

Самосъгласувана спектрална структура на реалността III

Нелокална спектрална стабилизация и възникване на организирани спектрални режими

инж. физ. Владимир Филипов

Резюме

В предходните работи беше въведена операторна постановка, в която физическата реалност се разглежда като реализиран сектор C_i от пространство на допустимостите C , определен чрез условия на структурна съвместимост и спектрална стабилност.

Настоящата работа развива тази постановка чрез въвеждане на нелокален спектрален оператор с осцилиращо Gaussian ядро и саморекурсивен нелокален член.

Основната цел е да се изследва дали организирани спектрални структури могат да възникват като следствие от рекурсивна операторна стабилизация, без предварително въвеждане на пространство-време, потенциали или фундаментални взаимодействия.

Показано е, че чисто локалните Gaussian структури водят до колапс към ограничен брой доминиращи моди, докато въвеждането на осцилираща и нелокална компонента поражда богата спектрална организация, включваща устойчиви моди, спектрални групирания и shell-подобни структури.

В тази рамка нелокалността не се интерпретира като нарушение на локалната физика, а като следствие от глобалната операторна самосъгласуваност на реализирания сектор C_i .

Разглежда се и възможността част от стабилизационната динамика да бъде свързана с ефективна медиаторна среда, възникваща при непълна глобална стабилизация на оператора.

Настоящата работа не претендира за завършена физическа теория, а представлява изследване на възможността сложни физически структури да възникват чрез рекурсивна спектрална организация.

1 Въведение

В предходните две статии беше въведена постановка, в която наблюдаемата физическа реалност се разглежда не като фундаментално пространство-време, съдържащо частици и взаимодействия, а като реализиран сектор C_i от пространство на допустимостите C , определен чрез условия на операторна съвместимост.

В тази рамка устойчивите физически структури възникват като стабилизирани спектрални режими на оператор на структурна съвместимост.

Възниква обаче фундаменталният въпрос: какъв тип операторна структура е способна да поражда сложна спектрална организация, достатъчно богата за появата на устойчиви физически режими?

Настоящата работа разглежда минимална нелокална операторна конструкция, съдържаща:

- локална структурна съвместимост;
- спектрална интерференция;
- рекурсивна нелокална стабилизация.

Основната идея е, че сложната спектрална организация не възниква от предварително зададени частици или сили, а от конкуренцията между локална съвместимост и глобална рекурсивна стабилизация.

В тази постановка пространството не се приема като предварително зададена геометрична структура. Величините x, y не представляват координати в евклидово пространство, а конфигурационни отношения в реализирания сектор C_i .

Следователно операторът не се дефинира върху двумерна или тримерна геометрия. Вместо това ефективната геометрична организация се разглежда като възникващо свойство на стабилизираната спектрална структура.

Целта на настоящата работа е да се изследва дали подобна нелокална операторна постановка е способна да поражда:

- устойчиви спектрални моди;
- спектрални групирания;
- shell-подобни структури;
- организирани спектрални преходи;
- ефективни геометрични отношения.

2 Минимални изисквания към спектралния оператор

За да може операторната постановка да поражда сложна спектрална организация, операторът трябва минимално да допуска:

- локална структурна съвместимост;
- спектрална селекция;
- глобална рекурсивна стабилизация.

Чисто локалните операторни структури обикновено водят до прекомерна стабилизация и колапс към ограничен брой доминиращи режими.

От друга страна, чисто осцилиращите или силно нелокални структури могат да доведат до спектрална нестабилност и загуба на устойчиви конфигурации.

Следователно търсеният оператор трябва да съдържа едновременно:

- локален стабилизиращ сектор;
- интерференционен механизъм;
- нелокална рекурсивна организация.

В настоящата работа локалната структурна съвместимост се реализира чрез Gaussian компонента.

Изборът на Gaussian ядро не е произволен. То представлява минимална гладка структура, ограничаваща рязката структурна несъвместимост между близки конфигурации.

В тази рамка Gaussian секторът не се интерпретира като геометричен потенциал, а като минимален механизъм за локална спектрална допустимост.

Същевременно числените експерименти показват, че чисто Gaussian оператор води до силна спектрална редукция и колапс към ограничен набор доминиращи моди.

Това налага въвеждането на осцилиращ и нелокален сектор, способен да поражда по-богата спектрална организация.

