

Ю. О. Кобринovich

# РЕГИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНЫЙ И СТРУКТУРНО-РАЗНОСТНЫЙ МЕТОДЫ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

*Регионально-структурный и структурно-разностный методы позволяют впервые строить структуры решения, точно удовлетворяющие нелинейным граничным условиям и условиям сопряжения, преобразовать дискретную информацию в регионально-аналитическую, решить проблемные вопросы в визуальной аналитике.*

**Ключевые слова:** регионально-структурный метод, математическое моделирование.

## 1. Введение

Регионально-структурный метод относится к методам математического моделирования и имеет широкую область применения. Он является базой для новых подходов при получении регионально-аналитических решений краевых задач для областей неканонической формы, в том числе — для структурно-разностного метода. Также, как и сплайны по отношению к полиномам, регионально-базисные функции в краевых задачах более естественный аппарат приближения, чем структуры решения для всей области в целом. Регионально-структурный метод эффективно решает задачу распараллеливания геометрической и физической информации. Коэффициенты при региональных базисных функциях могут быть получены как функции от физических параметров математической модели физического процесса.

## 2. Постановка проблемы

Обзор мировой научной литературы показал, что существуют проблемные вопросы, которые в силу принципиальных математических трудностей не могли быть решены численными методами. Например:

1. Невозможность построения компьютерных континуальных моделей из-за дискретного принципа работы цифровой техники. Дискретная симуляция описывает только феномены, но не фундаментальную природу.
2. Рост количества численных данных (160 терабайт в год, для хранения которых необходимо 100 000 терабайт дискового пространства), опережает развитие алгоритмов обнаружения знаний в базах данных (KDD) и способов их сжатия.
3. В области визуальной аналитики нет инструментария для синтеза визуального решения из частных решений сложной задачи.
4. В сложных случаях численное моделирование приводит к решениям с недопустимой

погрешностью. В качестве альтернативы применяются модели на основе аналогий или феноменологические модели, которые не приближают к понимаю моделируемых процессов, а в промышленности является источником перерасхода средств и потенциальных аварийных ситуаций.

Необходим метод, способный преобразовывать дискретную информацию в непрерывную с учетом законов и свойств моделируемого объекта. Этому требованию отвечает регионально-структурный метод и базирующийся на нем структурно-разностный метод.

## 3. Основная часть

**3.1. Анализ литературных источников по теме исследования.** Регионально-структурный метод был разработан профессором А. П. Слесаренко [1]. Целью создания регионально-структурного метода было преодолеть недостатки, в том числе принципиального характера, структурного метода (метода R-функций), созданного В. Л. Рвачевым.

Как излагается [2], метод R-функций применим для решения краевых задач любой формы, однако, он встречает те же трудности, что и полиномы. Регионально-структурный метод при решении краевых задач более эффективен, по аналогии, как сплайны по отношению к полиномам. S-функции, применяемые в регионально-структурном методе, позволяют решать обратную задачи дифференциальной геометрии, в то время как R-функции позволяют решать задачи только аналитической геометрии.

В нынешнем развитии регионально-структурного метода преобладают направления:

1. Новые численно-аналитические методы решения прямых и обратных краевых задач [1, 3].
2. Задачи управления: управление образованием форм [4], управления процессами нагрева-охлаждения [5–6].
3. Визуальная аналитика, решение обратных геометрических задач [7].

4. Обработка дискретной информации [6], организация баз данных на новых принципах [8].

**3.2. Результаты исследований.** На базе регионально-структурного метода и разностных схем повышенного порядка точности разработан структурно-разностный метод [9], с помощью которого моделировались быстропротекающие высокоградиентные тепловые процессы с нестационарными граничными условиями, включая процессы с тепловым ударом и осциллирующими условиями теплообмена на поверхности конструкций элементов [10].

Для структурно-разностного метода исследована устойчивость разностных схем и найдено спектральное условие устойчивости Неймана [9]. Исследована роль управляющих функций, входящих в опорные функции [11] и дана их физическая интерпретация.

