

# НИС “Алгоритмические основы мобильной робототехники” Research Seminar “Algorithms for mobile robots”

Константин Яковлев <https://www.hse.ru/staff/yakovlev-ks>

<b>Аннотация .....</b>	<b>2</b>
<b>Система оценивания .....</b>	<b>2</b>
Требования к формированию команд.....	2
Требования к выбору темы .....	3
Требования к программной реализации .....	3
Требования к тексту.....	3
Требования к экспериментальному исследованию .....	4
Требования к защите .....	4
<b>Темы занятий и примерное расписание.....</b>	<b>5</b>
<b>Список статей для выполнения группового проекта.....</b>	<b>7</b>

## Аннотация

Робототехника является одной из наиболее активно развивающихся областей науки и техники в настоящее время. Все большее распространение и применение в повседневной жизни находят различные робототехнические устройства: автоматические пылесосы, дроны, беспилотные автомобили и пр. Ключевая особенность таких систем – возможность перемещаться в окружающем пространстве. Для того, чтобы всевозможные роботы могли быть полезными человеку и автономно выполнять сложные задачи в динамической среде необходимо активное использование методов искусственного интеллекта при разработке программного управляющего обеспечения этими роботами.

В рамках предлагаемого курса предлагается рассмотрение задач (и методов их решений) относящихся в одной из основных проблем интеллектуальной робототехники – **автономной навигации**, таких как: *планирование траектории, картирование, локализация* и др.

Основной активностью слушателей в рамках курса является **групповая работа над проектом** типа “gerproduce”, результатом которой является а) программная реализация выбранного метода/алгоритма; б) описание проведенного исследования и его результатов (в формате, близком к формату научной статьи). Формат проекта “gerproduce” подразумевает выбор научной статьи по одной из актуальных проблем интеллектуальной робототехники, программную реализацию описанного в статье метода, проведение авторских экспериментальных исследований разработанной реализации (возможно – на основе методологии, описанной в статье).

## Система оценивания

Оценка выставляется по следующей формуле:

$$O = 0,3*O_{код} + 0,2*O_{текст} + 0,5*O_{защита},$$

где:

O<sub>код</sub> – оценка за программную реализацию (по 10-бальной шкале);

O<sub>текст</sub> – оценка за текст, посвященный исследованию (по 10-бальной шкале);

O<sub>защита</sub> – оценка, полученная на публичной защите проекта (по 10-бальной шкале).

Оценивается команда, т.е. все участники, работающие над одним проектом, получают одинаковые оценки. При этом на защите необходимо описать вклад каждого участника в проект.

## Требования к формированию команд

Команда для работы над проектом должна содержать максимум 4 участника и должна быть сформирована в установленный срок (см. ниже).

Формирование команды происходит по инициативе слушателей курса.

После установленного срока распределение слушателей, которые не определились с командой, происходит в режиме назначения преподавателем.

Переход из одной команды в другую после этапа формирования ведёт к штрафу в -1 балл для команды, принявшей перешедшего участника.

### **Требования к выбору темы**

Тема выбирается сформированной командой самостоятельно в установленный срок (см. ниже).

Не допускается дублирование тем у разных команд (приоритет над темой отдается той команде, которая выбрала и согласовала её раньше).

Смена темы после этапа выбора возможна по согласованию с преподавателем только в том случае, если она не выбрана другой командой.

Тема выбирается из предложенного списка. Возможен также инициативный выбор темы по согласованию с преподавателем.

### **Требования к программной реализации**

Программная реализация должна быть размещена в публичном репозитории на GitHub.

В репозитории должен содержаться подробный README файл, описывающий назначение программы и основные принципы работы с ней (как собрать работающий проект, как запустить, какие данные (и как) подавать на вход и пр.).

В репозитории должны содержаться примеры входных данных (или ссылки на них и инструкции по скачиванию/запуску).

Частичное использование чужих реализаций не поощряется (ведет к снижению оценки за программную реализацию). При использовании готовой программной реализации Окод=0 (т.е. максимально возможная оценка за проект целиком в этом случае – 7 баллов из 10).

### **Требования к тексту**

Текст должен быть подготовлен в формате научной статьи, т.е. иметь следующую структуру: название, авторы, аннотация, ключевые слова, введение, описание задачи, метод решения, экспериментальные исследования, выводы, список литературы.

Текст должен быть оформлен согласно шаблону IEEE (сдаются pdf + исходники в TeX).

