



*Белорусский национальный технический университет  
Тульский государственный университет  
Донецкий национальный технический университет*

**9-я международная  
конференция  
по проблемам горной промышленности,  
строительства и энергетики**

## **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭНЕРГЕТИКИ**

*Информационное письмо*

*Минск – Тула – Донецк – 2013*

## 9-я международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики

### «СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭНЕРГЕТИКИ»

состоится в г. Минске с 29 по 31 октября 2013 года

#### ИНИЦИАТОРАМИ КОНФЕРЕНЦИИ ЯВЛЯЮТСЯ

- Министерство образования и науки Российской Федерации
- Министерство образования Республики Беларусь
- Министерство образования и науки Украины
- Академия горных наук
- Академия строительства Украины
- Российская академия архитектуры и строительных наук
- Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности
- Администрация Тульской области
- Тульский государственный университет
- Белорусский национальный технический университет
- Донецкий национальный технический университет
- Донецкий институт горного дела и геологии
- Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук
- Управление технологического и экологического надзора по Тульской области Ростехнадзора РФ
- Подмосковный научно-исследовательский и проектно-конструкторский угольный институт

#### ТЕМАТИКА

Темы для обсуждения в ходе конференции включают различные аспекты проблемы создания системы научных знаний и их эффективного практического применения при решении задач экологической, технологической и социальной безопасности и рационального использования минерально-сырьевых ресурсов, в том числе:

- рациональные технологии разработки месторождений полезных ископаемых;
- экологически рациональные геотехнологии;

- обогащение полезных ископаемых;
- аэрогазодинамика и тепло-массообменные процессы на горных предприятиях;
- оптимизация геологической информации в целях экологической безопасности;
- географические информационные системы;
- развитие системы образования на основе интеграции академической и вузовской науки;
- социальные и эколого-экономические прогнозные модели микро- и макроэкономики;
- математическое моделирование экологических систем, безопасного состояния территорий горнодобывающих регионов и процессов ситуационного управления;
- горная экология и геоэкология;
- технология разработки техногенных месторождений;
- горные машины;
- гидроструйные технологии;
- технологии хранения и переработки отходов производства;
- мониторинг и кадастр природно-техногенной сферы;
- экологическая политика и национальные программы рационального использования природных ресурсов;
- механика материалов и строительных конструкций;
- технология и экологические проблемы строительных материалов;
- эксплуатация, обследование и усиление строительных конструкций;
- архитектура, архитектурное проектирование и САПР;
- технология, организация, управление и экономика строительного производства;
- энергетика, энергосбережение, электрооборудование, электроснабжение;
- теплогазоснабжение, санитарно-технические системы и оборудование.

**УДК 514.18**

**ДИСКРЕТНО-ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫЙ ПОДХОД ПРИ  
МОДЕЛИРОВАНИИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Холковский Ю.Р.,** *Национальный авиационный университет, Киев, Украина*

*В работе рассматривается дискретно-интерполяционный подход при моделировании многопараметрических экологических процессов и систем в связи с существенным повышением современных требований в плане качества и достоверности конечных результатов задач прогнозирования экологической безопасности. При помощи данного подхода создается дискретно-интерполяционная экологическая матрица, которая является геометрической моделью экологических процессов или систем, и позволяет решать задачи моделирования таких систем.*

В условиях современной глобальной кризисной ситуации, деструктивного влияния человека на окружающую среду исследования, связанные с развитием методов моделирования сложных многопараметрических экологических процессов и систем, прогнозированием и решением задач экологической безопасности, приобретают особое значение.

Природные экосистемы тесно взаимосвязаны между собой, что позволяет отнести их моделирование, прогнозирование, контроль состояния различных компонентов к многопараметрическим и стохастическим процессам. Очевидно, что при моделировании таких систем, которые не поддаются аналитическому описанию, использовать континуальные модели не представляется возможным. В подтверждение сказанного следует отметить, что параметры таких систем являются существенно неоднородными. Более того, они часто зависят от внешних факторов, которые иногда просто невозможно предвидеть. Очень важным фактором является и то, что определенные параметры или компоненты экологических систем измеряются в определенное время и в определенных местах. Понятно, что данная информация, изменяющаяся во времени, носит ярко выраженный дискретный характер.

