

2. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – Россия – URL: https://www.gks.ru/bgd/free/b00_24/IssWWW.exe/Stg/d000/i000070r.htm (дата обращения 18.03.2022)

3. Государственное бюджетное учреждение Архангельской области «Туристско-информационный центр Архангельской области»: официальный сайт. – URL: <https://pomorland.travel/what-to-see/?REGIONS=286&TYPES=attractions> (дата обращения 18.03.2022)

4. Федеральное агентство по туризму: официальный сайт. – Москва – URL: <https://russia.travel/places/58467/> (дата обращения 18.03.2022)

5. Васильев, Н. П. Введение в гибридные технологии разработки мобильных приложений: учебное пособие для вузов / Н. П. Васильев, А. М. Заяц. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 160 с. – ISBN 978-5-8114-8181-1. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/173103> (дата обращения: 18.03.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Серебрянников И.В.

студент Высшей школы информационных технологий и автоматизированных систем, admin@silberworks.com

Научный руководитель: Захаров М.В., доцент, к.т.н., зав. кафедрой автоматики, робототехники и управления техническими системами

Тестирование – это процедура проверки программного обеспечения на соответствие ожидаемому поведению. [1] Тестирование подразделяется на множество видов: модульные тесты, итерационные тесты, функциональные тесты, сквозные тесты, приёмочные тесты, тесты производительности, smoke тесты. Каждый вид отличается по параметрам и имеет своё устоявшееся место в иерархии тестирования программного обеспечения в различных системах в том числе и в робототехнических.

Задача тестов в проектах по робототехнике, не только анализировать работу функций и классов, но также поддерживать структуру модели проекта. В зависимости от размеров проекта применяются различные по глубине и ширине тестирования алгоритмы, они могут быть как ручными, так и автоматическими. Самыми используемыми можно назвать unit тесты – функции с заданными параметрами, которые проверяют другие функции на наличие ошибок в работе. [2] Тесты такого типа требуются в большом количестве в коде программы, обычно набор тестируемых параметров стандартен и в большинстве фреймворков есть инструменты для автоматизации написания unit тестов. Unit тесты – это атомарная единица тестирования системы, для обеспечения качественного тестирования применяют дополнительные алгоритмы моделирования проекта, которые обеспечивают для unit тестов структуру работы.

В некоторых новых проектах используется методология TDD – разработка программного обеспечения через тестирование, используя эту методологию

и первичное моделирование можно очень строго описать систему, в которой уже написанные unit тесты породят функции способные их пройти, таким образом низкоквалифицированные разработчики могут писать программы с техническим заданием, ведь критерий оценки будущего кода будет заложен в unit тесте. Если тесты используются в непрерывной интеграции робототехнической системы, то используя только unit тесты без моделирования могут возникнуть проблемы ресурсов выполнения этих тестов. Самые популярные на сегодняшний день решения используют конечные автоматы для тестирования, что не позволяет обнаружить некоторые проблемы взаимодействия секторов модели. Концептуальный подход к тестированию большинства систем рисунок 1.

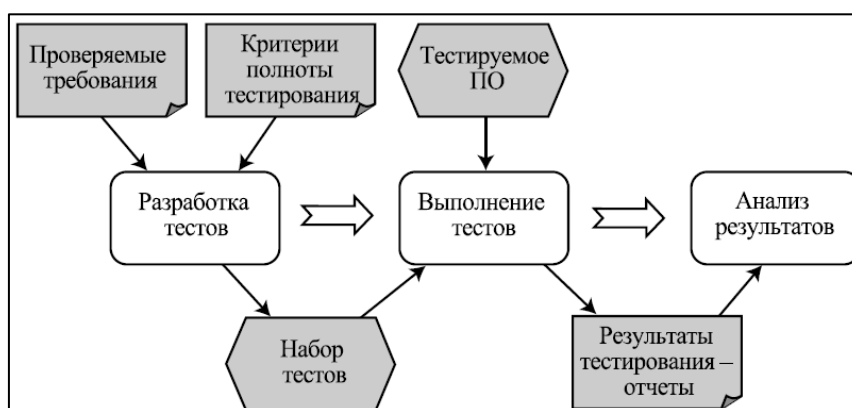


Рис. 1. Схема тестирования программного обеспечения

Тесты можно разделить на функциональные и нефункциональные, первые решают задачу верификации функций программного обеспечения и того насколько правильно оно работает, вторые оценивают работу системы в целом. [3] Особенности тестов для робототехнических систем часто связаны с физическими параметрами системами, и часто требуется дополнительный слой тестов, связанных, с параметрами системы которые достаточно тяжело отследить привычными методами, ведь некоторые требуемые метрики могут быть скрыты от прямого расчёта. Например, в кинематических роботах возникают ситуации, когда робот воспринимает ударную нагрузку, которая описывается третьей производной, что весьма непросто рассчитать и отследить во времени.

Ведь выделяемые ресурсы системы для расчёта конкретно этой метрики для всех актуаторов робота могут превышать вычислительные возможности не только контроллера робота, но и возможности расчёта сервера. Такой скрытый физический параметр как третья производная от координаты положения робота по времени можно добавить в тестирование программного обеспечения при помощи случайных параметров для тестов, проведя большое количество тестов и потратив много ресурсов для нахождения различных последовательных значений координаты робота с различными увеличивающимися параметрами времени, можно найти такие параметры, которые вызовут ошибку работы программного обеспечения. В дальнейшем программист сможет увидеть некорректную работу программы и исправить эту ошибку ещё до возникновения её в реальном мире на реальном роботе.