Объем текста не регламентирован.

Язык – русский или английский, в случае, если курс слушается только русскоязычными студентами; *только английский*, если на курсе присутствуют студенты, не говорящие по-русски.

В тексте не должно содержаться copy-paste из оригинальной статьи (той, на основании которой выполняется групповой проект). Допускается использование поясняющих

схем, рисунков и пр., взятых из исходной статьи, с корректным оформлением ссылок. Текстовое описание должно быть подготовлено самостоятельно.

Часть, посвященная экспериментальному исследованию должна быть полностью оригинальна (см. раздел «требования к экспериментальному исследованию»).

### **Требования к экспериментальному исследованию**

Экспериментальное исследование должно быть выполнено командой самостоятельно.

Допускается использование оригинальной методологии, описанной в исходной статье, но поощряется использование собственного дизайна экспериментов.

Возможно комбинирование подходов. Сначала повторяются эксперименты, описанные в исходной статье, тем самым устанавливается (или опровергается) факт reproducibility of results, т.е. повторяемости результатов. Потом проводятся эксперименты по предлагаемому дизайну (на новых данных, с новыми метриками и пр.).

### **Требования к защите**

Формат защиты – устный доклад, сопровождаемый презентацией.

Регламент по времени – не более 15 минут на доклад, не более 10 минут на обсуждение.

Доклад/презентация делается на том же языке, что и текст по проекту.

### **Контрольные точки (сроки)**

Формирование команды и выбор темы – 7 октября 2019

Промежуточный контроль – 28 октября 2019

Представление первых результатов – 11/25 ноября 2019

Итоговый контроль (защита проектов) – 9/16 декабря 2019

# Темы занятий и примерное расписание

## 1. 09.09.2019. Вводное занятие.

Интеллектуальная робототехника. Знакомство с предметной областью. Основные определения. Проекты. Направления исследований.

*Административная часть – обсуждение требований к проектам (выбор проектов, разбиение на команды и пр.).*

## 2. 16.09.2019. Автономная навигация мобильных агентов.

Многоуровневые интеллектуальные системы управления. Тактический уровень. Автономная навигация и сопутствующие задачи (SLAM, навигация, планирование траектории, задачи технического зрения и пр).

## 3. 07.10.2019. Планирование траектории для мобильных роботов I.

Графовые модели для задач планирования траектории (2D).

Алгоритмы семейства  $A^*$  для решения задач планирования траектории (базовая постановка, any-angle, инкрементальные реализации, планирование в динамической среде, в частично наблюдаемой среде).

## 4. 28.10.2019. Планирование траектории для мобильных роботов II

*(+промежуточный контроль)*

Методы машинного обучения в задаче планирования траектории (и в целом – в задаче навигации).

Многоагентное планирование.

*Промежуточный контроль по проектной работе.*

*Представление командами текущих результатов. Обсуждение и согласование дальнейшего плана работ.*

## 6. 11.11.2019 Картирование и локализация

Задачи картирования, локализации, одновременного картирования и локализации.

Постановка и примеры задач. Основные подходы к решению.

Задача SLAM по видеопотоку единственной камеры – анализ методов решения.

*Текущий контроль: представление командами текущих результатов по проектам, обсуждение и консультации.*

## 7. 25.11.2019 CNN-SLAM

Применение нейросетей в задаче monocular vision-based SLAM. Depth reconstruction + depth SLAM. Основные архитектуры для depth reconstruction. CNN-slam на встраиваемых системах, вопросы производительности.

*Текущий контроль: представление командами текущих результатов по проектам, обсуждение и консультации.*

## 8. 09.12.2019 Защита проектов (первая волна)

*Итоговая защита командных проектов. Оценивание текста, кода, проведенной работы в целом. Выставление оценок.*

**9. 16.12.2019 Защита проектов (вторая волна)**

*Итоговая защита командных проектов. Оценивание текста, кода, проведенной работы в целом. Выставление оценок.*

## Список статей для выполнения группового проекта

Для выполнения проекта, по согласованию с ментором, выбирается статья, посвященная (в той или иной степени) автономной навигации мобильных агентов (роботов, беспилотных автомобилей, дронов и пр.). Некоторый неполный список статей приведен ниже.

