

«چالش‌های اساسی در مهندسی مدل‌رانده: تحلیلی بر جدیدترین پژوهش‌های انجام شده»

ترجمه و خلاصه‌سازی مقاله: دکتر بهمن زمانی، ۵ بهمن ۱۳۹۸

گروه پژوهشی مهندسی نرم‌افزار مدل‌رانده دانشگاه اصفهان

مشخصات مقاله:

Antonio Bucchiarone, Jordi Cabot, Richard F. Paige, Alfonso Pierantonio. *Grand challenges in model-driven engineering: an analysis of the state of the research*, *Software and System Modeling*, 19(1), pp. 5-13, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10270-019-00773-6>

چکیده

در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ دو رویداد علمی در آلمان و ایتالیا برگزار شد که هدفشان تحلیل برترین و شناخته شده‌ترین کارهای تحقیقاتی و صنعتی در حوزه مهندسی مدل‌رانده بوده است. در این دو رویداد، متخصصانی از دانشگاه و صنعت و نیز از جامعه متن‌باز گرد هم آمدند تا تغییراتی که در طی ده سال گذشته در حوزه مدل‌رانده اتفاق افتاده را بررسی و ارزیابی کنند و ببینند چه چالش‌هایی هنوز باقی‌مانده و چه چالش‌های جدیدی ظهور کرده است. این مقاله نتایج این دو نشست را گزارش کرده و مجموعه‌ای از چالش‌های مطرح (اساسی) که از این بحث‌ها و تحلیل‌ها به دست آمده را معرفی می‌نماید. این چالش‌ها می‌توانند منشاء شروع کارهای تحقیقاتی برای جامعه مدل‌رانده باشند.

۱_مقدمه

فیلد مهندسی مدل‌رانده از دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی، که کار روی یوآمال شروع شد، تاکنون به‌طور قابل ملاحظه‌ای تکامل یافته است. مهندسی مدل‌رانده سهم مؤثری در تجرید و خودکارسازی در همه زمینه‌های تحلیل و توسعه‌ی نرم‌افزار داشته است. ولی، همین موفقیت باعث افزایش تقاضا برای ابزارهای بهتر، نظریه‌های قوی‌تر، و آگاهی بیش‌تر با این حوزه شده است. چالش‌های این حوزه در مجامع مختلف علمی به بحث گذاشته شده و در مقالات مختلفی منتشر شده است.

در دو رویداد علمی که در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ در آلمان و ایتالیا برگزار گردید، متخصصانی از صنعت و دانشگاه یافته‌های قبلی را مورد بحث و بررسی قرار دادند. در این مقاله، به بحث و بررسی روی مباحث مطرح شده در این دو رویداد پرداخته‌ایم و با بررسی این بحث‌ها، چالش‌های مطرح شده را به شکلی که بعدتر خواهید دید تقسیم‌بندی می‌کنیم.

۲_تحلیل چالش‌های گذشته

۲_۱_چالش‌های قبل از سال ۲۰۰۷

از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۷ دوران حاکمیت زبان‌های مدل‌سازی بود. هم‌چنین تمرکز در حوزه مدل‌رانده روی تولید کد بود و تحقیقات زیادی روی زبان‌های تبدیل مدل به متن صورت گرفت. استانداردهایی هم انجام شد مثل MOF, MDA, QVT, OCL. همین کارها زمینه را برای توسعه‌ی ابزارهای مدل‌سازی و مدیریت مدل فراهم نمود.

