

# OpenPlaceRecognition: Распознавание места для локализации роботов

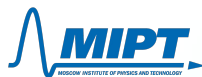
# ROS Meetup

Александр Мелехин

Аспирант Лаборатории интеллектуального транспорта Центра когнитивного моделирования МФТИ

Дмитрий Юдин

Зав. Лабораторией интеллектуального транспорта Центра когнитивного моделирования МФТИ

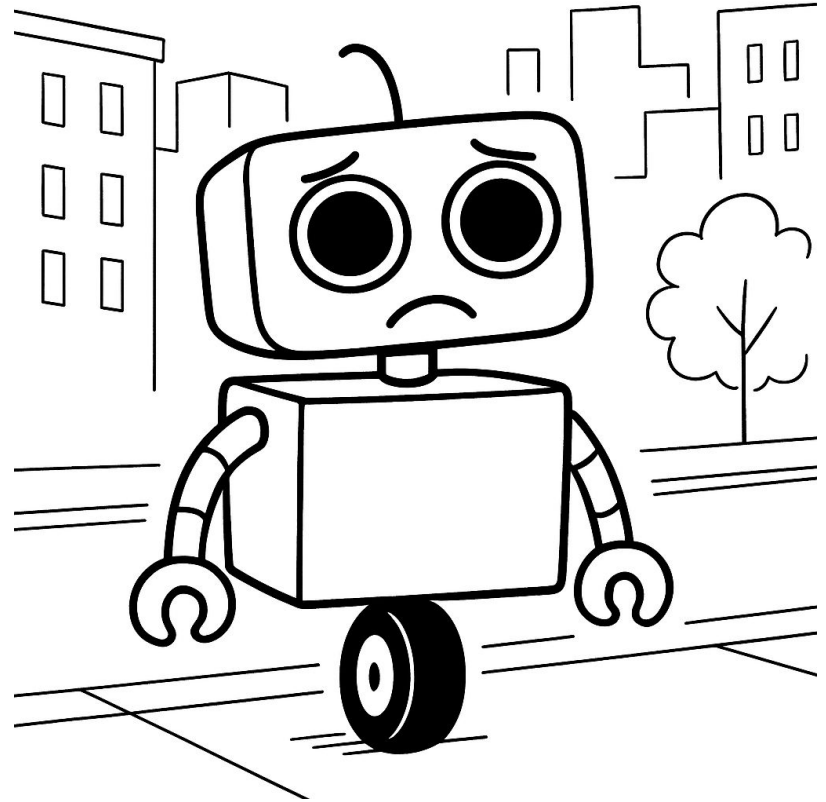





[https://pikabu.ru/story/kot\\_popavshiy\\_na\\_google\\_maps\\_6034629?u=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2Fmaps%2F%4041.895495%2C12.4773%2C3a%2C90y%2C341.76h%2C86.71t%2Fdata%3D%213m7%211e1%213m5%211sAF1QipNOPqg6n5ql-PBdGoTcyKgCx0tiwJY4HN27VwjM%212e10%213e12%217i5376%218i2688&t=%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B5&h=fb23d53040cf64c9f2fdd2ccff1e7d7dcbd89381](https://pikabu.ru/story/kot_popavshiy_na_google_maps_6034629?u=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2Fmaps%2F%4041.895495%2C12.4773%2C3a%2C90y%2C341.76h%2C86.71t%2Fdata%3D%213m7%211e1%213m5%211sAF1QipNOPqg6n5ql-PBdGoTcyKgCx0tiwJY4HN27VwjM%212e10%213e12%217i5376%218i2688&t=%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B5&h=fb23d53040cf64c9f2fdd2ccff1e7d7dcbd89381)


Когда робот теряется...


*Как вы думаете, какие  
проблемы возникают,  
когда робот пытается  
узнать уже знакомое  
место в большом городе?*





# Цели

 Чему мы научимся сегодня?

 **Поймём**, что такое Place Recognition и чем она отличается от Loop Closure Detection, Visual Localization и других задач

 **Изучим** ключевые подходы и алгоритмы, применяемые для распознавания мест

 **Обсудим** роль этой задачи в робототехнике и компьютерном зрении

 **Узнаем**, где и как применяется Place Recognition в реальных системах

 **Познакомимся** с библиотекой OpenPlaceRecognition

Как всё это связано?

SLAM

topological localization

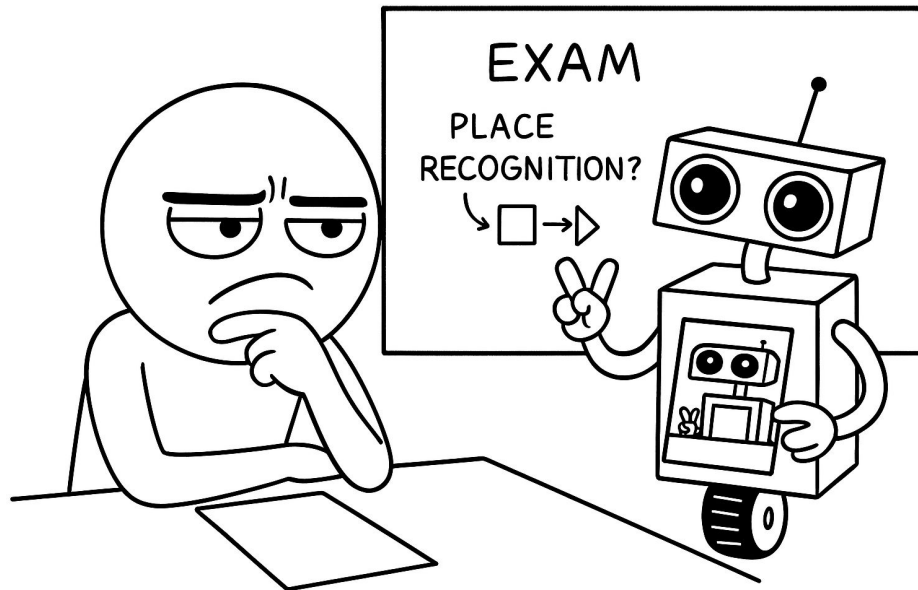
**place recognition**

metric localization

loop closure detection

Прежде чем углубляться...  
Давайте проверим, что мы  
уже знаем!

Небольшая разминка 🧠



# 1: Что такое SLAM?

A: Только построение карты

B: Построение карты и локализация

C: Только локализация

1: Что такое SLAM?

A: Только построение карты

**B: Построение карты и локализация** 

C: Только локализация



2: Как вы понимаете термин «Place Recognition»?

A: Процесс определения точной позиции робота

B: Распознавание, что данное место уже было посещено

C: Метод построения 3D-модели окружения

2: Как вы понимаете термин «Place Recognition»?