В связи с этим, на наш взгляд, одним из вариантов решения данных проблем является использование дискретных геометрических моделей экологических процессов и систем, представленных в виде некоторых дискретных числовых массивов определенной структуры, т.е., предлагается использовать методы геометрического моделирования. Нельзя не отметить, что дискретный способ представления геометрической информации об объекте или процессе, который моделируется, является одним из наиболее рациональных.

Дискретный подход также можно считать более универсальным, потому что от непрерывно-аналитической модели всегда можно перейти к дискретной.

Необходимость построения одно или  $n$ -параметрических множеств различных объектов или процессов возникает во многих задачах геометрического моделирования. Например, таким объектом может быть некоторая поверхность, а чаще гиперповерхность, как модель определенной многокомпонентной среды, заданная в подавляющем большинстве случаев дискретным функционалом.

Моделирование экологических процессов и систем, представленных в виде некоторой дискретной базы данных компонентов этих систем хорошо укладывается в интерполяционные схемы на основе полиномов Лагранжа, которые позволяют получить одно или  $n$ -параметрическое, в зависимости от мерности процесса интерполяции, множество определенных объектов или процессов. В предыдущих работах автора рассматривались различные схемы создания однопараметрических множеств дискретных числовых массивов при помощи полиномов Лагранжа. Интерполяционные полиномы Лагранжа допускают необязательную равномерность расположения узлов интерполяции, а также возможность представления по каждой переменной своего количества таких узлов.

Оригинальность предлагаемого подхода состоит в том, что под узлом интерполяции в классическом представлении понимается не точка, а более сложный математический объект, например, дискретный числовой массив, включающий определенные параметры некоторой экологической системы, или даже целый процесс, представленный в виде определенного функционала, как совокупности ее параметров и свойств.

В дальнейшем схему расположения описанных выше узлов интерполяции будем понимать, как схему интерполяции.

Полученные таким образом однопараметрические множества являются дискретными математическими моделями экологических объектов и процессов. Элементом этих множеств является некоторая дискретная функция, которая в общем случае может быть представлена, как дискретный числовой массив, размерность которого может определенным образом варьироваться. Тогда интерполирование таких функций сводится к размещению в узлах интерполяции, если возможно, уравнений, или дискретных массивов, и получение некоторого функционала с вектором параметров, что включает в себя интерполяционный параметр, координатные

переменные, параметры, что характеризуют форму или положение объектов, определенные характеристики процессов.

Именно такой подход позволяет включить в однопараметрическое множество объекты и параметры, что имеют различную структуру и свойства, а такая картина как раз присуща большинству экологических систем.

Использование в нашем подходе интерполяционных полиномов Лагранжа будет иметь следующий вид:

$$\Phi(u)_n = \sum_{i=0}^{n-1} F_i(p_1, p_2, \dots, p_m) \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{n-1} \frac{u - u_j}{u_i - u_j},$$

где  $u$  – параметр интерполяции,  $F(p_1, p_2, \dots, p_k)$  – узловая функция,  $p_1, p_2, \dots, p_k$  – параметры узловой функции,  $n$  – количество узлов интерполяции.

Для более сложных экологических систем можно использовать, например, двухмерную интерполяцию, найдя при этом вид степенного многочлена  $\Phi_{m,n}(u,v)$  степени  $m$  по  $u$  и  $n$  по  $v$ , и определить значение функционала  $F$  в произвольной точке с параметрами  $(u,v)$ . Геометрически это значит, что, что при двухмерной интерполяции через узловые точки проходит некоторая поверхность  $z = \Phi_{m,n}(u, v)$ . Если построить регулярную сетку и задать в ее узлах значение функции  $z$ , то тогда вся область распадается на  $mn$  прямоугольников, в один из которых и попадет точка  $(u,v)$ .

