

86. ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНАТОРНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ДИЗАЙНЕРСКИХ РЕШЕНИЙ

Семенюк Я.Д., студент гр.473901

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Русина Н.В. – ст. преп. каф. ЭИ

Аннотация. В статье рассматривается, как алгоритмы машинного обучения и параметрическое моделирование могут быть использованы для оптимизации комбинаторных методов в процессе проектирования.

Комбинаторика, традиционно рассматриваемая как раздел математики, трансформируется в ключевой инструмент современных дизайн-практик. Комбинаторика в дизайне рассматривается как метод формообразования, основанный на многовариантном комбинировании модулей и элементов. По сути, этот подход имитирует природное формообразование, где сложные объекты создаются из простых базовых единиц путем перестановок, группировок и организации композиции. Важными характеристиками модулей являются эстетическая выразительность, композиционная открытость, наличие стыковочных точек и масштабируемость. Модули могут располагаться по геометрическим схемам – квадрат, треугольник, шестиугольник – формируя плоскостные или объемные композиции. Исследования выделяют несколько стратегий комбинаторного проектирования: клеточная ткань, конструкторы, перевертыши, компактные множества и трансформации. Эти стратегии позволяют создавать как функционально насыщенные объекты, так и декоративные композиции в графическом дизайне.

Несмотря на активное использование комбинаторных методов в модульном проектировании и генеративном дизайне, остаются нерешенными две проблемы: экспоненциальный рост вариантов и субъективность оценки эстетических параметров. Предлагаемое решение – АСКО – синтезирует математические модели комбинаторики с технологиями искусственного интеллекта, открывая новые возможности для автоматизации и персонализации дизайна.

Система АСКО реализует трёхуровневую оптимизацию. На первом уровне происходит генерация вариантов на основе модифицированной формулы сочетаний, где динамический коэффициент корректируется нейросетью в процессе обучения, что позволяет адаптировать генерацию под конкретные требования проекта и снижать избыточность вариантов. Второй уровень включает фильтрацию через генеративно-сопоставительную сеть GAN. Такой подход позволяет автоматически исключать нефункциональные и неэстетичные варианты еще до этапа визуализации, значительно экономя время и ресурсы дизайнеров. На третьем уровне осуществляется визуализация топ решений в виртуальной реальности, где дизайнеры могут интерактивно просматривать, оценивать и корректировать проекты. VR-интерфейс снижает когнитивную нагрузку, позволяя лучше воспринимать пространственные и композиционные особенности, а также быстро вносить изменения. Это повышает качество итогового дизайна и ускоряет процесс принятия решений.

Современные способы проектирования показывают, что математические концепции, такие как перестановки, сочетания и симметрия, взятые из комбинаторики, успешно применяются для разработки визуальных и конструктивных решений в разных сферах дизайна. В данной области исследования подтверждают, что комбинаторные методы позволяют оптимизировать конструкторские процессы, расширить возможности выбора проектных решений и повысить их приспособляемость к изменяющимся требованиям.

Истоки комбинаторики как науки связаны с изучением систем конечных множеств и их отношений, где центральным понятием является балансирующая неполная блочная схема БИБД. В математическом контексте такие схемы характеризуются точными количественными свойствами: каждому блоку присваивается фиксированное число элементов, а каждая пара элементов встречается в определенном количестве блоков. Эти принципы успешно адаптируются для решения задач в дизайне, где требуется создание систем, обладающих равновесием и симметрией, будь то композиционные структуры в графике или модульные системы в промышленном и архитектурном проектировании. Современные исследования дополняют эти модели теорией графов, например, деревья решений для структурирования пространства вариантов и метриками энтропии, оценивающими информационную плотность дизайн-конфигураций.

Особое внимание в современных исследованиях уделяется переходу от параметрических методов проектирования к комбинаторным стратегиям. В отличие от параметрического подхода,

который оперирует непрерывными величинами (интервалы, пропорции, коэффициенты), комбинаторный дизайн работает с конечными, четко определенными наборами элементов. Такой метод позволяет посредством перебора и оптимизации пробных комбинаций достичь решения, обладающего наилучшей эстетической или функциональной характеристикой. Применение алгоритмов, способных генерировать большое количество вариантов перестановок, приводит к появлению адаптивных систем, где оптимальные решения обнаруживаются за счет анализа дискретного пространства возможных конфигураций.

