

Experimentos para validação da versão Interativa da Ferramenta OPLA-Tool

Fernando Henrique Kuviatkovski (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Aline Maria Malachini Miotto Amaral, ra100285@uem.br.

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

Ciência da Computação / Engenharia de Software

Palavras-chave: Linha de Produto de Software, Otimização Interativa, Aprendizagem de Máquina.

Resumo

Linha de Produto de Software (LPS) é uma das estratégias de Engenharia de Software utilizada para promover o reuso. O principal artefato de uma LPS é sua arquitetura (ALPS) que é definida por um conjunto de componentes que representam características comuns e pontos de variação de algum domínio de conhecimento específico. A MOA4PLA é uma abordagem para otimização de arquiteturas de LPS na qual, com base em um conjunto de métricas arquiteturais são geradas novas soluções otimizadas por meio de algoritmos evolutivos multiobjetivos. Essa abordagem, suportada pela ferramenta OPLA-Tool, tem apresentado bons resultados, porém apresenta limitações com relação a interação com o usuário/tomador de decisões, uma vez que este só interage com a ferramenta no início (para configurar o processo) e ao término (para escolher as melhores soluções) do processo de otimização. Dessa forma, as preferências do tomador de decisões não são captadas durante o processo de otimização. Adaptações na MOA4PLA e na ferramenta OPLA-Tool foram propostas para permitir essa interação. Assim, modificações no algoritmo evolutivo foram realizadas, e um modelo de Aprendizagem de Máquina (AM) foi incorporado no processo de otimização. Este modelo de AM tem como foco evitar que o processo de interação cause a fadiga do tomador de decisões, em função de um número excessivo de interações. Nesse contexto, este trabalho realizou um estudo para a avaliação dos modelos de AM incorporados na MOA4PLA/OPLA-Tool. Para tanto foi realizado um experimento de avaliação e seus resultados foram analisados quantitativamente por meio de diferentes medidas estatísticas.

Introdução

A Engenharia de Software consiste na aplicação de uma abordagem sistemática e quantificável no desenvolvimento, operação e manutenção de um software (PRESSMAN et al, 2016). Assim, a LPS representa um conjunto de artefatos que compartilham semelhanças e variabilidades

buscando satisfazer as necessidades de um domínio específico, o que torna possível a produção de vários artefatos a partir de uma mesma infraestrutura. Há diversos benefícios no reúso de software através da LPS, entre eles: reduzir o tempo e custo de desenvolvimento, melhorar a qualidade do produto, melhoria na estimativa de custo, e outros.

Um dos principais artefatos da LPS é a Arquitetura de Linha de Produto de Software (ALPS), e a obtenção de uma ALPS modular, extensível e reusável é uma tarefa não trivial, devem-se utilizar métricas arquiteturais para definir e melhorar o projeto da ALPS. Porém, essa tarefa pode envolver vários fatores, que podem até mesmo ser conflitantes entre si, constituindo um problema multiobjetivos, buscando o melhor *trade-off* entre essas métricas.

Dessa forma, uma das abordagens para a resolução desse problema multiobjetivos é através de algoritmos evolutivos, assim surge a MOA4PLA (*Multi-Objective Approach for Product-Line Architecture Design*) (COLANZI, 2014), cujo objetivo é produzir ao término do processo de otimização um conjunto de soluções (arquiteturas) que apresentam o melhor *trade-off* entre as métricas arquiteturais previamente definidas. Atualmente essa abordagem fornece 17 funções objetivos (métricas) diferentes, abrangendo diversas características, como coesão, acoplamento, modularização, e outras métricas.

A ferramenta OPLA-Tool (FÉDERLE et al, 2015) implementa a abordagem MOA4PLA, utilizando como entrada uma ALPS e produzindo como saída um conjunto de ALPS otimizadas. Durante esse processo, há dois momentos de interação com o tomador de decisão (*Decision Maker* – DM): antes, para a definição dos parâmetros do processo, e após o término da otimização, para a visualização das ALPs produzidas. Assim, não há interação com o DM durante o processo de otimização, impossibilitando-o de inserir suas preferências, o que ocasiona pouca confiabilidade do DM em relação aos resultados.

Dentro desse contexto, adaptações na ferramenta OPLA-Tool e na MOA4PLA foram propostos (FREIRE et al., 2019) para permitir a interação do DM durante o processo de otimização, tornando o problema em um caso de Otimização Iterativa. Entretanto, a avaliação de ALPs demanda um esforço cognitivo do arquiteto, havendo uma queda na qualidade das soluções conforme ocorre um número excessivo de requisições ao DM, assim, diversas técnicas vêm sendo aplicadas a fim de reduzir a fadiga humana, como o agrupamento das soluções, a redução do número de interações, a construção de um modelo de aprendizagem de máquina (AM) para substituir o DM, e outras.

Portanto, este trabalho tem como objetivo realizar um experimento quantitativo para avaliar a eficácia de diferentes implementações de algoritmos de AM no contexto do modelo de aprendizagem proposto na abordagem MOA4PLA e na ferramenta OPLA-Tool. Espera-se que com a realização destes experimentos seja possível validar e melhorar os resultados obtidos com a otimização iterativa de ALPS.

