

УДК 004.4

Разработка прототипа веб-сервиса для анализа поведенческих реакций лабораторных животных в тест-системе «Открытое поле»

А. И. Аникина¹, О. И. Стрельцова^{1,3}, М. И. Зуев¹, И. А. Колесникова^{2,3}, Ю. С. Северюхин^{2,3},
Д. М. Утина², А. В. Нецаевский³

¹ *Лаборатория информационных технологий имени М.Г. Мещерякова (MLIT),
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 *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Университет «Дубна»,
ул. Университетская 19, Дубна, Московская область, Россия, 141980*

Email: aanikina@jinr.ru

В рамках совместного проекта ЛИТ им. М.Г. Мещерякова и ЛРБ ОИЯИ разрабатывается Информационная система, которая предназначена для автоматизации анализа данных экспериментов, направленных на изучение влияния ионизирующего излучения на лабораторных животных. Для оценки возможных изменений в поведении животных после облучения используют специализированные тест-системы, такие как «Открытое поле» и другие установки, которыми оснащена специальная лабораторная комната ЛРБ.

Для автоматизации анализа видеоданных были разработаны алгоритмы компьютерного зрения для решения задачи трекинга лабораторного животного с построением тепловой карты, подсчетом пройденных секторов и пребыванием в разных зонах ОП, прохождением центра с последующей статистической обработкой результатов подсчитываемых показателей. Также был разработан прототип веб-сервиса для апробации и тестирования алгоритмов и способов представления результатов аналитики, удобные для пользователей.

Ключевые слова: информационная система, прототип веб-сервиса, автоматизация, анализ видеоданных, разметка, Python, Streamlit

1. Введение

В ЛРБ ОИЯИ проводятся исследования, направленные на изучение влияния ионизирующего излучения на биологические объекты [1]. Для изучения поведения лабораторных животных используются различные тест-системы, например, «Открытое поле» (ОП). В ЛРБ проводятся комплексный морфофункциональный анализ изменений ЦНС после воздействия радиации [2]. Работа ведется в рамках совместного проекта ВЮНЛИТ [3] в коллаборации Лаборатории информационных технологий им. М.Г. Мещерякова (ЛИТ) и ЛРБ ОИЯИ. Это информационная система (ИС), включающая в себя модули для хранения и анализа данных. В ИС внедряются различные веб-сервисы и разрабатывается алгоритмический блок для автоматизации анализа видеоданных и анализа фотоизображений микропрепаратов. Перед встраиванием блоков в ИС и расширением их функционала разрабатываются прототипы модулей. Целью данной работы является описание разработки прототипа веб-сервиса, реализованного на фреймворке Streamlit [4], для автоматизации анализа видеоданных поведенческого теста «Открытое поле», тестирования и апробации алгоритмов анализа с удобным и простым интерфейсом для визуализации представления данных, а также дальнейшего интегрирования готового решения в общую информационную систему ВЮНЛИТ.

2. Установка «Открытое поле»

Поведенческие тесты проводятся в специализированной комнате ЛРБ с различными тестовыми установками, включая «Открытое поле» [5]. Данная тест-система предназначена для изучения поведения грызунов в новых (стрессогенных) условиях и позволяет оценить выраженность и динамику отдельных поведенческих элементов. Установка представляет собой круглую арену с расчерченными секторами и отверстиями (Рис. 1). Радиусы арены экспериментальной установки для крыс – $97 \times 58 \times 22$, для мышей – $63 \times 38 \times 14$, 5 см. Наблюдение за экспериментальным животным составляет от 3 до 6 мин. Тест-система позволяет регистрировать ориентировочно-исследовательскую реакцию (ОИР) и эмоциональный статус (ЭС) животного. Для этого фиксируются количество пройденных секторов, выходов в центр, а также груминг, норки, движение на месте, замирание, стойки. В ходе эксперимента можно наблюдать различное поведение грызунов. Например, лабораторные животные, находящиеся в состоянии стресса, могут быть менее активны, что выражается в частых актах замирания и движения на месте. Тогда как животные с более низкой тревожностью смелее и чаще выходят в центр арены, что характеризует их исследовательскую активность. Для таких наблюдений фиксируется время пребывания в различных областях установки.

