

**Планирование траекторий для робота-художника
на основе визуального восприятия**

Симонов Р.А. (Университет ИТМО), **Магазенков Е.Н.** (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ведяков А.А. (Университет ИТМО)

В работе рассматривается метод генераций траекторий движения для робота-художника, с целью создания объектов искусства. Траектории генерируются на основе анализа исходного цифрового изображения, которое манипулятор стремится воссоздать.

Введение. В процессе решения задачи из исходного изображения необходимо получить траектории — мазки, воспроизводимые манипулятором. Для представления мазков, как было предложено Игно-Розарио [1], выбрана кривая Безье разной ширины. Сплайны оказываются легко воспроизводимыми манипулятором, а также наиболее похожими на мазки человека-художника.

В существующих решениях разделяются варианты использования алгоритма «предугадывания мазков» для уменьшения ошибки, как в работе Шалденбрандта [2], и извлечения деталей, таких как границы, области, градиенты, как в работе Ручанурукса [3].

Однако, оба подхода оказываются несовершенными. Так, в первом зачастую оказывается совершенно искусственная и невозпроизводимая манипулятором картина, на которой мазки превращаются в точечные и накладываются друг на друга. Во втором – на картине теряется общая композиция и на ней остаются незакрашенные места, что делает объекты на ней совершенно неузнаваемыми.

Предлагаемое решение совмещает в себе оба упомянутых подхода, чтобы достоинствами первого алгоритма нивелировать недостатки второго.

Основная часть. Идея разработанного алгоритма заключается в выделении на изображении главных объектов, создающих основную сцену, используя алгоритм Mask-RCNN, представленную в статье Кайминга Хе и др. [4], и извлечения из них мазков разной ширины методами машинного обучения.

Для придания этим объектам текстуры используются усовершенствованные идеи Патрика Трессета [5], а именно совокупность фильтра Габора для более крупных деталей (как общие контуры тела, предмета) и Кэнни для остальных, более мелких деталей. После выделения этих свойств, выполняется подбор кривых Безье, позволяющих перенести манипулятором выделенные контуры на холст.

Для остальных же фоновых деталей картины находятся области близких цветов, используя метод k-средних. Эти области закрашиваются спиральным методом, сходящимся к центру, что обеспечивает отсутствие наложений цветов, а также заполнение всей области без пустых мест на холсте.

Выводы. Реализован алгоритм, генерирующий мазки, которые могут быть исполнены роботом-художником с помощью художественных маркеров или кистей. Алгоритм был успешно апробирован на манипуляторе UR5e в задачах рисования картин, общее число мазков для которых составило более 5000 тысяч.

Список использованных источников:

1. Otoniel Igno-Rosario, Claudia Hernandez-Aguilar, Alfredo Cruz-Orea, Arturo Dominguez-Pacheco, Interactive system for painting artworks by regions using a robot, Robotics and Autonomous Systems, Volume 121, 2019, 103263, ISSN 0921-8890, <https://doi.org/10.1016/j.robot.2019.103263>.

2. Schaldenbrand, P., & Oh, J. Content Masked Loss: Human-Like Brush Stroke Planning in a Reinforcement Learning Painting Agent. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2021, 35(1), 505-512. <https://doi.org/10.1609/aaai.v35i1.16128>
3. M. Ruchanurucks, S. Kudoh, K. Ogawara, T. Shiratori and K. Ikeuchi, Humanoid Robot Painter: Visual Perception and High-Level Planning, *Proceedings 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Rome, Italy, 2007, pp. 3028-3033, doi: 10.1109/ROBOT.2007.363932.
4. K. He, X. Zhang, S. Ren and J. Sun, Deep Residual Learning for Image Recognition, *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 770-778, doi: 10.1109/CVPR.2016.90.
5. Tresset, Patrick, and Frederic Fol Leymarie. Portrait Drawing by Paul the Robot. *Computers & Graphics* 37.5, 2013: 348–363.