

بررسی تأثیر کاهش انحراف توزیع تلاش بر افزایش دقت تخمین تلاش در توسعه محصول نرم‌افزاری

^۱ ابوذر دولت‌آبادی نژاد، ^۲ دکتر سید مهران شرفی، ^۳ دکتر ناصر نعمت‌بخش
^۱ دانشکده کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد، a_doulatabadi@yahoo.com

^۲ هیئت علمی دانشکده کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد، Mehran_Sharafi@iaun.ac.ir

^۳ هیئت علمی دانشکده کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد، nemat_n@info.com

چکیده

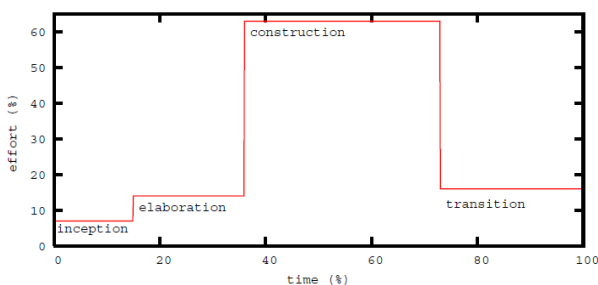
کاهش انحراف توزیع تلاش، از ایجاد سربارهای مالی و زمانی در توسعه محصول نرم‌افزاری جلوگیری می‌نماید. در این مقاله، با بررسی مطالعات به انجام رسی‌ده در زمینه شناخت فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش، به دست‌بندی و آنالیز نتایج این تحقیقات بر روی مجموعه داده‌های ISBSG پرداخته شده است. در نهایت با استفاده از نتایج آنالیزهای به انجام رسی‌ده، می‌زان افزایش دقت تخمین تلاش که با کاهش انحراف در توزیع تلاش بدست آمده محاسبه گردیده است. پس از مقایسه فاکتورهای مورد بررسی، به ارائه راهکارهایی جهت کاهش انحراف توزیع تلاش پرداخته شده است. راهکارهای ارائه شده در این تحقیق، می‌تواند نقش مهمی در کاهش سربارهای مالی و زمانی و افزایش دقت تخمین تلاش در مدیریت توسعه محصول نرم‌افزاری داشته باشد. نتایج حاصل از این تحقیق، می‌تواند جهت ارائه مدل‌های تخمین تلاش با دقت زی‌ادتر در توسعه محصول نرم‌افزاری، مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تخمین تلاش، توزیع تلاش، مدیریت توسعه نرم‌افزار، COCOMO II

۱- مقدمه

نرم‌افزار محسوب می‌گردد که دلیل آن نیز ذات غیر قطعی تخمین و همچنین تغییرات سریع در روش‌های توسعه نرم‌افزار می‌باشد. از جمله مواردی که تیم مدیریت پروژه بایستی پس از تخمین تلاش به انجام برساند توزیع تلاش در بین هر یک از فازهای توسعه محصول نرم‌افزاری می‌باشد. انحراف توزیع تلاش نیز یکی دیگر از چالش‌های پیش روی تیم مدیریت توسعه نرم‌افزار محسوب می‌گردد. جهت توزیع تلاش نیز مدل‌های گوناگونی ارائه گردیده که مدل MBASE/RUP [۳] یکی از مهم‌ترین این مدل‌ها می‌باشد و در شکل زیر به بررسی توزیع تلاش در این مدل پرداخته شده است [۴].

یکی از نکات کلیدی در توسعه محصول نرم‌افزاری، دقت در مدیریت است که می‌تواند به طور مستقیم بر روی موفقیت و کیفیت یک محصول نرم‌افزاری مؤثر باشد [۱]. دقت در مدیریت توسعه محصول نرم‌افزاری شامل موارد گوناگونی از جمله دقت در برنامه‌ریزی و زمان‌بندی پروژه می‌گردد. در مبحث برنامه‌ریزی از عمده چالش‌های پیش روی مدیریت مسئله انواع مختلف تخمین است که بایستی در اوایل و هنگام اجرای پروژه توسط تیم مدیریت به انجام برسد. در تخمین تلاش و هزینه نرم‌افزار تاکنون مدل‌های گوناگونی ارائه گردیده است که هر یک به نحوی سعی در افزایش دقت تخمین تلاش داشته‌اند و از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل تخمین تلاش [۲] COCOMO (Constructive Cost Model II) اشاره نمود. با وجود سعی در افزایش دقت تخمین تلاش در مدل‌های ارائه شده، مبحث تخمین تلاش و هزینه در توسعه نرم‌افزار همچنان یکی از چالش‌های مهم در مدیریت