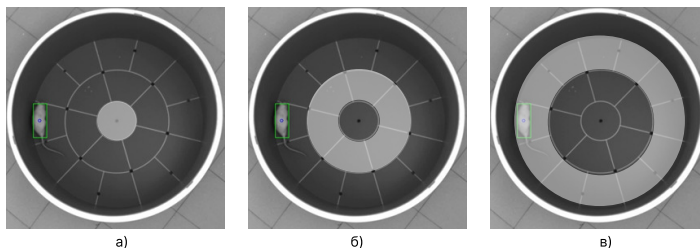


Рис. 1. ОП: а) центр, б) внутренний радиус, в) внешний радиус

Автоматизация анализа ориентировочно-исследовательской реакции является актуальной задачей на сегодняшний день для различных экспериментов. Существует набор определенных показателей для оценки изменений ЦНС лабораторных животных. Протокол проведения конкретного исследования разрабатывается исходя из целей эксперимента. Поэтому можно наблюдать различные фиксируемые параметры. Например, время тестирования одного животного, общий пройденный путь, количество пройденных зон арены, количество исследуемых зон, скорость: средняя максимальная или минимальная скорость; количество и общее время замираний; мобильность: общее время движения, включая зональные (количество входов и выходов в радиусы, время, проведенное в зоне, общее время исследования и была ли исследована центральная зона, количество заглядываний в норки). Для текущих исследований реализован алгоритм подсчета пребывания в различных областях арены, а именно в центральном, внутреннем и внешнем радиусе (Рис. 1) с подсчетом количества пройденных секторов, фиксируется траектория движения животного с маркировкой изменения скорости и зона арены, в которой животное провело больше времени, с возможностью построения тепловой карты (Рис. 2).

3. Функционал веб-сервиса

В данной блоке проводится анализ видеоданных. Для определения различных показателей необходима разметка арены тест-системы. В блок встроены два подхода разметки: один базируется на классических алгоритмах компьютерного зрения, второй представляет собой реализацию с использованием метода ключевых точек (или характерных) точек [6], благодаря которому находятся отверстия установки (норки), а также окружности, радиусы, прямые и сектора. Интересующая область тестовой

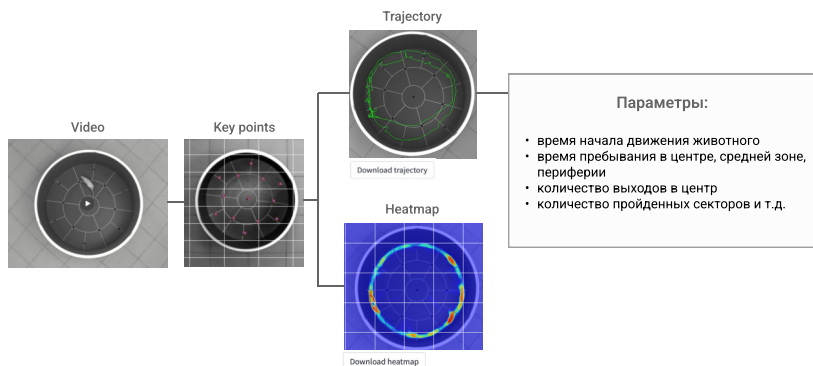


Рис. 2. Анализ поведенческих реакций лабораторных животных в тест-системе «Открытое поле»

установки разделена на зоны и сектора линиями, на пересечении которых располагаются норки, на каждом видео, то есть их положение фиксировано.

Для автоматического фиксирования начального времени движения лабораторного животного был реализован функционал определения времени старта в прототипе веб-сервиса. В отличие от схожих программ видеослежения и анализа данных, которые задают общие параметры для группы видео, в прототипе время определяется автоматически и для каждого видео отдельно. В виду того, что наблюдение за лабораторными животными и анализ данных вручную является трудоемким процессом, прототип поможет сократить время анализа и автоматизировать измерение времени, проведенное в центральной, средней и внешней зоне арены и количество выходов животного в центр (зонального показателя).

4. Заключение

В результате проведенной работы был разработан прототип веб-сервиса для автоматизации анализа данных ЛРБ ОИЯИ в рамках исследований поведенческих реакций лабораторных животных в тест-системе «Открытое поле» и тестирования разработанных алгоритмов с целью определения необходимых показателей.

Благодарности

Авторы выражают признательность Стаднику А.В. за оказанную помощь в разработке ML/DL/computer vision алгоритмов.

