

Оптимизация компоновки объектов строительства в пространстве методом генеративного дизайна с использованием среды разработки DYNAMO STUDIO

Т.А. Юрошева

Северо – Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный технологический университет),
362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, Россия

Резюме. Цель. Цель исследования заключается в изучении возможностей оптимизации компоновки объектов строительства с использованием современных компьютерных технологий и алгоритмов, таких как генеративный дизайн. **Метод.** Методы исследования включают генеративный дизайн и алгоритмы машинного обучения. **Результат.** Представлены результаты разработки методики оптимизации компоновки объектов строительства, которая может быть применена в практической деятельности архитекторов и инженеров. Принципы информационного моделирования способствуют повышению скорости выполнения проектных работ без ущерба их качеству. Это помогает предотвратить множество ошибок на стадии проектирования, что в свою очередь снижает вероятность возникновения проблем на этапе строительства объекта. **Вывод.** Сложность задачи оптимизации компоновки возрастает с увеличением сложности проекта и разнообразием требований, которым должны соответствовать объекты. Использование среды разработки Dynamo Studio позволит создавать эффективный программный модуль для генерации компоновки объектов строительства в пространстве.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, генеративный дизайн, компоновка объектов, визуальное программирование, программный код, информационная модель, скрипт, машинное обучение.

Для цитирования: Т.А. Юрошева. Оптимизация компоновки объектов строительства в пространстве методом генеративного дизайна с использованием среды разработки DYNAMO STUDIO. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2025; 52(3):172-182. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-3-172-182

Optimization of the layout of construction objects in space by the generative design method using the DYNAMO STUDIO development environment

T.A. Yurosheva

North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy
(State Technological University),
44 Nikolaeva Str., Vladikavkaz 362011, Russia

Abstract. Objective. The purpose of the study is to explore the possibilities of optimizing the layout of construction facilities using modern computer technologies and algorithms, such as generative design. **Method.** Research methods include generative design and machine learning algorithms. **Result.** The results of the development of a methodology for optimizing the layout of construction facilities, which can be applied in the practical activities of architects and engineers, are presented. The principles of information modeling help to increase the speed of project work without compromising its quality. This helps to prevent a lot of errors at the design stage, which in turn reduces the likelihood of problems during the construction phase of the facility. **Conclusion.** The complexity of the layout optimization task increases with the increasing complexity of the project and the variety of requirements that the facilities must meet. Using the Dynamo Studio development environment will allow you to create an effective software module for generating the layout of construction objects in space.

Keywords: computer modeling, generative design, object layout, visual programming, program code, information model, script, machine learning

For citation: T.A. Yurosheva, Optimization of the layout of construction objects in space by the generative design method using the DYNAMO STUDIO development environment. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2025;52(3):172-182. (In Russ) DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-3-172-182

Введение. Оптимизация расположения объектов строительства является одной из ключевых задач в области архитектурного и градостроительного проектирования. Эффективное и компактное размещение зданий и инфраструктуры способствует экономии ресурсов и пространства, а также влияет на функциональность, эстетическую привлекательность и комфортность городской среды. В последние годы наблюдается увеличение интереса к применению современных компьютерных технологий и алгоритмов для решения этих вопросов.

Одно из наиболее перспективных направлений — генеративный дизайн, позволяющий автоматически создавать множество вариантов компоновки на основе заданных параметров и критериев [1]. Генеративный дизайн использует алгоритмы искусственного интеллекта и методы оптимизации для создания проектных решений, которые удовлетворяют различным техническим, экономическим и экологическим требованиям.

Актуальность данной темы обусловлена несколькими ключевыми аспектами: необходимость повышения эффективности проектирования; экономические и экологические преимущества; рост урбанизации и ограниченность пространства.

В современном строительстве и проектировании, где требования к эффективности, устойчивости и функциональности зданий становятся все более жесткими, внимание к оптимизации компоновки объектов строительства в пространстве играет решающую роль. На фоне стремительного технологического развития и появления новых подходов к дизайну, генеративный дизайн выделяется как перспективная методология, обещающая не только улучшить процессы проектирования, но и переосмыслить сам подход к созданию архитектурных форм [2]. В данном контексте, Autodesk Revit, являющийся ведущей программой для информационного моделирования зданий (BIM), предоставляет уникальные возможности для внедрения генеративного дизайна в проектирование строений [3]. Эта инновационная среда совмещает в себе функциональность, высокую степень детализации и возможность взаимодействия между различными элементами проекта.

Постановка задачи. Правильная компоновка объектов не только способствует эффективному использованию пространства, но также имеет значительное влияние на производительность проекта и его экономическую эффективность. Трудности в оптимизации компоновки увеличиваются по мере роста сложности проекта и расширения спектра требований к объектам.

Объектом исследования является процесс проектирования компоновки объектов строительства в пространстве. Предметом исследования являются методы генеративного дизайна, применяемые для оптимизации данного процесса. Данное обстоятельство определило целесообразность проведения исследования, целью которого является создания скрипта для оптимизации компоновки объектов строительства.

Для достижения указанной цели в рамках исследования были поставлены и решены следующие задачи: провести обзор существующих методов генеративного дизайна и их применения в строительной отрасли; определить ключевые критерии и параметры, влияющие на оптимальную компоновку объектов строительства; разработать алгоритм модели генеративного дизайна для решения задачи оптимизации компоновки; сравнить эффективность предложенного метода с традиционными подходами к проектированию компоновки объектов.