۲- کارهای مرتبط

تاکنون مطالعات فراوانی در زمینه تخمین تلاش و ارائه مدل‌هایی جهت افزایش دقت تخمین تلاش به انجام رسیده است که حاصل آن‌ها ارائه مدل‌های مختلف از جمله مدل‌های تجربی، فرمال، خیره و ... می‌باشد. از مهم‌ترین مدل‌هایی که تاکنون ارائه گردیده است می‌توان به مدل [۷] COCOMO اشاره نمود که برای اولین بار در سال ۱۹۸۱ توسط Bohem ارائه گردیده و آخرین نسخه آن COCOMO II می‌باشد که از مفاهیم شی‌گرائی مانند استفاده مجدد (Reuse) پشتیبانی می‌نماید. در مبحث توزیع تلاش به نسبت مدل‌هایی که در تخمین تلاش ارائه شده‌اند کارهای تحقیقی کمتری به انجام رسیده است که به عنوان مهم‌ترین مدل‌های ارائه شده جهت توزیع تلاش می‌توان به جدول زیر اشاره نمود [۴].

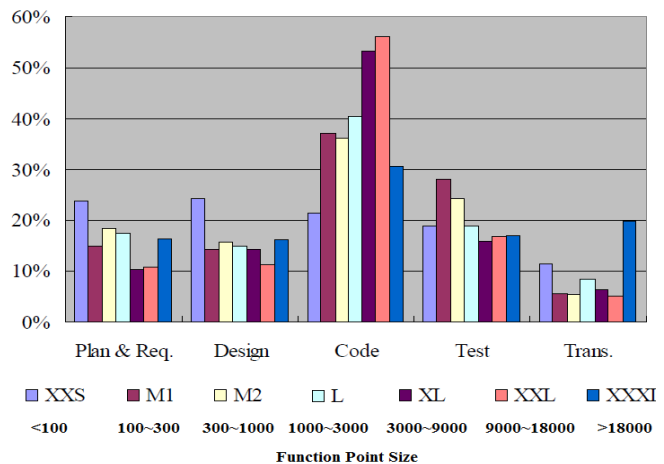
جدول ۱: مهم‌ترین مدل‌های توزیع تلاش در توسعه نرم‌افزار

مدل توزیع تلاش	میانگین درصد توزیع در مدل توزیع تلاش
COCOMO II [۸]	Waterfall distribution scheme: Plan and requirement (7%), preliminary design (17%), detailed design (25%), code (33%), Integration & Test (25), deployment & maintenance (12%), MBASE/RUP distribution scheme :Inception(6%),Elaboration(24%), Construction(76%), Transition(۱۲%)
COCOMO 81 [۷]	Plan and requirement, preliminary design, detailed design (25%), code (33%), Integration & Test (25%)
RUP [۹]	Inception(5%), Elaboration(20%), Construction(65%), Transition(10%)
COCOTS [۸]	Assessment, Tailoring, Glue code & Integration. No unified distribution guideline
SLIM [۱۰]	Concept Definition, Requirement & Design, Construct & Test, Perfective Maintenance (distribution percentage not available)
SEER-SEM [۱۱]	Early specification, design, development, delivery & maintenance (distribution percentage not available)

جهت بررسی دلایل انحراف در توزیع تلاش مطالعات نسبتاً اندکی به انجام رسیده است که در هر یک به بررسی یک یا چند فاکتور مهم در انحراف توزیع تلاش پرداخته شده است. در جدول زیر به دسته‌بندی