3 Нелокален спектрален оператор

Разглеждаме нелинеен спектрален оператор от вида:

$$S\psi(x) = \int K(x, y)F(\psi(y)) dy + \gamma \int W(x, z)\psi(z) dz$$

където:

- $K(x, y)$ е локално-осцилиращо ядро на структурна съвместимост;
- F е нелинейна стабилизационна функция;
- $W(x, z)$ е нелокален медиаторен сектор;
- γ определя степента на нелокална рекурсивна връзка.

Ядрото $K(x, y)$ се избира във формата:

$$K(x, y) = \exp\left(-\frac{(x-y)^2}{2\sigma^2}\right) [\cos(\omega(x-y)) + \beta \cos(\phi(x+y))]$$

Първият Gaussian член определя локалната спектрална допустимост между близки конфигурации.

Осцилиращата компонента въвежда спектрална интерференция и позволява селекция на устойчиви режими.

В тази постановка операторът не описва взаимодействие между точки в пространство, а степен на структурна съвместимост между конфигурации в реализирания сектор C_i .

Следователно моделът не трябва да се интерпретира като „двумерен оператор“, пораждащ тримерна физика. Ефективната геометрична размерност не е входен параметър на модела, а възможно възникващо свойство на стабилизираната спектрална организация.

Нелокалният член $W(x, z)$ се въвежда като минимална медиаторна структура, позволяваща глобална рекурсивна стабилизация между отдалечени конфигурации.

На този етап W не се интерпретира като конкретно физическо поле, а като ефективна стабилизационна среда, необходима за поддържането на сложна спектрална организация.

Числените експерименти показват, че без подобен нелокален сектор спектралната динамика остава прекомерно инвариантна или колапсира към ограничен набор моди.

Това предполага, че сложната спектрална стабилизация изисква наличие на глобална медиаторна структура.

4 Рекурсивна стабилизация и спектрална организация

Спектралните конфигурации се изследват чрез рекурсивната итерация:

$$\psi_{n+1} = S[\psi_n]$$

където всяка итерация описва последователност на операторна стабилизация. Индексът n не представлява физическо време, а степен на рекурсивна организация.

Числените експерименти показват, че различните операторни режими пораждат качествено различни спектрални структури.

При отсъствие на осцилираща компонента спектърът бързо колапсира към ограничен набор доминиращи моди.

При наличие на осцилации и нелокална стабилизация възникват:

- устойчиви спектрални моди;
- спектрални клъстери;
- shell-подобни структури;
- йерархични спектрални организации.

Тези структури не се въвеждат предварително, а възникват като резултат от рекурсивната операторна динамика.

В тази рамка стабилността не се определя от локален минимум на потенциал, а от глобална операторна самосъгласуваност.

5 Спектрални режими и организирани структури

Числените симулации показват, че определени спектрални режими проявяват повишена устойчивост спрямо операторните вариации.

Тези режими формират организирани спектрални групирания, напомнящи shell-структури.

Наблюдаваните спектрални организации не представляват доказателство за конкретни физически обекти, но показват, че нелокалната операторна стабилизация е способна да поражда нетривиална спектрална йерархия.

Особено важно е, че подобни структури възникват без предварително въвеждане на:

- Coulomb потенциали;
- квантови орбитали;
- предварително зададени симетрии;
- пространствена геометрия.

След въвеждането на осцилиращия член и нелокалния саморекурсивен сектор се появиха стабилни спектрални структури.

При sweep върху параметрите бяха наблюдавани стабилни режими със следните стойности на броя stable peaks:

$$1, 4, 7, 9, 16$$

Особено важно е, че параметърът α , контролиращ нелинейната стабилизация, оказва сравнително слабо влияние върху броя на stable peaks. За сметка на това параметрите σ и ω влияят съществено. Това подсказва, че спектралната структура се определя основно от геометрията на ядрото K , а не от числената стабилизация.

Наблюдаваните собствени стойности в един от числените режими са:

$$11.885, 10.281, 8.489, 6.757, 5.341, 4.160, 3.196, 2.429, 1.882, 1.434$$

Те не следват проста аритметична или геометрична прогресия. Разликите между последователните стойности показват нелинейно саморегулиращо се затихване.