Методы исследования. В современном мире, где урбанизация стремительно нарастает, и города становятся центрами разнообразных деятельности, вопрос об оптимальном

использовании пространства становится критически важным. Рост населения, ограниченность доступных земельных участков, а также изменения в экологических стандартах и энергетических требованиях создают необходимость в поиске инновационных методов компоновки строительных объектов. Генеративный дизайн позволяет максимально эффективно использовать доступное пространство, создавая функциональные и эстетически привлекательные решения.

Генеративный дизайн представляет собой новаторский подход, который не только автоматизирует процессы проектирования, но и позволяет создавать нестандартные и оптимальные пространственные композиции. Этот метод использует алгоритмы и вычислительные методы для создания множества вариантов компоновки и оптимизации объектов, что позволяет учитывать множество факторов и находить наиболее эффективные решения [4].

Генеративный дизайн представляет собой взаимодействие человека и компьютера, где оба играют важные и взаимодополняющие роли. В этой модели человеческий интеллект и творческое мышление сочетаются с вычислительными возможностями и автоматизацией, что позволяет достигать высоких результатов в проектировании [5]. Взаимосвязь человека и компьютера в процессе генеративного дизайна представлен на рис. 1.

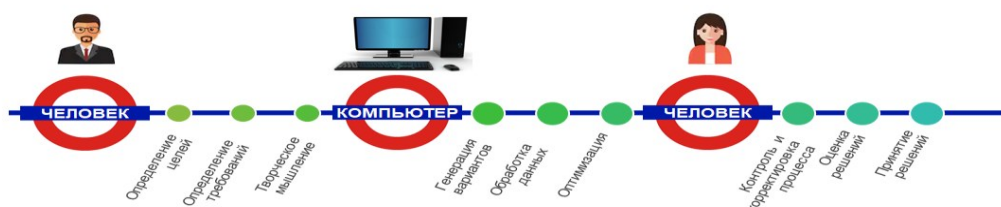


Рис. 1 – Ролевая модель между человеком и компьютером в процессе генеративного дизайна

Fig. 1 – Role model between a human and a computer in the process of generative design

Эффективное использование площади и объема зданий не только повышает экономическую эффективность проектов, но также способствует улучшению транспортной инфраструктуры и сокращению негативного воздействия на окружающую среду. Оптимизация компоновки становится стратегическим фактором для рационального использования ресурсов в современной градостроительной среде

Алгоритм процесса генеративного проектирования. Генеративное проектирование обеспечивает более интегрированный рабочий процесс, между человеком и компьютером, и в результате оба должны предпринять ряд шагов, которые позволяют процессу происходить. Эти шаги можно разделить на следующие этапы: создание, анализ, ранжирование, развитие, исследование, интеграция.

Алгоритм процесса генеративного проектирования показан на рис. 2.

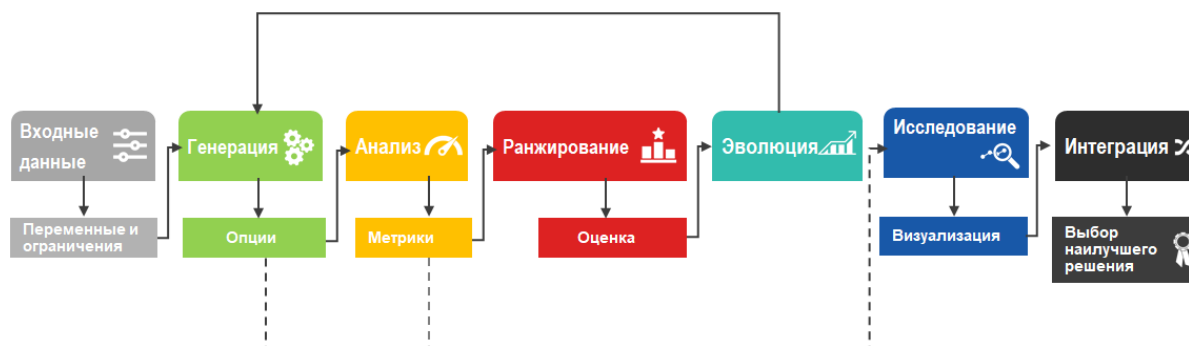


Рис. 2 – Алгоритм процесса генеративного проектирования

Fig. 2 – Algorithm of the generative design process

Определение целей и ограничений. Процесс начинается с четкого определения целей проектирования и ограничений, которым должно соответствовать конечное решение. Эти цели могут включать различные аспекты, такие как функциональность, стоимость,

устойчивость, эстетика и другие параметры. Ограничения могут включать физические, экологические, экономические и временные факторы. На этом этапе также формулируются критерии, по которым будет оцениваться качество решений.

Создание параметрической модели. После определения целей и ограничений создается параметрическая модель объекта проектирования. Параметрическая модель представляет собой набор переменных и уравнений, описывающих основные элементы и свойства объекта. Эта модель позволяет гибко изменять параметры и мгновенно видеть, как эти изменения влияют на общий дизайн. Параметрическая модель служит основой для генеративного процесса, обеспечивая возможность автоматического создания множества вариантов проектных решений.

Генерация вариантов. На основе параметрической модели и заданных ограничений с использованием алгоритмов генеративного проектирования создается множество вариантов решений. Эти алгоритмы могут включать методы оптимизации, такие как генетические алгоритмы, методы роя частиц, градиентные методы и другие. Генерация вариантов осуществляется автоматически, что позволяет быстро получить большое количество возможных решений для последующего анализа.

