

مرور ادبیات و مقاله‌های مروری در مهندسی نرم‌افزار

^۱علیرضا خلیلیان، دانشجوی دکتری نرم‌افزار

^۲احمد براآنی دستجردی، دانشیار و رئیس دانشکده مهندسی کامپیوتر

^۳بهمن زمانی، استادیار

^{۱، ۲، ۳}گروه مهندسی نرم‌افزار، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه اصفهان

{^۱khalilian, ^۲ahmadb, ^۳zamani}@eng.ui.ac.ir

چکیده: معمولاً بهترین راه برای ورود به یک زمینه تحقیقی جدید یافتن یک مقاله مروری در آن حوزه است. مقاله‌های مروری اغلب تعداد زیادی از مقاله‌های گذشته را مورد بررسی قرار می‌دهند، خلاصه می‌کنند و مزایا و معایب آن‌ها را شناسایی می‌نمایند. حاصل این مرور هم دید جامعی به خواننده از کارهای انجام شده می‌دهد و هم کمک می‌کند سریعتر با این حوزه تحقیقاتی و کارهای مهم آن آشنا شود. ضمناً نویسنده می‌تواند کارهای گذشته را از نگاه جدیدی که قبلاً نبوده بررسی نماید و با تحلیل آن‌ها دسته‌بندی نوآورانه‌ای نیز ارائه کند، سیر تحقیقات گذشته را برجسته سازد و نیازهای تحقیقاتی را برای آینده پیشنهاد دهد. برای مرور کارهای گذشته می‌توان کاملاً سلیقه‌ای و بدون طرح و برنامه عمل کرد یا می‌توان روش نظام‌یافته‌ای را به کار برد. در حالت دوم نتایج مرور بی‌طرفانه، تکرارپذیر، قابل ارزیابی و قابل اعتماد خواهد شد. در این مقاله با تکیه بر مقالات صاحب‌نظران، انواع مرور، ویژگی‌ها و چگونگی انجام آن‌ها را بررسی می‌کنیم. هر چند که تعریف‌ها و بحث‌های این مقاله در محدوده مهندسی نرم‌افزار نوشته شده ولی کاملاً قابل استفاده در سایر زمینه‌های تحقیقاتی است.

۱-۱- انگیزه و مقدمه

مثالی را در نظر بگیرید: سال‌هاست که پس از ظهور برنامه‌های تحت وب روش‌های مختلفی برای آزمون این نوع برنامه‌ها پیشنهاد و بررسی شده‌اند (**مطالعه‌های اصلی**). تعداد مقالات و روش‌های پیشنهادی آن‌قدر زیاد شده است که هر محقق جدید ماه‌ها طول می‌کشد فقط فنون و مطالعه‌های موجود را بیابد و گذرا آن‌ها را مرور نماید. او نمی‌داند که تاکنون در سرتاسر دنیا برای آزمون برنامه‌های وب چه نوآوری‌هایی شده است. همچنین برایش دشوار است که بفهمد کاستی‌های فعلی چیست و تحقیقش را باید بر چه چیزی در آزمون وب متمرکز نماید. علاوه بر این‌ها شرکت‌های نرم‌افزاری که در زمینه توسعه برنامه‌های وب کار می‌کنند می‌خواهند از بهترین فنون موجود در مقیاس صنعتی بهره‌مند شوند. متأسفانه انبوه کارهای موجود با تنوع روش‌ها و درجه‌های مختلف اهمیت آن‌ها را سردرگم می‌نماید.

در اینجا یک فرد یا گروه متخصص که سال‌هاست در آزمون وب کار کرده و نوآوری‌های متعددی داشته و بر روند پیشرفت تحقیقات اشراف دارند اقدام به حل این مشکل می‌کنند. برای این منظور، آن‌ها تصمیم به مرور فنون و مطالعه‌های آزمون برنامه‌های وب می‌گیرند (**مطالعه ثانویه روی سؤال تحقیقی خاص**). آن‌ها تصمیم می‌گیرند طوری این مرور را انجام دهند که نظر و سلیقه

شخصی‌شان در گزارش نتایج دخالت نکند (**بی‌طرفانه و منصفانه**). همچنین می‌خواهند اگر شخص یا گروه دیگری خواست صحت کارشان را بررسی کند، روش کار را بدانند (**تکرار پذیر**). برای این منظور تصمیم می‌گیرند شرایط محدود کننده و مشخصی برای کارشان وضع کنند (**پروتکل**): مثلاً مشخص می‌کنند که در محدوده بین ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳ در کتابخانه‌های دیجیتالی Web و Web testing و IEE, ACM, ScienceDirect, Springer و Wiely با کلمه کلیدی application debugging جستجو کنند (**راهبرد جستجو**). همچنین قرارداد می‌کنند از آثار منتشره یافت شده فقط مقالات مجلات، آن‌هم مجلات ISI را بردارند که در سایت Scimago Journal & Country Rank نمایه می‌شوند (**معیار شمول و عدم شمول**). این کار باعث نظم در کارشان می‌گردد (**نظام یافته و سخت‌گیر**) و هیچ ابهامی هم وجود نخواهد داشت (**خوش تعریف**).