۲-۲_ چالش های از ۲۰۰۷ تاکنون

- کارهای مطالعاتی که اخیراً انجام شده است، چالش‌هایی را برای حوزه مدل‌راندن شناسایی کرده‌اند که در زیر خلاصه شده‌اند.
- مهندسی زبان: در این بخش موضوع تعریف نحو انتزاعی و نحو عینی و معنای زبان‌ها مطرح است، و این‌که چگونه این‌ها طی یک فرآیند مهندسی انجام شود.
 - میزکارهای (ورک‌بنچ) زبان: ابزارهای تعریف و ساخت زبان‌های مدل‌سازی خاص دامنه و محیط‌های یکپارچه توسعه در این حوزه هستند، مثلاً Xtext, Kermeta.
 - مدیریت مدل: بحث‌هایی مثل مقایسه مدل‌ها و ادغام مدل‌ها و نیز کارهای عملی مانند اپسیلون در این بخش انجام شده‌اند.
 - تحلیل مدل: کارهایی مثل تحلیل درستی یا کارآیی مدل‌ها در این دسته‌اند.
 - مدل‌ها در زمان اجرا: بحث اجرای مدل‌ها این‌جا مطرح است.
 - مخزن مدل: این‌که بتوان مدل‌ها و تبدیل‌های زیادی را در جایی ذخیره کرد، چه برای استفاده‌های تحقیقاتی و چه برای استفاده‌های عملی همیشه یک نیاز بوده است.
 - مقیاس‌پذیری: کارکردن با مدل‌هایی با اندازه‌های بزرگ، متامدل‌های بزرگ، و یا تبدیل‌های بزرگ نیز همواره جزو چالش‌های این حوزه بوده است.
- تحقیقات خیلی خوبی برای پاسخ به چالش‌های فوق انجام شده‌اند، با این حال این زمینه‌ها موضوع بحث دو نشست در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ بودند که نتایج این بحث‌ها در بخش‌های بعدی جمع‌بندی و ارائه شده است.

۳_ چالش‌های فنی

با توجه به بحث‌هایی که ما روی چالش‌های فنی داشتیم، این چالش‌ها را به سه دسته‌ی **پایه**، **دامنه** و **ابزار** تقسیم می‌کنیم، گرچه مرزبندی‌مان خیلی خشک نیست، و یک چالش ممکن است در چند دسته قرار بگیرد. ضمناً ما معتقدیم که گرچه فعلاً اکثر چالش‌ها تکنیکی (فنی) هستند، ولی به مرور چالش‌های **اجتماعی و افراد** هم مطرح خواهند شد^۱.

۳-۱_ چالش‌های پایه

تمام چالش‌هایی که جنبه‌ی مفهومی و تئوری دارند، و هر کدام از مراحل توسعه نرم‌افزار (مدل‌سازی، توسعه، اجرا و نگهداشت) را دربر می‌گیرند، در این دسته قرار می‌گیرند. بحث استفاده از مدل‌ها در تولید سیستم و **چابکی** در به‌کارگیری روش‌ها (چابکی در مهندسی مدل‌راندن) هم این‌جا مطرح است، چون عملاً تغییر در نرم‌افزار همیشه وجود دارد (همه‌جا حاضر است) و باید سریع اعمال شود.

بحث **عدم قطعیت** در طراحی مدل برای محیط‌های باز (مثلاً شهر هوشمند، کارخانه هوشمند، ...)، مدل‌های متنوع و ارتباط آن‌ها با یکدیگر و موارد مشابه، نیز موضوع مهمی است.

نهایتاً ما مجبوریم برای سیستم‌های پیچیده از تکنیک‌های آماده‌ی هوش مصنوعی هم استفاده کنیم و به‌عبارتی **هوشمندسازی** داشته باشیم. در نقطه مقابل تکنیک‌های مهندسی مدل‌راندن هم می‌توانند در بهبود تکنیک‌های هوشمندسازی، اعم از هوش مصنوعی و یادگیری

^۱ با توجه به نکاتی که در ترجمه واژگان تخصصی وجود دارد، نظر خوانندگان محترم را به فهرست واژگان در انتهای این متن جلب می‌نمایم.

ماشین استفاده شوند. برای ساده تر کردن استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین (که الان نیاز به تخصص دارد) می‌توان از مهندسی مدل‌رانده بهره برد.

