



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.054

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

¹Глезова П.Е., ²Давыдова О.Я.

¹ФГАОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО», г. Санкт-Петербург, Россия (195251, город Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29 литера Б)

²ФГАОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ», г. Санкт-Петербург, Россия (190000, город Санкт-Петербург, Большая Морская ул., д.67 лит. а), e-mail: davolmanager@gmail.com

В статье рассмотрена задача разработки подхода для оптимизации параметров временных задержек в системе автоматизированного тестирования веб-приложений. Предложено рассматривать веб-страницу как ориентированный граф, в котором каждый узел представляет элемент веб-интерфейса, а ребро представляет время, необходимое для загрузки и взаимодействия с элементом веб-интерфейса. Поставленную задачу рекомендовано свести к решению задачи коммивояжера, используя гибридный алгоритм муравьиной колонии с изменяющимися с помощью генетического алгоритма параметрами. Эффективность алгоритма предложено оценивать по количеству итераций, необходимых для получения наилучшего решения.

Ключевые слова: Метаэвристический подход; автоматизация тестирования веб-приложений; задача коммивояжера; генетический алгоритм; муравьиный алгоритм; гибридный подход.

ON THE APPLICATION OF A METAHEURISTIC APPROACH TO OPTIMIZING TIME DELAY PARAMETERS IN A WEB APPLICATION TESTING AUTOMATION SYSTEM

¹Glazova P.E., ²Davydova O.Ya.

¹PETER THE GREAT ST. PETERSBURG POLYTECHNIC UNIVERSITY, St. Petersburg, Russia (195251 St. Petersburg, Politekhnicheskaya st., 29 lit.B)

²ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF AEROSPACE INSTRUMENTATION, St. Petersburg, Russia (190000, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya st., 67, lit.A), e-mail: davolmanager@gmail.com

The article addresses the development of an approach for optimizing time delay parameters in an automated web application testing system. It is proposed to consider a web page as a directed graph, where each node represents a web interface element, and each edge represents the time required to load and interact with that element. The problem is recommended to be reduced to solving the traveling salesman problem using a hybrid ant colony algorithm with parameters adjusted by a genetic algorithm. The effectiveness of the algorithm is suggested to be evaluated based on the number of iterations needed to obtain the optimal solution.

Keywords: Metaheuristic approach; web application testing automation; traveling salesman problem; genetic algorithm; ant colony algorithm; hybrid approach.

Автоматизированное тестирование веб-приложений играет ключевую роль в современной разработке программного обеспечения, повышая качество продукта, ускоряя

процесс разработки и обеспечивая экономию ресурсов. С ростом сложности веб-приложений и увеличением их функциональности, запрос на стабильные и эффективные системы автоматизации тестирования растет.

Одним из инструментов автоматизации тестирования веб-приложений является Selenium. Благодаря открытому исходному коду, поддержке различных операционных систем и браузеров, Selenium считается популярным инструментом среди разработчиков.

При запуске тестовых сценариев с использованием Selenium разработчики часто сталкиваются с появлением временных задержек на стороне тестируемого веб-приложения. Они могут быть вызваны медленной загрузкой страниц, плохим Интернет-соединением, асинхронными запросами, или другими факторами, что в свою очередь приводит к нестабильности тестов.

На сегодняшний день появление временных задержек в автоматизированном тестировании с использованием Selenium обрабатывается путем ручного назначения параметров допустимых временных задержек, по истечению которых становится понятно: тест не был завершен по причине сбоя, или это является ошибкой, которая требует доработки на стороне веб-приложения. Ручное назначение параметров имеет ряд недостатков, таких как ограниченная возможность учета всех факторов, влияющих на временные задержки, неэффективность в случае изменения условий тестирования.

В настоящее время быстро развивается новое направление в теории и практике искусственного интеллекта – эволюционные вычисления (ЭВ). Данный термин обычно используется для общего описания алгоритмов поиска, оптимизации или обучения основанных на некоторых формализованных принципах естественного эволюционного отбора. Особенности идей эволюции и самоорганизации заключаются в том, что они находят подтверждение не только для биологических систем, развивающихся много миллиардов лет. Эти идеи в настоящее время с успехом используются при разработке многих технических и, в особенности, программных систем [1].

