

Программный модуль регрессионного анализа для моделирования и исследования влияния внешнего изгиба оптического волокна на показатель преломления перехода сердечник-оболочка

Е.В. Резак, Ю.В. Карась

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация: В данной работе фокус смещается на углубленное исследование влияния деформации изгиба на изменение показателя преломления сердечника оптического волокна. Разработанный модуль позволит анализировать тенденции изменения этого показателя, что предоставит более детальное понимание внутренних процессов, происходящих в волокне под воздействием деформации.

Ключевые слова: математическое моделирование, оптическое волокно, деформация изгиба, моделирование поведения деформированного волокна, программное средство.

Введение

Одним из ключевых аспектов моделирования является выбор оптимальной математической модели. В частности модели, способной достаточно точно описывать поведение сигнала в оптическом волокне с учетом различных, чаще всего внешних факторов [1]. Результаты моделирования позволяют оптимизировать параметры оптических систем связи, выбирать наиболее подходящие типы волокон, что, в конечном итоге, приводит к повышению качества и надежности передачи данных. Процесс моделирования можно улучшить, используя специализированные программные средства.

Работа является развитием реализованного программного средства позволяющего осуществлять моделирование влияния физических процессов, происходящих в оптическом волокне в результате воздействия на него внешнего изгиба. Математическая модель, реализованного программного средства, подробно рассмотрена в [2-3], а этапы реализации в [4]. Новый программный модуль предназначен для проведения регрессионного анализа данных, полученных в ходе моделирования воздействия деформации на волокно. Основными функциями модуля являются: ввод исходных данных

для моделирования деформации изгиба оптического волокна; визуализация, полученных в ходе моделирования данные в графическом виде; вывод значения точек пересечения графиков, полученных в результате нескольких экспериментов моделирования, в виде отдельной таблицы; вывод значений точек пересечения графиков в табличной форме; интерполирование табличных значений, созданного массива; аппроксимирование полученного массива данных для расчета зависимостей показателя преломления сердечник-оболочка от показателя преломления сердечника и радиуса оптического волокна. Разработка модуля происходила на языке C#, с использованием фреймворка WPF для создания графического интерфейса, применялся язык разметки XAML, а библиотеки OxyPlot для создания графической визуализации табличных значений.

Интерфейс программного модуля

Меню модуля «Метод» содержит три основных пункта: «Аппроксимация (Линейная)», «Аппроксимация (Полином)» и «Интерполяция (Лагранж)».

Для создания меню использовался элемент MenuItem, название которого задавалось с помощью атрибута Header. Меню модуля представлено на рисунке 1.

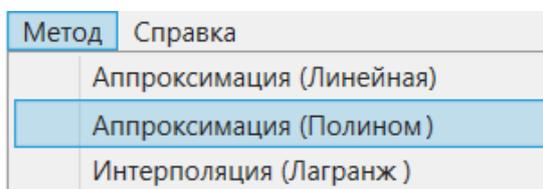


Рисунок 1 – Меню модуля

Выбранный метод реализован глобальной переменной, которая меняется, при запуске конкретной функции, выбранной пользователем. После изменения значения переменной, если множество точек не пустое, то отрисовка графика происходит заново.

Расчет аппроксимирующей функции осуществлялся методом наименьших квадратов [5]. Суть метода сводится к минимизации разницы значения функций, заданной таблично и аппроксимирующей функции взятой в квадрате. [6]

Процесс получения функции аппроксимации [7, 8] сводится к решению систем линейных уравнений вида (1). Здесь матрица A – матрица коэффициентов аппроксимирующей функции, вектор B – вектор свободных членов и вектор X – вектор неизвестных значений, элемент которого предстоит найти.

$$A * X = B. \tag{1}$$

Для получения аппроксимирующей функции необходимо найти коэффициенты при неизвестных [7, 8].

Процесс получения аппроксимирующего полинома второй степени несколько сложнее получения линейной аппроксимации. Необходимо, осуществить проверку уникальности значений x всех полученных в ходе моделирования точек, для избегания деления на ноль. После чего происходит расчёт элементов для вычисления коэффициентов аппроксимирующей функции. Пример работы метода представлен на рисунке 2.

