

УДК 531.391

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ВО ВНЕШНЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Мельников Д.О. (ГБОУ гимназия № 406), Романов И.А. (ГБОУ СОШ № 504)

Научный руководитель – студент 2 курса бакалавриата Международного научно-образовательного центра Физики наноструктур Университета ИТМО Сорокина А.Б. (ИТМО)

Введение. В настоящее время алгоритмы машинного обучения активно применяются для обработки и визуализации различных типов данных. Одним из направлений использования таких алгоритмов является анализ данных, полученных при проведении физических экспериментов, в которых требуется точное определение положения объектов в пространстве, их линейных размеров, описание движения изучаемых объектов и проведение соответствующих вычислений физических характеристик объектов исследования. В частности, в исследованиях в области левитирующей оптомеханики требуется достаточно точное описание движения микрочастиц. Для решения данной проблемы в настоящей работе предлагается метод детектирования координат частиц в присутствии внешнего электрического поля с помощью программного кода, разработанного на языке Python с применением методов машинного зрения.

Основная часть. В настоящей работе применялся код с применением методов машинного зрения и технологий искусственного интеллекта, реализованный на языке программирования Python, для регистрации движения микросфер SiO_2 в газовой среде в условиях вязкого трения. Также рассматривалось и детектировалось движение частиц при мгновенном включении внешнего однородного электрического поля напряжённостью 120 кВ/м. Регистрация положения частиц проводилась на частоте 1-2 кГц. Частицы попадали в рабочую область экспериментальной установки группами, что в дальнейшем потребовало применение определённых подходов для их трекинга.

Для получения данных о координатах частиц использовалась камера с частотой обновления кадров (FPS) равной 29.97 Гц. Полученный видеоматериал передавался на компьютер для последующей покадровой обработки данных. Для подсветки, повышающей контрастность изображения, использовался лазер длиной волны 532 нм.

После разделения видеоматериала на кадры производилось распознавание частиц на каждом из них. Для обработки полученных кадров были применены алгоритмы машинного обучения, такие как предобученные свёрточные нейросети (CNN) [1] в паре с моделью детекции объектов Object Detection [2]. Так же для обработки производилась сегментация изображения для лучшего разбиения отснятого материала и последующего дообучения собственной модели. Свёрточные нейросети выполнили начальное определение признаков частиц для их распознавания на отснятом видеоматериале, автоматически нашли характерные визуальные особенности, такие как форма, яркость и текстура. Модель детекции объектов произвела идентификацию частиц и определение их границ на изображении, позволила определить местоположение частиц в каждом кадре, классифицировала объекты, отделяя частицы от фонового шума, вычислила координаты ограничивающих рамок (bounding boxes) для каждой частицы. Модель сегментации конкретизировала контуры для повышения точности полученных данных. Собственная модель, дообученная на полученных данных, адаптировалась к особенностям экспериментального видеоматериала, минимизировала ошибки распознавания за счёт специфики съёмки, оптимизировала детекцию частиц в условиях сложного фона и динамических изменений. По полученным данным о координатах частиц в каждый момент времени было произведено вычисление физических параметров их движения. Начальные скорости движения частиц определялись на основе известных координат и частоты смены

кадров с использованием кинематических соотношений. Отношение массы к заряду вычислялось на основе второго закона Ньютона с учётом воздействия электрического поля на частицы.

Выводы. В настоящей работе был разработан алгоритм вычисления начальных скоростей и распределения отношения массы к заряду микрочастиц при двух режимах подачи: свободном подбрасывании в отсутствие внешнего электрического поля и свободном падении с моментальным включением однородного электрического поля. На основе разработанного алгоритма были проанализированы видеоматериалы экспериментов, проведена детекция частиц, а также вычислены их начальные скорости и отношения массы к заряду. Для обработки данных была построена машинная модель распознавания частиц на отснятом видеоматериале. В полученный код на языке программирования Python были добавлены физические модели описания движения микрочастиц, что позволило определить распределение начальных скоростей и отношения массы к заряду.

Список использованных источников:

1. Гришанов К. М., Белов Ю. С. Модель сверточной нейронной сети в задачах машинного зрения //Электронный журнал: наука, техника и образование. – 2017. – №. СВ1. – С. 100-106.
2. Форер А. Л. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ NIGHT OBJECT DETECTION НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФРЕЙМВОРКА PYTORCH И АРХИТЕКТУРЫ YOLOV5 //Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – №. 12-3 (99). – С. 229-232.