

Декодирование поведения по данным нейронной активности клеток места

Научный руководитель – Анохин Константин Владимирович

Поспелов Никита Андреевич

Выпускник (магистр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Физический факультет, Кафедра биофизики, Москва, Россия

E-mail: nik-pos@yandex.ru

В последние годы появляется все больше работ, использующих концепцию т.н. «нейронных мод» [1]. Активность многих нейронов может быть описана в терминах N -мерного нейронного «пространства состояний», где каждая координата (как правило) отвечает за активность отдельной клетки. Можно ожидать, что число степеней свободы для системы нейронов равно числу клеток в ней. Однако в экспериментах было показано, что реальная активность популяции нейронов занимает лишь малую часть такого «пространства состояний» [2-4].

Слабо исследованным для нейроданных остается вопрос о том, какой именно смысл несут координаты нового низкоразмерного пространства, полученного в результате понижения размерности. Можно ожидать, что они будут кодировать «интегральные» характеристики, отражающие активность популяции в целом. Например, было показано, что процедура понижения размерности данных аминокислотных последовательностей приводит к разделению данных в редуцированном пространстве по таким комплексным признакам как наличие/отсутствие натриевого канала в результирующей третичной структуре [5].

В качестве объекта исследования были выбраны нейроны места мыши, которые отвечают за кодирование ее пространственного местоположения. В ходе эксперимента мышь свободно перемещалась по среде, ее координаты и поведение фиксировались с помощью видеотрекинга. Эксперимент проводился для сред двух типов:

- Простой кольцевой трек
- Круглая арена с 3 запрещенными зонами

Целью данной работы было получить информацию о поведении исследуемого организма только из структуры активности нейронов места. Для этого использовались нелинейные методы понижения размерности данных, в частности, метод laplacian eigenmaps [6].

Для расчета внутренней размерности данных был применен метод распределения длин геодезических в графе близости точек исходного пространства, описанный в [5]. Было показано, что внутренняя размерность нейроданных составляет от 4 до 8, в зависимости от параметров построения графа.

Основным результатом редукции размерности стало то, что в новом пространстве первые две координаты получили смысл x - и y - координат мыши в физической среде, которую она исследовала (с точностью до поворота на фиксированный угол). Важно отметить, что при этом алгоритм не получал на вход никакой информации о реальном положении мыши. Таким образом, совпадение первых двух координат нового пространства с настоящим положением животного объясняется сходством векторов нейронной активности, считываемой в разное время, но в одном и том же месте.

В настоящий момент мы работаем над выяснением смысла остальных нескольких координат низкоразмерного представления.

Данная работа важна для понимания принципов внутреннего кодирования информации в гиппокампе. Исследование пространства нейронных состояний важно для восстановления «внутренней репрезентации» мозгом внешних стимулов.

Источники и литература

- 1 Gallego, J.A., Perich, M.G., Naufel, S.N. et al. Cortical population activity within a preserved neural manifold underlies multiple motor behaviors. *Nat Commun* 9, 4233 (2018).
- 2 Gallego, J. A., Perich, M. G., Miller, L. E. & Solla, S. A. Neural manifolds for the control of movement. *Neuron* 94, 978–984 (2017).
- 3 Sadtler, P. T. et al. Neural constraints on learning. *Nature* 512, 423–426 (2014).
- 4 Yu, B. M. et al. Gaussian-process factor analysis for low-dimensional single-trial analysis of neural population activity. *J. Neurophysiol.* 102, 614–635 (2009).
- 5 Granata, D., Carnevale, V. Accurate Estimation of the Intrinsic Dimension Using Graph Distances: Unraveling the Geometric Complexity of Datasets. *Sci Rep* 6, 31377 (2016).
- 6 M. Belkin and P. Niyogi, “Laplacian eigenmaps for dimensionality reduction and data representation,” *Neural computation*, vol. 15, no. 6, pp. 1373–1396, 2003.