УДК 004.4

Веб-сервис для формирования аннотированного набора данных траекторий мелких лабораторных животных в поведенческом тесте «Водный лабиринт Морриса»

Т. Ж. Бежанян[1], О. И. Стрельцова[1, 3], М. И. Зуев[1], И. А. Колесникова[2, 3], Ю. С. Северюхин[2, 3], Д. М. Утина[2]

[1] *Лаборатория информационных технологий,*
Объединённый институт ядерных исследований,
ул. Жолио-Кюри 6, Дубна, Московская область, Россия, 141980
[2] *Лаборатория радиационной биологии,*
Объединённый институт ядерных исследований,
ул. Жолио-Кюри 6, Дубна, Московская область, Россия, 141980
[3] *Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования*
«Университет «Дубна»,
ул. Университетская, д. 19, Дубна, Московская область, Россия, 141982

Email: bezhanyan@jinr.ru, strel@jinr.ru, innakolesnikova@jinr.ru, din-din-86@mail.ru, yucucumber@mail.ru, zuevmax@jinr.ru

Данная работа проводилась в рамках совместного проекта ЛИТ и ЛРБ ОИЯИ направленного на создание информационной системы для автоматизации анализа экспериментальных данных, полученных в радиобиологических экспериментах, проводимых в ЛРБ. Для исследования поведенческих реакций мелких лабораторных животных, подверженных воздействию радиации, используют различные тест-системы, в том числе и «Водный лабиринт Морриса». Данный тест широко используется для изучения поведенческих реакций у грызунов и эффективен при выявлении нарушений функций памяти и обучения. Тест-система представляет собой круглый бассейн со скрытой под водой платформой и установленной над лабиринтом камерой. В зависимости от протокола проводимых экспериментов возникает необходимость получения различных характеристик, таких как время нахождения платформы, пройденный путь, скорость движения, направление относительно платформы, вид траектории (стратегия поиска платформы) и другие. С точки зрения анализа данных, возникающие задачи автоматизации связаны с анализом видеоданных, а разработка удобного инструментария позволяет существенно сократить время исследований и минимизировать влияние человеческого фактора. В работе представлены результаты по разработке веб-сервиса, предназначенного для аннотирования данных для задачи классификации траекторий движений грызунов, которая может быть решена с использованием нейросетевого подхода. Функционал сервиса позволяет отслеживать правильность построенной траектории, выводить ряд параметров, позволяющих верифицировать правильность классификации, а также может быть расширен для использования в анализе подходов, связанных с разбиением траектории на сегменты.

Веб-сервис разрабатывается и развернут на базе экосистемы ML/DL/HPC Гетерогенной вычислительной платформы HybriLIT.

Ключевые слова: Веб-сервис, автоматизация анализа данных, радиобиология, поведенческий тест «Водный лабиринт Морисса»

1. Введение

Исследование когнитивных функции у млекопитающих играет важнейшую роль для распознавания и лечения различных отклонений работы головного мозга. В 1982 г. Р.М. Моррис опубликовал исследование, в котором показал зависимость пространственной памяти грызунов от состояния центральной нервной системы [1]. Для этих целей им была предложена тест-система, которая получила название «Водный лабиринт Морриса». В настоящее время тест получил широкое применение в активно используется в биологических экспериментах, в том числе, в доклинических исследованиях для оценки пространственной памяти и процесса обучения у лабораторных грызунов [2]. Тест-система представляет собой круглый бассейн с платформой,

при этом вода, заполняющая бассейн, как правило, подкрашивается, чтобы платформа, находящаяся под небольшим слоем воды, не была видна (см. Рис.1.). Визуально бассейн разделен на четыре части, в одной из которой находится неподвижная платформа.

