

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шмалько Елизаветы Юрьевны «Принцип синтезированного оптимального управления в робототехнических системах», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Согласно представленному автореферату, основной целью диссертационного исследования Шмалько Е.Ю. является разработка методов и подходов для решения проблемы автоматизированного получения реализуемых законов управления в робототехнических системах на основе применения современных технологий и алгоритмов машинного обучения. Автоматизация является лидирующим трендом во многих отраслях, однако область разработки систем управления имеет свои особенности, которые долгое время не позволяли разработать подходы к ее автоматизации, в частности необходимость учета сложносоставных критериев качества (по точности, быстродействию, энергоэффективности и т.д.), а также возможных ограничений, определяемых как особенностями внешней среды функционирования объектов управления, так и техническими характеристиками самих объектов. Современные системы управления становятся все более сложными и многофункциональными, поэтому разработка принципов построения вычислительных подходов и комплексов, реализующих функции управления на основе перспективных технологий машинного обучения, является актуальным направлением в разработке автономных систем и представляет несомненный интерес.

Диссертация содержит новые научные результаты и положения в области машинного обучения систем управления. В работе проводится анализ существующих методов, отмечаются ограничения традиционных подходов. Предложен оригинальный методологический подход синтезированного оптимального управления с возможностью использования машинных алгоритмов получения законов управления, позволяющий с минимальным участием человека или без его участия проектировать современные эффективные алгоритмы управления робототехническими системами. В диссертации разработаны

численные методы реализации предложенного подхода на основе машинного обучения с помощью символьной регрессии и эволюционных алгоритмов оптимизации. Отдельного внимания заслуживают разработанные в диссертации методы символьной регрессии для синтеза законов управления. Одним из ключевых преимуществ применения символьной регрессии в рамках разработанного синтезированного подхода является возможность оптимизационного поиска структуры управления на основе минимизации функционала, сформулированного в исходной задаче оптимального управления, в отличие от большинства методов машинного обучения, требующих минимизации критерия ошибки отклонения от обучающей выборки, сформировать которую в системах управления часто не представляется возможным. Немаловажным аспектом является создание за счет методов символьной регрессии интерпретируемых систем управления, которые в отличие нейронных сетей, представляющих «черный ящик», могут быть легко проанализированы и поняты инженерами-исследователями.

Ценность результатов для практики подтверждается решением ряда актуальных прикладных и исследовательских задач в области управления мобильными роботами, в которых удалось достигнуть желаемого качества управления даже при введении некоторых неопределенностей моделей и начальных условий. Представленные решения задач демонстрируют эффективность предложенного подхода к автоматической разработке систем управления.

В диссертации применены апробированные численные методы, поэтому достоверность и обоснованность результатов работы не вызывает сомнений.

В качестве замечания следует отметить, что предложенные эволюционные методы, хотя и демонстрируют высокую эффективность, недостаточно обоснованы в рамках работы, в примерах не указан сам процесс сходимости и время сходимости. Однако данное замечание не снижает общей положительной оценки работы.

Диссертация является самостоятельной законченной научной квалификационной работой, в которой предложены новые методы решения проблемы автоматизированного получения реализуемых законов управления в робототехнических системах на основе



машинного обучения. Диссертация обладает научной новизной и практической ценностью, новые научные результаты, выносимые на защиту, достоверны, принадлежат лично автору, а сделанные выводы и заключения обоснованы. Результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы в 46 научных публикациях, из перечня ВАК, Web of Science и Scopus.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Шмалько Е.Ю. является завершенной научной работой, выполненной на актуальную тему на высоком научном уровне. Представленная работа отвечает требованиям положения о Порядке присуждения ученых степеней, а автор диссертации Шмалько Елизавета Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет  
науки и технологий имени  
академика М.Ф. Решетнева»,  
кафедра высшей математики,  
кандидат технических наук,  
доцент

Становов Владимир Вадимович



Почтовый адрес:

660037, Красноярск,

пр. им. газеты «Красноярский рабочий»,

д. 31, ауд. Н306

тел. +7(391) 291-91-19

E-mail: [vladimirstanovov@yandex.ru](mailto:vladimirstanovov@yandex.ru)