استفاده‌پذیری (قابلیت استفاده) تکنیک‌های تبدیل مدل باید بهبود یابد. زبان‌های تبدیل مدل فعلی قوی هستند ولی توسط صنعت خیلی استفاده نمی‌شوند چون استفاده از آن‌ها سخت است (مثلاً در مقایسه با زبان جاوا). مباحث زیادی در این جا هست که ضعف زبان‌های تبدیل به حساب می‌آید، مثل عدم حمایت از موازی‌سازی، توزیع‌شدگی یا همکاری. یکی از بحث‌های مهم، بحث **دوسویگی** و تبدیل‌های دو سویه است که برای حفظ سازگاری دو مدل لازم است.

۲-۳_ چالش‌های دامنه

این زمینه به ماهیت دامنه‌ی کاربردی که مهندسی مدل‌رانده برای آن استفاده شده است برمی‌گردد. دامنه‌های کاربردی مثل خودروسازی، هوافضا، سلامت... که در همه این دامنه‌ها جنبه‌هایی چون **امنیت**، **ایمنی** و **محرمانگی** مطرح است. در همه این موارد، مدل‌سازی موردی برای **اطمینان** (منظور اطمینان از کیفیت است) مطرح است. وقتی سیستم **پیچیده** بشود، بحث‌هایی فنی-اجتماعی هم بیشتر مطرح می‌شوند، به خصوص این‌که این سیستم‌ها از مصنوعات **ناهمگونی** تشکیل شده‌اند. مثلاً به چارچوبی برای یکپارچه‌سازی داده‌های دریافتی از سنسورها، داده‌های باز، قوانین، مقررات، ترجیحات کاربر و... لازم است یعنی همان **یکپارچه‌سازی فنی اجتماعی**.

نهایتاً بحث اینترنت اشیا مطرح است و پاسخ به این سوال مهم است که «آیا مهندسی مدل‌رانده می‌تواند در آینده‌ی اینترنت اشیا نقش کلیدی ایفاء نماید؟» در مواردی چون شهر هوشمند، چون جنبه‌های مختلفی مطرح است، بحث **جداسازی دغدغه‌ها** مطرح است که مهندسی مدل‌رانده قطعاً می‌تواند کمک کند. و البته بحث **تطابق** و **یکپارچه‌سازی مداوم** این دیدهای مختلف هم مهم است. بحث مدل‌سازی از جنبه‌های مختلف، ایده‌ی مگامدل را پیشنهاد می‌کند. در این راستا، در دهه‌ی گذشته شاخه‌های علمی جدیدی مثل سیستم‌های سایبر فیزیکال مطرح شده‌اند.

۳-۳_ چالش‌های ابزار و پیاده‌سازی

نداشتن ابزار مناسب همیشه به‌عنوان یکی از ضعف‌ها و دلایل عدم پذیرش روش‌های مدل‌رانده شناخته شده است. کارهای خوبی روی ساخت ابزارهای گرافیکی مدل‌سازی شده است. ولی، یکی از کارهایی که باید انجام شود تحقیق روی درک و فهم اصول ساخت یک ابزار مدل‌سازی (به‌خصوص از نوع گرافیکی) است، که این ابزارها برای ساخت سیستم‌های پیچیده هم بتوانند استفاده شوند. به‌عبارتی یک چارچوب **بصری‌سازی** که بتوان به کمک آن سنجید آیا یک زبان مدل‌سازی ساخته شده نقصان‌هایی دارد یا خیر!