Анализ и фильтрация. Сгенерированные варианты оцениваются по заданным критериям. Каждый вариант проходит через процесс оценки, в ходе которого измеряются ключевые параметры, такие как прочность, стоимость, энергоэффективность, использование материалов и другие. Результаты оценки позволяют определить, какие варианты соответствуют заданным целям и ограничениям. В процессе фильтрации отбрасываются те варианты, которые не соответствуют минимальным требованиям или имеют недостаточно высокие показатели.

Оптимизация и улучшение. На этом этапе проводится оптимизация оставшихся вариантов с целью улучшения их характеристик. Алгоритмы оптимизации работают над улучшением параметров, таких как снижение затрат, увеличение прочности, улучшение энергоэффективности и других важных показателей. Процесс оптимизации может включать итеративные шаги, когда лучшие решения из текущей популяции используются для генерации новых, улучшенных вариантов.

Выбор наилучшего решения. После завершения процесса оптимизации выбирается наилучший вариант, соответствующий всем заданным критериям и ограничениям. Этот вариант проходит дополнительную проверку и анализ для подтверждения его соответствия всем требованиям проекта. После окончательного утверждения оптимальное решение внедряется в практическую реализацию. Это может включать создание технической документации, подготовку к строительству и другие этапы реализации проекта.

Определение целей и критериев оптимизации является важнейшим этапом генеративного проектирования, так как именно они задают направление и основу для создания и оценки проектных решений. Данная работа включает в себя ряд целей компоновки объектов:

1. Максимизация площади зданий. Необходимо на выделенном участке свести к максимуму площади проектируемых сооружений
2. Минимизация затрат на строительство и эксплуатацию: Оптимизация проектных решений с целью снижения стоимости строительных материалов и эксплуатационных расходов.
3. Максимизация площади задних дворов.

Первым этапом при компоновке объектов строительства устанавливается центральная плаза. Площадь центральной плазы в жилом комплексе (ЖК) зависит от многих факторов, включая общий размер и тип ЖК, количество жителей, местные градостроительные нормы и потребности в общественных пространствах. В России нет единого ГОСТа, который бы определял конкретные размеры центральной плазы в жилом комплексе, но существуют общие рекомендации и принципы проектирования общественных пространств.

Рекомендации и принципы:

Пропорциональность населению и плотности застройки: площадь центральной плазы должна быть пропорциональна численности населения ЖК и плотности застройки. Например, в густонаселенных районах площадь плазы может быть больше.

Назначение и функциональность: площадь должна быть достаточной для размещения всех предусмотренных функциональных зон: зон отдыха, игровых площадок, зеленых насаждений, общественных мероприятий и т.д.

Градостроительные нормы: местные нормы и правила застройки (например, ПЗЗ - Правила землепользования и застройки) часто содержат требования к минимальным и максимальным размерам общественных пространств в жилых районах.

В данной работе рассмотрен пример компоновки объектов строительства на территории до 10000 м². Таким образом, согласно СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Для малых ЖК (до 1000 жителей): площадь центральной плазы может составлять около 500-1000 м², чтобы обеспечить комфортное использование и достаточное количество функциональных зон.

Исследуемый земельный участок главными и второстепенными дорогами делится на сектора. В зависимости от его площади мы понимаем можно ли на нем генерировать здание.

Площадь зданий в малых жилых комплексах (ЖК) зависит от ряда факторов, таких как количество квартир, плотность застройки, этажность зданий и функциональные требования к общественным пространствам и инфраструктуре. В России нет единого ГОСТа, который бы четко определял площадь зданий для малых ЖК, однако существуют общие нормативы и рекомендации, которые можно использовать при проектировании.

Расчет площади зданий для малого ЖК. Предположим, малый ЖК состоит из 80 квартир следующих типов: 30 однокомнатных квартир (по 35 м²); 30 двухкомнатных квартир (по 50 м²); 20 трехкомнатных квартир (по 70 м²).

Расчет общей площади квартир: однокомнатные: $30 * 35 \text{ м}^2 = 1050 \text{ м}^2$; двухкомнатные: $30 * 50 \text{ м}^2 = 1500 \text{ м}^2$; трехкомнатные: $20 * 70 \text{ м}^2 = 1400 \text{ м}^2$.

Итого общая жилая площадь: $1050 + 1500 + 1400 = 3950 \text{ м}^2$. Добавление площади общих зон: вестибюли, лестничные клетки, коридоры, технические помещения и другие общие зоны обычно составляют около 15-20% от общей жилой площади.

Общая площадь общих зон: $3950 \text{ м}^2 * 20\% = 790 \text{ м}^2$.

Общая площадь здания: $3950 \text{ м}^2 + 790 \text{ м}^2 = 4740 \text{ м}^2$.

Пример малых ЖК: Этажность: 3 этажа. Площадь одного этажа: $4740 \text{ м}^2 / 3 \text{ этажа} = 1580 \text{ м}^2$. Общая площадь застройки: Площадь одного здания: 1580 м² (при условии равномерного распределения по этажам).