بعد از جمع‌آوری مقالات لازم، آن‌ها را تحلیل می‌کنند و در قالبی مشخص داخل مقاله مروری وارد می‌کنند. در مقاله راهبرد جستجو و روش کارشان را ذکر می‌نمایند (**مستندسازی**) و بعد از ارائه روش‌ها و بیان نقاط قوت و ضعف هر روش (**خلاصه‌سازی و تجمیع**)، دسته‌بندی نوآورانه‌ای نیز معرفی می‌کنند تا هم شامل کارهای مورد بررسی باشد و هم بتوان کارهای آتی را در آن جای داد (**چارچوب**). سپس از روند تحقیقات گذشته بحث می‌کنند و با ذکر صریح خلأهای تحقیقاتی موجود، پیشنهادهایی برای تحقیقاتی آتی ارائه می‌دهند. مقاله حاصل **مرور نظام یافته ادبیات** نامیده می‌شود که روی آزمون برنامه‌های وب انجام شده است [9].

اکنون مطالب و اصطلاحاتی که با مثال ذکر شد را فرمول‌بندی می‌کنیم: در کنفرانس ICSE04، **کیچن‌هام**^۱ و همکاران وی پیشنهاد کردند که بهتر است مهندسی نرم‌افزار از رویکرد «**مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر شاهد**»^۲ در امور تحقیقاتی و کاربردی مهندسی نرم‌افزار استفاده کنند. بر این اساس، مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر شاهد این چنین تعریف می‌شود:

«روشی است برای فراهم‌سازی وسیله‌ای که به کمک آن بتوان در فرایند تصمیم‌گیری برای توسعه و نگهداری نرم‌افزار، **بهترین شواهد و یافته‌های موجود تحقیقاتی** را با تجربه‌های عملی و ارزش‌های انسانی **تجمیع** نمود.»

¹ Kitchenham

² Evidence-based Software Engineering (EBSE)

در این حوزه، **شواهد** یعنی ترکیب مطالعه‌های علمی قبلی با بهترین کیفیت در مورد یک عنوان یا سؤال تحقیقی خاص. **مرور نظام‌یافته ادبیات**^۱ و **مطالعه نظام‌یافته نقشه‌برداری**^۲ دو روش برای ترکیب هستند که اولی روش اصلی به‌شمار می‌آید. به زبان ساده، انواع مرور باعث می‌شود در یک مقاله منفرد بهترین روش‌ها و مطالعه‌های انجام شده در یک زمینه تحقیقاتی را جمع‌آوری کنیم و از نتایج آن‌ها در صنعت و کاربردهای واقعی و نیز در شکل‌دهی سمت و سوی تحقیقاتی آتی بهره‌برداری نماییم.

۱-۲- تعاریف

مطالعه^۳: تحقیقی است که در آن فن یا متد جدیدی معرفی می‌شود و با بررسی‌های تجربی، عملکرد فن جدید روی نمونه‌های آزمایشگاهی یا واقعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. گاهی مطالعه به بررسی گسترده عملکرد یک فن موجود روی نمونه‌های بیشتر از جنبه‌های مختلف می‌پردازد. **مطالعه اصلی**^۴: مطالعه تجربی است که سؤال تحقیقی خاصی را مورد بررسی قرار می‌دهد. مثلاً مطالعه‌ای که در آن روشی برای تولید آزمایش‌ها پیشنهاد می‌شود.

مطالعه ثانویه^۵: مطالعه‌ایست که همه مطالعه‌های اصلی را در ارتباط با سؤال تحقیقی خاصی مرور می‌کند. هدف این مطالعه تجمیع و ترکیب شواهد یافته شده در رابطه با سؤال تحقیقی خاصی است؛ مثلاً مطالعه‌ای که هدفش مرور انواع مطالعه‌هایی است که روشی برای تولید آزمایش‌های لازم پیشنهاد داده‌اند مثل [7]؛ یا مطالعه‌ای که انواع متدولوژی‌های شی‌گرایی توسعه نرم‌افزار را از نگاه فرایندی مورد بررسی قرار داده است مثل [6]. فراتحلیل و تحلیل حساسیت از کارهای جنبی است که در مطالعه‌های ثانویه رایج است.

