گسترده‌ای در تحقیقات تخمین هزینه و تلاش نرم افزار، بدست آورده است. بطور کلی در تحقیقات تخمین هزینه و تلاش

نرم‌افزار و متدلوژی‌های رایج این تحقیقات انتخاب مواردی از قبیل متریک اندازه‌گیری سایز نرم‌افزار، متریک ارزیابی دقت تخمین و مجموعه داده‌های مورد استفاده جهت ارزیابی روش تخمین، می‌تواند نقش مهمی در موفقیت یک کار تحقیقی تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار داشته باشد. در این مقاله با توجه به اهمیت موارد ذکر شده به بررسی و تجزیه و تحلیل بیش از ۶۴ مقاله تخمین هزینه و تلاش نرم‌افزار بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۲ پرداخته و با استخراج فیلدهای مورد نیاز از متدلوژی‌های این تحقیقات به آنالیز نتایج پرداخته‌ایم. در نهایت با استفاده از نتایج بدست آمده از آنالیز نتایج به ارائه پیشنهادات و راهکارهائی جهت استفاده موثر در متدلوژی‌های آینده در زمینه تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار پرداخته‌ایم که می‌تواند نقش مهمی در انتخاب متدلوژی تحقیق در تخمین فازی هزینه و تلاش نرم‌افزار داشته باشد.

مراجع

[1] Schach, S.R., *Object Oriented &Classical Sofiware Engineering*, New York, Mcgraw-Hill, 2007.
[2] Wikipedia Modified on 27 December 2012,http://en.wikipedia.org/wiki/Software_development_effort_estimation.
[3] Booz, Allen, Hamilton, Earned *Value Management Tutorial Module Work Breakdown Structure , Office Of Science, Tools & Resources For Project Management, Science*, Energy.Gov, 2011.
[4] Boehm, B., *Software Engineering Economics*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1981.
[5] Boehm, B., Abts, C., Brown, A.W., Chulani,S., Clark,B.K., Horowitz,E., Madachy,R., Reifer,D.J., Steece,B., "*Software Cost Estimation With Cocomo II (With Cd-Rom)*", Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 2000.
[6] Lawrence, P., Myers, H., *Five Core Metrics :The Intelligence Behind Successful Software Management*, Dorset House Publishing, 2003.
[7] Putnam, Lawrence, "*A General Empirical Solution To The Macro Software Sizing And Estimating Problem*", Ieee Transactions On Software Engineering, Vol. Se-4, NO. 4, 1978.
[8] Longstreet, D., "*Fundamentals Of Function Point Analysis*", Software Development Magazine, 2207 S- Mo 64015, 2005.
[9] Stellman, A., Greene, J., *Applied Software Project Management Sebastopol*, O'reilly Media, 2005.
[10] Valdes, F., Abran, A., *Design Of A Fuzzy Logic Software Estimation Processmotivations*, Gelog, 2009.
[11] Spooner, J.T., Maggiore, M., Onez, R.O., Passino, K.M., *Stable Adaptive Control And Estimation For Nonlinear Systems: Neural And Fuzzy Approximator Techniques*, John Wiley And Sons, 2002.
[12] Mittal, H., Bhatia, P., "*Optimization Criteria For Effort Estimation Using Fuzzy Technique*", Clei Electronic Journal, Vol 10, 2007.
[13] Stensrud, T., Kitchenham, E., Myrtveit, B., *A Simulation Study Of The Model Evaluation Criterion Mmre*, Norwegian School Of Management, 2002.
[14] NASA93 dataset, accessed on Dec.5, 2010, http://promise.site.uottowa.ca/SERepositary/datasets/cocomonasa.arff.
[15] International Software Benchmarking Standards Group (ISBSG), Estimating, Benchmarking & Research Suite Release 9, ISBSG, Victoria,2004,http://www.isbsg.org.com.
[16] Smar, 2007, http://www.smar.com.