А: Процесс определения точной позиции робота

**В: Распознавание, что данное место уже было посещено** 

С: Метод построения 3D-модели окружения

### 3: Чем отличается Loop Closure Detection от Visual Localization?

*(Открытый вопрос)*

Кратко сформулируйте, в чем основная разница 🤔

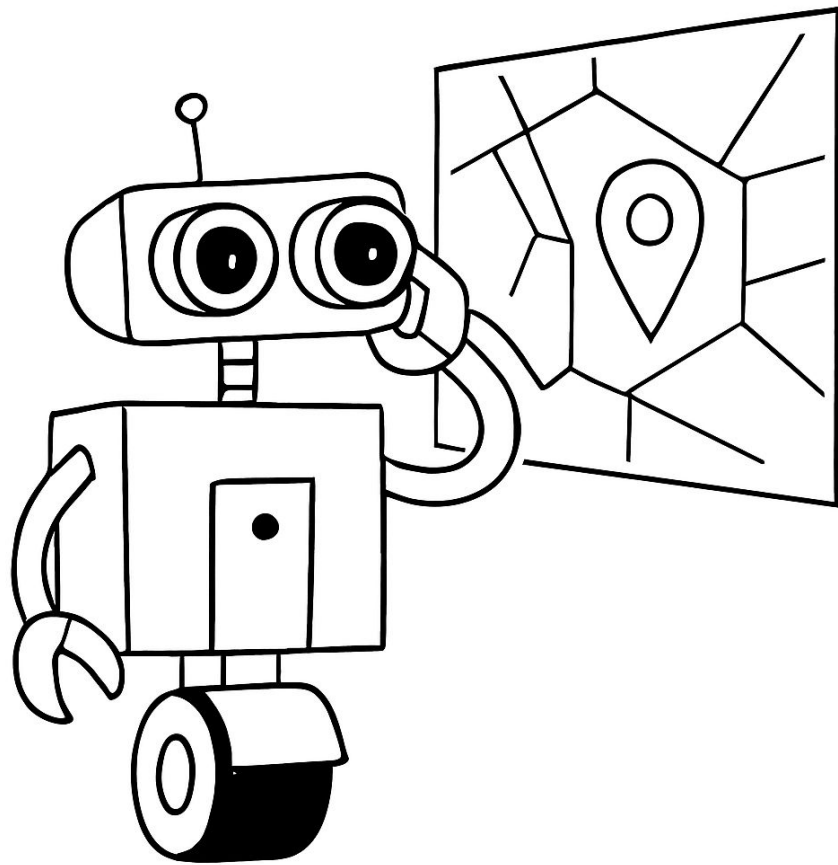
4: В каких приложениях вы встречали задачу распознавания мест?

*(Открытый вопрос)*

Назовите примеры 🤔

# Что такое Place Recognition и зачем оно нужно?

📍 Прежде чем распознавать место,  
надо понять, что такое “место”



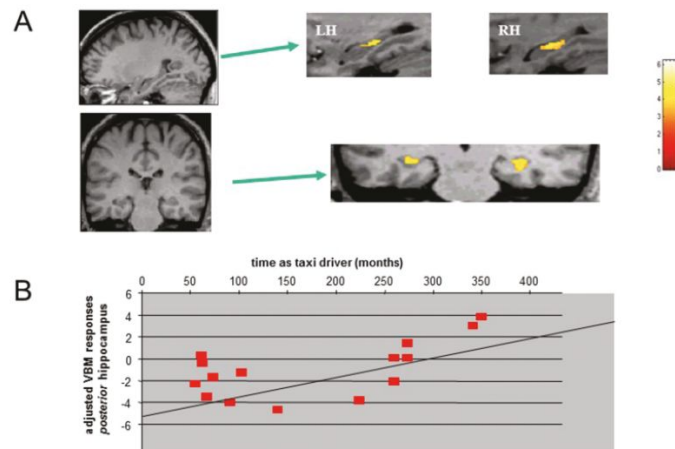
# Что такое «место» для человека?

🧠 В 1971 году Джон О'Киф и Достровски открыли place cells — нейроны, которые активируются, когда животное находится в определённом месте

Так мозг формирует когнитивную карту пространства


В 2014 году Джон О'Киф был удостоен Нобелевской премии по физиологии или медицине за открытие клеток места, совместно с Мэй-Бритт и Эдвардом Мозерами, которые обнаружили «grid cells» или «клетки решетки», дополняющие систему позиционирования мозга

Posterior Hippocampus is LARGER in taxicab drivers and increases with experience

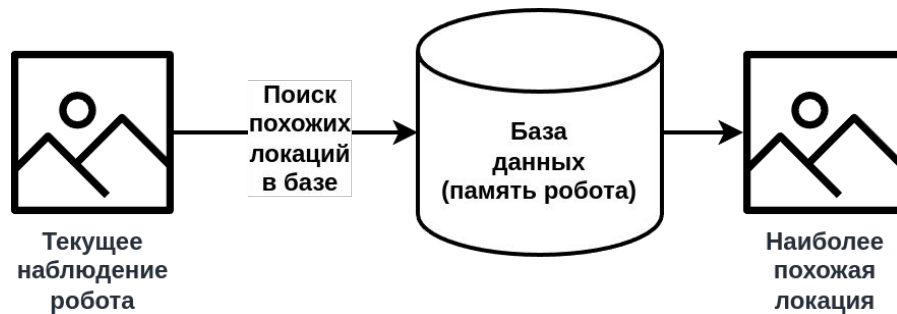


**FIGURE 30.** The posterior hippocampus is larger in taxicab drivers (A) than in controls and this effect increases with the length of time as a cab driver (B). After Maguire et al., (2000).

# Что такое «место» для робота?

 Робот также строит «внутреннюю карту» окружающей среды, сравнивая текущие наблюдения с тем, что он видел раньше

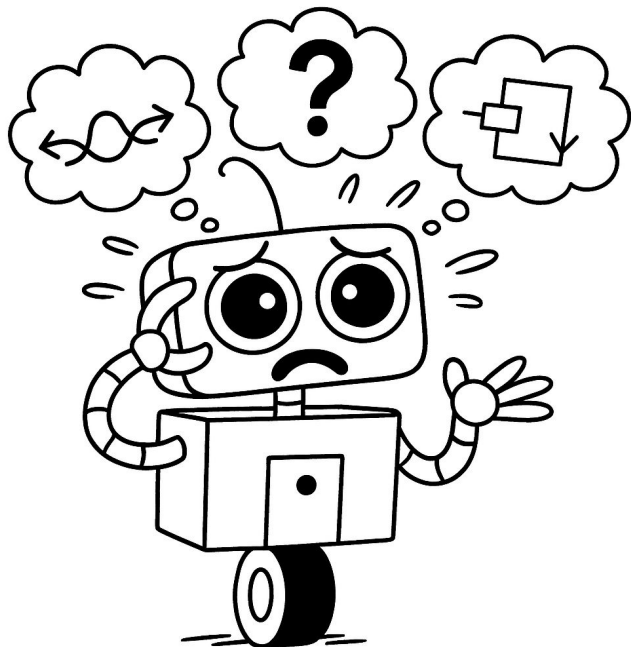
Но в отличие от мозга, у него нет “интуиции” — ему нужно определить, совпадает ли это место с каким-то из сохранённых



**И человек, и робот узнают места. Но если мозг делает это “по ощущениям”, то роботу приходится полагаться на алгоритмы и дескрипторы**

# «Место» в литературе

- Место — это не фиксированная точка или область, а наблюдение, воспринимаемое через пересекающиеся поля зрения сенсоров [1]
- Определение места зависит от контекста навигации и может рассматриваться либо как точное положение, либо как более крупная область [2]
- Место — это определённое положение в окружающей среде, которое может быть распознано при повторном посещении, независимо от положения или точки обзора агента [3]



[1] S. Garg, T. Fischer, and M. Milford, 'Where is your place, Visual Place Recognition?', Proceedings of the Thirtieth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 4416–4425, Aug. 2021, doi: 10.24963/ijcai.2021/603.