نکته دیگر این است که بتوان یک سیستم پیچیده را از جهات مختلف (دیدهای ناهمگون) مدل‌سازی کرد و بعد آن دیدها را یکپارچه نمود. این را می‌توان به‌عنوان **تنوع‌پذیری** در نظر گرفت^۲. بحث **ردیابی‌پذیری** بین نسخه‌ها و دیدهای مختلف از یک سیستم مهم است، و نیز ردیابی‌پذیری از نیازمندی‌ها تا طراحی و تا پیاده‌سازی. بحث مدل‌سازی **همکارانه** توسط چند نفر مطرح است. بحث استفاده از مدل در مراحل مختلف ساخت سیستم از نیازمندی‌ها گرفته تا تست مطرح است. این‌که نمادگان قابل فهم یا **قابل خواندن برای انسان** استفاده شود در همین جا اهمیتش مشخص می‌شود.

^۲ این جمله برداشت مترجم است و در مقاله اصلی کلمه تنوع‌پذیری در متن موجود نیست و تنها در شکل آمده است.

از مشکلات اصلی مطرح شده در سال‌های اخیر، بحث **مقیاس‌پذیری** است، مثلاً نمی‌توان فقط برای پروژه‌های کوچک کار می‌کند. این بحث فقط مختص اندازه مدل‌ها نیست بلکه تنوع مدل‌ها، متامدل‌ها، تبدیل‌ها، و وابستگی بین این‌ها هم مطرح است. بزرگی خود تبدیل، همراه با اجرای تبدیل روی مدل‌های بزرگ مطرح است. موضوع اجرای افزایشی تبدیل‌ها همین جاست. در کل موضوع **تبدیل** در بخش ابزارها جایگاه ویژه‌ای دارد.

موضوع لزوم ساخت چارچوب‌هایی که بتوان مدل‌های اجرایی را ساده‌تر تولید کرد نیز مطرح است. یا حتی ابزارهایی برای **تحلیل** مدل‌های اجرایی. در این‌که ابزارهای ساخته‌شده باید از **استحکام** لازم برخوردار باشند نیز همه حضار اتفاق نظر داشتند.

بحث **همگام‌سازی** و مدیریت **سازگاری** در مدل‌ها هم مطرح است، به‌خصوص ناسازگاری بین ابزارهای مختلف. همین‌جا می‌توان ایده‌ی زنجیروارسازی تبدیل‌ها را مطرح کرد (مانند ایده ساخت توابع پیچیده از توابع ساده).

از هوش مصنوعی می‌توان برای هوشمندتر کردن ابزارها و خودآگاه کردن‌شان (**خود تشریحی**) هم استفاده کرد. مثلاً تکمیل خودکار بخشی از مدل توسط ابزار انجام شود.

۴- چالش‌های اجتماعی و افراد

در بحث‌ها به این نتیجه رسیدیم که اگر تکنولوژی بخواهد فراگیر شده و مورد استفاده قرار گیرد لازم است جنبه‌های اجتماعی و افراد آن هم بررسی شود.

۴-۱- جنبه‌های اجتماعی

مهندسی مدل‌رانده باید به افراد غیرفنی این امکان را بدهد که برای دامنه مد نظرشان ابزارهای مورد نیازشان را بسازند (**مدل‌سازی توسط مردم، برای مردم**). گرچه این یکی از وعده‌های مهندسی مدل‌رانده بوده است، ولی هنوز عملاً سخت است. شاید یکی از راه‌حل‌ها به‌کارگیری روش **مدل‌سازی بر پایه مثال** باشد. یعنی به‌جای شروع از صفر، کاربر بتواند از مدل‌های موجود کمک بگیرد.

بحث دیگر بحث مالکیت فکری محصولات یا **رازداری** (کانفیدنشالیته) است، به‌خصوص وقتی کارهای اشتراکی یا به‌عبارتی **هم‌مهندسی** انجام می‌شود. شاید راه‌حلی مثل نهم‌نگاری یا رمزگذاری مدل‌ها راه‌چاره باشد.