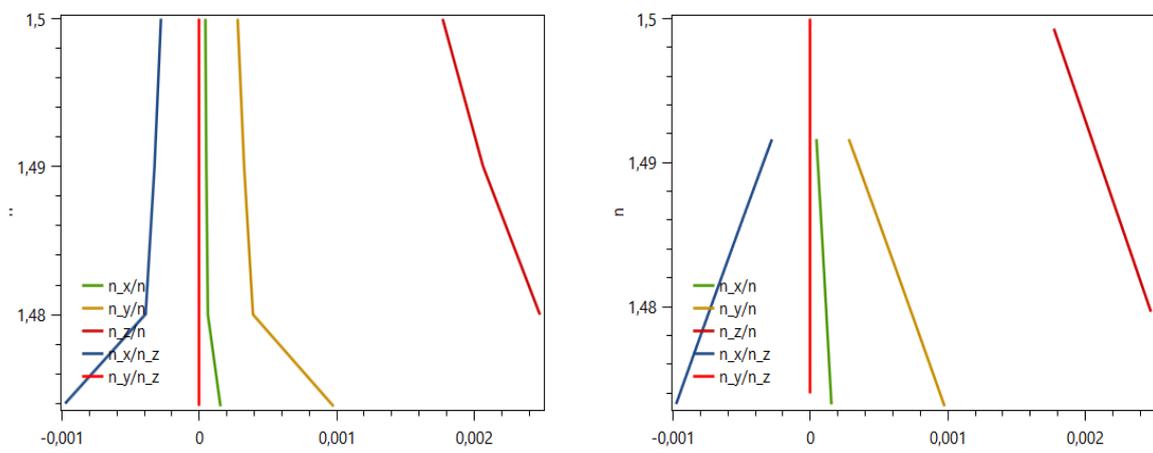


Рисунок 2 – Пример работы метода аппроксимации.

Интерполяция реализована в форме полинома Лагранжа [8, 10].
 Пример работы метода представлен на рисунке 3.

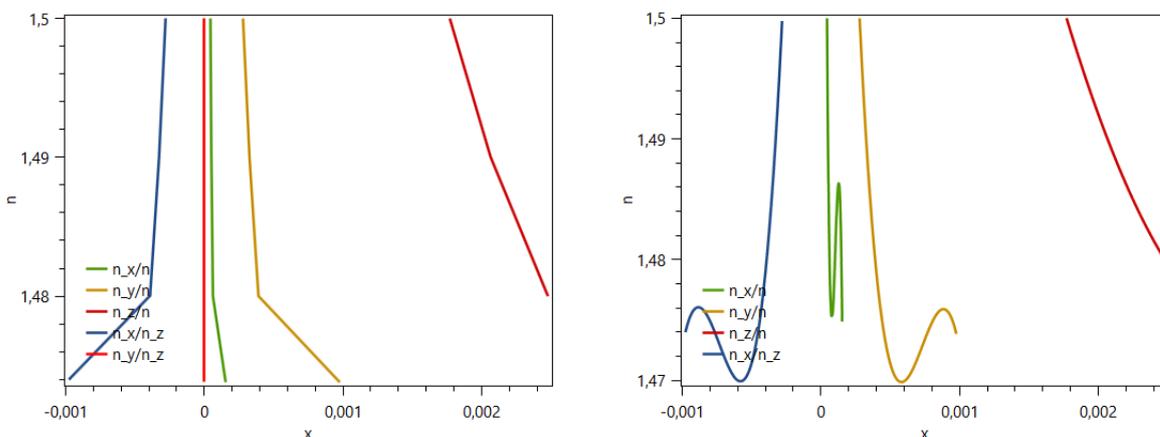


Рисунок 3 – Пример работы метода интерполяции.

Создание таблицы точек модуля

Для создания таблицы точек модуля использовался элемент DataGrid, с атрибутами глобальное имя, минимальная и максимальная ширина, длина, без возможности редактировать таблицу. Для создания колонок таблицы, при запуске программы запускается функция CreateColumns, в которой создаются элементы DataGridTextBoxColumn с параметрами: названия, размеры, с запретом не редактирование, после чего данные колонки добавляются в таблицу. Пример получения таблицы точек перенесения различных показателей преломления представлен на рисунке 4.

Пересечение	x	n
n_x/n_z	-0.000977	1.473986
n_y/n_z	0	1.473961
n_x/n	0.000154	1.4738
n_y/n	0.000977	1.4738

Рисунок 4 – Пример таблицы

Для добавления точек были созданы дополнительные кнопки. Первая – добавляет точки ко множеству выбранных, вторая – осуществляет сброс точек.

При добавлении пользователем точек пересечения, запускается функция, которая производит увеличение исходного массива точек, на значения, полученные в ходе очередного запуска модели, результат чего отображается в таблице. Затем производится их сортировка. После чего, если количество точек пересечения больше одной, эти точки образуют серию, которая затем добавляется в модель соответствующего метода анализа, а модель передаётся для отрисовки графика функции. При этом отображается кнопка сброса точек и блокируется возможность поменять шаг и интервалы значения x , что упрощает проведения процесса моделирования.