Литература

1. Severyukhin Y.S., Lalkovičová M., Utina D.M. et al. Comparative Analysis of Behavioral Reactions and Morphological Changes in the Rat Brain After Exposure to Ionizing Radiation with Different Physical Characteristics. *Cell Mol Neurobiol* 43, 339–353 (2023). doi:10.1007/s10571-021-01187-z
2. Kolesnikova I.A., Lalkovičová M., Severyukhin Y.S. et al. The Effects of Whole Body Gamma Irradiation on Mice, Age-Related Behavioral, and Pathophysiological Changes. *Cell Mol Neurobiol* 43, 3723–3741 (2023). doi:10.1007/s10571-023-01381-1
3. ВЮНЛОТ. Информационная система для радиобиологических исследований: [Электронный ресурс]. Дубна, 2022. URL: <https://bio.jinr.ru/>. (Дата обращения: 09.02.2024).
4. Streamlit. A faster way to build and share data apps: [Электронный ресурс]. URL: <https://streamlit.io/>. (Дата обращения: 10.02.2024).
5. Современное оборудование для работы с животными [Электронный ресурс]: Установка «открытое поле», круглое. URL: <https://www.openscience.ru/>. (Дата обращения: 28.02.2024).
6. Anikina A.I., Podgainy D., Stadnik A., Streltsova O., Kolesnikova I., Severiukhin Y. and Savvateev D. (2022). Application of a neural network approach to the task of arena marking for the "Open Field" behavioral test. *Proceedings of Science*, V. 429, ISSN:1824-8039.
7. Noldus L. P., Spink A. J., Tegelenbosch R. A. (2001). EthoVision: a versatile video tracking system for automation of behavioral experiments. *Behav. Res. Methods Instrum. Comput.* 33, 398–414. doi:10.3758/bf03195394
8. Mathis A., Mamidanna P., Cury K. M., Abe T., Murthy V. N., Mathis M. W., et al. (2018). DeepLabCut: Markerless pose estimation of user-defined body parts with deep learning. *Nat. Neurosci.* 21 1281–1289. doi:10.1038/s41593-018-0209-y
9. de Chaumont F., Ey E., Torquet N., Lagache T., Dallongeville S., Imbert A., et al. (2019). Real-time analysis of the behaviour of groups of mice via a depth-sensing camera and machine learning. *Nat. Biomed. Eng.* 3 930–942. doi:10.1038/s41551-019-0396-1
10. Zhang, C., Li, H. & Han, R. (2020). An open-source video tracking system for mouse locomotor activity analysis. *BMC Research Notes* 13, 48.
11. Xiang H., Hou J., Qiu W., Zhou Z. (2023). Detection of Arbitrary Shaped License Plates Based on Key-Points Locations. In: You, P., Li, H., Chen, Z. (eds) *Proceedings of International Conference on Image, Vision and Intelligent Systems 2022 (ICIVIS 2022)*. ICIVIS 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1019. Springer, Singapore.
12. Yakovleva M. A., Feldman T. B., Lyakhova K. N., Utina D. M., Kolesnikova I. A., Vinogradova Y. V., Molokanov A. G., Ostrovsky M. A. Ionized Radiation-Mediated Retinoid Oxidation in the Retina and Retinal Pigment Epithelium of the Murine Eye, *Radiation Research* 197(3), 270–279, (8/12/2021). doi:10.1667/RADE-21-00069.1

UDC 004.4

Development of a prototype web service for the analysis of behavioral reactions of laboratory animals in the «Open field»

A. I. Anikina¹, O. I. Streltsova^{1,3}, M. I. Zuev¹, I. A. Kolesnikova^{2,3}, Yu. S. Severyukhin^{2,3}, D. M. Utina²,
A. V. Nechaevskiy³

¹ Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies (MLIT)

Joint Institute for Nuclear Research
Joliot-Curie 6, Dubna, Moscow region, 141980, Russia

² Laboratory of Radiation Biology (LRB)
Joint Institute for Nuclear Research

Joliot-Curie 6, Dubna, Moscow region, 141980, Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "University "Dubna"
Universitetskaya 19, Dubna, Moscow region, 141980, Russia

Email: aanikina@jinr.ru

Based on the MLIT-LRB collaboration, we develop the informational system that is assigned for the data analysis automatization of experiments which are focusing on the study of influence of ionizing radiation on laboratory animals. For the estimations of possible changes in the behaviors of irradiated animals, the different test-systems such as Open Field, T-maze, Water maze, etc. are used at LRB.

To automatize analysis of the video-data the computer vision algorithms were developed. That lead to obtain the high quality information concerning trajectory of laboratory animals, the heat map, the counting of the crossed sectors, the checking of external and internal zones of OF and of the passing of the corresponding center. Besides, we make the statistical analysis of all obtained data. Also, for the approbation and testing of our algorithms and of the result representation ways, the web-service prototype has been developed in the most convenient way for users.

Key words and phrases: information system, web-service prototype, automatization, video-data analysis, markup, Python, Streamlit