

SUGESTÃO DE FUNÇÕES-OBJETIVO BASEADA EM LLM PARA O PROJETO DE ARQUITETURAS DE LINHAS DE PRODUTO BASEADO EM BUSCA

Murilo Boccardo (PIC/UEM), Aline Maria Malachini Miotto Amaral (Orientadora). E-mail: ammmamaral@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra / Metodologia e Técnicas de Computação.

Palavras-chave: Arquitetura de Linha de Produto; Seleção de Função-Objetivo; Modelo de Linguagem de Grande Escala

RESUMO:

O projeto baseado em busca de Arquiteturas de Linhas de Produto (*Product Line Architectures* – PLAs) visa otimizar propriedades arquiteturais fundamentais para o desenvolvimento de linhas de produto de software. Um desafio recorrente nesse processo é a seleção adequada de funções-objetivo, tarefa atribuída ao projetista (*Decision Maker* – DM), mas que frequentemente requer conhecimento especializado. Este trabalho explora a integração de LLMs (*Large Language Models*), particularmente o ChatGPT, no apoio à seleção de funções-objetivo em processos de otimização de Arquiteturas de Linhas de Produto (ALPs). Um módulo foi desenvolvido e integrado à ferramenta OPLA-Tool para sugerir funções-objetivo de acordo com as preferências do DM. A pesquisa envolveu validações empíricas e experimentos qualitativos com especialistas, demonstrando que o uso de LLMs reduziu em 40% o tempo necessário para a seleção de funções-objetivo e aumentou em 25% a qualidade das soluções percebidas pelos usuários. Os resultados apontam para o potencial dos LLMs na tomada de decisão em engenharia de software, ao mesmo tempo em que destacam desafios e oportunidades para pesquisas futuras.

INTRODUÇÃO:

A Engenharia de Linhas de Produto de Software (*Software Product Lines* – SPL) surgiu como uma abordagem para lidar com a crescente demanda por produtos de software diversificados e personalizados, sem perder eficiência ou aumentar custos (POHL; BÖCKLE; LINDEN, 2005). O conceito central é permitir a reutilização sistemática de ativos de software, de modo a possibilitar o desenvolvimento de múltiplos produtos a partir de um conjunto compartilhado de componentes. Dentro dessa perspectiva, o projeto das ALPs desempenha papel essencial, pois define a estrutura sobre a qual os diferentes produtos serão derivados.

No entanto, o projeto de ALPs é uma tarefa complexa, que exige equilibrar múltiplas

propriedades, como modularidade, extensibilidade, variabilidade e acoplamento. Tais propriedades podem, muitas vezes, entrar em conflito, tornando difícil para o projetista definir critérios de otimização adequados. Para enfrentar esse desafio, a abordagem MOA4PLA (COLANZI et al., 2014) propõe o uso de técnicas de *Search-Based Software Engineering* (SBSE) associadas à ferramenta OPLA-Tool (FREIRE et al., 2020), que permite a aplicação de algoritmos evolutivos multiobjetivo para buscar soluções arquiteturais otimizadas.

Apesar de a ferramenta oferecer suporte para até 20 funções-objetivo distintas, cabe ao projetista decidir quais delas são mais relevantes para cada cenário. Essa tarefa pode se tornar extremamente trabalhosa, pois exige conhecimento técnico sobre cada função, suas métricas associadas e seu impacto no resultado final. Além disso, diferentes funções podem ser conflitantes, o que aumenta a complexidade da tomada de decisão e pode comprometer a qualidade das soluções geradas.

Nos últimos anos, modelos de linguagem de grande escala, como o ChatGPT, demonstraram potencial significativo para auxiliar em tarefas complexas de engenharia de software (OZKAYA, 2023; WANG et al., 2021). Esses modelos são capazes de interpretar textos em linguagem natural e gerar recomendações contextualizadas, o que os torna candidatos promissores para apoiar projetistas na escolha de funções-objetivo, reduzindo o esforço cognitivo e melhorando a eficiência do processo de decisão.

MATERIAIS E MÉTODOS:

O estudo proposto foi dividido em duas etapas principais. A primeira consistiu na validação da implementação do módulo baseado em LLMs, integrado a OPLA-Tool, com o objetivo de verificar a precisão das sugestões de funções-objetivo. A segunda etapa envolveu um experimento qualitativo com especialistas para avaliar o impacto da ferramenta na experiência do usuário, no tempo de tomada de decisão e na qualidade percebida das soluções geradas.

O módulo desenvolvido envia as preferências do DM ao ChatGPT, por meio de prompts estruturados, e recebe de volta sugestões de funções-objetivo formatadas de maneira padronizada para integração direta à OPLA-Tool. O modelo foi treinado a partir de um conjunto de dados compilado de trabalhos anteriores sobre MOA4PLA (FREIRE, 2018; OKADA, 2023), contemplando descrições detalhadas, correlações e melhores práticas para uso das funções-objetivo.

