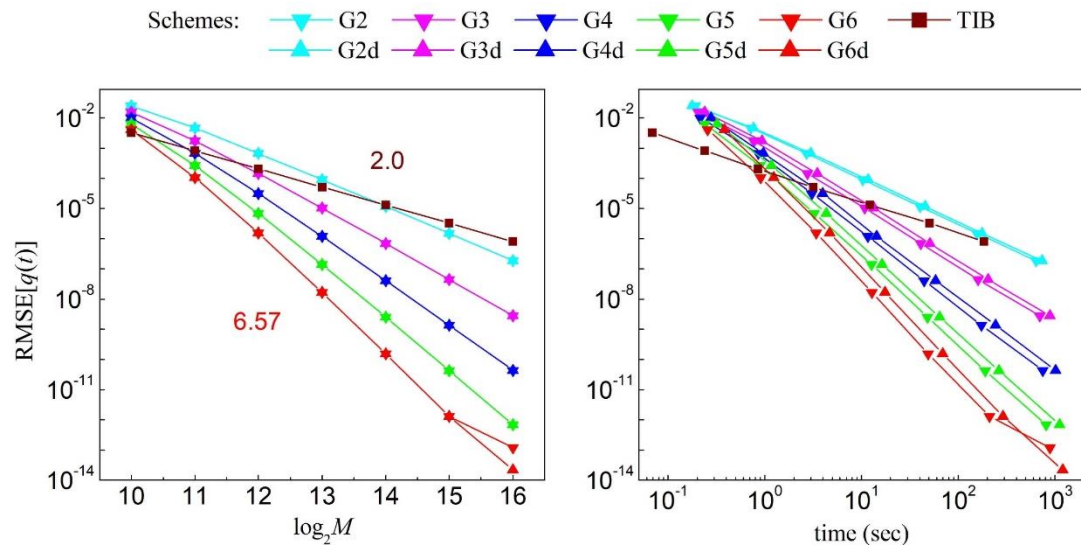




Соисполнитель: Новосибирский государственный университет

Быстрый метод повышенной точности для обратного нелинейного преобразования Фурье в задачах нелинейной волоконной оптики



Сравнение численных схем для обратного НПФ на примере НУШ.
Зависимость средне-квадратичной погрешности восстановления сигнала $q(t)$ от числа точек M (слева) и от времени расчета (справа).
Порядок аппроксимации известной схемы TIB – 2; новой схемы G6 – 6.57.

Нелинейное преобразование Фурье (НПФ) даёт возможность проинтегрировать нелинейное уравнение Шредингера (НУШ) и его обобщение - систему Манакова, получая при этом информацию о структуре сигнала и о наличии в нём солитонов. Реализация обратного НПФ является сложной математической проблемой, требующей решения системы интегральных уравнений с учётом экспоненциальных зависимостей в ядре. Разработка эффективных методов для НПФ позволит компенсировать нелинейные искажения сигнала и выйти за пределы ограничений линейных методов передачи данных. Авторы разработали новый метод НПФ повышенного порядка точности для НУШ и системы Манакова. Метод позволяет повысить точность решения задачи до шестого порядка, по сравнению с известными алгоритмами второго порядка. Метод также является быстрым, поскольку сохраняет квадратичную вычислительную сложность.

Публикации:

1. Medvedev S.B., Vaseva I.A., Fedoruk M.P. High-Order Block Toeplitz Inner-Bordering method for solving the Gelfand–Levitan–Marchenko (GLM) equation // Commun. Nonlin. Sci. Numer. Simul. 2024. (Q1) IF 3.4.
2. Medvedev S., Vaseva I., Fedoruk M. Fast nonlinear Fourier transform algorithm for reconstruction of optical data from nonlinear spectra of the Manakov system // Opt. Lett. 2024. (Q1) IF 3.1.
3. Medvedev S., Vaseva I., Fedoruk M. Block Toeplitz Inner-Bordering method for the GLM equations associated with the Zakharov-Shabat system // J. Inverse Ill-Posed. P. 2023. (Q2) IF 0.9.
4. Медведев С.Б., Васева И.А., Чеховской И.С., Федорук М.П. О численных алгоритмах решения прямой и обратной задач рассеяния системы Захарова – Шабата // Выч. технологии. 2023. (Q4).

БЫСТРЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ДЛЯ ОБРАТНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ В ЗАДАЧАХ НЕЛИНЕЙНОЙ ВОЛОКОННОЙ ОПТИКИ

АВТОРЫ: д.ф.-м.н. Медведев С.Б., к.ф.-м.н. Васева И.А., ак. РАН Федорук М.П.