Создание графиков

Для создания графика использовался элемент PlotView библиотеки OxyPlot, в котором задаётся значение атрибутов: имя; Background – цвет фона; высота, длина графика; отступы с различных сторон. Примеры графиков (см. на рисунке 2 и 3).

В функции Draw_Schedule_For_Points создаётся модель графика, в которой хранятся координаты точек, легенда, название осей и т. д. Для её создания используется ключевое слово new и пишется название соответствующего класса, создаётся легенда графика. После чего создаётся серия для отображения выбранных точек и задаётся её название.

Заключение

В ходе проделанной работе реализован модуль для проведения анализа точек пересечения различных показателей преломления, полученных в ходе моделирования влияния изгиба на параметры оптического волокна. Реализован графический интерфейс модуля. Программное средство позволяет осуществлять ввод исходных данных, предоставляет возможность представления модели данных в табличном и графическом виде, позволяет выводить значения точек пересечения графиков в табличной форме,



позволяет пользователю добавлять точки в массив, по которому производится расчёт аппроксимирующей или интерполирующей функций, что позволяет увидеть тенденции зависимости показателя преломления сердечник-оболочка от показателя преломления сердечника и радиуса оптического волокна.

Литература

1. Осипов В. А., Соловьев Г. Е., Гороховский Е. В., Капкаев А. А. Проблемы электротермической деградации волоконно-оптических линий связи и перспективные направления их решения // Инженерный вестник Дона, 2013, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1539.
2. Резак Е. В. Изменение распространения сигнала в зависимости от изгиба оптического волокна // ТОГУ-Старт: фундаментальные и прикладные исследования молодых: Материалы научно-практической конференции, Хабаровск, 23–25 апреля 2020 года. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2020. – С. 39-43.
3. Резак Е. В. Исследование математической модели оптического волокна при воздействии деформации изгиба, возникающей как результат влияния внешних и внутренних факторов // Физика: фундаментальные и прикладные исследования, образование : Материалы XXII Всероссийской научной конференции, Хабаровск, 30 сентября – 04 2024 года. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2024. – С. 41-46.
4. Резак Е. В., Карась Ю. В. Программное средство для моделирования влияния деформации на параметры оптического волокна // Инженерный вестник Дона, 2024, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/8998.
5. Varju P. Approximation by Homogeneous Polynomials. Constr Approx 26. – 2007. –С. 317–337.



6. Блинов А. О. Приложение метода наименьших квадратов к задачам моделирования и оптимизации // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2007. – Т. 12, № 4. – С. 412-414.

7. Сенотова С. А. Сравнительный анализ методов аппроксимации с помощью регрессионных зависимостей и нейронных сетей для линейных моделей // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2021. – Т. 1, № 18. – С. 31-35.

8. Маркова И. А. Обобщение методов аппроксимации наборов дискретных данных // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. 2014. №2. – С. 404-409.

9. Наац И. Э., Наац В. И., Ярцева Е. П. Методы аппроксимации функции обобщенными полиномами в задачах численного анализа, связанных с вычислениями на приближенных данных // Наука. Инновации. Технологии. 2018. №3. – С. 53-64.

10. Yaroshchuk I. O. A method for the numerical modeling of waves in a one-dimensional non-linear medium with random inhomogeneities // USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 1988. – Vol. 28, No. 3. – P. 92-95.

References

1. Osipov V. A., Solov'ev G. E., Gorohovskij E. V., Каркаев А. А. // Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1539.

2. Rezak E. V. TOGU-Start: fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya molodykh : Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Khabarovsk, 23–25 aprelya 2020 goda. Khabarovsk: Tikhookeanskiy gosudarstvennyy universitet, 2020. Pp. 39-43.

3. Rezak E. V. Fizika: fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya, obrazovaniye : Materialy XXII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii, Khabarovsk,



30 sentyabrya – 04 2024. Khabarovsk: Tikhookeanskiy gosudarstvennyy universitet, 2024. Pp. 41-46.

4. Rezak E. V., Karas YU. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/8998.

5. Varju P. Approximation by Homogeneous Polynomials. Constr Approx 26. 2007. pp. 317–337.

6. Blinov A. O. Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. 2007. T. 12, № 4. pp. 412-414.

7. Senotova S. A. Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2021. T. 1, № 18. pp. 31-35.

8. Markova I. A. Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. 2014. №2. pp. 404-409.

9. Naats I. E., Naats V. I., Yartseva E. P. Nauka. Innovatsii. Tekhnologii. 2018. №3. pp. 53-64.

10. Yaroshchuk I. O. USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics. 1988. Vol. 28, No. 3. pp. 92-95.

Дата поступления: 1.03.2025

Дата публикации: 25.04.2025