Ещё одним способом можно назвать написание большого количества функциональных тестов с константными данными, что безусловно выявит ошибки, но не поможет найти скрытые и очень сложные из них, так же большое количество тестов неизбежно приведёт к большим затратам на вычислительную технику и оплату работы программистов. Системы на основе моделей позволяют сделать тестирование менее трудоёмким процессом, ведь имея модель и сущности можно начать автоматизировать систему тестирования программного обеспечения, при этом если система автоматизации тестирования достаточно продвинута и использует случайные параметры для обхода модели и принципы конечных автоматов, то системы будут тестироваться на большем числе параметров в том числе и скрытых, но существуют и минусы в таких системах, ведь даже в простых моделях с десятью или двадцатью вершинами будет очень много повторений одинаковых рёбер графа, что автоматически создаёт большое количество бесполезной работы для вычислительной техники. Основным минусом можно назвать слабую параллелизацию таких систем.

Основной проблемой в теории конечных автоматов можно назвать наличие составных состояний, что означает что операции и понятия, которые применяются в этой теории достаточно атомарны. [4] Сети Петри имеют меньшую атомарность в своём устройстве и логических блоках, что позволяет им выигрывать у конечных автоматов в параллелизации процессов. Благодаря этой особенности, сети Петри широко применяются в моделировании сложных систем производств, цепочек поставок, бизнес логике, тестировании программного обеспечения и в других бесчисленных направлениях где требуется построение сложных моделей, требующих параллелизации. Сеть Петри состоит из четырёх основных элементов: дуги, переходы, позиции и маркеры. Позиция представляет из себя состояние, в котором находится участок системы, каждая позиция может иметь ноль, один или несколько маркеров, указывающих на определённый параметр системы. У каждой позиции могут быть входящие и выходящие дуги соединяющие позиции и переходы. Переходы могут быть активированы только в случае если все входящие в переход через дуги позиции имеют нужное количество маркеров для активации, в момент активации переход удаляет заданное количество маркеров у всех входящих позиций и добавляет маркеры к выходящим позициям.

Сети Петри, как и конечные автоматы могут быть математически применимы к обнаружению ошибок в системах, а также имеют схожие концепции тупиковых состояний системы. Любую сеть Петри можно представить как набор матриц и легко производить операции используя правила матричной математики. Преимуществом сетей Петри можно назвать интересное свойство, а именно полнота по Тьюрингу, что позволяет создавать очень сложные конвейерные системы. Пример сети Петри обеспечивающей синхронизацию двух процессов рисунок 2.

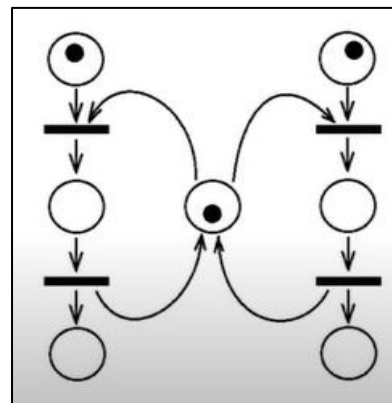


Рис. 2. Синхронизирующая сеть Петри

Сети Петри одинаково хорошо применимы во всех областях где требуется тестирование сложного программного обеспечения, прогрессивные компании, занимающиеся робототехникой, часто применяют в своей программной продукции методы тестирования, использующие моделирование системы для дальнейшей автоматизации атомарных функциональных тестов. [5] Для программирования работы кинематических систем используются дифференциальные кинематические уравнения с высокой сложностью математического расчёта, матрицы решений таких уравнений всегда имеют комплексные параметры, с высокой дискретизацией.

Ввиду огромного объёма данных, тестирование систем, предоставляющих гарантии на выполнение операций, в случае использования парадигмы постоянной поставки программного обеспечения, такой подход будет занимать крупные вычислительные ресурсы и как следствие денежных ресурсов. Сети Петри позволяют в столь не простой ситуации сократить количество повторов воспроизведения тестов в моменты непрерывной поставки кода, а также уменьшить количество генерируемых повторов тестов на этапе создания базы функциональных тестов. Так же в случае модернизирования системы изменение базы тестов может очень сильно упроститься, ведь малое количество атомарных частей по сравнению с конечными автоматами неизбежно приведёт к упрощению изменения модели системы. Полнота проведения тестов системы так же увеличивается за счёт возможности случайного подбора входных параметров для позиций и маркеров, а также выбираемых переходов для срабатывания.

Список литературы

1. Сети Петри [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://lawbooks.news/telekommunikationsnnyie-sistemyi-kompyuternyye/seti-petri-65144.html>, свободный (дата обращения: 21.03.2022). – Загл. с экрана.
2. Тестирование на основе сетей Петри [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://2018.heisenbug-piter.ru/talks/2018/spb/6feubdtqqwqocyu2w4cwq2/>, свободный (дата обращения: 21.03.2022). – Загл. с экрана.

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Сержант О.С.¹, Архангельский Б.В.²

¹студент Высшей школы энергетики, нефти и газа,

²студент Высшей школы ПП и ФК, serzhant.o@edu.narfu.ru

Научный руководитель: Крайнева О.В., к.г.-м.н., доцент кафедры транспорта хранения нефти, газа и нефтепромышленного оборудования

В настоящее время значительно увеличилось число полиэтиленовых газопроводов, проложенных подземным методом. Полиэтиленовые газопроводы имеют ряд достоинств: низкая стоимость, длительный срок эксплуатации, экологичность, устойчивость к коррозии и полиэтиленовые трубы в несколько раз легче