مطالعه ثالث^۶: مروری است که روی مطالعه‌های ثانویه در ارتباط به همان سؤال تحقیقی صورت می‌گیرد. برای نمونه [1] مطالعه‌ای است که مقاله‌های مروری سال‌های گذشته را مرور می‌کند. **مرور نظام‌یافته ادبیات**: نوعی مطالعه ثانویه است که با استفاده از یک **متدولوژی سخت‌گیر** و **خوش‌تعریف** همه شواهد موجود در ارتباط با سؤال تحقیقی خاصی را شناسایی، تحلیل و تفسیر

¹ Systematic Literature Review (SLR)

² Systematic Mapping Study (SMS)

³ Study

⁴ Primary

⁵ Secondary

⁶ Tertiary

می‌نماید؛ روش کار طوری است نتایج حاصل **نااریب^۱** و **تا حدودی تکرارپذیر** باشد؛ مثل [8].
پروتکل مرور نظام‌یافته: طرحی است که روش ترتیب‌دهی مرور نظام‌یافته ادبیات را توصیف می‌کند. راه‌برد جستجو، محدوده تاریخی، معیارهای شمول و عدم شمول، کتابخانه‌های مورد جستجو، نوع کنفرانس‌ها یا مجلات انتخابی و موارد مشابه در زمره پروتکل هستند.
مطالعه نظام‌یافته نقشه‌برداری (مطالعه محدوده‌بندی^۲): نوعی مطالعه ثانویه است و مرور وسیع که روی مطالعه‌های اصلی در عنوان تحقیقی خاصی صورت می‌گیرد و هدفش شناسایی شواهدی است که برای این عنوان تحقیقی وجود دارد؛ مثل [5].
فراتحلیل^۳: نوعی مطالعه ثانویه است که ترکیب تحقیقات بر اساس روش‌های کمی آماری صورت می‌گیرد.

تحلیل حساسیت: روال تحلیلی است که هدفش سنجش نتایج مرور نظام‌یافته ادبیات یا فراتحلیل است که آیا بیش از حد تحت تأثیر تعداد اندکی از مطالعه‌ها قرار گرفته است یا خیر. روش‌های تحلیل حساسیت تأثیر مطالعه‌های نافذ (مثلاً مطالعه‌های وسیع یا مطالعه‌هایی که نتایج غیرعادی دارند) را مورد سنجش قرار می‌دهند تا اطمینان حاصل کنند که کل نتایج مرور نظام-یافته با حذف مطالعه‌های کم کیفیت (یا با کیفیت) یا تحلیل جداگانه، تغییر نمی‌کند.

۱-۳- تفاوت مرور نظام‌یافته ادبیات و مطالعه نظام‌یافته نقشه‌برداری

مرور نظام‌یافته ادبیات (م.ن.ا) و مطالعه نظام‌یافته نقشه‌برداری (م.ن.ن) از پنج جهت با هم تفاوت دارند:

الف) سؤال تحقیق: سؤال تحقیق م.ن.ا خاص و مرتبط به خروجی‌های مطالعه‌های تجربی است ولی سؤال‌های تحقیق م.ن.ن عمومی و مربوط به روند تحقیقاتی است.

ب) فرایند جستجو: برای م.ن.ا سؤال تحقیق فرایند جستجو را تعیین می‌کند درحالی‌که موضوع تحقیقاتی فرایند جستجو را برای م.ن.ن تعیین می‌نمایند.

ج) نیازمندی‌های راه‌برد جستجو: برای م.ن.ا به‌شدت دقیق و سخت‌گیرانه هستند ولی شدت سخت‌گیری و دقت برای م.ن.ن کمتر است. در م.ن.ا همه مطالعه‌های قبلی باید پیدا شوند.

¹ Unbiased

² Scoping

³ Meta-analysis

د) **ارزیابی کیفی:** برای م.ن.ا مهم و حیاتی است ولی برای م.ن.ن ضروری نیست.

ه) **نتایج:** نتایج م.ن.ا پاسخ به سؤال‌های خاص تحقیقی است درحالیکه نتایج م.ن.ن دسته‌بندی مقاله‌های مرتبط به موضوع تحقیقاتی است.

۱-۴- اهمیت و دلایل انجام مرور نظام‌یافته ادبیات

اغلب فعالیت‌های تحقیقی با نوعی از مرور ادبیات شروع می‌شود. اما اگر چنین مروری منصفانه و جامع نباشد ارزش علمی چندانی ندارد. مرور نظام‌یافته مبنایی برای برآوردن این نیاز است. مرور نظام‌یافته به‌طرز منصفانه و بی‌طرفانه کارهای موجود را ترکیب و جمع‌بندی می‌کند. مثلاً مرور نظام‌یافته باید مطابق با یک راه‌برد جستجوی از پیش تعریف شده صورت گیرد و راه‌برد جستجو باید طوری باشد که بتوان تمامیت و کامل بودن جستجو را مورد سنجش قرار داد. مهمترین دلایل انجام مرور نظام‌یافته ادبیات عبارتند از:

الف) **خلاصه‌سازی** شواهد موجود در رابطه با یک فناوری یا عملیات

ب) شناسایی **خلاهای تحقیقاتی** موجود در جهت پیشنهاد زمینه‌هایی برای تحقیقات آتی

ج) فراهم‌سازی **چارچوب** یا **پیش‌زمینه‌ای** برای قرار دادن تحقیقات جدید در مکان مناسب

۱-۵- ویژگی‌های مرور نظام‌یافته ادبیات

الف) شروع تحقیق با تعریف **پروتکل** مروری مشخص که سؤال تحقیق و روش اجرای مرور را مشخص می‌سازد.