Использование метаэвристического подхода для решения задачи определения допустимых временных задержек в автоматизированном тестировании позволяет найти оптимальные параметры временных задержек, учитывая разнообразие сценариев тестирования и специфику веб-приложений. Такой подход способствует повышению стабильности и эффективности автоматизированных тестов, сокращению времени и ресурсов, затрачиваемых на тестирование.

В рамках исследования необходимо.

1. Определить математическую модель задачи оптимизации параметров временных задержек автоматизированного тестирования.
2. Осуществить сравнительный анализ известных метаэвристических методов и подобрать подходящий для решения поставленной задачи.
3. Разработать алгоритм оптимизации параметров временных задержек на основе выбранного метаэвристического метода.
4. Определить критерий эффективности разработанного алгоритма

В условиях динамичной среды, которой является веб-приложение, тестовые сценарии состоят из взаимодействия с множеством элементов интерфейса, каждый из которых требует различного времени на загрузку и обработку. Один из подходов к решению задач в такой среде

заключается в сведении задачи оптимизации параметров временных задержек к задаче коммивояжера.

В задаче коммивояжера требуется найти кратчайший путь, проходящий через множество городов ровно один раз и возвращающийся в начальную точку. Аналогично, в контексте автоматизированного тестирования веб-приложений, можно рассматривать каждый элемент интерфейса как «город», а время, необходимое для загрузки и обработки этих элементов, как «расстояние» между городами.

Таким образом, минимизация общего времени выполнения тестов сводится к нахождению оптимального маршрута, проходящего через все элементы интерфейса, который минимизирует суммарное время задержек.

Описание параметров.

1. Вершины (узлы): Каждый узел представляет элемент веб-интерфейса, который необходимо протестировать. Примерами узлов являются кнопки, поля ввода, изображения и другие компоненты веб-страницы.

2. Ребра (пути): Каждое ребро представляет время, необходимое для загрузки и взаимодействия с элементом веб-интерфейса. Времена загрузки могут варьироваться в зависимости от различных факторов, таких как размер элемента, сетевые задержки и производительность сервера.

Цель: минимизировать общее время выполнения тестового сценария, который включает посещение каждого элемента веб-интерфейса (узла) ровно один раз.

Формулировка задачи.

Граф: пусть $G = (V, E)$ – это граф, где V – множество вершин (элементы веб-интерфейса), E – множество ребер (времена загрузки между элементами).

Матрица времени загрузки: пусть T – матрица времени загрузки, где t_{ij} обозначает время для перехода от элемента i к элементу j .

Необходимо найти такой маршрут (последовательность посещения вершин), который минимизирует суммарное время переходов между элементами.

Математическая модель.

Пусть x_{ij} – бинарная переменная, равная 1, если элемент i посещается перед элементом j , и 0 в противном случае.

Целевая функция:

$$\text{minimize } \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} t_{ij} x_{ij}.$$

Ограничения.

Каждый элемент должен быть протестирован ровно один раз:

$$\begin{aligned} \sum_{j \in V} x_{ij} &= 1, \forall i \in V, \\ \sum_{i \in V} x_{ij} &= 1, \forall i \in V. \end{aligned}$$

В Таблице 1 представлен сравнительный анализ изученных метаэвристических подходов, рассмотрены их преимущества и недостатки [2].