شکل ۱: بررسی توزیع تلاش در مدل MBASE/RUP

در مطالعات به انجام رسیده تاکنون، به بررسی دلایل انحراف توزیع تلاش و فاکتورهای مؤثر در این انحراف پرداخته شده است که حاصل آن‌ها ارائه راهکارهایی جهت کاهش انحراف توزیع تلاش می‌باشد. در هیچ یک از تحقیقات گذشته به بررسی تأثیر انحراف توزیع تلاش بر دقت تخمین تلاش پرداخته نشده است و عمدتاً فقط به بررسی فاکتورهای مؤثر در انحراف توزیع تلاش پرداخته شده است. به عنوان نمونه در [۵] به بررسی تأثیر فاکتور سائز نرم‌افزار بر انحراف توزیع تلاش پرداخته شده است و خلاصه نتایج آن در شکل زیر قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲: توزیع تلاش در فازهای توسعه نرم‌افزار بر اساس فاکتور سائز نرم‌افزار

همانگونه که در شکل بالا مشاهده می‌گردد، به عنوان مثال بیشترین تلاش در توسعه نرم‌افزارهایی با سائز XXS (Extra Extra Small) بایستی به فاز Design اختصاص داده شود. در این مقاله، با بررسی فاکتورهای مؤثر در انحراف توزیع تلاش بر روی مجموعه داده‌های [۶] (International Software Benchmarking Standards Group) دسته‌بندی و آنالیز این فاکتورها پرداخته و میزان تأثیر فاکتورها بر دقت تخمین تلاش محاسبه گردیده است. در نهایت با آنالیزهای به انجام رسیده به ارائه راهکارهایی جهت استفاده تیم مدیریت در کاهش انحراف توزیع تلاش و افزایش دقت تخمین تلاش پرداخته شده است.

تلاش محاسبه و در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۴: بررسی میزان تأثیر فاکتور Size بر انحراف توزیع تلاش

Size	RA	AD	IM	TE	RE
XXS	7.72	9.42	18.88	-2.56	4.30
XS	-1.18	-0.66	-3.29	6.55	-1.42
M1	2.40	0.74	-4.25	2.74	-1.63
M2	1.47	-0.01	-0.08	-2.64	1.27
L	-5.90	-0.55	12.38	-5.69	0.69
XL	-5.32	-3.66	15.74	-4.87	-1.89
XXL	0.63	1.21	-9.69	-4.56	12.87

جدول ۵: بررسی میزان تأثیر فاکتور D_Type بر انحراف توزیع تلاش

D_Type	RA	AD	IM	TE	RE
Re Development (Re_DEV)	-3.64	-3.96	8.95	-4.96	3.59
Enhancement (Enhc)	-0.44	-0.12	2.20	-1.07	-0.58
New Development (New_DEV)	2.82	1.88	-10.67	5.40	0.56

در ادامه با بررسی تحقیقات به انجام رسیده در [۱۲] و [۱۴] به استخراج میزان تأثیر فاکتور Domain بر انحراف توزیع تلاش پرداخته‌ایم که خلاصه نتایج به دست آمده در قالب جدول زیر قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۶: بررسی میزان تأثیر فاکتور Domain بر انحراف توزیع تلاش

Domain	RA	AD	IM	TE & RE
Business	20.98	22.55	24.96	31.51
Command & Control	21.04	22.56	33.73	22.66
Communications	14.95	30.88	28.54	25.62
Control & Display	14.72	34.80	24.39	26.09
Mission Management	15.40	17.78	28.63	38.20
Mission Planning	17.63	12.54	44.32	25.60
Sensors Control and Processing	7.78	45.74	22.29	24.19
Simulation	10.71	39.11	30.80	19.38
Spacecraft Bus	33.04	20.66	30	16.30

مهم‌ترین مطالعات به انجام رسیده در زمینه شناخت و بررسی فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش پرداخته شده است.

