ORÁCULO DE TESTE PARA SISTEMAS DE RECONSTRUÇÃO 3D

Thales Heron de Assunção Granja, Cléber Gimenez Corrêa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Cornélio Procópio
e-mail: thalesgranja@alunos.utfpr.edu.br
Área Temática: 05 – Ciência/Engenharia de Computação/Software

Palavras-chave: Reconstrução 3D; Testes de software; Quality Assurance; Oráculo.

RESUMO

Contexto: A reconstrução tridimensional (3D) a partir de imagens é uma aplicação de visão computacional baseada em técnicas de reconstrução da estrutura tridimensional de uma cena. Nesse contexto, o COLMAP é um software de código aberto utilizado para reconstrução 3D a partir de imagens, baseado em técnicas de *Structure-from-Motion*[1]. Como parte do processo de garantia da qualidade desse tipo de software, torna-se necessário verificar se alterações introduzidas nas imagens de entrada são refletidas nas informações produzidas durante o processo de reconstrução ou nos modelos 3D gerados.

Lacuna/Problema: O teste de aplicações que trabalham com imagens e informações 3D apresenta desafios relacionados à validação dos resultados produzidos relacionados ao problema do oráculo. A Revisão Sistemática da Literatura realizada neste trabalho, utilizando as bases IEEE, ACM Digital Library e Springer, permitiu identificar diferentes estratégias de testes de qualidade aplicadas a projetos envolvendo modelos 3D e imagens, incluindo testes funcionais e estruturais, testes metamórficos, mutação, geração e priorização de casos de teste e utilização de inteligência artificial. Esses trabalhos forneceram uma base para compreender diferentes possibilidades de realização de testes de qualidade em sistemas relacionados a modelos 3D, como aplicações baseadas em nuvens de pontos 3D[2] e aplicações de realidade estendida[3]. Entretanto, entre os artigos analisados, não foi identificada uma abordagem que mencionasse a utilização de logs de sistemas que trabalham com imagens ou informações 3D para verificar se alterações introduzidas nas entradas são refletidas nos registros produzidos pelos sistemas, caracterizando a lacuna que motiva a abordagem proposta neste trabalho.

Objetivo: Analisar, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura, como são realizados testes de qualidade em projetos que envolvem modelos 3D, imagens e informações tridimensionais, utilizando os trabalhos identificados como base para compreender e definir estratégias de teste aplicáveis à pesquisa. Além disso, busca-se avaliar a capacidade de identificação de alterações em imagens processadas pelo COLMAP, verificando se a inserção de um objeto geométrico simples, como uma esfera, provoca modificações detectáveis nos logs durante a reconstrução da nuvem de pontos, utilizando técnicas de inteligência artificial para análise e comparação desses registros antes e após a modificação das imagens, para realizar o papel de um oráculo de teste.

Método: Foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura nas bases IEEE, ACM Digital Library e Springer, utilizando a *string* de busca *("image processing" OR "computer vision" OR "computer graphics") AND (3D OR three-dimensional) AND "software testing"*. A busca retornou 756 artigos, dos quais 80 foram aceitos para análise e, posteriormente, 16 foram selecionados para auxiliar no desenvolvimento desta iniciação científica, por apresentarem características de interesse para a pesquisa. A análise dos artigos buscou identificar como os testes de qualidade eram realizados em projetos relacionados a modelos 3D e quais estratégias poderiam servir de base para a abordagem proposta. Para a etapa experimental, será utilizado o *dataset* Gerrard Hall, disponibilizado pelo COLMAP, composto por 100 imagens de alta resolução[4], visando a geração de uma nuvem de pontos por meio do COLMAP. Posteriormente, serão inseridos objetos geométricos nas imagens, como uma esfera, por meio de um algoritmo desenvolvido para essa finalidade ou de um software capaz de realizar essa operação. As imagens modificadas serão novamente processadas pelo COLMAP, e os logs gerados antes e após a modificação serão analisados por técnicas de inteligência artificial, buscando identificar alterações decorrentes da inserção dos objetos.

Resultados: A análise dos artigos selecionados evidenciou diferentes estratégias de testes de qualidade aplicadas a sistemas relacionados a imagens e informações 3D. Foram identificadas abordagens envolvendo

testes funcionais e estruturais, testes metamórficos, mutação, geração e priorização de casos de teste e utilização de inteligência artificial. Entre os trabalhos selecionados, 15 abordam informações 3D, 12 abordam imagens e seis abordam reconstrução 3D. Também foram identificadas diferentes métricas utilizadas para avaliação dos resultados, além de técnicas de *Machine Learning* e *Deep Learning*. Esses resultados forneceram uma base para a compreensão das estratégias de QA aplicáveis a sistemas relacionados a modelos 3D e contribuíram para a definição da abordagem experimental proposta. Entretanto, os resultados referentes à capacidade da inteligência artificial de identificar alterações nos logs ainda serão obtidos durante a etapa experimental.

Conclusão: A revisão sistemática da literatura permitiu analisar diferentes estratégias de testes de qualidade utilizadas em projetos relacionados a imagens e modelos 3D, fornecendo uma base para a definição da abordagem deste trabalho. Ao mesmo tempo, a ausência, entre os artigos analisados, de uma abordagem que utilizasse logs para identificar alterações nas entradas evidenciou uma lacuna a ser investigada, considerando que esses arquivos possuem informações de todo o processo no caso da reconstrução 3D, como extração e correspondência de *features*, triangulação, reconstrução incremental, estatísticas, erros e avisos. Dessa forma, a abordagem proposta busca avaliar se a inserção de objetos geométricos nas imagens processadas pelo COLMAP produz alterações identificáveis nos logs por meio de técnicas de inteligência artificial. As conclusões definitivas sobre a efetividade dessa abordagem dependerão dos resultados obtidos na etapa experimental, que determinará se um oráculo de teste nesse contexto pode utilizar os logs.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Cornélio Procópio, por toda a infraestrutura, recursos de laboratório e apoio institucional fornecidos durante o desenvolvimento desta Iniciação Científica.

Gostaria de estender meus agradecimentos ao professor orientador, Cléber Gimenez Corrêa, pela confiança, pelas excelentes orientações técnicas e por todo o suporte acadêmico ao longo desta pesquisa.

Por fim, agradeço aos meus familiares e colegas de curso, que me incentivaram e apoiaram de forma direta ou indireta durante toda esta trajetória.

REFERÊNCIAS

[1] SCHÖNBERGER, J. L.; FRAHM, J.-M. Structure-from-Motion Revisited. **2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)**, IEEE, p. 4104–4113 (2016);

[2] LI, Y.; DANG, X.; MA, L.; KLEIN, J.; LE TRAON, Y.; BISSYANDÉ, T. F. Test Input Prioritization for 3D Point Clouds. **ACM Transactions on Software Engineering and Methodology**, v. 33, n. 5, p. 1–44 (2024);

[3] GU, R.; ROJAS, J. M.; SHIN, D. Software testing for extended reality applications: a systematic mapping study. **Automated Software Engineering**, v. 32, art. 56 (2025);

[4] SCHÖNBERGER, J. L. COLMAP Datasets: Gerrard Hall. **COLMAP**, disponível em: https://colmap.github.io/datasets.html, acesso em: 27 ago. 2026;