### Литература

- Слесаренко А. П. Развитие алгебрологического метода и его приложения к многомерным нелинейным задачам теплопроводности для однородных и композитных сред [Текст] : автореф. дис. ...д-ра физ.-мат. наук: 01.04.14, 01.01.02 / А. П. Слесаренко. — М., 1984. — 36 с.
- Рвачев В. Л. Теория R-функции и некоторые ее приложения [Текст] / В. Л. Рвачев. — Киев : Наук. думка, 1982. — 552 с.
- Слесаренко А. П. Математическое моделирование тепловых процессов в телах сложной формы при нестационарных граничных условиях [Текст] / А. П. Слесаренко // Пробл. машиностр. — 2002. — Т. 5, № 4. — С. 72–80.
- Слесаренко А. П. Математическое моделирование регионального управления образования форм и сложных поверхностей тел [Текст] / А. П. Слесаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 4/4(52). — С. 52–58.
- Слесаренко А. П. Моделирование и управление нестационарными температурными режимами при ограничениях на управление и скорость нагрева [Текст] / А. П. Слесаренко // Доповіді НАН України. — 2009. — № 2. — С. 83–88.
- Слесаренко А. П. Регионально-аналитические преобразования данных при моделировании и прогнозировании тепловых процессов [Текст] / А. П. Слесаренко, А. С. Сорока, С. Ю. Загоруйко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 4/4(52). — С. 28–31.
- Слесаренко А. П. S-функции в обратных задачах дифференциальной геометрии и управлении образования форм [Текст] / А. П. Слесаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 3/4(51). — С. 41–46.
- Мацевитый Ю. М. Численно-аналитическое моделирование и идентификация теплообмена в панелях модулей негерметичных космических аппаратов [Текст] / Ю. М. Мацевитый, А. П. Слесаренко, А. О. Костилов // Электронное моделирование. — 2006. — Т. 28, № 6. — С. 3–16.
- Слесаренко А. П. Структурно-разностный подход к математическому моделированию высокоскоростных тепловых процессов с нестационарным теплообменом на поверхности конструктивных элементов [Текст] / А. П. Слесаренко, Ю. О. Кобринович // Проблемы машиностроения. — 2011. — Т. 14, № 13. — С. 66–75.
- Слеваренко А. П. Математическое моделирование высокоскоростных тепловых процессов при точном учете нестационарных осциллирующих условий теплообмена на поверхности конструктивных элементов [Текст] / А. П. Слесаренко, Ю. О. Кобринович // Вісник Кременчугського нац. університета. — 2011. — Т. 5(70) — С. 35–38.
- Кобринович Ю. О. Консервативные структуры решения в математическом моделировании высокоскоростного осциллирующего теплообмена [Текст] : сб. тезисов докладов междунар. конф. / Ю. О. Кобринович // Современные проблемы математики и ее приложения в естественных науках и информационных технологиях. — Харьков : «Апостроф». — 2012. — С. 58.

### РЕГІОНАЛЬНО-СТРУКТУРОВА ТА СТРУКТУРОВО-РІЗНИЦЕВИЙ МЕТОД У МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ

Ю. О. Кобринович

Регіонально-структуровий та структурово-різницевиї методи дозволяють вперше будувати структури рішення, що точно задовольняють нелінійним граничним умовам та умовам сполучення, перетворювати дискретну інформацію на регіонально-аналітичну, вирішити проблемні питання у візуальній аналітиці.

**Ключові слова:** регіонально-структуровий метод, математичне моделювання.

*Юлія Олегівна Кобринович, аспірант, відділ моделювання та ідентифікації теплових процесів, Інститут проблем машинобудування НАУ України ім. А. М. Підгорного, тел.: (093) 734-84-22, e-mail: Kobrinovich.jul@mail.ru.*

### REGIONAL-STRUCTURAL AND STRUCTURAL-DIFFERENCE METHOD IN MATHEMATICAL MODELING

J. Kobrinovich

Regional-structural and structural-difference methods allow first to build the solution structures, which exactly satisfied the nonlinear boundary conditions and conjugation conditions, to convert discrete information in regional-analytical information, to solve problems in visual analytics.

**Keywords:** regional-structural method, mathematical modeling.

*Julija Kobrinovich, graduate student of Department for Modeling and Identification of Thermal Processes, the A. N. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems, NAS of Ukraine, tel.: (093) 734-84-22, e-mail: Kobrinovich.jul@mail.ru.*