Таким образом, согласно СП 54.13330.2016 «Свод правил. Здания жилые многоквартирные» и СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» минимальная площадь участка для строительства сооружения в малых ЖК должна составлять 1500 м². Если полученный сектор будет меньше этого значения, то на данном участке будет располагаться зеленая зона. В создаваемых зданиях также вводим дверные проемы и проходы от дорог до них. Согласно ГОСТ 6629-88 стандартная высота дверных проемов составляет 2000 мм и 2100 мм. Для жилых помещений стандартная ширина дверных проемов составляет 600 мм, 700 мм, 800 мм, 900 мм, 1000 мм и 1100 мм. Примеры стандартных размеров дверных проемов: Одностворчатая дверь: ширина проема: 600 мм, 700 мм, 800 мм, 900 мм, 1000 мм, 1100 мм. Высота проема: 2000 мм, 2100 мм. Двухстворчатая дверь: ширина проема: 1200 мм, 1400 мм, 1600 мм. Высота проема: 2000 мм, 2100 мм.

Обсуждение результатов. На примере городского планирования рассмотрим реализацию сценариев компоновки объектов строительства в пространстве.

Целью являлся поиск оптимального расположения зданий в пространстве. Критериями оптимальности будем считать максимизацию площади зданий и зеленых участков. Необходимо найти наилучшее решение баланса городской застройки и зеленых зон в

зависимости от положения центральной площади и прилежащих дорог. Общий вид скрипта, реализующего генерацию строительных компонентов на участке земли, показан на рис. 2.

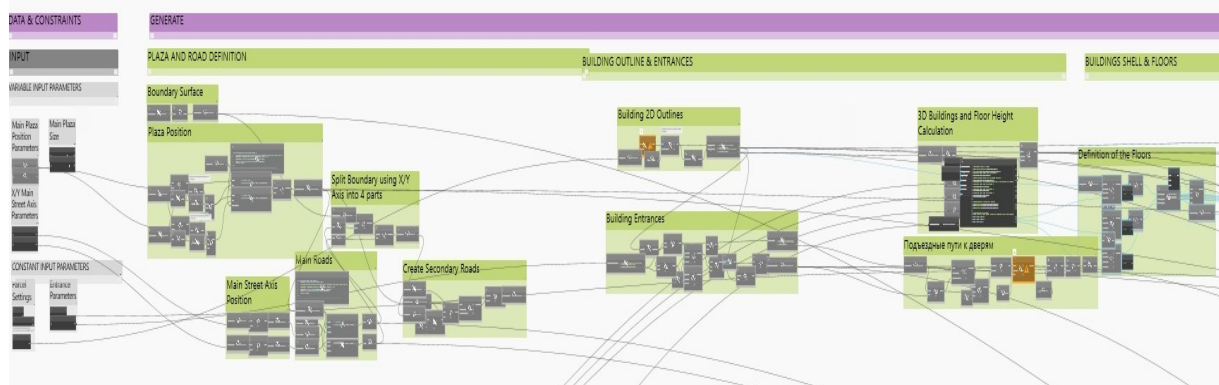


Рис. 2 – Скрипт генерации объектов строительства на участке земли
Fig. 2 – Script for generating construction objects on a plot of land

Для начала следует выделить площадку для компоновки объектов строительства. Данный скрипт устанавливает только одну центральную площадь, следовательно территория участка не должна превышать 10000 м². Так как если это ограничение будет нарушено, то здания примут неестественно большие размеры. На рис. 3. показан участок, предназначенный для генерации строительных объектов.



Рис. 3 – Площадка, предназначенная для генерирования объектов строительства
Fig. 3 – A site intended for generating construction objects

В первую очередь, необходимо определить входные параметры для изолированного участка. К ним можно отнести: Revit геометрию, переменные, константы и ограничения.

Под Revit геометрией подразумевается граница участка, направления по участку (вектора, вдоль которых будет ориентирована центральная площадка) и расположение деревьев. К переменным же можно отнести: позиции центральной площади, направление главных улиц, ширина и длина площади, как показано на рис. 4.

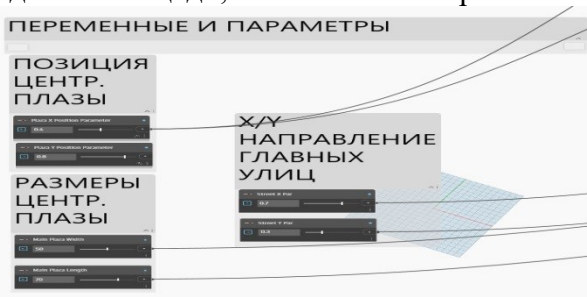


Рис. 4 – Переменные входных значений
Fig. 4 – Input value variables

Константой и, в то же время, ограничением считается минимальный размер области для размещения зданий. Стоит отметить, что в процессе генерации территория разбивается на небольшие сектора. Следовательно, константа и становится ограничением (если площадь этого сектора больше минимальных размеров области для размещения).

Также в качестве констант представлены значения ширины улиц, расстояния от зданий до дорог, входы в здания и их размеры. Константы проиллюстрированы на рис. 5.