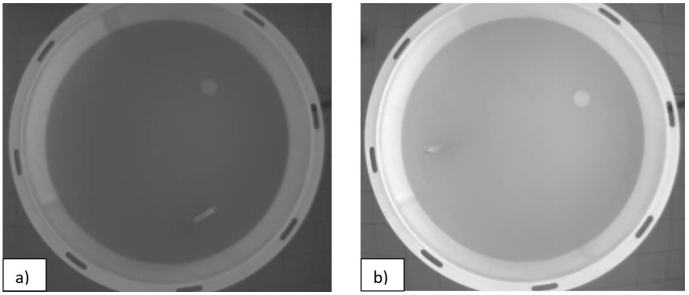

Рис. 1. Примеры кадров видеозаписей тест-системы «Водный лабиринт Морриса»

В тесте не требуется присутствия локальных ориентиров – визуальных, зрительных или обонятельных. В эксперименте «Водный лабиринт Морриса» важнейшими информативными показателями являются стратегия выбора пути (нахождение скрытый платформы), латентное время нахождения платформы, скорость движения и т.д. Весь этап тестирования регистрируется при помощи видеокамеры. Для определения вышеперечисленных показателей возникает необходимость автоматизации обработки видеоданных, а также решения задачи трекинга лабораторных животных.

В Лаборатории радиационной биологии (ЛРБ) ОИЯИ проводятся исследования по изучению влияния ионизирующего излучения на центральную нервную систему мелких лабораторных животных. Для исследования изменений поведенческих реакций и когнитивных функций грызунов в ЛРБ ОИЯИ развернута специализированная комната с различными тест-системами, оснащенная системой видеозаписи и программным комплексом Noldus EthoVision XT 13. Для автоматизации анализа видеоданных разрабатывается веб-сервис в рамках совместного проекта Лаборатории информационных технологии (ЛИТ) и ЛРБ ОИЯИ по развитию информационной системы BIOHLIT [3], [4].

2. Функционал веб-сервиса

Как отмечалось выше, одним из применений тест-системы «Водный лабиринт Морриса» является определение стратегии выбора пути (нахождение скрытый платформы) лабораторным животным. Отметим, что различными экспериментальными группами предлагаются разные классификации траекторий движений грызунов при нахождении платформы, например, в работе [5] предложена восьми классовая классификация стратегий, разделенная на два подмножества: гиппокамп зависимые стратегии поиска платформы и гиппокамп независимые стратегии (Рис.2.).

Для решения задачи классификации нами был апробирован подход, основанный на использовании сверточной нейросетевой архитектуры, который показал необходимость сбора данных траекторий в различных представлениях. Для формирования набора данных для обучения нейросетевых моделей, разработан веб-сервис предназначенный для получения траекторий и их аннотирования.

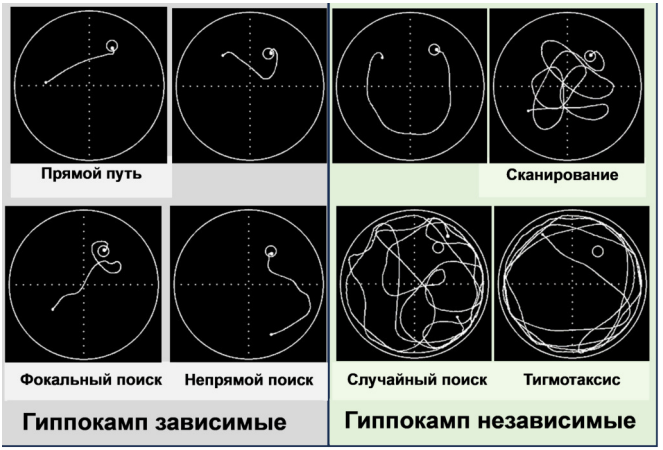

Рис. 2. Классификация траектории движения мелкого лабораторного животного в поведенческомм тесте «Водный лабиринт Мориса»

Для формирования обучающей выборки использовались данные экспериментов ЛРБ ОИЯИ, проводимые с помощью тест-системы «Водный лабиринт Морриса», в которых по протоколу лабораторные животные тестировались в два этапа: до облучения и после облучения на 30 и 90 сутки. В течение 4-х дней животные обучались находить платформу, зафиксированную в определенной части бассейна. На 5-й день платформа изымалась. У каждого животного было по 3 попытки длительностью 1 мин. Во время эксперимента лабораторное животное (крыса) должна найти и подняться на платформу, а если крыса не находит платформу в течении 1 мин, эксперимент останавливают. Таким образом, максимальная длина записи составляет одну минуту.

Для формирования набора данных необходимо решить ряд алгоритмических задач, а именно, разметка поля установки (область бассейна, квадранты бассейна, область платформы), детекция объекта и задача трекинга грызуна.