[2] S. Lowry et al., 'Visual Place Recognition: A Survey', IEEE Transactions on Robotics, vol. 32, no. 1, pp. 1–19, Feb. 2016, doi: 10.1109/TRO.2015.2496823.

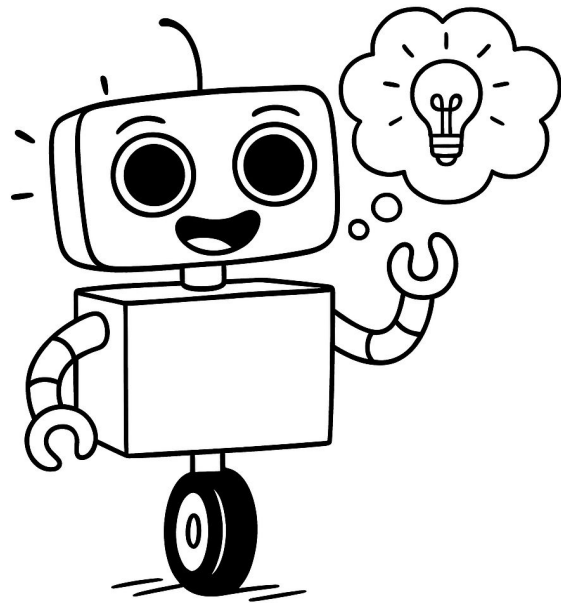
[3] P. Yin et al., 'General Place Recognition Survey: Towards Real-World Autonomy', May 08, 2024, arXiv: arXiv:2405.04812. doi: 10.48550/arXiv.2405.04812.



# Что робот считает «местом»?

- Место — это не точка, а результат пересечения полей зрения сенсоров [1]
- Определение места зависит от задачи: это может быть точка или область [2]
- Место — это то, что может быть узнано независимо от ракурса [3]

**Место — это фрагмент окружающей среды, который может быть распознан агентом по сенсорным данным при повторном посещении, независимо от ракурса или изменений**



[1] S. Garg, T. Fischer, and M. Milford, 'Where is your place, Visual Place Recognition?', Proceedings of the Thirtieth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 4416–4425, Aug. 2021, doi: 10.24963/ijcai.2021/603.

[2] S. Lowry et al., 'Visual Place Recognition: A Survey', IEEE Transactions on Robotics, vol. 32, no. 1, pp. 1–19, Feb. 2016, doi: 10.1109/TRO.2015.2496823.

[3] P. Yin et al., 'General Place Recognition Survey: Towards Real-World Autonomy', May 08, 2024, arXiv: arXiv:2405.04812. doi: 10.48550/arXiv.2405.04812.

# Как научная литература определяет Place Recognition?

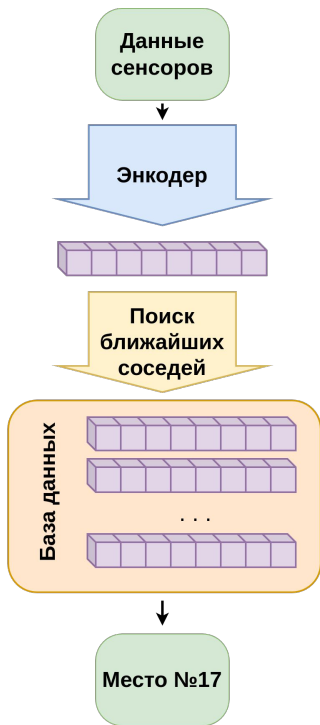
- Мы определяем визуальное распознавание места (VPR) как способность определить собственное местоположение на основе двух наблюдений, воспринимаемых с пересекающимися полями зрения [1]
- Visual Place Recognition — это вопрос о том, может ли человек, животное или робот, получив некое изображение места, определить, встречалось ли это место в его опыте ранее? [2]
- PR – это способность распознавать посещённые области при различных условиях внешней среды и при различных ракурсах (точках обзора) [3]


[1] S. Garg, T. Fischer, and M. Milford, 'Where is your place, Visual Place Recognition?', Proceedings of the Thirtieth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 4416–4425, Aug. 2021, doi: 10.24963/ijcai.2021/603.

[2] S. Lowry et al., 'Visual Place Recognition: A Survey', IEEE Transactions on Robotics, vol. 32, no. 1, pp. 1–19, Feb. 2016, doi: 10.1109/TRO.2015.2496823.

[3] P. Yin et al., 'General Place Recognition Survey: Towards Real-World Autonomy', May 08, 2024, arXiv: arXiv:2405.04812. doi: 10.48550/arXiv.2405.04812.

# Как работает система Place Recognition?



 **Place Recognition** — это задача определения, был ли агент уже в текущей локации, путём сопоставления текущих сенсорных данных с базой ранее сохранённых наблюдений

**Важно:** цель — распознать место, а не определить точную позу в координатах

**Place Recognition  $\neq$  Localization**

**задача узнавания, а не точного позиционирования**

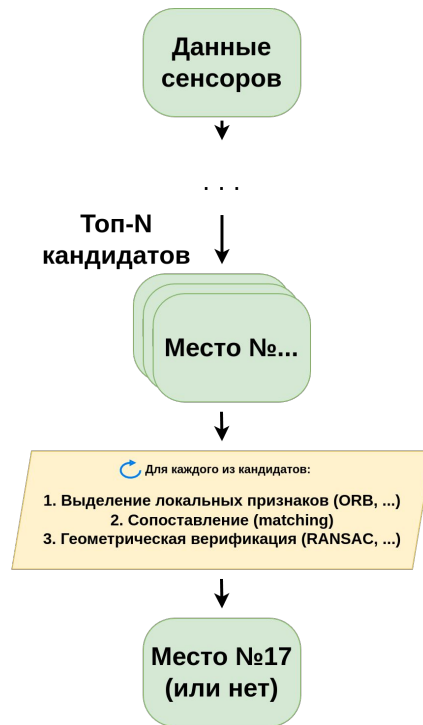
# Place Recognition через сопоставление признаков

Не все системы распознают места по «целостному» признаку

В **геометрическом подходе** мы ищем локальные совпадения между кадрами: сопоставляем ключевые точки, убеждаемся в геометрической согласованности и только потом делаем вывод: «это то же место»

📌 Это ближе к методам локализации, но может использоваться и как Place Recognition — если цель не в позе, а в установлении факта повторного визита

Такой подход требует **больше вычислений**, но даёт более строгий критерий совпадения



# Закрепим: что такое «место» и Place Recognition?

 Как мы определили “место”?


# Закрепим: что такое «место» и Place Recognition?

🧩 Как мы определили “место”?

*Фрагмент среды, распознаваемый  
агентом при повторном  
посещении, независимо от  
ракурса и условий*

# Закрепим: что такое «место» и Place Recognition?

 Как мы определили “место”?


 Что делает система Place Recognition в топологическом подходе?

*Фрагмент среды, распознаваемый  
агентом при повторном  
посещении, независимо от  
ракурса и условий*

# Закрепим: что такое «место» и Place Recognition?

 Как мы определили “место”?

*Фрагмент среды, распознаваемый агентом при повторном посещении, независимо от ракурса и условий*

 Что делает система Place Recognition в топологическом подходе?