جدول ۲: دسته‌بندی کارهای تحقیقی در بررسی فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش

داده‌های ارزیابی	فاکتورهای مورد بررسی	سال تحقیق	محقق
CSBSG	سایز و نوع توسعه نرم‌افزار	۲۰۰۸	Ye Yang [۵]
ISBSG	دامنه و سایز نرم‌افزار	۲۰۱۲	Thomas Tan [۱۲]
ISBSG	خطای نرم‌افزاری	۲۰۰۸	Qing Wang [۱۳]

۳- بررسی کاهش انحراف توزیع تلاش

در این بخش، با بررسی نتایج بدست آمده از مطالعات قبلی جهت آنالیز میزان تأثیر فاکتورهای مختلف از جمله سایز (Size)، نوع توسعه (D_Type: Development Type) و دامنه توسعه (Domain) بر انحراف توزیع تلاش و با اعمال کردن نتایج تحقیقات قبلی بر مجموعه داده‌های مورد ارزیابی در این تحقیق، به بررسی و استخراج میزان کاهش انحراف توزیع تلاش در این مجموعه داده‌ها پرداخته‌ایم. در بخش ۴ از نتایج این بخش، جهت بررسی میزان افزایش دقت تخمین تلاش که نتیجه کاهش انحراف توزیع تلاش می‌باشد استفاده نموده‌ایم. در جدول زیر به دسته‌بندی فازهای استفاده شده در این تحقیق که در بخش‌های آینده مورد استفاده قرار گرفته پرداخته شده است.

جدول ۳: دسته‌بندی فازهای تحقیق جهت توسعه نرم‌افزار

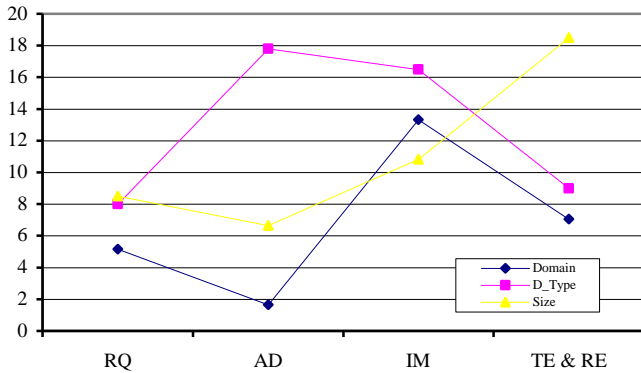
Phase	Activities
Requirement (RQ)	Requirement Analysis
Design(AD)	Product Design, Detailed Design
Code(IM)	Code, Unit test, Integration
Test(TE)	System test
Transition(RE)	Installation, Transition, Acceptance Test, User training, Support

۳-۱ فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش

در بررسی فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش در توسعه نرم‌افزاری، جهت فاکتور Size و D_Type از تحقیقات به انجام رسیده در [۵] و [۱۲] استفاده گردیده و میزان تأثیر این فاکتورها بر انحراف توزیع

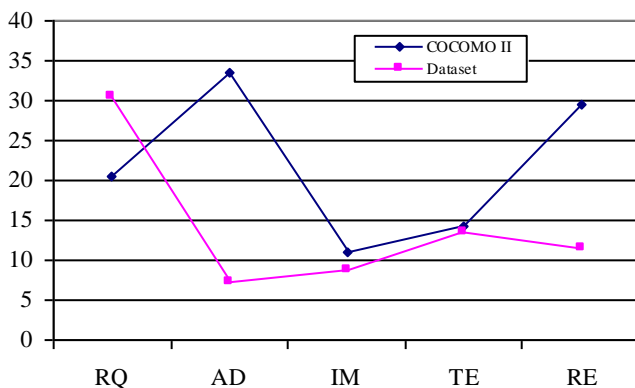
Factor	RQ	AD	IM	TE & RE
Domain	%5.16	%1.66	%13.33	%7.06
Size	%8.5	%6.66	%10.83	%18.5
D-Type	%8	%17.8	%16.5	%9

Weapons Delivery and Control	11.50	17.39	29.82	41.29
------------------------------	-------	-------	-------	-------



نمودار ۱: نتایج کاهش انحراف توزیع تلاش جهت فاکتورهای مورد ارزیابی در مجموعه داده‌های ISBSG

همانگونه که در نمودار بالا مشاهده می‌گردد، به عنوان نمونه، با در نظر رفتن فاکتور Size بیشترین میزان کاهش انحراف توزیع تلاش در فاز AD حاصل شده است. جهت بررسی میزان تأثیر فاکتورهای مورد بررسی، میانگین کاهش انحراف جهت مجموعه داده‌های استفاده شده، در مقایسه با مدل توزیع تلاش COCOMO II محاسبه گردیده است و در نمودار زیر قابل مشاهده می‌باشد.