Таким образом, мы можем получить двухмерную интерполяцию  $\Rightarrow \Phi_{m,n}(u,v)$  степени  $m$  по  $u$  и степени  $n$  по  $v \Rightarrow z(u, v)$  в произвольной точке  $T(x, y)$ . Геометрически через узловые точки будет проходить некоторая поверхность  $z = \Phi_{m,n}(u,v)$ :

$$\Phi_{m,n}(u,v) = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} F_{i,j}(p_1, p_2, \dots, p_i) \prod_{\substack{p=0 \\ p \neq i}}^{m-1} \prod_{\substack{q=0 \\ q \neq j}}^{n-1} \frac{(u - u_i)(v - v_j)}{(u_p - u_i)(v_q - v_j)}$$

Важным фактором использования дискретно-интерполяционного подхода есть введение определенного критерия интерполяции, который связан с тем, что интерполяционный полином является, по сути, усеченным (аналогом) рядом Тейлора. Потому для обеспечения сходимости соответствующего аналога ряда необходимо спадание абсолютной величины коэффициента при  $u$  с ростом степени  $u$ .

В случае  $n$ -мерной интерполяции формула, что будет представлять собой многочлен  $n$ -переменных, фактически выражает некоторую гиперповерхность, проходящую через узловые точки.

Пусть  $F(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m)$  – многопараметрическая неявно заданная функция. Сформируем ее в виде некоторого функционала  $\Phi(p_{i,j})$ , который задан матрицей  $M[i, j]$ .

$$F(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m) = M[i, j],$$

где  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m$  – экологические разноструктурные и разнокачественные параметры (показатели загрязнения, уровень концентрации определенных веществ, учет природных особенностей и т.д.), а

$$M[i, j] = \begin{pmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & \dots & \dots & P_{1,n} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & \dots & \dots & P_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{m,1} & P_{m,2} & \dots & \dots & P_{m,n} \end{pmatrix}$$

Значит,  $M[i, j]$  и есть узловая дискретно-интерполяционная экологическая матрица.

Рассматривая  $M[i, j]$  в качестве определенного узла интерполяции, используем интерполяционный полином Лагранжа и в случае одномерной интерполяции получим  $\Phi(p_{i,j})$  как

$$\Phi(p_{i,j}) = \sum_{i=0}^{n-1} M_i(i, j) \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{n-1} \frac{u - u_j}{u_i - u_j},$$

где  $u$  – параметр интерполяции, например, определенный вектор направленности;  $n$  – количество узлов интерполяции.

Выражение  $\Phi(p_{i,j})$ , которое являет собой обобщенную дискретно-интерполяционную экоматрицу, и есть дискретно-интерполяционная геометрическая модель определенной экологической системы или экологической среды.

Таким образом, предложенный подход может быть наиболее эффективным при моделировании экологических процессов и систем, которые характеризуются большим количеством разноструктурных и разнокачественных параметров. Например, рассматривается качественная и количественная оценка влияния загрязнения окружающей среды на примере вредного производства, аэропорта, мусорохранилища и т.п.

Отсюда можно сформулировать некоторые актуальные и перспективные задачи, которые возможно будет решить на основе предложенного дискретно-интерполяционного подхода:

1. Определение уровня вредности в экосистемах.
2. Динамическое и долговременное прогнозирование загрязнения окружающей территории.
3. Оптимизация расположения структурных компонентов экологических систем.
4. Определение некоторого интегрированного показателя экологической ситуации.

**Выводы:** Предложенный дискретно-интерполяционный подход при моделировании многопараметрических экологических процессов и систем позволяет получить дискретные математические модели сложных объектов, процессов и систем, которые характеризуются большим количеством параметров и свойств, имеющих, в свою очередь, разнообразную структуру, а также определенную анизотропность некоторых характеристик во времени и пространстве.