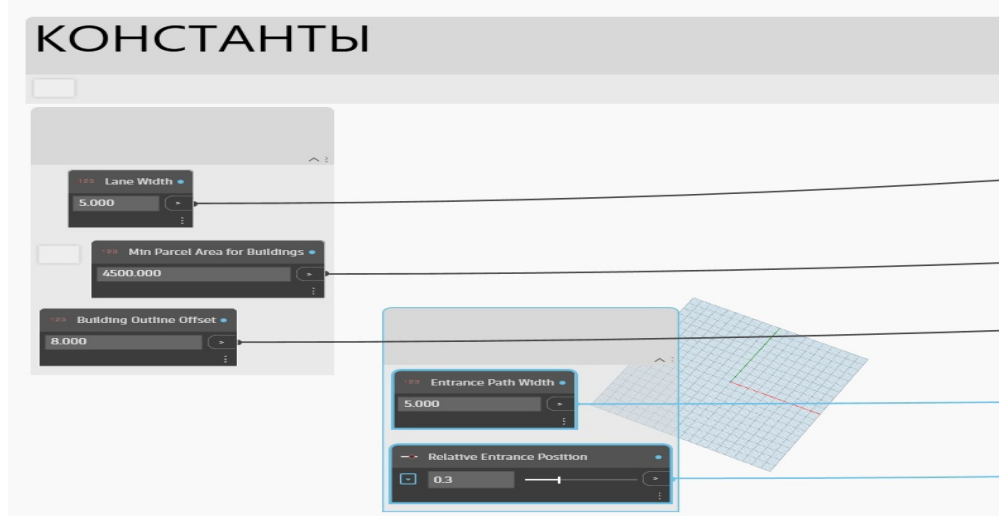


Рис. 5 – Константы входных значений

Fig. 5 – Input value constants

Далее идет процесс генерации. Первым этапом устанавливается центральная площадь. Исходя из входных параметров расположения площади, командой “CoordinateSystem.ByOriginVectors” устанавливается точка, которая будет служить точкой отсчета для плазы. Далее строится эллипс (“Ellipse.ByCoordinateSystem”) с центрированием и выравниванием по входному объекту. Затем узлом “Surface.ByPath” создается поверхность путем заполнения пространства внутри замкнутой границы, определяемой входными кривыми. Скрипт построения центральной площади продемонстрирован на рис. 6.

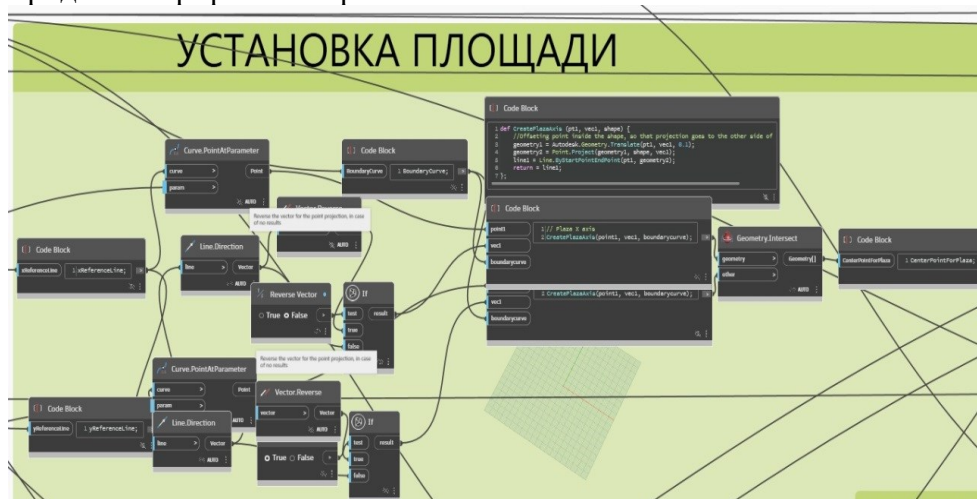


Рис. 6 – Сценарий установки центральной площади

Fig. 6 – Scenario for installing the central square

Следующим шагом построим главные (разделяющие территорию на 4 участка) и второстепенные дороги, исходя из направлений, которые задаются как переменные, строим прямые линии между точками (“Line.ByStartPointEndPoint”) и разделяем общую геометрию при помощи другой в качестве инструмента обрезки (“Geometry.Split”).

Принцип работы сценария по установке дорог показан на рис. 7. В конечном итоге наш участок поделится на несколько секторов. В зависимости от их размеров и значения ограничителя (минимального размера участка для застройки), будет определено - необходимо ли размещать в них здания или нет. В ходе проделанной

работы, согласно общим нормативов, было выявлено, что минимальное значение площади участка для расположения здания в малых ЖК составляет 1550 м².

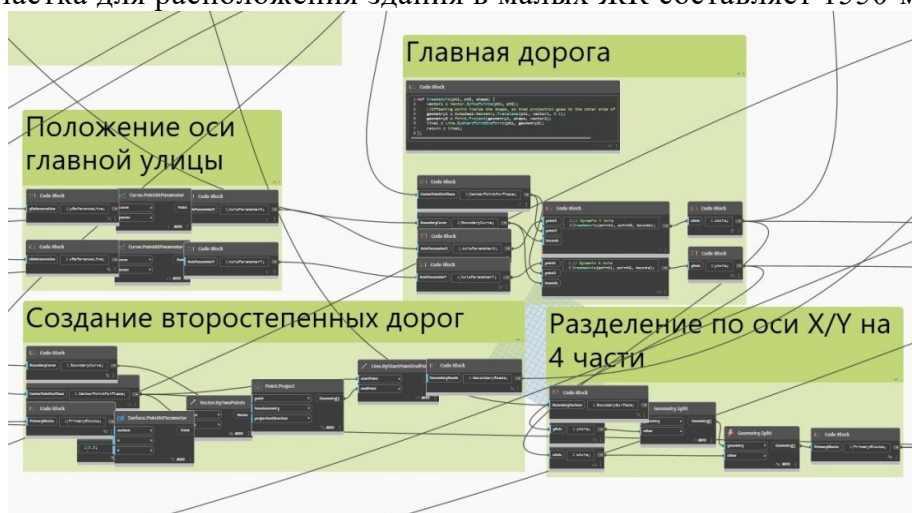


Рис. 7 – Сценарий установки главных и второстепенных дорог
 Fig. 7 – Scenario for installing main and secondary roads