نمودار ۲: میانگین کاهش انحراف توزیع تلاش در مجموعه داده‌های مورد ارزیابی در مقایسه با توزیع تلاش COCOMO II

همانگونه که در نمودار بالا قابل مشاهده است، به جز در فاز RQ در بقیه فازها اعمال فاکتورهای تأثیرگذار بر انحراف توزیع تلاش در توسعه

تمامی نتایج به دست آمده در جداول بالا در نهایت بر روی مجموعه داده‌های ISBSG مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند که نتایج ارزیابی در بخش ۲-۳ ارائه شده است. در جدول زیر مجموعه داده‌های استفاده شده جهت ارزیابی تحقیق ارائه شده است.

جدول ۷: مجموعه داده‌های ISBSG جهت ارزیابی تحقیق

P#	Domain	Size (KSLOC)	D_Type	RQ	AD	IM	TE & RE
A	Command & Control	14.82	New_DEV	%15	%22	%43	%21
B	Communications	127.5	New_DEV	%16	%29	%40	%15
C	Simulation	171	Re_DEV	%2	%37	%51.7	%8.1
E	NA	30	NA	%7	%8	%47	%38
F	NA	95	NA	%14	%6	%42	%38
J	NA	50	NA	%15	%9	%48	%28

۲-۳ ارزیابی مجموعه داده‌های تحقیق

در این بخش، با استفاده از نتایج به دست آمده در بخش قبل، به محاسبه میزان کاهش انحراف توزیع تلاش در مجموعه داده‌های ISBSG پرداخته‌ایم. نتایج به دست آمده حاکی از کاهش انحراف توزیع تلاش در پروژه‌های مورد ارزیابی، با استفاده از اعمال و در نظر گرفتن فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش می‌باشد. نتایج به دست آمده با نتایج مدل توزیع تلاش COCOMO II مقایسه گردیده است و همانگونه که در جدول و نمودار زیر مشاهده می‌گردد می‌توان با در نظر گرفتن فاکتورهایی از جمله سایز، دامنه و نوع توسعه نرم‌افزار، اقدام به توزیع تلاش با انحراف کمتر نسبت به توزیع تلاش COCOMO II نمود. نتایج به دست آمده جهت مجموعه داده‌های ISBSG در جدول و نمودار زیر قابل مشاهده می‌باشد.

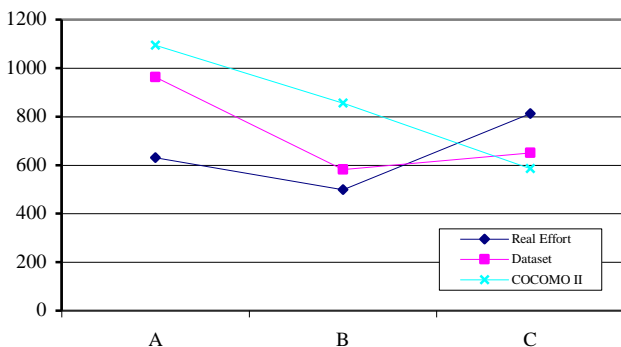
جدول ۸: نتایج کاهش انحراف توزیع تلاش جهت فاکتورهای مورد

ارزیابی در مجموعه داده‌های ISBSG

داده‌های ارزیابی که مازاد و یا کمتر از میزان تلاش تخمینی می‌باشد پرداخته شده است که در جدول ۹ قابل مشاهده می‌باشد. جهت بررسی افزایش دقت تخمین تلاش، به محاسبه میزان تخمین تلاش با اعمال فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش (Dataset)، در مقایسه با مدل تخمین تلاش COCOMO II و تلاش واقعی (Real Effort)، جهت سه پروژه از مجموعه داده‌های تحقیق پرداخته شده است. نتایج مقایسه میزان تخمین تلاش و میزان تفاوت این مقادیر در جدول و نمودار زیر قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۱۰: میزان تخمین تلاش در مجموعه داده‌های تحقیق در مقایسه با تخمین تلاش COCOMO II و تلاش واقعی

