

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Д. А. Смунёв, М. М. Кугейко, А. Н. Кочетов

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

E-mail: smunev@bsu.by, kugeiko@bsu.by, kochetov@bsu.by

Создан макет прибора для регистрации спектра отражения с пространственным разрешением на основе многомодовых волокон. Были созданы модельные объекты с заданной концентрацией веществ (фурацилин, цианокобаламин и фукорцин). Значения концентрации, восстановленные с помощью регрессионных соотношений, хорошо согласуются с реальными концентрациями. Для уменьшения погрешностей определения микрофизических параметров вместо регрессии была использована нейросеть. Результаты предсказания концентраций значительно улучшились, в частности, погрешность определения концентрации фукорцина уменьшилась вдвое (с 11% до 5%).

Ключевые слова: спектроскопия с пространственным разрешением; регрессионные соотношения; нейросети.

Распространенным методом оптической диагностики биорассеивателей является метод диффузной отражательной спектроскопии. Его принцип состоит в анализе спектральной составляющей рассеянного тканью в обратном направлении излучения с пространственным разрешением каналов регистрации. Интерпретация измерений является сложной задачей и может быть реализована с помощью регрессионных соотношений или обучающих алгоритмов (нейронных сетей). Заявленная точность восстановления микрофизических параметров при интерпретации измеренных оптических сигналов с помощью регрессионных соотношений (~10%) основана на численном эксперименте и требует валидации.

Авторами был создан макет прибора для регистрации спектра отражения с пространственным разрешением на основе многомодовых волокон (для доставки и регистрации излучения) диаметром 0.6 мм, шагового двигателя (шаг 0.25 мм, драйвер L293, управление драйвером через плату arduino uno с микроконтроллером Atmega328) и спектрометра LOTIS GMS 400 (разрешение 0.1 нм). В качестве модели была выбрана двуслойная среда, которая соответствует модели кожных покровов человека. Хромофоры модели подбирались максимально схожими с хромофорами кожных покровов человека. В частности, использовались фурацилин (спектр схож с билирубином), цианокобаламин и фукорцин (фракции гемоглобина). Были созданы модельные объекты с заданной концентрацией хромофоров. Восстановленные с помощью регрессионных соотношений и реальные концентрации хорошо согласуются [1].

В регрессионных соотношения используются нормированные сигналы. Минимальное расстояние между волокнами есть сумма радиусов волокон для доставки и регистрации излучения, в рассматриваемой установке это расстояние составляло $L_0=1,25$ мм. Спектр диффузного рассеяния на данном расстоянии $S(L_0)$ принимался за базовый и в дальнейшем на него нормируются все остальные сигналы, что позволяет снизить влияние меланина,

$$S_j = \frac{S(L_j)}{S(L_0)} S_{10} = \frac{S(L_1)}{S(L_0)}$$

где j для описываемой установки – значения от 1 до 3.

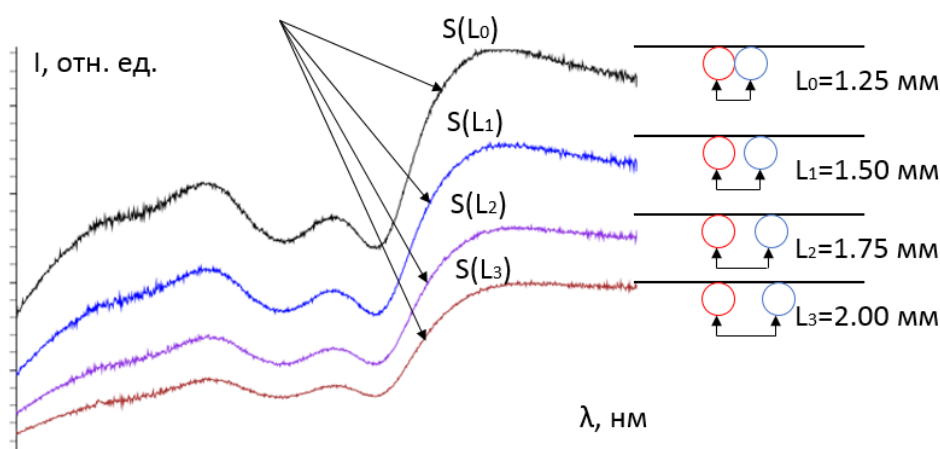


Рис. 1. Относительные значения спектра диффузного рассеяния для различных пространственных положений волокон для доставки и регистрации излучения

Таким образом входные данные формировались из нормированных спектров диффузного рассеяния в интервале $420 \div 680$ нм с шагом 10 нм.

Как было отмечено выше, заявленная точность восстановления микрофизических параметров при интерпретации измеренных оптических сигналов с помощью регрессионных соотношений ($\sim 10\%$) основана на численном эксперименте, что не всегда удовлетворяет практическим требованиям.

Для уменьшения погрешностей определения микрофизических параметров вместо регрессии была использована нейросеть. Для этого использовалась двухслойная нейросеть прямого распространения с сигмоидными скрытыми нейронами и линейными выходными нейронами, с 2 скрытыми слоями, по 20 нейронов в скрытом слое. Сеть обучалась с использованием алгоритма обратного распространения Левенберга-Марквардта. Для обучения сети использовались данные моделирования светорассеяния с помощью метода Монте-Карло исходя из двуслойной модели тестовых объектов. Была накоплена статистика из 8000 численных экспериментов. Результаты предсказания концентраций значитель-

но улучшились, в частности, погрешность определения концентрации фукокорцина уменьшилась вдвое (с 11% до 5%).

Разработка приложения для управления аппаратной частью производилась на платформе .NET. В результате был разработан современный и интуитивно понятный интерфейс управления и обработки информации “SpectraWay”. Отдельно стоит заметить, что окно отображения спектра в реальном времени состоит полностью из графических примитивов, что позволило добиться штатной работы приложения при экспозиции спектрометра вплоть до 50 мс.



Рис. 2. Внешний вид разработанного приложения

Процесс исследования объекта занимает несколько секунд, за это время прибор снимает спектр от 420 нм до 680 нм с пространственным разрешением 0.25мм для четырёх точек исследуемого объекта.

Дальнейшие работы предполагают усовершенствование конструкции, а именно – возможно использовать вместо движущихся частей статическую конструкцию с нормированными по спектру светодиодами, что позволит увеличить ресурс прибора и даст большую точность измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Лысенко С. А. Методы оптической диагностики биологических объектов. Минск: БГУ. 2014.