Na fase de validação, quatro experimentos foram conduzidos. Eles avaliaram a capacidade do modelo em identificar correlações conhecidas entre funções, em ampliar seu conhecimento com literatura adicional, em sintetizar tabelas de correlação mais completas e em comparar o desempenho e o custo das versões ChatGPT-3.5 e ChatGPT-4. Já na fase qualitativa, dois especialistas em ALPs utilizaram o OPLA-Tool para otimizar duas arquiteturas distintas, uma acadêmica e uma real. Cada especialista realizou o processo de seleção de funções-objetivo

duas vezes: a primeira sem auxílio do ChatGPT e a segunda com as sugestões fornecidas pelo modelo. O tempo gasto, a satisfação com a ferramenta e a relevância das funções sugeridas foram cuidadosamente registrados e analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os experimentos de validação revelaram que o ChatGPT-4 foi capaz de identificar corretamente correlações conhecidas na literatura, como a relação entre modularidade e acoplamento de classes, alcançando uma precisão de 85% na escolha das funções-objetivo mais relevantes. Além disso, a versão 4 do modelo demonstrou maior consistência no formato das respostas e melhor alinhamento com as preferências dos usuários, embora apresentasse um custo de operação mais elevado em comparação ao ChatGPT-3.5. Ainda assim, a superioridade dos resultados obtidos justificou sua adoção para a integração à OPLA-Tool.

No experimento qualitativo, observou-se uma redução média de 40% no tempo necessário para selecionar as funções-objetivo quando o módulo baseado em LLMs foi utilizado. Os especialistas também relataram que as recomendações oferecidas eram, em muitos casos, comparáveis às que seriam feitas por usuários experientes da ferramenta, o que demonstra o potencial do modelo para apoiar projetistas com diferentes níveis de conhecimento técnico. A satisfação geral com o sistema foi avaliada em 4 pontos, em uma escala de 1 a 5, destacando-se a clareza das sugestões e a diminuição do esforço cognitivo durante o processo de decisão.

Apesar dos resultados positivos, os participantes sugeriram algumas melhorias, como a inclusão de recursos interativos para explorar diferentes cenários de otimização, maior personalização das recomendações e uma interface mais intuitiva. Além disso, as limitações do estudo, como o número reduzido de participantes e o escopo restrito das arquiteturas analisadas, indicam a necessidade de investigações adicionais para ampliar a validade externa dos resultados.

CONCLUSÃO:

Este estudo demonstrou que a integração do ChatGPT ao processo de otimização de ALPs pode trazer benefícios significativos, tanto em termos de eficiência quanto de qualidade das soluções obtidas. Ao oferecer recomendações personalizadas e de fácil interpretação, o modelo reduz o esforço cognitivo necessário para selecionar funções-objetivo e torna ferramentas como a OPLA-Tool mais acessíveis a usuários com diferentes níveis de experiência técnica.

Como trabalhos futuros, pretendemos investigar estratégias para reduzir os custos de operação dos modelos de linguagem, explorar sua aplicação em uma variedade maior de arquiteturas e cenários, além de aprimorar a interface e os recursos interativos da ferramenta. Também vemos potencial para aplicar abordagens semelhantes em outras áreas da engenharia de software baseadas em busca, como

refatoração automatizada e testes baseados em otimização.

REFERÊNCIAS:

- COLANZI, T. E.; VERGILIO, S. R.; GIMENES, I.; OIZUMI, W. N. A search-based approach for software product line design. *Proceedings of the 18th International Software Product Line Conference*, p. 237-241, 2014.
- CLEMENTS, P.; NORTHROP, L. *Software Product Lines: Practices and Patterns*. Addison-Wesley, 2002.
- FREIRE, W. M. *Uma Abordagem para Apoiar a Otimização do Projeto de Linhas de Produto de Software*. State University of Maringá, 2018.
- FREIRE, W. M.; MASSAGO, M.; ZAVADSKI, A. C.; AMARAL, A. M. M. M.; COLANZI, T. E.. OPLA-Tool v2.0: a Tool for Product Line Architecture Design Optimization. *34th Brazilian Symposium on Software Engineering*, p. 818-823, 2020.
- OKADA, L. F. *Guidelines to Support OPLA-Tool Adoption for Novice Users*. State University of Maringá, 2023.
- OZKAYA, I. Application of large language models to software engineering tasks: Opportunities, risks, and implications. *IEEE Software*, v. 40, n. 3, p. 4-8, 2023.
- POHL, K.; BÖCKLE, G.; LINDEN, F. J. van der. *Software Product Line Engineering: Foundations, Principles, and Techniques*. Springer, 2005.
- WANG, X.; LO, D.; XIA, X.; LI, S.; SUN, J. A Survey on Natural Language Processing for Software Engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2021.