P#	Dataset(PM)	Real Effort(PM)	COCOMO II(PM)
A	962.9	631	1094.3
B	582.6	499	856.7
C	651.1	812.1	586.6



نمودار ۳: میزان تخمین تلاش در مجموعه داده‌های تحقیق در مقایسه با تخمین تلاش COCOMO II و تلاش واقعی

در بخش بعدی به آنالیز نتایج به دست آمده از این بخش پرداخته و میزان افزایش دقت تخمین تلاش با در نظر گرفتن فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش را بررسی نموده‌ایم.

۵- آنالیز نتایج

جهت بررسی افزایش دقت تخمین تلاش، به محاسبه دقت تخمین تلاش با اعمال فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش در مقایسه با عدم اعمال این فاکتورها پرداخته‌ایم. نتایج به دست آمده حاکی از افزایش دقت تخمین تلاش با استفاده از اعمال فاکتورهای مؤثر بر

محصول نرم‌افزاری، بطور میانگین باعث کاهش انحراف در توزیع تلاش به نسبت توزیع تلاش COCOMO II خواهد گردید. در بخش بعد با بررسی نتایج به دست آمده در این بخش به بررسی دلایل و میزان تأثیر انحراف توزیع تلاش بر دقت تخمین تلاش خواهیم پرداخت.

۴- بررسی افزایش دقت تخمین تلاش

در این بخش با بررسی و آنالیز نتایج به دست آمده از بخش قبلی، اقدام به بررسی میزان افزایش دقت تخمین تلاش با استفاده از کاهش انحراف توزیع تلاش پرداخته‌ایم. جهت بررسی میزان افزایش دقت حاصل شده در مجموعه داده‌های ارزیابی، در ابتدا فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش را در مجموعه داده‌های ISBSG اعمال و میزان کاهش انحراف در مجموعه داده‌های مورد ارزیابی را محاسبه نموده‌ایم. نتایج کاهش انحراف بدست آمده از ارزیابی به انجام رسیده در جدول زیر ارائه گردیده است.

جدول ۹: دسته‌بندی میزان انحراف توزیع تلاش در مجموعه داده‌های

ISBSG

Project	RQ	AD	IM	TE & RE
A	%-16	%-7.5	%13.55	%4
B	%1	%12	%13	%11
C	%-13.5	%50	%33	%12.5
E	%0.5	%8	%-23	%20.5
F	%-13	%9.5	%-7.5	%15.5
J	%-12	%-2.5	%2	%19.5

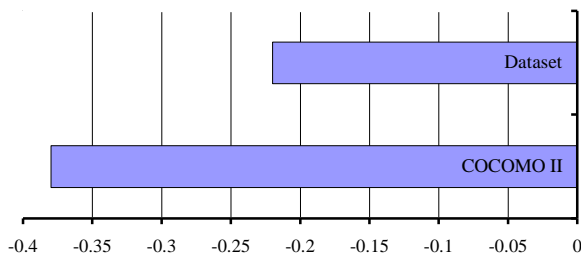
با توجه به داده‌های به دست آمده در جدول بالا و بررسی نتایج به دست آمده از این ارزیابی، به استخراج میزان دقت افزایش یافته در تخمین تلاش پرداخته‌ایم که افزایش دقت بر حسب درصد و به طور میانگین در بین تمامی فازهای توسعه نرم‌افزار محاسبه گردیده است. در ارزیابی میزان افزایش دقت تخمین تلاش، در ابتدا و طبق نتایج به دست آمده در بخش ۳-۲ به استخراج میزان کاهش انحراف به دست آمده در نتیجه اعمال فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش پرداخته‌ایم که نتایج به دست آمده توسط جدول و نمودار بخش ۳-۲ ارائه گردیده است. در ادامه به استخراج میزان انحراف توزیع تلاش جهت مجموعه

بررسی متریک MMRE (Mean Magnitude of Relative Error) پراکنش یافته شده است که نتایج بدست آمده در جدول و نمودار زیر ارائه گردیده است.

