

7 Conclusões

Os testes funcionais aumentam a confiança no sistema em teste ao expor seus defeitos de maneira metódica, o que permite identificar com mais clareza problemas de adequação às especificações de requisitos.

A seleção de critérios de teste indica quais são os estados e comportamentos esperados de um sistema segundo seus requisitos. Cada critério de teste acaba impondo restrições à geração e à execução dos testes e estabelecendo uma cobertura funcional.

Um critério de teste se torna concreto por meio dos casos de teste gerados de acordo com uma técnica de teste funcional, ou uma combinação de técnicas, escolhida de modo a atender as condições por ele definidas. A etapa complementar à geração dos casos de teste é a sua execução num determinado cenário, que distingue um ambiente para realização dos testes.

A cada execução de casos de teste, o confronto entre resultados esperados e observados progressivamente estabelece um grau de conformidade entre o código executável e seus requisitos. Com base neste grau é possível considerar o momento de parada dos testes ou ponderar sobre a eficácia de um critério de teste, para então decidir se o mesmo será mantido, alterado ou substituído.

A representação de sistema em teste e do cenário de teste influencia na compreensão tanto do projeto do próprio sistema quanto dos testes. O uso de modelos gramaticais como representação, em virtude de seu grau de formalismo, confere ao processo de teste e verificação um caráter mais rigoroso. O rigor de sua descrição auxilia na resolução de ambigüidades e com isto facilita as atividades de geração e execução sistematizadas de casos de teste.

Os testes, quando aplicados desde o início do desenvolvimento, antecipam o tratamento de inconsistências entre especificação e projeto. A capacidade de gerar sistematicamente testes úteis e não repetitivos é traduzida em menos tempo e menos custos para exercer a atividade de teste.

Este capítulo está dividido em duas seções. A primeira (seção 7.1) traz uma análise do trabalho apontando os custos e os benefícios do processo de teste baseado em gramáticas. A última (seção 7.2) indica possíveis linhas de pesquisa e trabalhos futuros decorrentes da solução apresentada nesta dissertação.

7.1. Análise do Trabalho

Grande parte do esforço atual existente nesta pesquisa está na concepção e elaboração de modelos gramaticais a partir de requisitos e especificações de sistema e de teste. Uma vez construídos os modelos de teste, a geração e a execução dos testes são praticamente automáticas, contando apenas com os ajustes decorrentes de adaptação à plataforma onde os testes são conduzidos.

Como apontado ao longo desta dissertação, existem trabalhos relacionados que propõem a construção de gramáticas a partir de linguagem em texto natural e de modelos como diagramas de classe e diagramas de seqüência. O uso das metodologias e ferramentas resultantes destas pesquisas em conjunto com o processo de teste e a arquitetura de apoio desenvolvida nesta dissertação promoverá uma maior automação das atividades de teste e uma intervenção humana cada vez menor. Com isto, o testador do sistema terá mais tempo para se dedicar à definição do critério de teste e à análise dos resultados.

Mesmo não atingindo um elevado grau de automação em virtude da ausência de ferramentas que facilitassem a criação de gramáticas, esta pesquisa mostrou fortes indícios de que os modelos gramaticais se adéquam à geração e à execução de casos de testes funcionais. Os exemplos, construídos usando o processo de teste proposto e a arquitetura de apoio, apresentaram bons resultados na detecção de faltas em testes tanto no nível de unidade quanto no de integração. O estudo de caso usando um cenário de teste de componentes de software num ambiente distribuído serviu como evidência prática de que a técnica pode evoluir para atender contextos mais complexos. O estudo de caso sugere que a arquitetura de apoio deva ser estendida e ampliada para contemplar outras plataformas de modo a requerer menos adaptações nos testes.

Um aspecto interessante a ressaltar é que os próprios modelos servem como documentação do plano de teste e funcionam como uma ferramenta de

comunicação entre usuários, desenvolvedores e testadores. Um controle de versão desses modelos de teste pode ser usado para monitorar não somente a evolução dos testes como a do próprio sistema. As mudanças nos modelos de teste refletem mudanças na especificação funcional do sistema. A vantagem é que as alterações são percebidas num nível de abstração mais próximo do domínio de negócio, o que facilita a compreensão por parte de usuários, que assim são capazes de validar o trabalho de testadores. A programação passa a ser vista em dois níveis de linguagem: a linguagem de teste e a linguagem de programação.

Adotando a taxonomia de teste baseado em modelo (seção 2.6.2), a solução de teste apresentada na dissertação pode ser classificada como uma técnica de teste funcional (paradigma) que contempla tanto o sistema em teste quanto o seu ambiente (escopo do modelo). A solução apresenta cobertura baseada em requisitos (critério de seleção) e pode ser aplicada tanto no desenvolvimento de teste quanto do próprio sistema (nível de redundância). Pela verificação dos modelos (tecnologia), procura identificar em modo off-line ou online os defeitos existentes (execução).

A solução indicada nesta pesquisa herda características inerentes aos testes funcionais e, portanto, apresenta algumas restrições já esperadas. É importante destacar as mais relevantes para alinhar as expectativas de usuários, desenvolvedores e testadores em relação ao seu potencial.