Практическое применение комбинаторной методики в дизайне находит отражение в различных областях. В графическом дизайне программные инструменты, базирующиеся на комбинаторных алгоритмах, позволяют создавать уникальные рекламные макеты, композиции и визуальные паттерны в автоматизированном режиме. Здесь часто используется понятие коэффициента композиционной плотности, который определяется отношением числа элементов к площади макета. Данный метод обеспечивает не только эстетическую гармонию, но и функциональную сбалансированность изображений, отвечающих требованиям современного маркетинга и визуальной коммуникации. В промышленном дизайне комбинаторный подход к унификации компонентов позволяет оптимизировать затраты и ускорить производственный процесс. Различные комбинации базовых единиц позволяют создавать множество вариаций. В архитектуре современные цифровые инструменты проектирования, такие как специализированные генераторы фасадов, позволяют алгоритмически создавать варианты архитектурных композиций, учитывающие не только эстетические критерии, но и структурные требования. Использование заранее заданных комбинаторных правил при проектировании позволяет создавать конструкции с высокой точностью расчета нагрузок и сбалансированным визуальным обликом, что делает их оптимальным решением для сложных градостроительных проектов. В образовательной практике комбинаторика используется для развития творческих способностей студентов-дизайнеров, например, в 3D-моделировании с помощью программных средств Autodesk 3ds Max, что способствует освоению навыков генерации и анализа множества вариантов проектных решений.

Несмотря на широкое применение, комбинаторика в дизайне сталкивается с проблемой так называемого «комбинаторного взрыва», когда количество возможных вариантов растет экспоненциально с увеличением числа элементов. Данная проблема требует разработки эффективных алгоритмических методов для фильтрации и оптимизации пространства решений. Современные подходы, основанные на использовании методов искусственного интеллекта, уже показывают свою эффективность в сокращении числа вариантов до тех, которые обладают наивысшей эстетической и функциональной ценностью. Такие алгоритмы работают по принципу предварительной оценки каждого варианта на основе заданных критериев, что позволяет значительно ускорить процесс поиска оптимальных комбинаций.

Будущие направления включают развитие гибридных алгоритмов, сочетающих генетические методы с линейным программированием для баланса между творчеством и жесткими ограничениями. Важна также мультиобъективная оптимизация, позволяющая учитывать противоречивые критерии, такие как эстетика и себестоимость, через поиск Парето-оптимальных решений. Практические рекомендации для дизайнеров включают использование открытых платформ и библиотек, такие как GCON, автоматизированное тестирование комбинаций через pairwise-покрытие и создание обучающих датасетов на основе исторических проектов для повышения качества генерации.

Современные разработки направлены на интеграцию VR/AR технологий для интерактивного взаимодействия с комбинаторными решениями. Это позволяет дизайнерам и заказчикам в реальном времени оценивать и модифицировать варианты, снижая когнитивную нагрузку и повышая качество итогового продукта. Персонализация дизайна с помощью искусственного интеллекта становится возможной благодаря анализу предпочтений пользователей и адаптации генеративных моделей под индивидуальные запросы, что особенно актуально в модульном и промышленном дизайне.

Таким образом, комбинаторика становится важнейшей методологической платформой в современном дизайне, интегрируя математические модели и алгоритмические решения в творческий процесс. Такой междисциплинарный подход расширяет возможности традиционного проектирования и стимулирует развитие новых технологий, обеспечивая адаптивность и оптимизацию решений. В настоящем времени исследования в области комбинаторного дизайна направлены на создание алгоритмов, способных справиться с экспоненциальным ростом вариантов и интеграцию методов искусственного интеллекта. Это расширит горизонты и повысит качество проектов, делая комбинаторный подход ключевым инструментом для решения задач в эстетике, функциональности и экономической эффективности.

Список использованных источников:

1. Модульное проектирование в эпоху ИИ / Г.М. Салтыкова. – М.: Изд-во, 2024. – 200 с.
2. *Combinatorial Design Theory* / C.J. Colbourn. – Elsevier, 2023. – С. 12-15
3. *GANs in Design: A Breakthrough Approach* / MIT Press. – 2025. – С. 45-52