Отметим, что решение задачи трекинга в тест-системе «Водный лабиринт Морриса» осложнено условиями эксперимента: блики на поверхности, при большой скорости грызуна возмущение поверхности, из-за окрашивания воды при нырянии грызуна возможна потеря объекта (Рис.1b), движение вдоль борта бассейна и др. Для решения задач разметки и трекинга использовались методы компьютерного зрения. Для задачи трекинга разработан алгоритм локального трекинга, учитывающий конечность скорости движения объекта. Примеры построенных траекторий для всех рассматриваемых классов представлены на Рис.2.

Для верификации правильности построенной траектории в веб-сервисе предусмотрено наложение на каждый кадр разметки установки, траектории, и замедление воспроизведения видеофайла при просмотре. Общая схема работы веб-сервиса представлена на Рис.3. Реализация веб-сервиса выполнена с использованием фреймворка Streamlit [6].

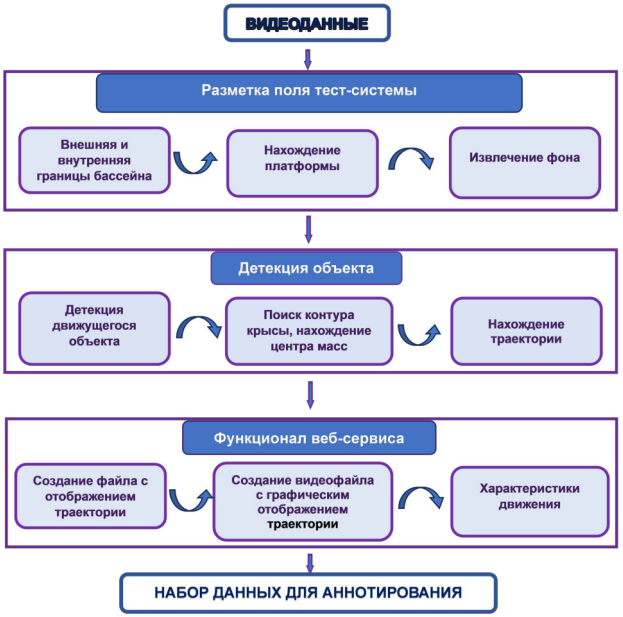

Рис. 3. Схема работы веб-сервиса

3. Заключение

Для формирования аннотированного набора данных траекторий (стратегий поиска) мелких лабораторных животных в поведенческом тесте «Водный лабиринт Морриса» разработан веб-сервис, функционал которого позволяет:

• загружать и отображать видеофайлы (*.avi, *mp4);

• получать траекторию с различными вариантами ее представления (с разметкой поля установки, началом и концом траектории, без разметки поля установки и др.) (Рис. 4.);

• находить характеристики движения (длина пройденного пути, средняя скорость животного во время эксперимента, латентное время нахождения платформы и др.);

• верифицировать правильность полученной траектории (на отображаемом видеофайле).

Веб-сервис разрабатывается и развернут на базе экосистемы ML/DL/HPC [7] Гетерогенной вычислительной платформы HybriLIT и доступен по ссылке [8]. На основе созданного веб-сервиса формируется набор данных и ведутся работы для решения задачи классификации траектории движения мелкого лабораторного животного на основе сверточных нейронных сетей.

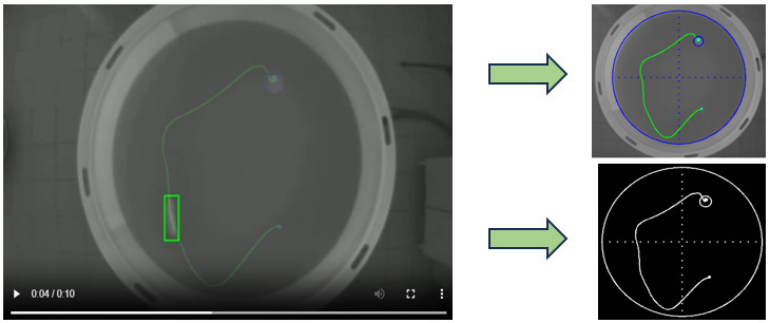

Рис. 4. Разные представление траектории

Благодарности

Авторы выражают благодарность А.В. Стаднику и Ю.А. Бутенко за плодотворное обсуждение вопросов разработки алгоритма и создание сервиса.