1. Koenig, S., & Likhachev, M. (2002). D\* Lite.  
<https://www.aaai.org/Papers/AAAI/2002/AAAI02-072.pdf>
2. Harabor, D. D., Grastien, A., Öz, D., & Aksakalli, V. (2016). Optimal any-angle pathfinding in practice. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 56, 89-118.  
<https://www.jair.org/index.php/jair/article/download/11004/26163>
3. Phillips, M., & Likhachev, M. (2011). Sipp: Safe interval path planning for dynamic environments. In *ICRA 2011*. pp. 5628-5635.  
[http://www.cs.cmu.edu/~maxim/files/sipp\\_icra11.pdf](http://www.cs.cmu.edu/~maxim/files/sipp_icra11.pdf)
4. Wang, K. H. C., & Botea, A. (2011). MAPP: a scalable multi-agent path planning algorithm with tractability and completeness guarantees. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 42, 55-90.  
<https://www.jair.org/index.php/jair/article/download/10722/25615/>
5. Sharon, G., Stern, R., Felner, A., & Sturtevant, N. R. (2015). Conflict-based search for optimal multi-agent pathfinding. *Artificial Intelligence*, 219, 40-66.  
<https://www.cs.utexas.edu/~guni/Papers/CBS-AIJ15.pdf>
6. Tamar, A., Wu, Y., Thomas, G., Levine, S. and Abbeel, P., 2016. Value iteration networks. In *NIPS 2016*. pp. 2154-2162.  
<http://papers.nips.cc/paper/6046-value-iteration-networks.pdf>
  - a. Lee, L., Parisotto, E., Chaplot, D.S., Xing, E. and Salakhutdinov, R., 2018. Gated path planning networks. In *ICML 2018*.  
<https://arxiv.org/pdf/1806.06408.pdf>
  - b. Schleich, D., Klamt, T. and Behnke, S., 2019. Value Iteration Networks on Multiple Levels of Abstraction. In *RSS 2019*.  
<http://www.roboticsproceedings.org/rss15/p14.pdf>
7. Soboleva, N. and Yakovlev, K., 2019. GAN Path Finder: Preliminary results. In *KI 2019*.  
<https://arxiv.org/pdf/1908.01499.pdf>
8. Takahashi, T., Sun, H., Tian, D. and Wang, Y., 2019, July. Learning Heuristic Functions for Mobile Robot Path Planning Using Deep Neural Networks. In *ICAPS 2019*. pp. 764-772.  
<https://www.aaai.org/ojs/index.php/ICAPS/article/view/3545/3413>
9. Gupta, S., Davidson, J., Levine, S., Sukthankar, R. and Malik, J., 2017. Cognitive mapping and planning for visual navigation. In *CVPR 2017*. pp. 2616-2625.  
[http://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2017/papers/Gupta\\_Cognitive\\_Mapping\\_and\\_CVPR\\_2017\\_paper.pdf](http://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/papers/Gupta_Cognitive_Mapping_and_CVPR_2017_paper.pdf)
10. I. Laina, C. Rupprecht, V. Belagiannis, F. Tombari and N. Navab, Deeper Depth Prediction with Fully Convolutional Residual Networks. In *3DV - 2016*, pp. 239-248.

- <https://arxiv.org/pdf/1606.00373.pdf>
11. Zhou, T., Brown, M., Snavely, N. and Lowe, D.G., 2017. Unsupervised learning of depth and ego-motion from video. In *CVPR 2017*. pp. 1851-1858.  
[http://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2017/papers/Zhou\\_Unsupervised\\_Learning\\_of\\_CVPR\\_2017\\_paper.pdf](http://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/papers/Zhou_Unsupervised_Learning_of_CVPR_2017_paper.pdf)
  12. Li, Z. and Snavely, N., 2018. Megadepth: Learning single-view depth prediction from internet photos. In *CVPR 2018*. pp. 2041-2050.  
[http://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2018/papers/Li\\_MegaDepth\\_Learning\\_Single-View\\_CVPR\\_2018\\_paper.pdf](http://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2018/papers/Li_MegaDepth_Learning_Single-View_CVPR_2018_paper.pdf)
  13. Spek, A., Dharmasiri, T. and Drummond, T.. CReaM: Condensed Real-time Models for Depth Prediction using Convolutional Neural Networks. In *IROS 2018*. pp. 540-547.  
<https://arxiv.org/pdf/1807.08931>
  14. Durasov, N., Romanov, M., Bubnova, V. and Konushin, A., 2018. Double Refinement Network for Efficient Indoor Monocular Depth Estimation. In *IROS 2019*.  
<https://arxiv.org/pdf/1811.08466.pdf>