ب) استفاده از **راه‌برد جستجوی** تعریف شده برای شناسایی همه تحقیقات مرتبط

ج) **مستندسازی راه‌برد جستجو** (مثل کلمات کلیدی مورد استفاده در جستجو، محدوده تاریخی، کتابخانه‌های مورد استفاده، کنفرانس‌ها و مجلات هدف، محققین مورد نظر و غیره) تا خوانندگان بتوانند تکرارپذیری، تمامیت و درجه دقت و سخت‌گیری آنرا بسنجند؛ توجه کنید که معمولاً تکرار نتایج جستجو در کتابخانه‌های دیجیتال دشوار است.

د) در مرور نظام‌یافته باید **معیارهای شمول و عدم شمول** به‌دقت تعریف شوند تا بتوان نوع و کیفیت مقاله انتخابی و مطالعه‌های دخیل در مرور را مورد سنجش قرار داد.

ه) در مرور نظام‌یافته باید **اطلاعات استخراج شده** از هر مطالعه اصلی را مشخص کرد و نیز معیاری کیفی را که برای ارزیابی مطالعه‌های اصلی به‌کار می‌روند را نیز به صراحت تعریف کرد.

و) مرور نظام‌یافته پیش‌نیاز فراتحلیل کمی است.

۱-۶- مزایا و معایب مرور نظام‌یافته ادبیات

عمده‌ترین ایراد مرور نظام‌یافته ادبیات این است که نیاز به فعالیت‌های تحقیقی گسترده‌ای دارد ولی دست‌کم سه مزیت برای آن می‌توان نام برد:

الف) متدولوژی سخت‌گیرانه و خوش تعریف باعث می‌شود که احتمال سوگیری نتایج حاصل از بررسی ادبیات کم شود.

ب) اطلاعات مناسبی در مورد تأثیر پدیده‌های گوناگون در محدوده وسیعی از روش‌های تجربی و تنظیمات مختلف حاصل می‌شود. اگر نتایج حاصل از همه مطالعه‌ها سازگار باشند، مرور نظام‌یافته بر استحکام پدیده مشاهده شده دلالت خواهد کرد. اما اگر نتایج ناسازگار باشند، لازم است منشأ تغییرات را مورد مطالعه قرار دهند.

ج) اگر با مطالعه‌های کمی سروکار داشته باشیم، فراتحلیل امکان ترکیب داده‌ها را میسر می‌سازد. این کار احتمال کشف تأثیرات واقعی که مطالعه‌های کوچکتر قادر به کشف آن‌ها نیستند را بالا می‌برد.

مراجع

- [1] Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1), 7-15.
- [2] Zhang, H., & Babar, M. A. (2013). Systematic reviews in software engineering: An empirical investigation. *Information and Software Technology*, 55(7), 1341-1354.
- [3] Dyba, T., Kitchenham, B. A., & Jorgensen, M. (2005). Evidence-based software engineering for practitioners. *IEEE software*, 22(1), 58-65.
- [4] Kitchenham, B. A., Budgen, D., & Brereton, P. (2010, April). The value of mapping studies: a participantobserver case study. In *International Conference On Evaluation And Assessment In Software Engineering* (Vol. 14).
- [5] Catal, C., & Mishra, D. (2013). Test case prioritization: a systematic mapping study. *Software Quality Journal*, 21(3), 445-478.
- [6] Ramsin, R., & Paige, R. F. (2008). Process-centered review of object oriented software development methodologies. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 40(1), 3.
- [7] Anand, S., Burke, E. K., Chen, T. Y., Clark, J., Cohen, M. B., Grieskamp, W., ... & McMinn, P. (2013). An orchestrated survey of methodologies for automated software test case generation. *Journal of Systems and Software*, 86(8), 1978-2001.
- [8] Yoo, S., & Harman, M. (2012). Regression testing minimization, selection and prioritization: a survey. *Software Testing, Verification and Reliability*, 22(2), 67-120.
- [9] Li, Y. F., Das, P. K., & Dowe, D. L. (2014). Two decades of Web application testing—A survey of recent advances. *Information Systems*, 43, 20-54.