*Извлекает дескриптор текущего наблюдения, ищет наиболее похожее в базе и возвращает ID ранее посещённого места*



# А как говорят на практике?

Употребление терминов в статьях не всегда однозначно:

- Place Recognition ?
- Loop Closure Detection ?!
- Localization ?!?



# Place Recognition? Loop Closure? Coarse Localization?

...VIN can be considered a reduced SLAM system, in which **the loop closure (or place recognition)** module is disabled [1]

**Coarse visual localization, or place recognition,** is a fundamental component in computer vision and robotics applications... [2]

! Термины взаимозаменяются — но задачи разные

Чтобы сравнивать методы или системы, **нужно ясно формулировать, что именно решается**

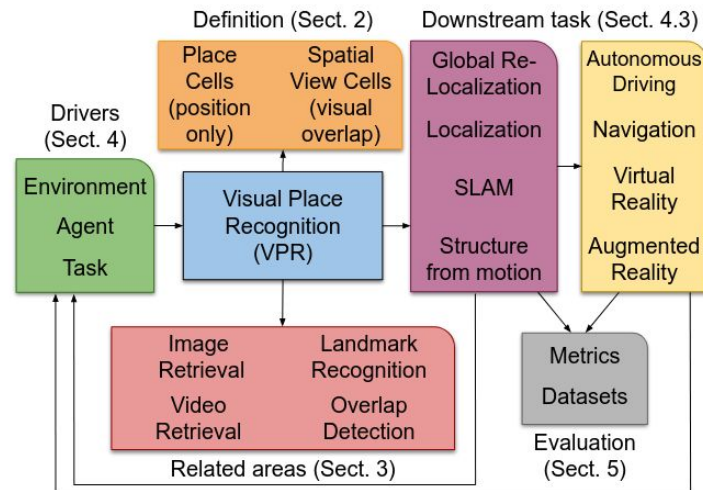


Figure 1: Visual Place Recognition (VPR) is the ability to recognize one's location based on two observations perceived from overlapping field-of-views. This figure illustrates the main sections of this paper and how they interrelate.

Рисунок из [3]

[1] C. Cadena et al., 'Past, Present, and Future of Simultaneous Localization and Mapping: Toward the Robust-Perception Age', IEEE Transactions on Robotics, vol. 32, no. 6, pp. 1309–1332, Dec. 2016, doi: 10.1109/TRO.2016.2624754.

[2] Y. Miao, F. Engelmann, O. Vysotska, F. Tombari, M. Pollefeys, and D. B. Baráth, 'SceneGraphLoc: Cross-Modal Coarse Visual Localization on 3D Scene Graphs', in Computer Vision – ECCV 2024, A. Leonardis, E. Ricci, S. Roth, O. Russakovsky, T. Sattler, and G. Varol, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2025, pp. 127–150. doi: 10.1007/978-3-031-73242-3\_8.

[3] S. Garg, T. Fischer, and M. Milford, 'Where is your place, Visual Place Recognition?', Proceedings of the Thirtieth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 4416–4425, Aug. 2021, doi: 10.24963/ijcai.2021/603.

# Сравнение

## Loop Closure Detection (LCD)

**Суть:** специальный случай применения Place Recognition в SLAM-задаче; указывает системе, что текущая позиция совпадает с какой-то ранее посещённой в рамках построенной карты

**Отношение к PR:** LCD напрямую опирается на механизм распознавания места (PR), но сфокусирован именно на «замыкании петли», то есть на поиске совпадения с конкретной точкой на карте

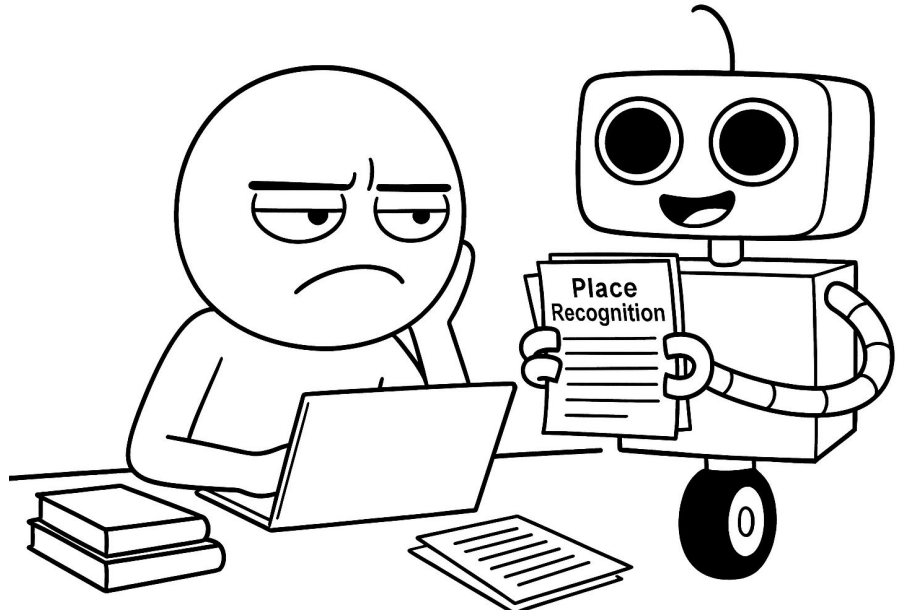
## Coarse / Global / Visual / Hierarchical Localization

**Суть:** определение координат или положения робота относительно некоторой карты (будь то заранее известная карта или строящаяся на лету)

**Отношение к PR:** распознавание места (PR) даёт возможность глобальной локализации – «где мы в известной карте?». Без знания карты (или хотя бы сохранённых описаний мест) локализация невозможна

# А что внутри?

Как система Place Recognition  
находит знакомое место?



# С чего всё начиналось: Bag-of-Words

Один из первых подходов к Place Recognition  
— адаптация текстовой модели Bag-of-Words:

- Кадр представляется как набор визуальных "слов" (кластеров ключевых точек, например SIFT/ORB)
- Каждое изображение кодируется как вектор частот слов (histogram)
- Сравнение происходит через поиск ближайших векторов в базе

✅ Работает быстро, подходит для ограниченных условий

❌ Чувствителен к ракурсу, освещению, шуму

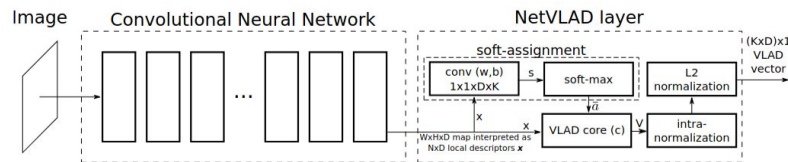
⚠ Зависит от типа признаков (например, SIFT более устойчив, ORB — быстрее)

🔧 Использовался в системах типа FAB-MAP, DBoW2 (в ORB-SLAM)

# NetVLAD: шаг от “мешка слов” к нейросетям

В 2016 году был предложен NetVLAD — модель, объединившая идеи VLAD и сверточных сетей


- Вместо набора визуальных слов → обучаемая агрегация признаков
- Вместо фиксированной схемы → end-to-end обучение
- На выходе — глобальный дескриптор изображения
- Дескриптор можно сравнивать с другими — как в retrieval-задаче



- ✓ Устойчив к ракурсу и освещению
- ✓ Можно дообучать под конкретные условия
- ✓ Работает как модуль — можно заменить BoW в SLAM-системах
- ⚠ Требуется GPU и предобучения, не всегда real-time

# Современные методы

- **AnyLoc (2024)**: используют предобученный DINOv2 для извлечения признаков, и агрегируют их с помощью VLAD [1]
- **SALAD (2024)**: аналогично, но агрегируют признаки с помощью оптимального транспорта [2]
- **SelaVPR++ (2025)**: обучают эффективные адаптеры для DINOv2 [3]

 **Общая тенденция:**  
**современные методы**  
**используют Foundation-модели**  
**(например, DINOv2) как**  
**универсальные экстракторы**  
**признаков**

[1] N. Keetha et al., 'AnyLoc: Towards Universal Visual Place Recognition', IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 9, no. 2, pp. 1286–1293, Feb. 2024, doi: 10.1109/LRA.2023.3343602.