Това предполага спектрална рекурсия от тип:

$$\lambda_{n+1} - \lambda_n \sim \lambda_n^\gamma$$

В частния случай $\gamma \approx \frac{1}{2}$ се получава:

$$\lambda_{n+1} - \lambda_n \sim \sqrt{\lambda_n}$$

В континуален предел това води до:

$$\frac{d\lambda}{dn} \sim -\sqrt{\lambda}$$

и съответно до квадратично изчерпване на спектралната допустимост.

Наблюдението на 16 stable peaks е особено интересно, защото в стандартната квантова механика броят на орбиталните състояния за дадено главно квантово число n , без отчитане на спина, е n^2 . За $n = 4$ това дава 16.

Настоящият модел не доказва, че наблюдаваните 16 peaks са идентични с орбиталите на shell. Но фактът, че подобна мултиплицитетна структура възниква без въвеждане на spherical harmonics, Coulomb potential или Schrödinger equation, е значим и заслужава допълнително изследване.

Хипотезата, която възниква, е следната: квантовите числа могат да бъдат спектрални етикети на стабилни модове, а не фундаментални свойства на частици.

Това предполага възможността организирани квантово-подобни спектрални режими да възникват като следствие от рекурсивна спектрална стабилизация.

В някои режими се наблюдават спектрални дегенерации и групирания, които наподобяват известни квантови структури.

Настоящата работа не интерпретира тези наблюдения като извеждане на реални атомни спектри, а като индикация, че сложна спектрална организация може да възниква без предварително зададена квантова динамика.

6 Непълна стабилизация и медиаторна среда

Числените експерименти показват, че глобалната операторна самосъгласуваност не се достига напълно.

Дори при стабилизирани режими остава остатъчна спектрална нестабилност.

В настоящата постановка тази непълна стабилизация не се разглежда като числен артефакт, а като възможно структурно свойство на самата операторна организация.

Това позволява нелокалният сектор $W(z, z)$ да бъде интерпретиран като ефективна медиаторна среда, модулираща непълна глобална стабилизация на оператора на C_i .

На този етап W не се идентифицира с конкретен физически сектор или с директен модел на тъмна материя. По-подходящата интерпретация е, че наблюдаваната спектрална организация се формира с участието на W , за да се постигне глобалната операторна съвместимост.

Тази възможност ще бъде изследвана по-подробно в следващи работи.

7 Възникваща геометрия

В настоящата постановка геометрията не се въвежда предварително.

Вместо това ефективните геометрични отношения възникват като следствие от стабилизиранията спектрална организация.

Степента на структурна съвместимост между конфигурации може да бъде интерпретирана като ефективна мярка за близост в реализирания сектор C_i .

Следователно разстоянието, локалността, свързаността и размерността могат да се разглеждат като възникващи свойства на спектралната структура.

Това позволява възможността наблюдаемията пространство-време да представлява вторична организация на по-дълбока операторна динамика.

В тази картина геометрията не определя спектралната организация. По-скоро стабилизираната спектрална организация поражда ефективна геометрична структура.

8 Заключение

Настоящата работа изследва възможността сложна спектрална организация да възниква чрез нелокална рекурсивна операторна стабилизация.

Показано е, че:

- чисто локалните Gaussian структури водят до спектрална редукция;
- осцилиращите компоненти пораждат спектрална селекция;
- нелокалната рекурсивна стабилизация позволява възникване на организирани спектрални режими.

В тази рамка устойчивите физически структури не се разглеждат като фундаментални обекти, а като стабилизирани спектрални конфигурации в реализирания сектор C_i .

Наблюдаваните shell-подобни структури, спектрални дегенерации и организирани моди предполагат, че рекурсивната спектрална динамика може да поражда нетривиални физически организации без предварително зададена геометрия или квантова динамика.

Нетривиално следствие от числените експерименти е, че на глобалната операторна самосъгласуваност оказва дисциплиниращо въздействие скрит нелокален сектор.

Настоящата работа не предлага завършена физическа теория, а операторна и числена изследователска програма за изучаване на възможността физическата реалност да възниква като стабилизирана спектрална организация.

9 Перспективи за бъдеща работа

Следващият етап изисква:

- по-детайлно изследване на нелокалната медиаторна структура;
- анализ на спектралните дегенерации;
- изследване на възникващи геометрични размерности;
- реконструкция на ефективни дифузионни структури;
- изследване на Green-подобна стабилизация;
- разработване на по-стабилни числени схеми;
- анализ на възможни hydrogen-like спектрални организации.