Таблица 1 – Сравнительный анализ метаэвристических подходов

Тип подхода	Задача	Преимущества	Недостатки
Простой генетический алгоритм	Поиск оптимального или субоптимального решения	- не требует дифференцируемости и непрерывности функции; - пригоден для решения крупномасштабных проблем оптимизации; - может быть использован для широкого класса задач; - прост в реализации.	- не гарантирует нахождение глобального экстремума; - не для всех задач удастся найти оптимальное кодирование параметров; - непросто моделировать для определения всех возможных вариантов.
Эволюционное программирование	Поиск оптимального или субоптимального решения	- наиболее гибкий подход, хорошо адаптируется к изменениям; - широкая область применения; - использует эволюцию на уровне фенотипа.	- не применяется оператор рекомбинации; - все преобразования выполняются над вещественными числами.
Муравьиные алгоритмы	Задачи поиска кратчайшего пути и задачи комбинаторной оптимизации	- хорошо адаптируются к изменениям; - меньше подвержены не оптимальным начальным решениям; - опираются на память обо всей колонии вместо памяти только о предыдущем поколении.	- сходимость гарантируется, но время сходимости не определено; - сильно зависят от настроечных параметров, которые подбираются только исходя из экспериментов.
Генетическое программирование	Регрессия	- генетический материал переменной длины; - принцип похож на машинное обучение.	- сложно подбирать гиперпараметры; - древовидное кодирование особей.

Источник: анализ авторов

Для решения задачи оптимизации параметров временных задержек в системе автоматизации тестирования веб-приложений выбран гибридный подход: муравьиный и генетический алгоритм.

1. Муравьиные алгоритмы способны находить баланс между исследованием новых областей решений и использованием уже найденных решений. Это позволит эффективнее оценивать сетевую среду, так как диапазон изменений параметров сети небольшой и аномалии встречаются редко.

2. Муравьиный алгоритм хорошо подходит для решения задач комбинаторной оптимизации.

Главным недостатком методов класса муравьиных алгоритмов является чувствительность к изменяющимся параметрам. От них зависит качество решения и время, затраченное на его поиск. Для устранения данного недостатка предлагается рассматривать поиск подходящих параметров как задачу оптимизации, решение которой провести с использованием простого генетического алгоритма.

Гибридный метод основан на работе двух метаэвристических алгоритмов. Впервые он был предложен в материалах исследования Благовещенской Е.А. [3]. Основное отличие данного алгоритма от подобных заключается в том, что он не является последовательным применением нескольких алгоритмов. Его идея состоит в том, чтобы применить генетический алгоритм для оптимизации параметров основного алгоритма оптимизации - муравьиной колонии.

Алгоритм имеет динамические параметры и статические. Для каждого муравья a_k определены следующие динамические параметры: α_k, β_k, Q_k .

α_k – чувствительность к феромонам.

β_k – чувствительность муравья к эвристической информации.

Q_k – интенсивность феромона. Определяет количество феромона, которое будет отложено муравьем.

Таким образом, в отличие от классической реализации, в данной модификации предполагается, что перечисленные параметры не применяются ко всем муравьям одновременно, а, напротив, каждый муравей имеет свой независимый набор параметров.

Алгоритм содержит и статические общие параметры: n, ρ, τ_0 .

n – количество муравьев.

τ_0 – параметр, определяющий количество феромона на пути к решению при инициализации.

ρ – скорость испарения феромона.

Каждый муравей k на итерации t выбирает дугу ij с вероятностью $p_{ij}^k(t)$, определяемую формулой:

$$p_{ij}^k(t) = \frac{\tau_{ij}^{\alpha_k}(t)\eta_{ij}^{\beta_k}(t)}{\sum \tau_{iu}^{\alpha_k}(t)\eta_{iu}^{\beta_k}(t)}. \quad (1)$$

Каждый муравей откладывает феромон $\Delta\tau_{ij}$ в соответствии с формулой:

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{Q_k}{f(x_k)}, \quad (2)$$

где $f(x_k)$ – длина пути x , найденная муравьем k .

Над динамическими параметрами работают генетические операторы. Оператор селекции, который вероятностно определяет новый набор параметров, задается следующим образом:

$$P(M_k) = \frac{f(x_k)}{\sum f(x_k)}, \quad (3)$$

где $P(M_k)$ – вероятность выбора k -го параметра муравья для дальнейшего его участия в работе алгоритма.

Оператором кроссинговера является побитовое сложение (исключающее «или») битовых представлений значений параметров. Оператор мутации случайным образом изменяет бит битового представления каждого параметра.

Последовательность действий представлена в алгоритме 1.