Materiais e Métodos

O experimento utilizou a *ALPS Arcade Game Maker* (AGM) como entrada no processo de otimização, a arquitetura inclui três jogos: Brickles, Bowling e Pong, foi desenvolvida pelo Software Engineering Institute (SEI, 2009).

Onze tomadores de decisão (do inglês *decision makers* - DM) participaram desse estudo, portanto, foram considerados os conjuntos de dados provenientes das interações dos DM's com o processo de otimização para o treinamento dos modelos de AM. Nesses dados de treinamento, são fornecidas diversas características da ALPS aos modelos de AM, como: valores de funções objetivo, número de elementos, tipos de elementos, identificação desses elementos, e outros dados. Também foram previamente definidos três momentos de interações, ocorrendo na 3ª, 5ª e 9ª geração de soluções. A classificação que os modelos de AM realiza é binária, decidindo se a solução deve retornar ao processo de otimização, ou se deve ser descartada.

O estudo comparativo foi realizado utilizando a ferramenta Weka, que suporta a implementação dos algoritmos de AM analisados. Os algoritmos testados foram: *Multilayer Perceptron* (MLP 2500), K Star (K*), e os multi-classificadores Hom-ensemble e Het-ensemble, o primeiro é homogêneo e é composto por diversos modelos de árvores de decisão RandomTree. Já o modelo Het-ensemble é heterogêneo e é composto pelos modelos *Support Vector Machine* (SVM), K* e Hom-ensemble. A regra de combinação utilizada foi a média de probabilidades de cada modelo em seu respectivo multi-classificador.

Para avaliar o desempenho dos algoritmos testados utilizou-se o coeficiente Kappa (κ) para medir o grau de concordância, a taxa de classificação correta (TCC), e a medida F_1 para a análise de acurácia.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta um dos resultados obtidos nesta pesquisa, os valores são referentes aos dados de todos os participantes do experimento e ao treinamento do modelo de AM após as três interações com o DM. No coeficiente κ , todos os modelos exceto o MLP (2500) apresentam concordância perfeita ($0,81 < \kappa \leq 1$), enquanto o MLP (2500) apresenta concordância considerável ($0,61 < \kappa \leq 0,8$). Na taxa TCC todos os modelos desempenham similarmente, significando que as preferências do DM são bem reproduzidas, somente o modelo MLP (2500) apresentou valor pouco inferior aos demais, também com o maior desvio padrão, indicando que sua classificação correta variou substancialmente entre os participantes do estudo, o que não é desejável.

Na medida F_1 , acertos e/ou erros “acidentais” não são considerados, o que aumentou a discrepância entre os modelos avaliados. Novamente o modelo MLP (2500) apresenta o pior desempenho e ainda o maior desvio padrão, os demais modelos apresentam valores próximos, sendo o Hom-ensemble o que reproduziu mais fielmente os perfis dos DM's, significando

que conseguiu identificar com precisão quais soluções deveriam voltar ao processo de otimização, também apresentou boa cobertura, indicando que mesmo nas arquiteturas difíceis de serem classificadas, obteve sucesso.

Tabela 1 – Medidas de análise para os modelos selecionados.

Modelo	κ	TCC (%)	F_1
MLP (2500)	0,80 ($\pm 0,11$)	96,85 ($\pm 3,05$)	0,9678($\pm 0,031$)
K*	0,90 ($\pm 0,06$)	98,64($\pm 0,85$)	0,9867($\pm 0,009$)
Hom-ensemble	0,91 ($\pm 0,06$)	98,71($\pm 1,20$)	0,9872($\pm 0,012$)
Het-ensemble	0,90 ($\pm 0,06$)	98,69($\pm 0,92$)	0,9868($\pm 0,009$)

Conclusões

A partir dos dados apresentados na seção anterior, podemos afirmar que o objetivo do estudo foi atingido, visto que o modelo de AM da versão interativa da ferramenta OPLA-Tool foi validado através da execução de um experimento comparando diferentes algoritmos de AM. Nesse contexto, espera-se realizar estudos futuros para implementar os modelos com melhor desempenho na versão interativa da ferramenta OPLA-Tool.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à Fundação Araucária pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Referências

COLANZI, Thelma. **Uma abordagem de otimização Multiobjetivo para projeto arquitetural de linha de produto de software**. 2014. 215 Tese (Doutorado em Informática) - UFPR, Curitiba, Paraná.

FÉDERLE, E. L.; FERREIRA, T. N. ; COLANZI, T. E.; VERGILIO, S. R.. **OPLA-Tool: A support tool for search-based product line architecture design**. In Proceedings of the 19th International Conference on Software Product Line, SPLC '15, pages 370-373, New York, NY, USA, 2015. ACM.

FREIRE, Willian Marques et al. **Supporting decision makers in search-based product line architecture design using clustering**. In: 2019 IEEE 43rd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC). IEEE, 2019. p. 139-148.

PRESSMAN, Roger; MAXIM, Bruce. **Engenharia de Software: Uma abordagem profissional**. 8. ed. São Paulo: Amgh Editora Ltda, 2016.

SEI. 2009. Software Engineering Institute - **The Arcade Game Maker. Pedagogical Product Line**. <https://resources.sei.cmu.edu/library/assetview>.