یک بحث شدید دیگر که بین اعضاء در گرفت، بحث خاص دامنه کردن خود مهندسی مدل‌رانده بود. یعنی شاید در آینده مجبور باشیم بگوییم «مهندسی مدل‌رانده برای امور مالی»، «مهندسی مدل‌رانده برای بانک‌داری» و مثال‌هایی از این دست. هر دامنه ممکن است راه‌حل‌های خاص خودش را داشته باشد.

۴-۲- جنبه‌های افراد

این نکته هم بسیار مورد بحث قرار گرفت که آیا این اعضاء جامعه مدل‌رانده هستند که کم‌کاری کرده‌اند و نتوانسته‌اند این فیلد را به بهره‌برداران بشناسانند؟ جدای بحث این‌که آیا افراد مقصرونند یا کل جامعه، همه اعضاء موافق بودند که باید بیشتر تبلیغ این فیلد را کرد. همچنین ما نیاز به مخازن بزرگی از مدل‌های با کیفیت داریم. یعنی مدل‌هایی که اعضاء جامعه آن‌ها را به‌عنوان مدل‌های درست برچسب زده باشند. لذا **اطمینان از کیفیت** مدل‌ها مطرح است و علاوه بر آن، ما باید از **نماینده بودن** مدل‌ها هم مطمئن باشیم. یعنی مدل‌ها همه چیزهای لازم را داشته باشند، مثلاً قیود معنایی (چیزی که اکثر مدل‌های موجود ندارند).

بحث دیگر روش آموزش مدل‌رانده به دانشجویان این حوزه بود. این‌که شاید بهتر است قبل از آموزش چگونگی ساخت ابزار، آموزش استفاده از ابزار به ایشان ارائه شود. برای این کار نیاز به تدارک زیرساخت‌های مناسب **اشتراکی** است، مثلاً مخازن مدل که هم **باز تولید پذیر** و هم **باز استفاده پذیر** و هم **آموزش پذیر** باشند می‌باشد.

۵_ بحث

اگر بخواهیم بحث فوق را جمع بندی کنیم، شکل ۱ دسته‌بندی چالش‌های مطرح شده در دو نشست گفته‌شده را نشان می‌دهد. در شکل به‌نوعی تقدم و تأخر مشاهده می‌شود. مثلاً چالش‌های پایه قبل از چالش‌های دامنه و ابزار نمایان شدند.