[2] S. Izquierdo and J. Civera, 'Optimal Transport Aggregation for Visual Place Recognition', presented at the Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2024, pp. 17658–17668.

[3] F. Lu et al., 'SelaVPR++: Towards Seamless Adaptation of Foundation Models for Efficient Place Recognition', Feb. 23, 2025, arXiv: arXiv:2502.16601. doi: 10.48550/arXiv.2502.16601.

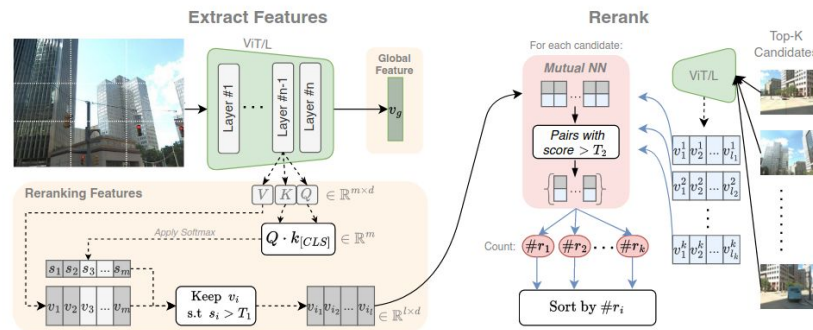
# Глобальные + локальные признаки

✓ **Идея:** сначала — быстрый глобальный поиск, затем — проверка локальных совпадений (patch-level или keypoint-level)

Это снижает количество ложных совпадений и повышает надёжность

## Методы:

- Patch-NetVLAD (2021) [1]
- TransVPR (2022) [2]
- EffoVPR (2025) [3] — схема справа



- Используется токен [CLS] как глобальный дескриптор
- Извлекаются промежуточные признаки (через attention-карты)
- Выбираются ключевые точки на основе attention-карты S (по порогу T1)
- Их дескрипторы берутся из компоненты V (Value)
- Кандидаты из top-K переранжируются по числу взаимных ближайших соседей (MNN), превышающих второй порог T2

[1] S. Hausler, S. Garg, M. Xu, M. Milford, and T. Fischer, 'Patch-NetVLAD: Multi-Scale Fusion of Locally-Global Descriptors for Place Recognition', presented at the Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2021, pp. 14141–14152.

[2] R. Wang, Y. Shen, W. Zuo, S. Zhou, and N. Zheng, 'TransVPR: Transformer-Based Place Recognition With Multi-Level Attention Aggregation', presented at the Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2022, pp. 13648–13657.

[3] I. Tzachor et al., 'EffoVPR: Effective Foundation Model Utilization for Visual Place Recognition', Feb. 02, 2025, arXiv: arXiv:2405.18065. doi: 10.48550/arXiv.2405.18065.



# Place Recognition выходит за пределы RGB-изображений

В условиях плохой освещённости,  
повторяющихся структур или  
динамичных сцен одной камеры  
может быть недостаточно



✓ Много визуальной информации

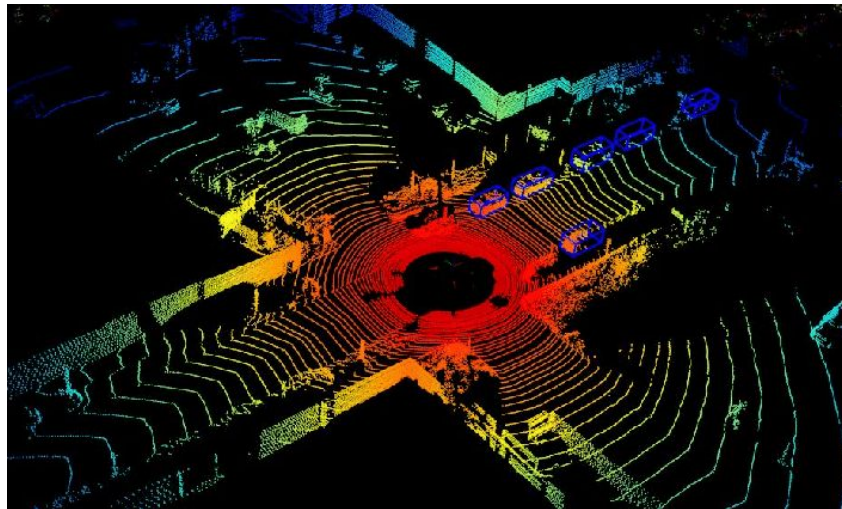
✗ Чувствительность к освещению  
и погоде

# Использование облаков точек лидара

- ✓ Много пространственной информации
- ✓ Устойчивость к освещению
- ✗ Чувствительность к погоде (дождь, снег)
- ✗ Нет информации о текстуре

Методы:

- TransLoc3D (2021)
- MinkLoc3Dv2 (2022)
- BEVPlace (2023)
- PTC-Net (2023)



Пример облака точек лидара

# Использование данных радара

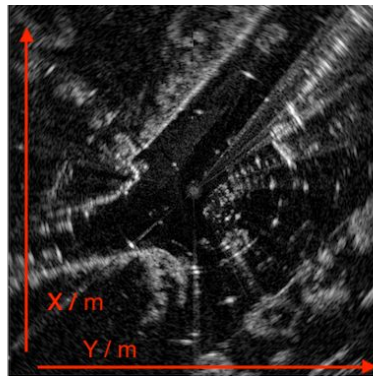
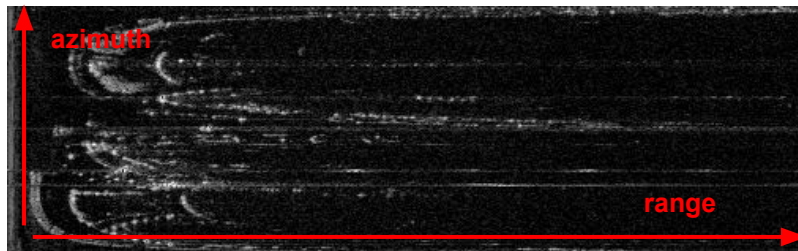
✓ Устойчивость к любой погоде (включая туман, дождь, снег)

✗ Высокая разреженность данных

✗ Нет информации о текстуре

Методы:

- RadarLoc (2021)
- AutoPlace (2022)
- Off the Radar (2023)



Форматы данных

Komorowski, J., Wysoczanska, M., & Trzcinski, T. (2021). Large-Scale Topological Radar Localization Using Learned Descriptors. In T. Mantoro, M. Lee, M. A. Ayu, K. W. Wong, & A. N. Hidayanto (Eds.), Neural Information Processing (pp. 451–462). Springer International Publishing.