Особен интерес представлява въпросът дали организираниите спектрални режими могат да породят ефективни физически закономерности, аналогични на наблюдаемите квантови структури.

Бележка

Настоящият текст представлява концептуално-математическа и числена изследователска програма. Формулировките са предназначени като работна рамка за по-нататъшно развитие, математическа строгост и физическа проверимост.

Декларация за достъпност на данните

Кодът, статиите, фигурите и данните от цялата поредица (статии 0–10) са архивирани в Zenodo под DOI: [10.5281/zenodo.20494527](https://doi.org/10.5281/zenodo.20494527).

Декларация за използване на генеративен ИИ в процеса на писане

По време на подготовката на този труд авторът използва ChatGPT (OpenAI), за да подпомогне съставянето на първоначалния проект на текста и подобряването на езиковия му стил. След използването на този инструмент авторът прегледа, редактира и коригира съдържанието според нуждите и поема пълна отговорност за контекста и научната достоверност на крайния ръкопис.

А Приложение: Свързани експерименти, данни и илюстрации

А.1 Експериментални скриптове

Следните Python скриптове от директория `project_experiments/` са свързани с настоящата статия:

- `multiscale_shell_analysis.py` – изследва shell-подобни структури, stable peaks (1, 4, 7, 9, 16); свързан с мултиплицитетната структура $16 = 4^2$
- `operator_invariant_universality_test.py` – универсалност на спектралните режими, инвариантни структури при различни параметри (σ, ω)
- `continuum_limit_test.py` – континуален предел на спектралната рекурсия, връзка с $d\lambda/dn \sim -\sqrt{\lambda}$
- `hydrogen_test.py` – водородоподобна спектрална организация, 16 peaks \rightarrow аналогия с n^2 ($n = 4$)
- `operator_w_master_collapse_control_test.py` – медиаторен сектор W (нелокален член), непълна глобална стабилизация

- `spectral_sweep.py` – изследване на спектрални режими, наблюдавани собствени стойности (11.885, 10.281, ...)
- `eigenfunction_analysis.py` – анализ на стабилни спектрални моди (stable peaks)

A.2 Генерирани фигури

Статията се позовава на следните фигури (намиращи се в Zenodo архива под `project_figures/Art.`):

- `Multy_Scale_Shell_Figure_1.png` до `Multy_Scale_Shell_Figure_6.png` – shell-подобни структури
- `Shell_analysis_Figure_1.png` до `Shell_analysis_Figure_4.png` – анализ на shell структурите
- `kernel_moments_raw_N128.png`, `kernel_moments_raw_N256.png`, `kernel_moments_raw_N512.png`, `kernel_moments_raw_N1024.png` – моментен анализ (raw)
- `kernel_moments_sym_N128.png`, `kernel_moments_sym_N256.png`, `kernel_moments_sym_N512.png`, `kernel_moments_sym_N1024.png` – моментен анализ (sym)
- `moment_expansion_error_scaling.png` – скалиране на грешката при моментно разширение
- `moment_reconstruction_error_N128.png`, `moment_reconstruction_error_N256.png`, `moment_reconstruction_error_N512.png`, `moment_reconstruction_error_N1024.png` – грешка при реконструкция

A.3 Свързани JSON данни

За настоящата статия са генерирани следните JSON файлове (намиращи се в Zenodo архива под `project_data/Article_03/`):

- `sweep_results.json` – резултати от sweep върху параметрите (σ , ω , α)

A.4 Възпроизвеждане на резултатите

За да възпроизведете резултатите от настоящата статия:

1. Клонирайте хранилището:

```
git clone https://github.com/vlado007/spectral_reality.git
cd spectral_reality
```

2. Инсталирайте зависимостите:

```
pip install -r requirements.txt
```

3. Изпълнете основните експерименти:

```
python -m experiments.multiscale_shell_analysis  
python -m experiments.operator_invariant_universality_test  
python -m experiments.continuum_limit_test  
python -m experiments.spectral_sweep
```

Всички фигури, представени в статията, могат да бъдат генерирани чрез съответните скриптове, посочени по-горе.