Как видно из рис. 8, узел “Surface.Area” определяет площадь поверхности и затем команда “List.FilterByBoolMask” осуществляет фильтрацию последовательности путем сравнения с константой минимального значения площади участка.

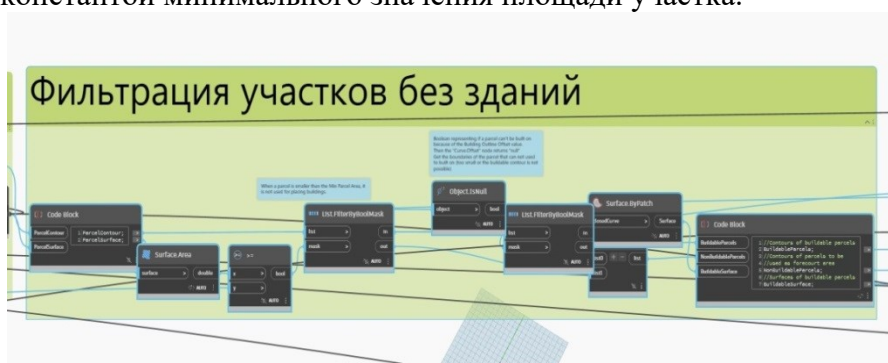


Рис. 8 – Сценарий фильтрации участков, на соответствии нормам
 Fig. 8 – Scenario for filtering areas based on compliance with standards

Далее определяются дверные проемы и выстраиваются проходы от второстепенных и главных дорог к входам наших зданий. Исходя из постоянных значений, узел “Geometry.Translate” преобразует любого типа геометрию по заданному расстоянию в указанном направлении. Этот процесс продемонстрирован на рис. 9.

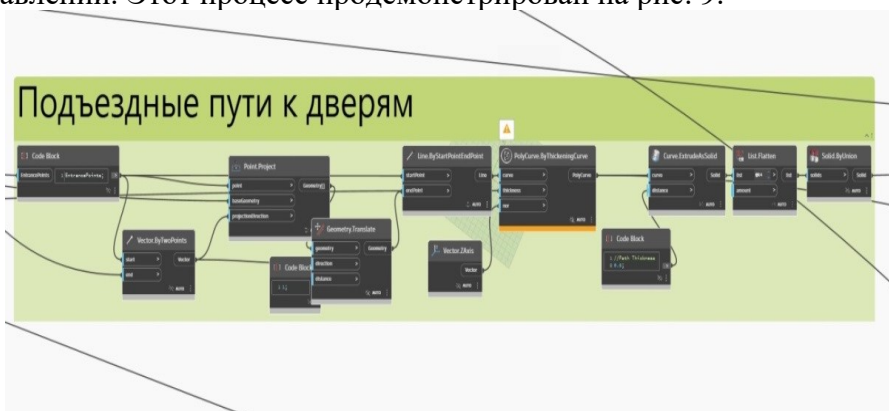


Рис. 9 – Сценарий построения путей от дорог до дверных проемов
 Fig. 9 – Scenario for constructing paths from roads to doorways

Затем генерируется геометрия самих сооружений. Строится 2-D очертания зданий и по полученным площадям выдавливаются кривые в заданном направлении командой

“Curve.ExtrudeSolid”. Количество и высота этажей являются постоянными переменными. Скрипт, реализующий генерацию зданий, проиллюстрирован на рис. 10.

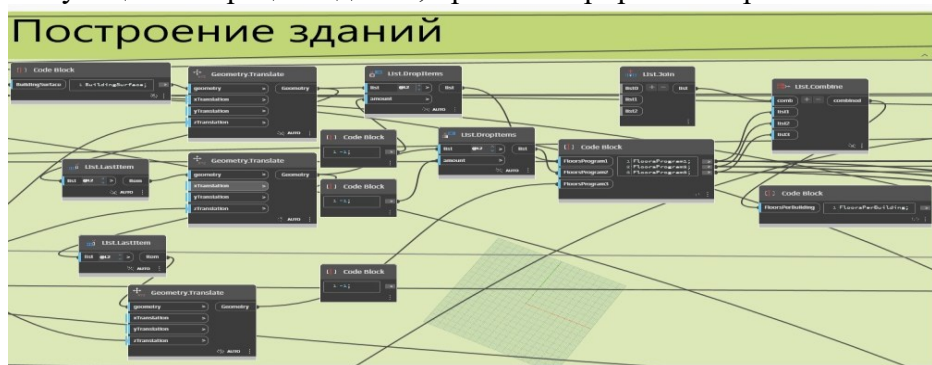


Рис. 10 – Сценарий возведения сооружений на изолированном участке

Fig. 10 – Scenario for constructing structures on an isolated site

В конечном итоге программный код в среде визуального программирования Дупато, генерирующий объекты строительства в заданном участке, и сам результат выполнения этого скрипта показаны на рис. 11 – 12.