Литература

1. Morris R. M., Garrud P., Rawlins J. N. et al. Place navigation impaired in rats with hippocampal lesions hippocampal lesions, Nature 297, 681–683 (1982). doi:10.1038/297681a0
2. Чернюк Д. П., Большакова А. В., Власова О. Л., Безпрозванный И. Б. Возможности и перспективы поведенческого теста “Водный лабиринт Морриса” Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова, 2021, 107(3):267-287 doi:10.31857/S0869813921030043.
3. BIOHLIT. Информационная система для радиобиологических исследований: (Электронный ресурс). Дубна, 2022. URL: https://bio.jinr.ru. (Дата обращения: 05.03.2024).
4. Kolesnikova I.A., Nechaevskiy A.V., Podgainy D.V., Stadnik A.V., Streltsov A.I., Streltsova O.I. Information System for Radiobiological Studies. ceur-ws.org. Vol-2743/1-6, Dubna, Russia, June 18, 2020.
5. Curdt N., Schmitt F. W., Bouter C. et al. Search strategy analysis of Tg4–42 Alzheimer Mice in the Morris Water Maze reveals early spatial navigation deficits. Sci Rep 12, 5451 (2022). doi:10.1038/s41598-022-09270-1.
6. Фреймворк Streamlit. URL: https://streamlit.io/ (Дата обращения: 20.02.2024).
7. Экосистема для задач машинного обучения, глубокого обучения и анализа данных. URL: https://rscgroup.ru/product/rsc-basis-platform (Дата обращения: 20.02.2024).
8. Веб-сервис для формирования аннотированного набора данных траекторий в тест-системе «Водный лабиринт Морриса». URL: http://bio-dashboards.jinr.ru/morris/Morris_water_trecking (Дата обращения: 20.02.2024).

UDC 004.4

Web-service for creating annotated data set of small laboratory animal trajectories in «Morris Water Maze» behavioral test

T. Zh. Bezhanyan[1], O. I. Streltsova[1, 3], M. I. Zuev[1], I. A. Kolesnikova[2, 3], Y. S. Severiukhin[2, 3], D. M. Utina[2]

[1] *Laboratory of Information Technologies*
Joint Institute for Nuclear Research
Joliot-Curie 6, Dubna, Moscow region, 141980, Russia
[2] *Laboratory of Radiation Biology*
Joint Institute for Nuclear Research
Joliot-Curie 6, Dubna, Moscow region, 141980, Russia
[3] *State Budgetary Educational Institution of Higher Education "University "Dubna",*
19 Universitetskaya Str., Dubna, Moscow region, 141982

Email: bezhanyan@jinr.ru, strel@jinr.ru, innakolesnikova@jinr.ru, din-din-86@mail.ru, yucucumber@mail.ru, zuevmax@jinr.ru

This work was carried out within the framework of the joint project of LIT and LRB JINR aimed to create an information system for automating the analysis of obtained experimental data of radiobiological experiments. To study the behavioral reactions of small laboratory animals exposed to radiation, various tests systems are used, including the «Morris Water Maze». This test is extensively used to study rodents' behavioral reactions and it is effective in identifying memory and learning disorders. The test system consists of a circular pool with a platform hidden under water and a camera installed above the maze. Depending on the experimental protocols, there is a need to obtain various characteristics, such as latency to reach the platform, swimming distance, movement speed, the direction relative to the platform, and the type of trajectory (platform search strategy). From the point of view of data analysis, emerging automation tasks are related to the analysis of video data, and the development of convenient tools can significantly reduce research time and minimize the human factor influence. The paper presents the results of the development of a web service that is designed to annotate data for the task of classifying the trajectories of rodent movements and can be solved using a neural network approach. The functionality of the service enables a person to monitor the correctness of the constructed trajectory and acquire a number of parameters. It provides an opportunity to verify the correctness of the classification, and can also be expanded for use in the analysis of approaches related to dividing the trajectory into segments.

The web service was developed and deployed based on the ML/DL/HPC ecosystem of the HybriLIT Heterogeneous Computing Platform.

Key words and phrases: Web-service, data analysis automation, radiobiology, «Morris Water Maze» behavioral test