Cai, K., Wang, B., & Lu, C. X. (2022). AutoPlace: Robust Place Recognition with Single-chip Automotive Radar. 2022 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2222–2228.

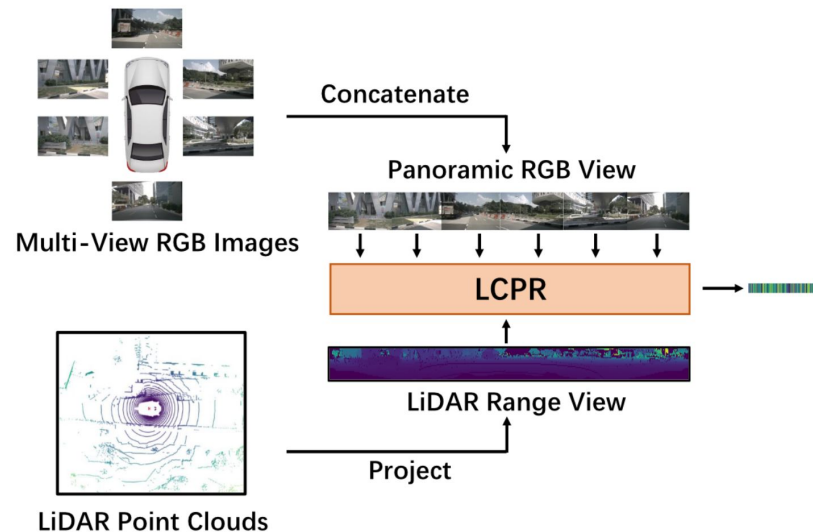
Yuan, J., Newman, P., & Gadd, M. (2023). Off the Radar: Uncertainty-Aware Radar Place Recognition with Introspective Querying and Map Maintenance (arXiv:2306.12556).

# Мультимодальные методы

💡 Достоинства одной модальности могут компенсировать недостатки другой

Методы:

- MinkLoc++ (2021)
- AdaFusion (2022)
- LCPR (2023)



Метод LCPR

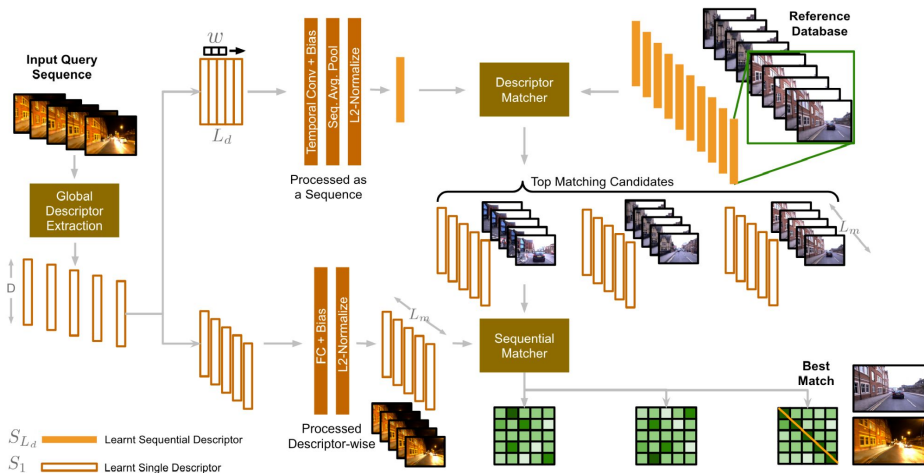
# Использование последовательностей данных

✓ Позволяют учитывать больше данных

✗ Сохраняют недостатки используемой модальности


Методы:


- SeqNet (2021)
- SeqMatchNet (2022)
- SeqOT (2022)




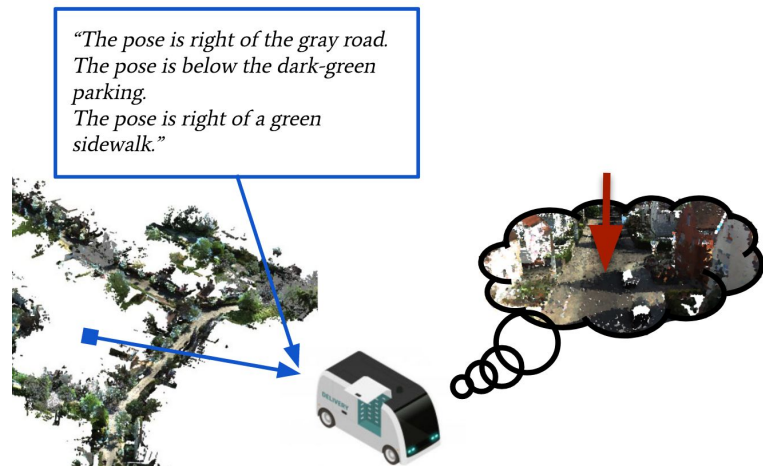
Метод SeqNet

# Другие подходы

 Text2Pos: поиск лидарных облаков точек по текстовым описаниям

 Text Spotting: выделение текста на изображениях с камеры

 TSVLoc: учёт масок семантической сегментации для ре-ранжирования результатов распознавания места



Метод Text2Pos

# Какой подход вы бы выбрали для своей системы?

## 1. Мобильный робот в здании без GPS

**условия:** плохое освещение,  
повторяющиеся коридоры,  
ограниченные вычисления

Вам нужно:

- Выбрать набор сенсоров
- Выбрать метод

## 2. Автономное авто в городе с переменными погодными условиями

**условия:** дождь, ночь, много  
динамики

Что вы выберете?

*Выбор сенсоров и метода — всегда компромисс между ценой, точностью, устойчивостью и скоростью*

## 3. AR-приложение для туристов в историческом центре

**условия:** наличие пользователей,  
важна объяснимость и  
взаимодействие

# Где Place Recognition работает в реальных системах?

Переходим от “как работает”  
к “зачем это нужно”



Мы узнали:

- как устроены методы распознавания мест
- какие данные и подходы можно использовать
- как выбирать метод под задачу




А теперь — давайте посмотрим, где и  
зачем это применяется:

- в автономной навигации
- в SLAM и локализации
- в AR/VR-приложениях и даже  
взаимодействии с человеком



# Loop Closure: когда PR помогает корректировать карту

В **SLAM**-системах **распознавание места** играет роль триггера: система замечает, что кадр похож на уже встречавшийся — и помечает его как потенциальное совпадение

 Это и есть этап **Place Recognition** — поиск кандидатов на повторное посещение

**!** Но чтобы замкнуть петлю, система должна убедиться: это действительно то же самое место, а не просто визуально похожее



**Place Recognition** даёт кандидатов, а **Loop Closure Detection** — включает в себя и PR, и последующую проверку и **принятие решения**