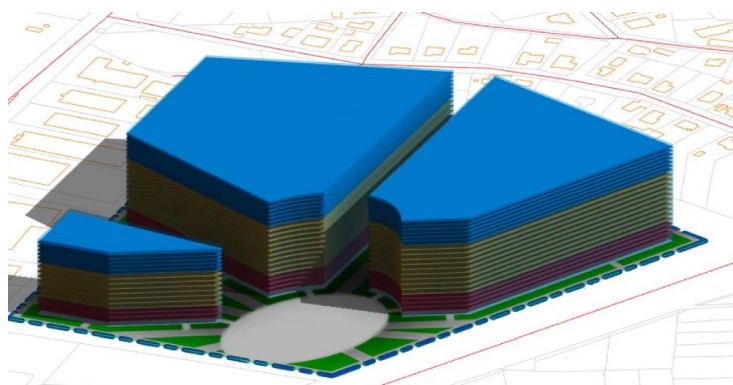


Рис. 11 – 3D модель компоновки строительных объектов в пространстве

Fig. 11 – 3D model of the layout of construction objects in space

Следующим этапом является анализ и оценка. Оценка проекта осуществляется по нескольким критериям:

1. Воздействие на окружающую среду: увеличение числа сохраненных деревьев; увеличение площади зеленой зоны.
2. Анализ доступности: минимизация примыкания входов в здание к точкам интересов.
3. Анализ здания: максимизировать общую площадь помещения; регулировать расходы и доходы.

Для генерации различные варианты проектных решений на основе заданных параметров и алгоритмов требуется к нашему проекту подключить Project Refinery. Для этого необходимо открыть раздел «Генеративный дизайн» в Дупато. У нас появится окно управления процессом генеративного дизайна. Здесь мы можем изменять входные переменные, цели, к которым мы стремимся при оптимизации строительства, и количество генерируемых вариантов. В данной работе проведем генерацию 10 вариантов с перебором значений длины центральной площади, ее ширина и позиция, а также направление главных дорог. Ограничением будет служить размера плазы ($500-1000\text{m}^2$) и минимальное значение площади участка, предназначенного для строительства сооружения (не менее 1500m^2).

Для нашего примера необходимо выбрать данный режим разработки, так как он лучше всего подходит для поиска оптимальных проектных решений среди множества возможных вариантов, что способствует значительному улучшению производительности проекта. Критериями оптимальности нашего проекта были выбраны значения площади зданий и зеленых зон. Так как данные параметры являются взаимоисключающими, то необходимо найти баланс (среднее значение) между ними. В результате работы процесса

генеративного дизайна в Project Refinery мы получили 10 возможных вариантов расположения зданий в пространстве. Так же данный инструмент, как показано на рис. 12, позволяет отследить график зависимости выбранных критериев оптимальности друг от друга.

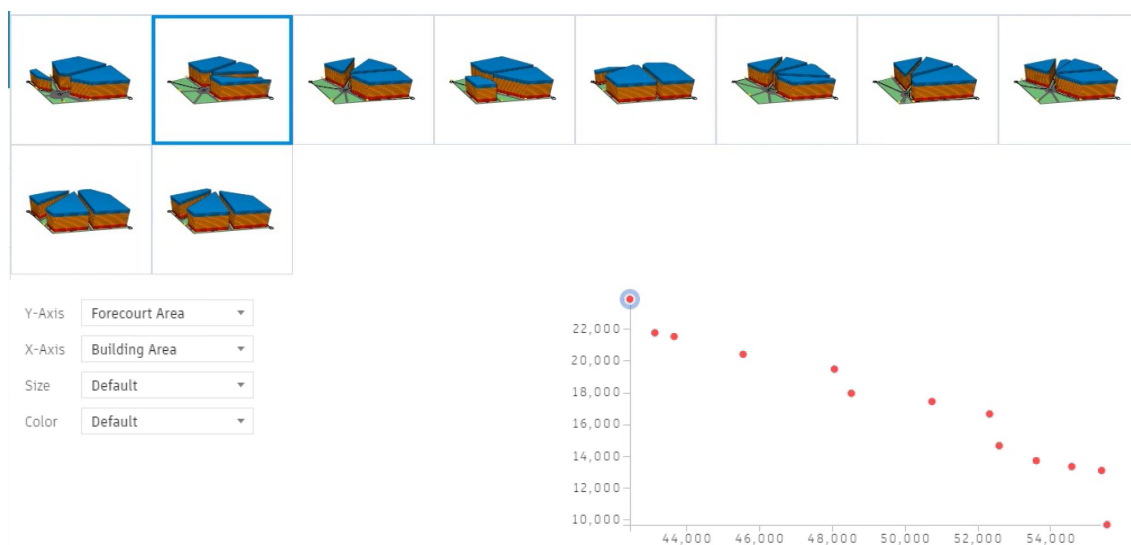


Рис. 12 – Генерируемые варианты расположения объектов строительства
Fig. 12 – Generated construction site layout options

Полученные решения расположим по возрастанию застройки территории зданиями. Выбираем наиболее подходящий вариант для интеграции в проект, представленный на рис. 13.

