

## Отзыв научного руководителя

На выпускную квалификационную работу студента бакалавриата  
кафедры системного программирования математико-механического факультета  
СПбГУ Гальковского Антона

Тема выпускной квалификационной работы:

### Автономная 3D навигация

Обучающийся Антон Гальковский выбрал целью своей работы Автономную 3D навигацию. Можно с уверенностью говорить что эта задача востребована индустрией. Дело в том что необходимость в поиске пути, прокладке маршрутов в неизвестном окружении, безопасном поведении автономных роботов и БПЛА при отказе датчиков глобального позиционирования откроют для таких систем и механизмов целый ряд новых применений — таких как поиск пострадавших в завалах, людей потерянных в лесах, позволят автономно вести работы и наблюдения в районах где работа системы глобального позиционирования недоступна или нестабильна — шахтах, закрытых помещениях, под кронами деревьев, под водой. Нельзя сказать чтобы задача подобной навигации не решалась до этого, но можно однозначно видеть что даже лучшие образцы таких систем доступные на рынке — например мультиротор от компании Skydio — существенно уступают по динамике и скорости даже мультироторам под управлением человека, не смотря на то что Skydio обрабатывает данные с нескольких камер и датчиков, а человек ведет навигацию по единственной фронтальной широкоугольной камере.

В рамках квалификационной работы обучающийся достаточно полно изучил предметную область. В частности он освоил и инженерные аспекты — устройство, принципы управления, ограничения и особенности квадрокоптеров (4х винтовых мультироторов) на базе самостоятельно собранного им прототипа класса F450.

Антон достаточно подробно изучил и область машинного зрения принципы работы и математические модели оптических сенсоров, таких как лидары, RGB-, RGBD- камеры.

В ходе работы Антон воспроизвел в симуляции на базе системы ROS результаты университета HKUST. Они реализовали алгоритмы автономной навигации использующей в качестве сенсора лидар. Используя их результат как базу, Антону удалось обеспечить в симуляции работоспособность системы используя для этого более дешевую и доступную rgb-камеру вместо лидара.

В ходе работы Антон изучил основы платформы ROS для программирования робототехнических систем. Предложил и реализовал метод планирования дополнительных перемещений мультиротора обеспечивающих большую базу наблюдения и таким образом повышение точности реконструкции окружения. Достиг достаточного для реальной апробации и практического применения уровня производительности и качества алгоритма для его переноса на встроенную платформу. Произвел замеры качества и стабильности работы.

Проверка ВКР на предмет наличия/отсутствия неправомерных заимствований показала, что работа неправомерных заимствований не содержит. Отчёт выполнен достаточно аккуратно имеет хорошо читабельную структуру и типографику. К сожалению, отчётный текст квалификационной работы все же содержит некоторое количество опечаток и стилистических ошибок, в частности:

- Обучающийся использует стиль кавычек не свойственный традиционной российской типографике
- В разделе постановки задачи используется конструкция «ракурс на» в значении направления обзора, что на мой взгляд грамматически неверно, однако, пониманию это не мешает.
- Часть используемых терминов, вероятно следовало бы заменить их устоявшимися русскоязычными аналогами (рендеринг, полигон, итп)
- Обучающийся в некоторых местах злоупотребляет перегруженными грамматическими конструкциями, что приводит к многострочным, сложным для понимания предложениям.

Рассматривая работу в целом, можно сказать что Антон показал достаточную инициативность, хорошую математическую, инженерную и алгоритмическую подготовку. Работа, в целом готова к



внедрению, за исключением, на мой взгляд, необходимости исследовать робастность реконструкции с учетом шумов матрицы и ИМУ.

Даже учитывая отмеченные недостатки считаю, что студент заслуживает оценки «отлично».

д.ф.-м.н., профессор  
Терехов Андрей Николаевич

Дата: 04.06.2020

Подпись: А. Терехов