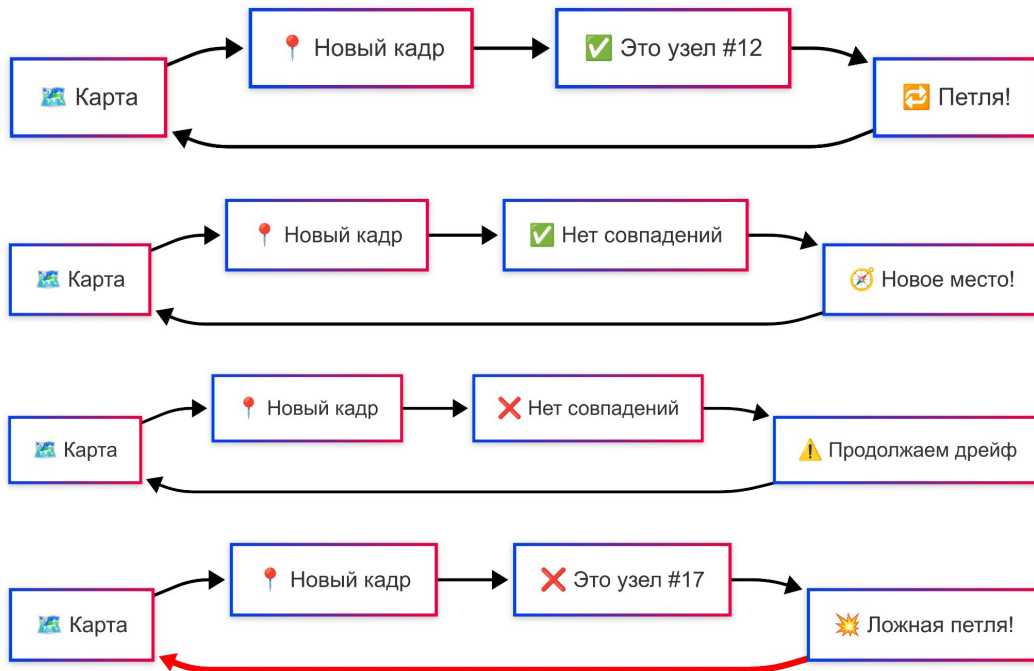
Эти задачи часто путают, **но они не равны**

# Почему важно проверять кандидатов от PR?

## Разная цена ошибки:

⚠ False negative – мы продолжим дрейф, накопление ошибки – но ничего не ломаем

💥 False positive – мы можем “сломать” всю карту, если попытаемся скорректировать ее с учетом ложного цикла




# А где я вообще? Глобальная локализация без GPS

В задачах **глобальной локализации** робот оказывается в незнакомом месте и должен определить: «Где я нахожусь на карте, которую я видел раньше?»

Для этого система **сравнивает текущее изображение с базой эталонных кадров** → и находит наиболее вероятное совпадение

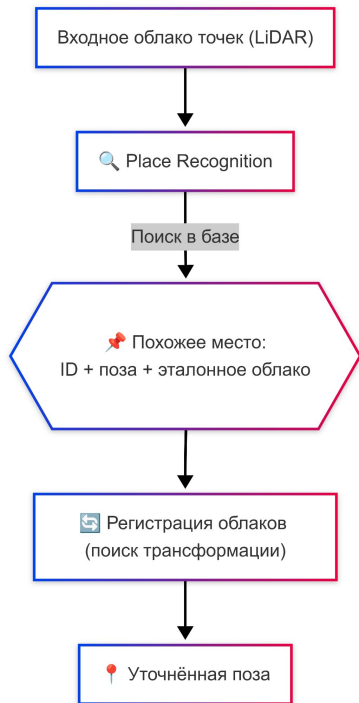
**Place Recognition** здесь используется как:

- Этап поиска кандидатов
- Иногда — финальное решение (если задача только топологическая)
- Иногда — основа для запуска PnP / точной локализации

 В отличие от Loop Closure Detection в SLAM, здесь **нет карты, которую надо поправить**

**Задача** — найти своё положение, опираясь на известные места

# Иерархическая локализация с LiDAR

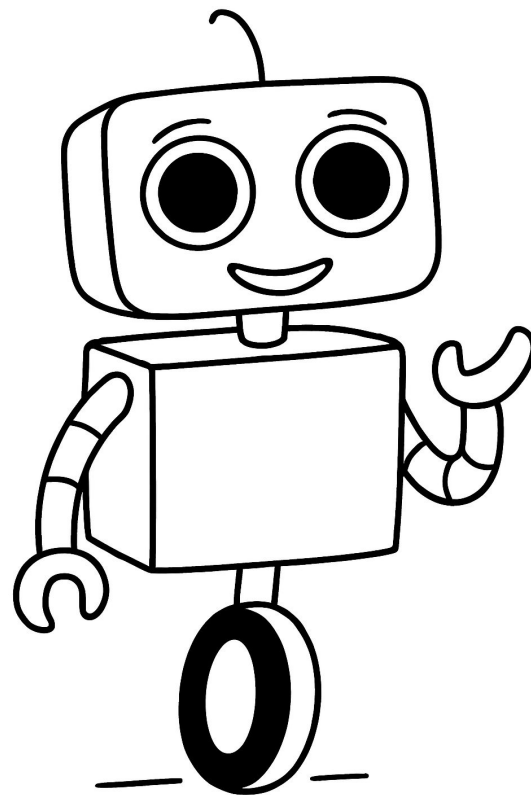


- PR даёт **"грубое положение"** — похожее место в базе
- Сопоставление облаков (например, ICP) даёт **точную трансформацию**
- Результат — **локализация в глобальных координатах**

# А где бы Place Recognition пригодилась вам?

Подумайте:

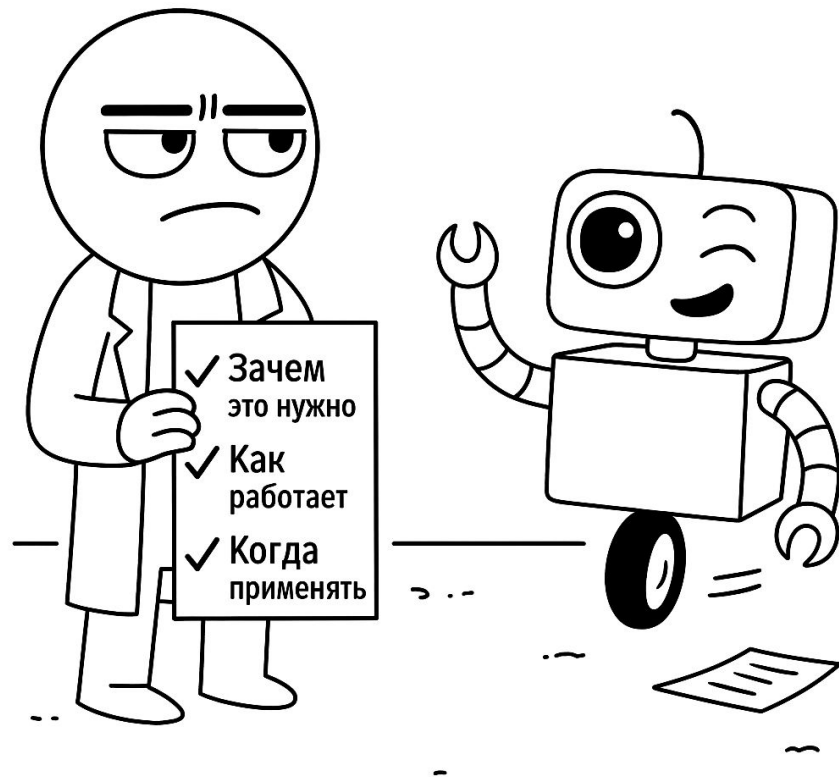
- Где нужно “узнавать” места без GPS?
- Где важно быстро понять, что ты “здесь уже был”?
- Где важно понимать, куда смотришь — а не только где стоишь?



