

ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩІ RHINOCEROS

Михальова А.Г., Коротецький М. С.

anastasiia.mykhalova@nure.ua, mykyta.korotetskyi@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., проф. Колендовська М.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС,
м. Харків, Україна

The article explores the principles of modern digital design using Rhinoceros 3D and the NURBS mathematical model. It focuses on the transition from static geometry to a parametric approach, where object forms are defined by systems of interconnected variables and algorithmic dependencies. The study analyzes the computational nature of design operations within the Grasshopper environment, emphasizing the advantages of automated model updates and hierarchical data structures. Special attention is given to the role of algorithmic thinking in optimizing complex spatial systems. Ultimately, the synergy between NURBS-geometry and algorithmic control is presented as a fundamental tool for adaptive digital engineering and high-precision modeling.

Сучасні цифрові технології проектування ґрунтуються на використанні спеціалізованого програмного забезпечення, що гарантує високу точність геометричного моделювання та гнучкість у формоутворенні. Однією з найбільш поширених систем тривимірного проектування є Rhinoceros 3D - професійне CAD-середовище, розроблене компанією Robert McNeel & Associates. Програма базується на математичній моделі NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) - неуніфікованих раціональних В-сплайнах, що дозволяють описувати криві та поверхні аналітичними функціями високої точності [1]. На відміну від полігонального представлення, NURBS-геометрія забезпечує безперервність поверхонь і точний контроль параметричних координат, що є принципово важливим для інженерного та виробничого проектування. Rhinoceros широко застосовується в архітектурі, промисловому дизайні, машинобудуванні, ювелірному виробництві та адитивних технологіях. Гнучкість платформи забезпечується можливістю інтеграції додаткових модулів, серед яких особливе місце займає інструментарій параметричного моделювання.

Параметричне моделювання є підходом до створення геометрії, при якому форма об'єкта визначається не статичними побудовами, а системою взаємопов'язаних змінних і алгоритмічних залежностей [2]. На відміну від традиційного прямого моделювання, де користувач безпосередньо редагує елементи геометрії, параметричний підхід передбачає формування моделі через набір вхідних параметрів - числових значень або логічних змінних, що визначають розміри, пропорції, кількість повторень чи інші характеристики об'єкта. Зміна одного з таких параметрів автоматично призводить до

перебудови всієї геометричної структури відповідно до закладених функціональних залежностей.

Суттєвою особливістю параметричного підходу є його обчислювальна природа. Кожна операція в такій системі може бути інтерпретована як математичне перетворення: трансляція - як додавання вектора до координат точок, масштабування - як множення координат на коефіцієнт, масив елементів - як ітераційне застосування функції, побудова поверхні - як інтерполяція або апроксимація множини точок. Таким чином, геометрія виступає результатом послідовних розрахунків, а модель - алгоритмом її генерації [3].

У середовищі Rhinoceros 3D параметричний підхід реалізується за допомогою інтегрованого середовища візуального програмування Grasshopper. Процес створення моделі представлений у вигляді графічної схеми (definition), що складається з компонентів та зв'язків між ними. Кожен компонент виконує конкретну операцію: генерує геометричний примітив, здійснює трансформацію, виконує математичні обчислення або встановлює логічну залежність. У результаті модель формується як структурована система обчислень, у якій зберігається історія взаємозв'язків між елементами.

Ключовою перевагою параметричного моделювання є можливість збереження ієрархії залежностей між елементами та автоматичного оновлення моделі [4]. У традиційному моделюванні зміна, наприклад, радіуса отвору або кроку розташування елементів потребує ручного редагування кожної операції. У параметричному середовищі достатньо змінити відповідний параметр, після чого система виконує повний перерахунок геометрії відповідно до закладеного алгоритму. Це суттєво підвищує ефективність роботи при створенні складних фасадних систем, просторових оболонок, конструктивних решіток або повторюваних структур.

Параметричний підхід також відкриває можливості для варіативного проектування та оптимізації. За допомогою зміни діапазонів параметрів можна швидко генерувати альтернативні конфігурації об'єкта та аналізувати їхні геометричні або функціональні характеристики. Такий метод особливо ефективний у випадках, коли необхідно враховувати конструктивні обмеження, технологічні вимоги або ергономічні параметри. Фактично дизайнер працює не лише з формою, а з алгоритмом її формування, що дозволяє інтегрувати геометрію з аналітичними та виробничими критеріями.

Водночас параметричне моделювання потребує системного та алгоритмічного мислення [5]. Користувач повинен чітко структурувати логіку побудови, визначати послідовність операцій і контролювати зв'язки між компонентами. Надмірна складність схеми або некоректно встановлені залежності можуть призвести до помилок перебудови чи зниження продуктивності системи. Таким чином, ефективність параметричного підходу

безпосередньо залежить від рівня підготовки користувача та раціональної організації алгоритму.

Отже, параметричне моделювання у середовищі Rhinoceros є інструментом, що поєднує математичну точність NURBS-геометрії з алгоритмічним керуванням параметрами. Його сутність полягає в переході від статичної побудови окремих елементів до створення керованої системи залежностей, у якій форма виступає динамічним результатом обчислювального процесу. Такий підхід забезпечує адаптивність моделі, можливість швидкої модифікації та інтеграцію геометрії з функціональними вимогами сучасного цифрового проектування.

Список використаних джерел:

1. Rogers D. F. An Introduction to NURBS: With Historical Perspective [Вступ до NURBS: з історичною перспективою]. San Francisco : Morgan Kaufmann Publishers, 2001. 350 с.
2. Frazer J. An Evolutionary Architecture [Еволюційна архітектура]. London : Architectural Association, 1995. 128 с.
3. Tedeschi A. AAGD – Algorithms-Aided Design: Parametric Strategies using Grasshopper [Алгоритмічне проектування: параметричні стратегії з використанням Grasshopper]. Brienza : Le Penseur, 2014. 496 с.
4. Schumacher P. The Autopoiesis of Architecture, Volume II: A New Agenda for Architecture [Автопоезис архітектури, Том II: Новий порядок денний для архітектури]. Chichester : John Wiley & Sons, 2012. 712 с.
5. Oxman R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium [Цифрова архітектура як виклик для педагогіки дизайну: теорія, знання, моделі та середовище]. Design Studies. 2008. Т. 29, Вип. 2. С. 99–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2007.12.003>.