

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет компьютерных наук
Образовательная программа «Прикладная математика и информатика»

Отзыв руководителя исследовательского проекта

На тему Улучшение алгоритмов решения задачи LMAPF с помощью графа с динамической стоимостью переходов

Наименование проекта

Выполненного студентом (кой) 2 курса ОП ПМИ, группа БПМИ2035

Юхневич Егор Владимирович

Фамилия, имя, отчество

№ п/п	Критерии оценки	Оценка руководителя (по 10-балльной шкале)	Комментарий к оценке за критерий (если есть)
1.	Научная новизна	10	Получено SOTA решение в рассматриваемой постановке задачи
2.	Актуальность работы	10	
3.	Полнота обзора известных результатов и сопоставления с ними	9	
4.	Сложность и объём выполненной работы	10	Объём работы кратно превысил тот, что обычно выполняют студенты при работе над проектом
5.	Качество оформления текста, ясность и чёткость изложения	7	Наверное, на этот аспект стоит сделать скидку, учитывая отсутствие опыта написания подобного рода текстов у студента
6.	Чёткость выдерживания запланированного графика работы, своевременность прохождения основных этапов выполнения КП, взаимодействие с руководителем КП	9	

Процент плагиата из системы Антиплагиат не должен превышать 20 %.

Пояснение руководителя в случае, если процент превышен (должно содержать рекомендацию по допуску или недопуску к защите):

Текстовый комментарий от руководителя проекта (поле обязательно для заполнения)

**Если проект находится под NDA или вы оцениваете работу студента на 9 или 10 баллов, комментарий должен быть очень подробным и содержать качественные и количественные характеристики работы.*

(Комментарий от формального руководителя проекта К.С. Яковлева – актуальным, не формальным руководителем работы являлся мой бывший аспирант, а ныне н.с. AIRI, А.А. Андрейчук. Ниже приведён его отзыв, с которым я солидарен.)

Темой исследований Егора стала разработка подхода для улучшения работы алгоритмов решения задачи LMAPF (Lifelong Multi-Agent PathFinding) – модифицированной версии задачи многоагентного планирования. Задача многоагентного планирования заключается в построении совокупности неконфликтных траекторий для множества агентов, имея заданный граф, моделирующий рабочее пространство, а также набор стартовых и целевых положений для агентов. В отличие от классической задачи, в задаче LMAPF агенты получают новые цели каждый раз, когда достигают текущее целевое положение, а оценка эффективности работы алгоритма проводится по среднему числу достигнутых целей всеми агентами за определенное количество шагов. Наиболее ярким примером этой задачи, который возникает на практике, являются современные автоматизированные складские системы, на которых множество роботов заняты доставкой и сортировкой товаров.

Для проверки и оценки эффективности разрабатываемых подходов мною было предложено участие в соревновании League of Robot Runners, которое посвящено в том числе решению задачи LMAPF, организовано рядом ведущих исследователей в этой области и спонсируется компанией Amazon Robotics.

В рамках работы над проектом и участия в соревновании Егор изучил большое количество научных статей, посвященных современным методам решения задачи MAPF/LMAPF. В отличие от большинства подходов, описанных в литературе, постановка задачи в соревновании имеет ряд существенных отличий, одним из которых является модель движения агентов. Наиболее часто используется модель, которая позволяет агентам совершать 4 действия перемещения в ортогональных направлениях, а также действие ожидания. В соревновании же рассматривается модель движения с ориентацией, т.е. агенты могут двигаться только в одном направлении – вперед, а для смены направления движения необходимо выполнить действие вращения на месте.

Другой важной особенностью постановки задачи, используемой в соревновании, является ограничение на время работы алгоритма. В то время как во многих работах лимит времени работы исчисляется минутами, либо в принципе отсутствует, в рамках соревнования необходимо работать в реактивном режиме и выдавать следующее действие для всех агентов за 1 секунду. При этом число агентов может достигать 10 тысяч. Столь серьезное ограничение на время работы приводит к необходимости разработки подхода, который способен за очень короткое время выдать решение приемлемого качества, а затем, используя имеющийся временной бюджет, улучшить его.

За основу был взят алгоритм PIBT, который способен работать в реактивном режиме и быстро выдавать следующее действие агента. Однако, этот подход плохо подходит для рассматриваемой постановки задачи, в которой агенты имеют ориентацию. Для устранения этого недостатка, Егор разработал модификацию этого алгоритма, которая рассматривает цепочки действий (длиной 3, 4 или 5), что позволяет агентам эффективно разрешать конфликты даже при очень высокой плотности агентов (когда агенты занимают 80+% рабочего пространства). Также Егор реализовал ряд дополнительных эвристик, таких как взвешивание действий для их приоритизации и взвешивание стоимости переходов на графе для снижения кучности и более эффективного распределения агентов по карте. Помимо этого, была реализована процедура итеративного улучшения решения с помощью подхода Large Neighborhood Search.

Реализация разработанного подхода показала крайне высокую эффективность в рамках рассматриваемой постановки задачи. Этот вывод подтверждается итогами соревнования, в котором разработанное решение показало наилучшие результаты на 6 из 10 заданий, а также получило максимальный средний балл, что позволило занять 1е место, причем во всех 3х номинациях. Помимо этого, Егором был проведен ряд экспериментальных исследований с целью сравнения с другими существующими подходами, известными в литературе. Так, в качестве бейслайнов использовались алгоритмы WPPL (подход победителей соревнования в прошлом году), а также

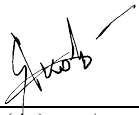
подхода RIBT+TrafficFlow, который использовался в качестве базового планировщика в соревновании. Результаты этих экспериментов показали, что вне зависимости от числа агентов и карты, разработанный алгоритм демонстрирует аналогичную или более высокую пропускную способность чем бейслайны.

Итогом исследования, проведенного Егором, стал алгоритм, который превосходит по эффективности работы все существующий аналоги, по крайней мере, в условиях рассматриваемой постановки задачи. Считаю, что студент заслуживает отличной оценки (9).

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА РУКОВОДИТЕЛЯ по 10-балльной шкале 9

(Итоговая оценка выставляется не как среднее арифметическое критериев, а общая оценка работы с учетом критериев.)

Руководитель
ВШЭ




(подпись)

Яковлев Константин Сергеевич, к.ф.-м.н., доцент
Базовой кафедры ФИЦ ИУ РАН, ФКН ВШЭ

(ФИО, ученая степень, должность, место работы)

Руководитель



(подпись)

Андрейчук Антон Андреевич, к.ф.-м.н.,
научный сотрудник, АНО «Институт
искусственного интеллекта»

(ФИО, ученая степень, должность, место работы)

Дата 09.04.2025

Шкала соответствия оценок в НИУ ВШЭ

Оценка по 10-балльной шкале	Оценка по 5-балльной шкале	Оценка, используемая в европейском приложении к диплому	
10	отлично	A +	Excellent
9	отлично	A	Very good
8	отлично	A -	Very good
7	хорошо	B +	Good
6	хорошо	B -	Good
5	удовлетворительно	C +	Satisfactory
4	удовлетворительно	C -	Satisfactory
3	неудовлетворительно	F	Fail

2	неудовлетворительно	F	Fail
1	неудовлетворительно	F	Fail

Оценка "0" может использоваться как признак дисциплинарного проступка студента (списывание, иное нарушение академических норм).