# Отлично справились!

Теперь мы точно знаем, что разобрались в ключевых вопросах!

Давайте быстро подведём итог, чтобы закрепить, что сегодня было важного, и перейдём к самому интересному — практике!



# Что мы теперь знаем о Place Recognition?

## Что такое «место» и как его определяют в робототехнике

*Узнаваемый фрагмент среды, определяемый по сенсорным данным, даже при смене ракурса или условий*

## Что делает система Place Recognition (и что не делает)

*Находит наиболее похожее место в базе — по текущему сенсорному наблюдению*

**!** *Не гарантирует, что это то же самое место, и не вычисляет точную позу*

## Какие подходы бывают: от BoW до мультимодальности

*От BoW и NetVLAD до ViT, LiDAR, последовательностей и мультимодальных моделей*

# Что мы теперь знаем о Place Recognition?

## Чем PR отличается от Loop Closure и Localization

*PR — поиск похожих мест*

*Loop Closure — верификация совпадения и коррекция карты*

*Localization — вычисление точной позы (XYZ + ориентация)*

## Где применяется PR в реальных системах

*В SLAM, глобальной локализации без GPS, навигации, AR/VR*



# Как это поможет вам на практике?

## Глубже понимать навигационные системы

→ Вы будете видеть, как PR встроен в SLAM и локализацию

## Осознанно выбирать алгоритмы под задачу


→ Понимание различий и компромиссов между подходами поможет принимать инженерные решения


## Увереннее работать с библиотеками и своими проектами


→ Вы сможете применять PR в своих роботах, приложениях или исследованиях — не вслепую


# Теперь — попробуем это вживую!

 Цели практической части

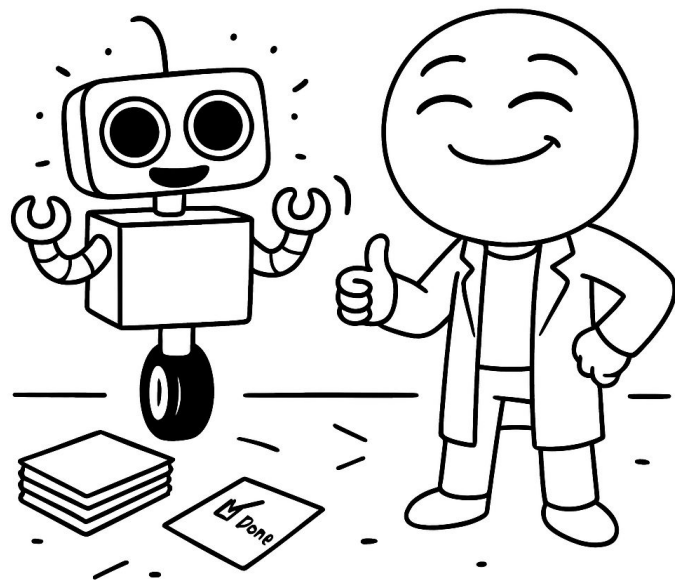
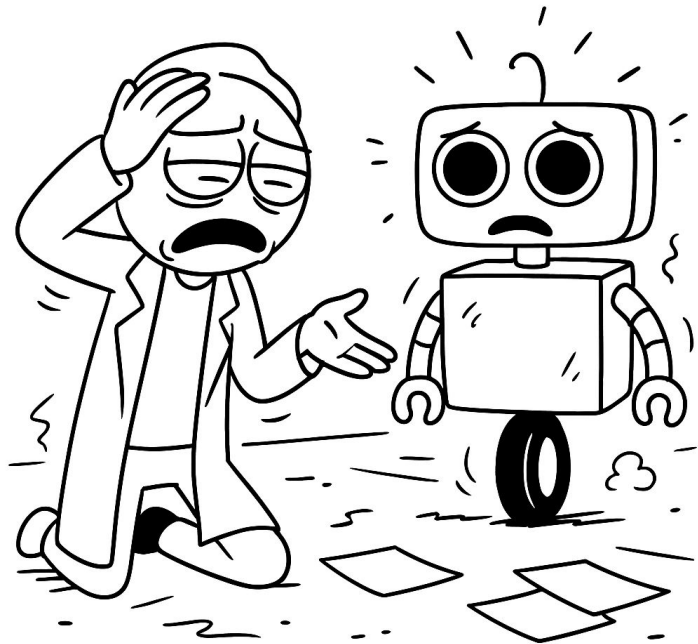
 Познакомиться с библиотекой  
OpenPlaceRecognition

 Извлечь дескрипторы  
изображений

 Провести поиск мест по  
реальным данным

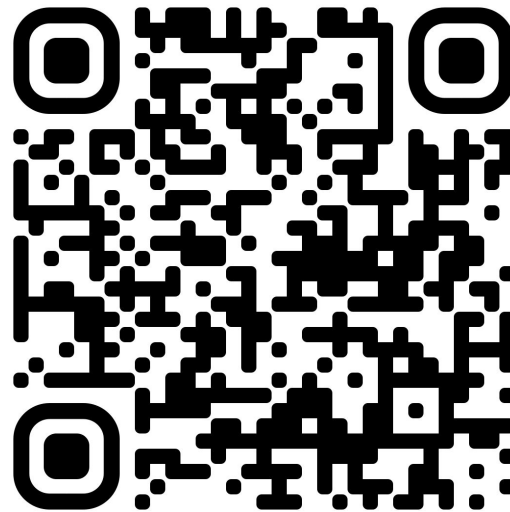
 Посмотреть, как всё это  
работает "под капотом"

## Два варианта финала



# Давайте делать Open-Source!

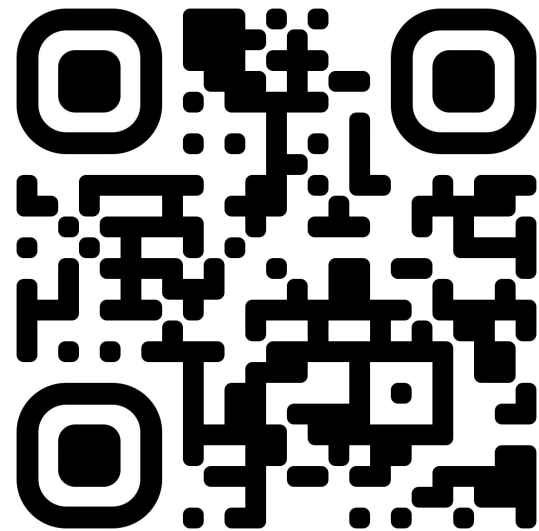
- Библиотека, без сомнений, нуждается в развитии и доработке
- Есть много идей и планов, что нужно сделать
- Давайте делать вместе!



[github.com/OPR-Project/  
OpenPlaceRecognition](https://github.com/OPR-Project/OpenPlaceRecognition)

# Центр когнитивного моделирования МФТИ

- Стажировки
- Магистратура
- Аспирантура



[cogmodel.mipt.ru](http://cogmodel.mipt.ru)

# Контакты

**Александр Мелехин**

Tg: @alexmelekhin

Github: alexmelekhin

LinkedIn: a-melekhin

amelekhin96@gmail.com

**Дмитрий Юдин**

Tg: @yuddim

Github: yuddim

yuddim@yandex.ru