جدول ۱۲: بررسی MMRE در مجموعه داده‌های ارزیابی در مقایسه

با تخمین تلاش COCOMO II

تخمین تلاش	MMRE
Dataset	-0.22
COCOMO II	-0.38



نمودار ۵: بررسی MMRE در اعمال فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش در مقایسه با تخمین تلاش COCOMO II

MMRE به دست آمده در اعمال فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش (Dataset) به نسبت مدل تخمین تلاش COCOMO II، کمتر بوده و حاکی از افزایش دقت تخمین تلاش با استفاده از کاهش انحراف توزیع تلاش می‌باشد. با استفاده از نتایج آنالیز به دست آمده در این بخش، می‌توان به ارائه راهکارهای مدیریتی زیر جهت توزیع و تخمین تلاش در مدیریت توسعه نرم‌افزار اشاره نمود.

(۱) اگر تیم مدیریت پروژه با در نظر گرفتن فاکتورهای Size, D_Type و Domain اقدام به توزیع تلاش در فازهای توسعه محصول نرم‌افزاری نماید، می‌تواند باعث کاهش انحراف توزیع تلاش گردیده و از به وجود آمدن سربارهای مالی و زمانی در پروژه جلوگیری نماید.

(۲) استفاده از مدل‌های توزیع تلاش مانند COCOMO II با در نظر گرفتن فاکتورهای مؤثر در انحراف توزیع تلاش که در این تحقیق مطرح گردید، در نهایت می‌تواند باعث افزایش دقت تخمین تلاش در توسعه محصول نرم‌افزاری گردد و گام مهمی در مدیریت بهینه پروژه

انحراف توزیع تلاش می‌باشد. در این بخش جهت بررسی میزان دقت حاصل شده در مجموعه داده‌های ارزیابی، از متریک MRE (Magnitude of Relative Error) استفاده گردیده است. جهت سنجش میزان MRE، معادله زیر مورد استفاده قرار گرفته است [۱۵].

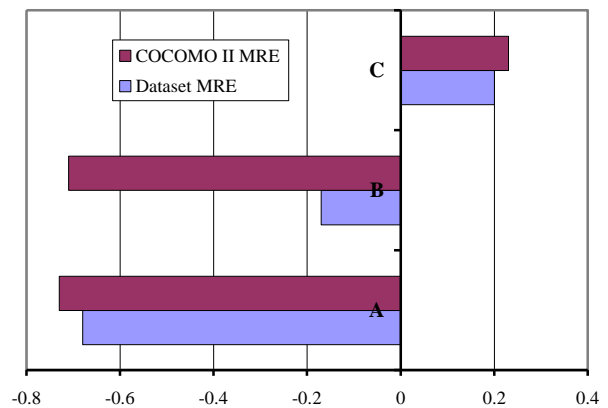
$$MRE = \frac{\text{Actual Effort} - \text{Predicted Effort}}{\text{Actual Effort}} \quad (1)$$

نتایج MRE به دست آمده از آنالیز مجموعه داده‌های ارزیابی (Dataset) در مقایسه با مدل تخمین تلاش COCOMO II در جدول و نمودار زیر دسته‌بندی گردیده است.

جدول ۱۱: بررسی MRE در مجموعه داده‌های ارزیابی در مقایسه با

مدل تخمین تلاش COCOMO II

Project	Dataset MRE	COCOMO II MRE
A	-0.68	-0.73
B	-0.17	-0.71
C	0.20	0.28



نمودار ۴: بررسی MRE در مجموعه داده‌های ارزیابی در مقایسه با

مدل تخمین تلاش COCOMO II

جهت بررسی نهایی دقت تخمین تلاش بدست آمده از کاهش انحراف توزیع تلاش در مقایسه با تخمین تلاش COCOMO II، در ادامه به