Нелинейное преобразование Фурье (НПФ) позволяет проинтегрировать нелинейное уравнение Шредингера (НУШ), получая при этом информацию о структуре сигнала и о наличии в нём солитонов. НУШ широко применяется, в частности, в задачах нелинейной волоконной оптики, поскольку описывает распространение импульсов в оптоволокне. Обобщением НУШ, учитывающим явление поляризации, является система уравнений Манакова. Реализация обратного НПФ является сложной математической проблемой, требующей решения системы интегральных уравнений с учётом экспоненциальных зависимостей в ядре. Разработка эффективных методов для реализации НПФ позволит осуществлять более реалистичные расчеты при построении телекоммуникационных систем передачи данных, основанных на солитонных сигналах. Такие системы позволяют компенсировать нелинейные искажения сигнала и выйти за пределы ограничений линейных методов передачи данных. Сущность результата заключается в новом методе повышенного порядка точности для численной реализации обратного НПФ для НУШ и системы Манакова. Метод позволяет повысить точность решения задачи до шестого порядка, по сравнению с известными методами второго порядка. Предложенный алгоритм также является быстрым, поскольку сохраняет квадратичную вычислительную сложность.

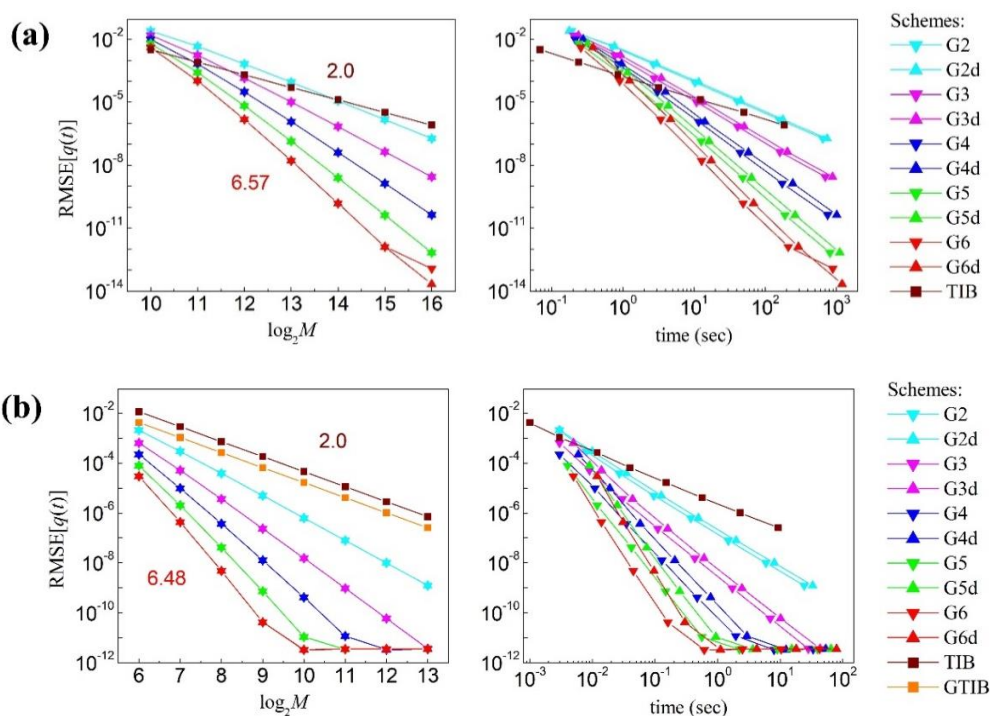


Рисунок. Сравнение численных схем для обратного НПФ для НУШ (а) и системы Манакова (б). Зависимость средне-квадратичной погрешности восстановления сигнала $q(t)$ от числа точек M (слева) и от времени расчета (справа). Порядок аппроксимации известной схемы TIB – 2; новой схемы G6 – 6.57 для НУШ и 6.48 для системы Манакова.

ПУБЛИКАЦИИ:

1. *Medvedev S.B., Vaseva I.A., Fedoruk M.P.* High-Order Block Toeplitz Inner-Bordering method for solving the Gelfand–Levitan–Marchenko equation // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. – 2024. – Vol. 138. – 108255. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2024.108255> (Q1, импакт-фактор 3.4)
2. *Medvedev S., Vaseva I., Fedoruk M.* Fast nonlinear Fourier transform algorithm for reconstruction of optical data from nonlinear spectra of the Manakov system // *Optics Letters*. – 2024. – Vol. 49, No 16. – P. 4677-4680. <https://doi.org/10.1364/OL.531316> (Q1, импакт-фактор 3.1)
3. *Medvedev S., Vaseva I., Fedoruk M.* Block Toeplitz Inner-Bordering method for the Gelfand-Levitan-Marchenko equations associated with the Zakharov-Shabat system // *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*. – 2023. – Vol. 31. – Iss. 2. – P. 191–202. <https://doi.org/10.1515/jiip-2022-0072> (Q2, импакт-фактор 0.9)
4. *Медведев С.Б., Васева И.А., Чеховской И.С., Федорук М.П.* О численных алгоритмах решения прямой и обратной задач рассеяния системы Захарова–Шабата // *Вычислительные технологии*. – 2023. – Т. 28. – № 3. – С. 60–83. <https://doi.org/10.25743/ICT.2023.28.3.005> (Q4)

Свидетельства о регистрации программ ЭВМ

1. *Медведев С.Б., Васева И.А., Федорук М.П.* IST_MULTISOLITONS № 2022680090 от 27.10.2022
2. *Медведев С.Б., Васева И.А., Федорук М.П.* IST_GTIB № 2023687009 от 11.12.2023