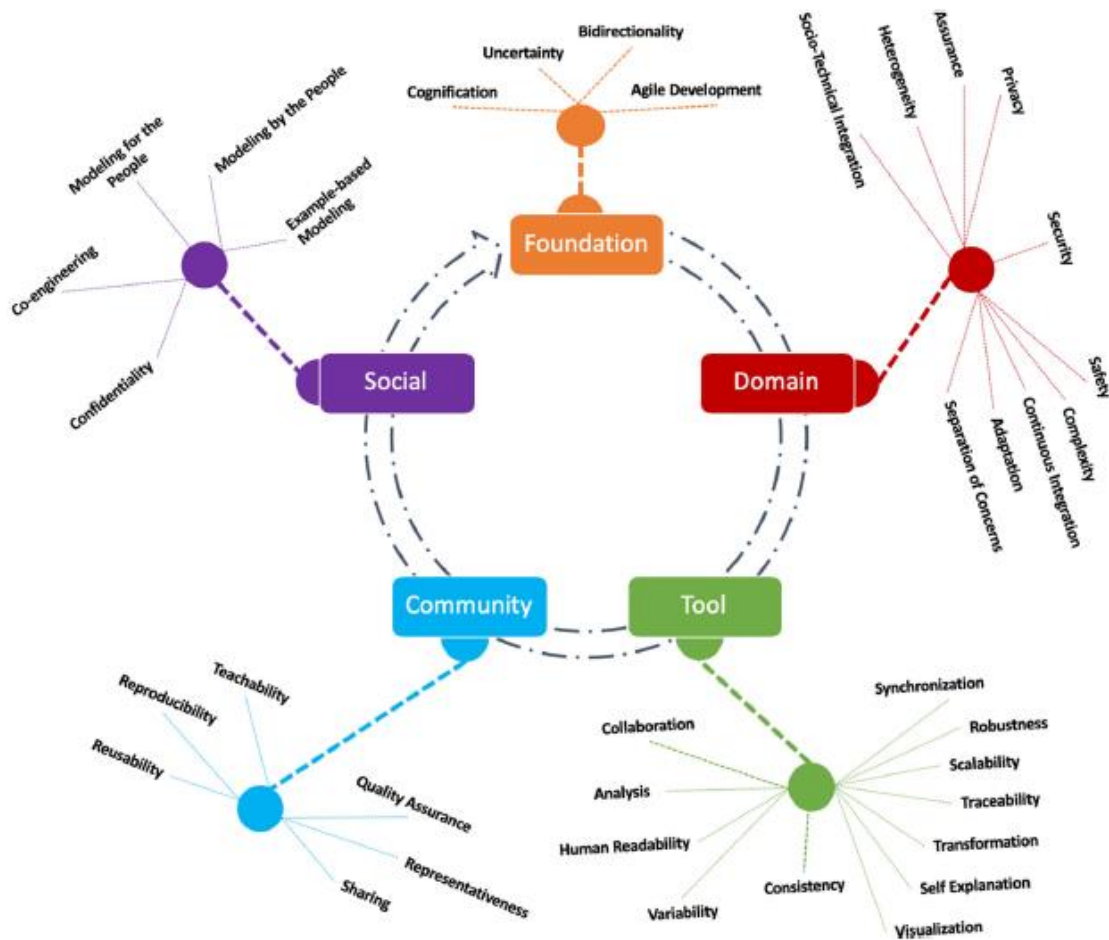


Fig. 1 Challenges classification

۶_ نتیجه گیری

در این مقاله چالش‌های اساسی حوزه مهندسی مدل‌رانده ارائه گردید که در دو جلسه تخصصی در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ شناسایی و مورد بحث قرار گرفته بودند. این چالش‌ها دسته‌بندی گردید و امید است مسیر تحقیقات آینده در این حوزه را مشخص نمایند. امید است در آینده بتوانیم برگشته و به این لیست نگاهی بیندازیم و بسیاری از آن‌ها را از لیست چالش‌ها خط بزنیم.

Agile Development	توسعه‌ی چابک	Quality Assurance	اطمینان از کیفیت
Analysis	تحلیل	Representativeness	نماینده بودن
Assurance	اطمینان	Reproducibility	باز تولید پذیری
Adaptation	تطابق	Reusability	باز استفاده پذیری
Bidirectionality	دوسوییگی	Robustness	استحکام
Co-engineering	هم‌مهندسی	Safety	ایمنی
Cognification	هوشمندسازی	Scalability	مقیاس پذیری
Collaboration	همکاری	Security	امنیت
Community	افراد	Self-Explanation	خود تشریحی
Complexity	پیچیده	Separation of Concerns	جداسازی دغدغه‌ها
Confidentiality	رازداری	Sharing	اشتراکی
Consistency	سازگاری	Social	اجتماعی
Continuous Integration	یکپارچه‌سازی مداوم	Socio-Technical Integration	یکپارچه‌سازی فنی اجتماعی
Domain	دامنه	Synchronization	همگام‌سازی
Example-based Modelling	مدل‌سازی برپایه‌ی مثال	Teachability	آموزش‌پذیری
Foundation	پایه	Tool	ابزار
Heterogeneity	ناهمگونی	Traceability	ردیابی‌پذیری
Human Readability	قابل خواندن برای انسان	Transformation	تبدیل
Modelling by the People	مدل‌سازی توسط مردم	Uncertainty	عدم قطعیت
Modelling for the People	مدل‌سازی برای مردم	Variability	تنوع‌پذیری
Privacy	محرمانگی	Visualization	بصری‌سازی