- [1] Menzies, T., Chen, Z., Hihn, J., Lum, K., **Selecting Best Practices For Effort Estimation**, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 32, No. 11, 2006.
- [2] Schach, S.R., **Object Oriented & Classical Software Engineering**, Seventh Edition, New York, Mc Graw Hill, 2007.
- [3] Boehm, B., Brown, A.W., Fakhrazadeh, C., **Mbase/RUP Phase And Activity Distributions (Presentation at COCOMO)**, International Forum 14 Technical Report, 90089, University of Southern California, Los Angeles, CA, 1999.
- [4] Heijstek, W., Chaudron, M.R., **Effort Distribution in Model-Based Development**, ACM, 978-1-59593-971, Kaiserslautern, Germany, 2008.
- [5] Yang, Y., Mei, H., Mingshu, L., Wang, Q., Boehm, B.W., **Phase Distribution of Software Development Effort**, ACM, 978-1-59593-971, 2008.
- [6] Hill, P., **Practical Project Estimation**, 2nd Edition. ISBSG, 2005.
- [7] Boehm, B., **Software Engineering Economics**, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1981.
- [8] Boehm, B., Abts, C., Brown, A., Chulani, C., Clark, Horowitz, K., **Software Cost Estimation With COCOMO II**, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 2000.
- [9] Kruchten, P., **A Brief History of The RUP Hump Chart**, Technical Report, University of British Columbia, 2003.
- [10] Putnam, L., Myers, W., **Measures for Excellence Yourdon Press Computing Series**, 1992.
- [11] SEER-SEM, <http://www.galorath.com/index.php>.
- [12] Tan, T., **Domain-Based Effort Distribution Model For Software Cost Estimation**, Phd Thesis, University of Southern California, 2012.
- [13] Wang, Q., Gou, L., Jiang, N., Che, M., **Estimating Fixing Effort and Schedule Based on Defect Injection Distribution**, Software Process Improvement And Practice, Wiley Inter Science, 13: 35-50, 2008.
- [14] Tan, T., Clark, B., **Technical Report of a New Taxonomy for Software Application Domains and Operating Environments**, USC, CSSE Technical Reports, 2011.
- [15] Cherng, J., Lin, Y., Tzeng, H., Wang, Y., **Using Computing Intelligence Techniques to Estimate Software Effort**, International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA), Vol.4, No.1, 2013.

نرم‌افزاری محسوب می‌گردد.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این کار تحقیقی، با بررسی فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش در توسعه محصول نرم‌افزاری، به استخراج میزان تأثیر این فاکتورها بر انحراف توزیع تلاش پرداخته‌ایم. با بررسی نتایج به دست آمده از میزان انحراف توزیع تلاش بر روی مجموعه داده‌های ارزیابی، به آنالیز میزان افزایش دقت تخمین تلاش حاصل از کاهش انحراف توزیع تلاش پرداخته شده است. جهت ارزیابی و آنالیز نتایج تحقیق از مجموعه داده‌های ISBSG استفاده نموده‌ایم. نتایج ارزیابی‌های به انجام رسیده در انحراف توزیع تلاش، حاکی از کاهش این انحراف در نتیجه اعمال فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش می‌باشد و کاهش انحراف توزیع تلاش می‌تواند گام مهمی در جلوگیری از ایجاد سربارهای مالی و زمانی در مدیریت توسعه محصول نرم‌افزاری محسوب گردد. ارزیابی‌های به انجام رسیده با استفاده از متریک‌های MRE و MMRE، نشان‌دهنده افزایش دقت تخمین تلاش با استفاده از کاهش انحراف توزیع تلاش در توسعه محصول نرم‌افزاری می‌باشد که این مسئله نیز می‌تواند گام مهمی در مدیریت بهینه توسعه محصول نرم‌افزاری محسوب گردد. از مهم‌ترین موارد پیشنهادی تحقیق می‌توان به بررسی مدل‌های پارامتری جهت اعمال فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش اشاره نمود. بررسی دیگر فاکتورهای مؤثر بر انحراف توزیع تلاش از جمله محیط تجاری و فرارزیت نیازمندی‌ها نیز جزو پیشنهادات تحقیق جهت مطالعات آینده محسوب می‌گردد.

مراجع