Алгоритм 1. Алгоритм муравьиной колонии с изменяющимися с помощью генетического алгоритма параметрами.

```
c = inf
x =  $\emptyset$ 
define  $\eta, \tau_0, \rho$ 
for each  $v_{ij} \in V$  do
     $\tau_{ij} \sim (0; \tau_0)$ 
end for
for each  $\alpha_k \in A$  do
     $\alpha_k = \alpha, \beta_k = \beta, Q_k = Q$ 
end for
while не достигнут критерий останова do
    for each  $\alpha_k \in A$  do
         $x_k(t) = \emptyset$ 
        while  $|x_k| \neq N$  do
            выбрать j согласно правилу (1)
             $x_k(t) = x_k(t) \cup \{(i, j)\}$ 
        end while
        if  $f(x_k(t)) < c$  then
             $c = f(x_k(t))$ 
             $x = x_k(t)$ 
        end if

        for each  $v_{ij} \in x_k$  do
            вычислить  $\Delta\tau_{ij}$  согласно правилу (2)
        end for
        Применить оператор селекции согласно правилу (3)
        Применить оператор кроссовера
        Применить оператор мутации
        Установить новые параметры  $\alpha_k, \beta_k, Q_k$ 
    end while
```

Источник: материалы исследования Благовещенской Е.А. [3]

Эффективность разработанного алгоритма можно оценить по количеству итераций алгоритма, необходимого для получения наилучшего решения. В контексте автоматизированного тестирования веб-приложений показатель будет положительным, если увеличение количества итераций не будет влиять на частоту появления наилучших решений. Это будет означать, что алгоритм стабильно находит хорошие решения и большое количество итераций не является необходимым. Данное свойство позволит экономить вычислительные ресурсы и время при проведении тестов, сохраняя при этом высокую эффективность и надежность автоматизированного тестирования.

В результате проведенного исследования была описана задача оптимизации параметров временных задержек в системе автоматизированного тестирования, сформулирована математическая модель задачи в терминах задачи коммивояжера, а также проведен сравнительный анализ известных метаэвристических подходов, включая простой генетический алгоритм, эволюционное программирование, муравьиные алгоритмы и генетическое программирование. На основе анализа был выбран гибридный подход к решению поставленной задачи, состоящий из муравьиного и простого генетического алгоритма, в котором параметры муравьиного алгоритма изменяются с помощью простого генетического алгоритма. Критерием оценки эффективности предложенного алгоритма определено количество итераций, необходимое для получения наилучшего решения.

Список литературы

1. Скобцов, Ю. Ф., Основы эволюционных вычислений. — Учебное пособие. — Донецк: ДонНТУ, 2008. — 326с.
2. Большаков, А. А. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / под редакцией А.А. Большакова. М. : Горячая линия — Телеком, 2006. — 160 с.
3. Blagoveshchenskaya, E. A. Ant colony optimization with parameter update using a genetic algorithm for travelling salesman problem / E. A. Blagoveshchenskaya, I. I. Mikulik, L. H. Strüngmann // CEUR Workshop Proceedings : Proceedings of the Workshop "Models and Methods for Researching Information Systems in Transport 2020" on the basis of the departments "Information and Computer Systems" and "Higher Mathematics", St. Petersburg, 11–12 декабря 2020 года. Vol. 2803. – St. Petersburg: CEUR-WS, 2020. – P. 20-25. – EDN LVXZIX

References

1. Skobtsov, Yu. F., Fundamentals of evolutionary computing. — A study guide. — Donetsk: DonNTU, 2008. — 326s.
 2. Bolshakov, A. A. Intelligent management systems of organizational and technical systems / edited by A.A. Bolshakov. M. : Hotline — Telecom, 2006. — 160 p.
 3. Blagoveshchenskaya, E. A. Ant colony optimization with parameter update using a genetic algorithm for traveling salesman problem / E. A. Blagoveshchenskaya, I. I. Mikulik, L. H. Strüngmann // CEUR Workshop Proceedings : Proceedings of the Workshop "Models and Methods for Research Information Systems in Transport 2020" on the basis of the departments "Information and Computer Systems" and "Higher Mathematics", St. Petersburg, December 11-12, 2020. Vol. 2803. – St. Petersburg: CEUR-WS, 2020. – P. 20-25. – EDN LVXZIX.
-