Nesse tipo de abordagem em que os testes são feitos por meio da interação com interfaces públicas de sistemas, subsistemas e unidades de programação, a quantidade de testes não garante cobertura completa de avaliação de requisitos funcionais em virtude da exclusão de detalhes de codificação. Deste modo, a definição de critério de cobertura para gramáticas (modelos de teste empregados pela pesquisa) não conta com o apoio de teorias, como a teoria de grafos, para garantir que todos os trechos de código serão exercitados. Assim, os defeitos estão relacionados mais à questão de conformidade entre especificação e programação do que à identificação precisa de um trecho de código com defeito. Apesar disso, o escopo do defeito pode ser delimitado pela técnica se os testes forem aplicados a partes do sistema em decomposições sucessivas.

A dificuldade na determinação de oráculos de teste limita a precisão da análise de resultados esperados e obtidos, impactando na geração de veredictos

dos casos de teste. A situação pode ser contornada com aproximações aceitáveis de acordo com o critério de teste usado.

Dependendo da complexidade das características de um sistema em teste e da estratégia de teste adotada, pode ocorrer a explosão do espaço de teste (explosão combinatorial na geração de casos de teste). Milhares de testes gerados acabam apresentando redundância e longo tempo de processamento. Isto pode ser minimizado pelo refinamento da técnica empregada.

Sob a ótica dos desafios expressos para a área de testes (seção 2.8), a solução trabalha com diferentes níveis de concretude dos modelos, promovendo a distinção entre modelos independentes e específicos de plataforma. Se combinada a técnicas de cobertura de código, permitirá caminhar na direção de se atingir uma opção completa de teste funcional, uma vez que lida com cobertura de requisitos. Ela pode ser integrada ao processo de desenvolvimento de software desde os seus estágios iniciais, servindo como instrumento de compreensão da própria especificação. Sua expressividade está diretamente relacionada ao formalismo das gramáticas de teste. Gramáticas estas que por serem mínimas, permitem a geração de uma estrutura de teste com baixo impacto de manutenção.

7.2. Trabalhos Futuros

A abordagem de teste baseado em modelos gramaticais descrita nesta dissertação representa mais uma alternativa à condução de testes funcionais de sistema. No entanto, este trabalho ainda precisa ser estendido e ampliado para suportar novos contextos de execução de testes. Por exemplo, os estudos deveriam continuar no sentido de prover uma arquitetura de teste mais fácil de ser empregada em ambientes distribuídos e no teste em tempo de execução de sistemas adaptativos. Os mecanismos de geração e execução dos casos de teste poderiam contar com o auxílio de programação lógica para validação da própria estrutura de teste.

A conformidade a normas, especificações e regulamentos técnicos é outro aspecto que deve ser trabalhado para que a solução seja aceita mais facilmente pela academia e pela indústria. Nesta dissertação, foi feito um mapeamento entre os conceitos usados pelo teste baseado em modelos gramaticais e o *UML Testing*

Profile da OMG (Object Management Group). As gramáticas de teste foram concebidas com base no padrão ISO/IEC 14977 (1996) que define a *Extended BNF*.

O aprimoramento do processo e da arquitetura de teste propostos requer a formulação de novos exemplos e sua adoção nos testes de aplicações de domínios diferentes. Da observação de seu uso será possível identificar linhas de evolução e situações que restrinjam seu emprego ou até mesmo o tornam inadequado ou inviável. A análise de sua eficiência e de sua eficácia deve ser feita para cada contexto diferente, sendo necessário realizar tal registro para elaborar orientações (*guidelines*) sobre sua aplicação. Nessa linha, seria interessante definir heurísticas e padrões de projeto (*Grammar Model Patterns*) de teste para o teste funcional baseado em modelos gramaticais.

Assim como Eric Evans (2003) fez um paralelo entre o desenvolvimento de software e a evolução de espécies, esta pesquisa faz o mesmo para o desenvolvimento de modelos gramaticais de teste. “O modelo padrão de evolução introduzido por Charles Darwin era o de que espécies mudaram pelo tempo gradativamente, às vezes com pouca variação. Na década de 1970, este modelo foi substituído por uma visão expandida de evolução onde longos períodos de mudança gradativa ou de estabilidade são interrompidos por pequenos intervalos de rápida mudança. Então as coisas atingem um novo equilíbrio...” (adaptação de Evans, 2003). Os modelos gramaticais aqui propostos como base para o teste funcional também estão sujeitos a períodos de estabilidade e mudanças. “De repente, uma inadequação óbvia do modelo é observada. Existe uma falha no que ele expressa, ou alguma área crítica onde é obscuro. Talvez ele faça declarações que simplesmente estejam erradas.” (adaptação de Evans, 2003). Isto significa que um novo nível de entendimento foi atingido. À medida que os modelos gramaticais forem mais exercitados, maior será o conhecimento sobre eles e, muito provavelmente, sofrerão adaptações que originarão outros trabalhos e linhas de pesquisa.