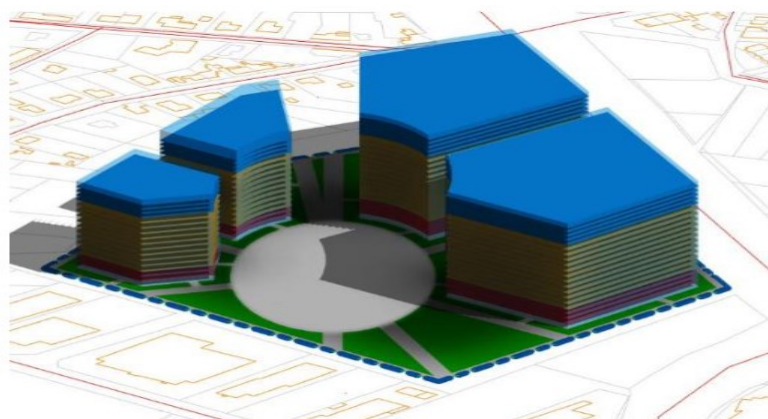


Рис. 13 – Результат работы скрипта
Fig. 13 – Result of the script

Вывод. Применение генеративных алгоритмов позволило быстро генерировать множество вариантов компоновки объектов строительства, что значительно сэкономило время и ресурсы.

Генетические алгоритмы, используемые для оптимизации, доказали свою эффективность, позволяя находить наиболее подходящие решения, учитывающие функциональные, эстетические и экономические критерии.

Интеграция генеративного дизайна с BIM-технологиями, такими как Autodesk Revit и Project Refinery, обеспечила синхронизацию проектирования и улучшила координацию между различными этапами проектных работ. Это способствовало повышению точности проектных решений и сокращению количества ошибок, что крайне важно для успешной реализации строительных проектов.

Одним из ключевых выводов стало то, что генеративный дизайн способствует созданию более качественных и инновационных проектных решений.

Автоматическая генерация и оценка множества вариантов позволяет архитекторам и инженерам выбирать наиболее эффективные и креативные решения, что значительно повышает общий уровень проектных работ. Оптимизация процессов и сокращение времени на разработку проектных решений делают генеративный дизайн экономически выгодным инструментом для строительных проектов.

Применение генеративного дизайна также способствует созданию устойчивых и экологически чистых строительных объектов. Учет экологических аспектов и оптимальное использование ресурсов ведут к снижению негативного воздействия на окружающую среду и улучшению энергоэффективности зданий.

Сравнительный анализ проектных решений, полученных с использованием генеративного дизайна и традиционных методов проектирования, показал значительные преимущества генеративного подхода. Он позволяет достигать более высоких показателей по качеству, эффективности и экономической целесообразности проектных решений.

Библиографический список:

1. Т.А. Юрошева, А.В. Калинин, В.Г. Макиев. Алгоритм проектирования несущих конструкций многоэтажного здания с использованием среды визуального программирования DYNAMO STUDIO. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2022; 49(4):126-133. DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-4-126-133
2. Смакаев Р.М., Низина Т.А. Автоматизация задач проектирования с помощью среды визуального программирования DYNAMO STUDIO [Электронный ресурс] // Огарев-online. - 2020. - № 3.
3. Поддорогина Е.А., Шумилов К.А., Мазинг А.А. Разработка строительных объектов в DYNAMO REVIT // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всерос. науч.-практ. конф., 29-30 марта 2018 г. –СПб: СПбГАСУ, 2018. – С. 177–182.
4. Калинин А.В., Аликов А.Ю., Юрошева Т.А. Разработка программного модуля автоматической коррекции чертежей, полученных в результате обмена графическими данными между CAD-системами, на примере мебельного производства. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024;51(4):80-86. <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2024-51-4-80-86>
5. Официальный сайт поддержки продукта Dynamo Studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dynamoprimer.com/index.html>

References:

1. T.A. Yurosheva, A.V. Kalinichenko, V.G. Makiev. An algorithm for designing load-bearing structures of a multi-storey building using the DYNAMO STUDIO visual programming environment. *Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences*. 2022; 49(4):126-133. DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-4-126-133 (In Russ)
2. Smakaev R.M., Nizina T.A. Automation of design tasks using DYNAMO STUDIO visual programming [Electronic resource] *Ogarev-online*. 2020;3. (In Russ)
3. Poddorogina E.A., Shumilov K.A., Mazing A.A. Development of construction objects in DYNAMO REVIT. *BIM-modeling in construction tasks and architecture: materials of All-Russian Scientific and Practical Conference*, March 29-30, 2018 - St. Petersburg: SPbGA-SU, 2018;177-182. (In Russ)
4. Kalinichenko A.V., Alikov A.Yu., Yurosheva T.A. Development of a software module for automatic correction of drawings obtained as a result of graphic data exchange between CAD systems, using the example of machine manufacturing. *Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences*. 2024;51(4):80-86. <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2024-51-4-80-86> (In Russ)
5. Official website of Dynamo Studio product support [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.dynamoprimer.com/index.html> (In Russ)

Сведения об авторе:

Татьяна Александровна Юрошева, кандидат технических наук, доцент; trini-83@yandex.ru; ORCID: 0009-0002-1365-8787

Information about the author:

Tatyana A. Yurosheva, Cand.Sci.(Eng.), Assoc. Prof.; trini-83@yandex.ru; ORCID: 0009-0002-1365-8787

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов/The author declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 27.03.2025.

Одобрена после рецензирования/Revised 24.05.2025.

Принята в печать/Accepted for publication 15.07.2025.