

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ И УПРАВЛЕНИЕ

DOI 10.26163/GIEF.2021.47.55.019
УДК 338.49

N.G. Ayrapetyan, A.A. Zaitsev

ENHANCING LAND PLOT USE EFFICIENCY THROUGH GENERATIVE DESIGN

Nver Ayrapetyan – Post-graduate student, the Higher School of Engineering and Economics of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg; **e-mail: air-nver@yandex.ru.**

Andrey Zaitsev – Professor, the Higher School of Engineering and Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Doctor of Economics, St. Petersburg; **e-mail: andrey_z7@mail.ru.**

The article reveals basic principles of the innovative approach in the pre-project stage processes, to wit, the analysis of the best use of the land plot for future construction through generative design. For development projects, generative design is seen as a way to find the most optimal solution at the Preliminary Due Diligence (DD) procedure development stage. It is therefore considered to be very important to make an assessment of such decisions which the study was aimed at and which was achieved eventually in the research.

Keywords: real estate; development; generative design; best use; master plan, innovation; Due Diligence.

Н.Г. Айрапетян, А.А. Зайцев

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА

Нвер Грайрович Айрапетян – аспирант, Высшая инженерно-экономическая школа ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург; **e-mail: air-nver@yandex.ru.**

Андрей Александрович Зайцев – профессор, Высшая инженерно-экономическая школа ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», доктор экономических наук, доцент, г. Санкт-Петербург; **e-mail: andrey_z7@mail.ru.**

В статье раскрываются основные принципы инновационного подхода в процессах предпроектного этапа, а именно – анализа наиболее эффективного использования земельного участка под будущую застройку при помощи генеративного дизайна. Для девелоперских проектов генеративный дизайн – это способ найти наиболее оптимальное решение на стадии разработки предварительного Due Diligence (DD). Поэтому очень важно дать оценку эффективности таких решений, что и было сделано в исследовании.

Ключевые слова: недвижимость, девелопмент, генеративный дизайн, bestuse, мастер-план, инновации, Due Diligence.

Главная цель девелоперского проекта – увеличение стоимости недвижимости и извлечение прибыли. Основной вопрос, который задает девелопер, – что, где и как строить, чтобы извлечь максимальную прибыль? Для того чтобы ответить на этот вопрос, большинство консалтинговых компаний предлагают девелоперам про-

вести анализ bestuse земельного участка.

Анализ наилучшего и наиболее эффективного использования земельного участка (далее – АНиНЭИ), или bestuse – важнейшая задача, которую необходимо решить девелоперской компании перед проектированием и строительством любого объекта недвижимости.

АНиНЭИ проводится в самом начале, на прединвестиционной стадии реализации проекта. Стоимость проведения анализа несопоставимо меньше стоимости строительства и даже проектирования. Тем не менее, степень влияния на проект – наиболее значимая. Так, цена ошибки во время строительства позволяет компенсировать влияние на общую рентабельность проекта. Это также увеличивает срок и стоимость строительства, однако в общей структуре затрат влияние не существенно.

На рис. 1 показано влияние допущенных ошибок на различных стадиях на исход проекта.

Для автоматизации концептуального анализа проекта, сокращения ошибок и увеличения потенциальной доходности на прединвестиционной стадии применяют инновационные методы анализа bestuse. Один из таких методов – генеративный дизайн. Генеративный дизайн – метод вычислительного проектирования, построенный на анализе входных условий, расчете огромного количества возможных взаимосвязей и подборе наиболее оптимальных решений. Применение генеративного дизайна на стадии анализа bestuse позволит подобрать неочевидные и наиболее эффек-

тивные решения, которые станут гарантом и залогом успеха успешной реализации инвестиционно-строительного проекта.

Для проведения данного исследования были проанализированы труды авторов по эффективности использования генеративного дизайна. В научной статье Д.О. Федчуна рассмотрен, в частности, такой аспект, как сокращение сроков проектирования при увеличении анализируемого объема информации [12]. При этом исследования не ограничиваются скоростью разработки концепций и обработки информации. Например, в работе М.И. Бжахова проанализированы такие положения, как алгоритмизация проектирования и генерация неочевидных проектных решений [1]. Кроме того, в статье А.А. Комаровой [5] определены достоинства применения алгоритмических программных систем, которые отвечают за увеличение качественных характеристик, возрастание ценности проекта из-за безграничных возможностей математических методов программирования.

Немаловажный вклад в инновационное развитие отрасли с точки зрения внедрения генеративного дизайна в практическую деятельность, разработки пилотных проектов и создания скриптов и плагинов внесли такие авторы, как: А.А. Шабалов [14], С.Ю. Погорелов [9], В.А. Малашенкова [8], А.К. Булатова [2], Р.В. Лукичев [7], А.Д. Ризаева [10], З. Хабази [13], К. Терзидис [11], А.А. Кривенко [6] и др.

В данной статье рассмотрена инновационная технология алгоритмического проектирования, позволяющая создавать

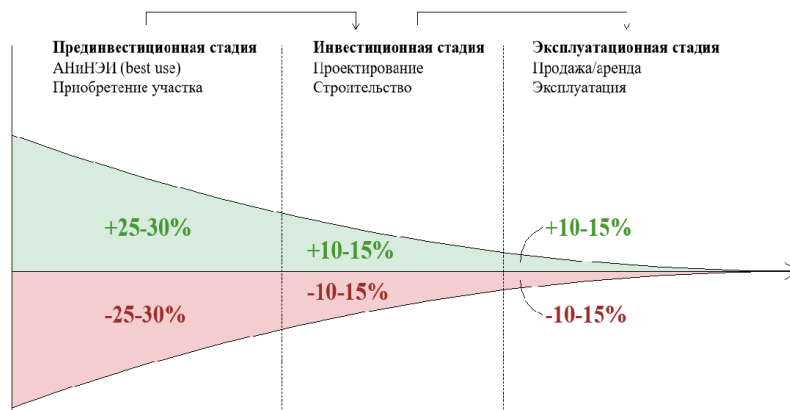


Рис. 1. Влияние принятых решений на прибыльность девелоперского проекта на разных этапах

Источник: сост. авторами.

экономически эффективные и в то же время комфортные для проживания пространства.

Генеративный дизайн в архитектуре – это метод проектирования, в котором добавляется этап алгоритмического анализа данных, после чего к работе приступает архитектор/дизайнер для выполнения творческой составляющей проекта. Для девелоперских проектов генеративный дизайн – это способ найти наиболее оптимальное решение на стадии разработки предварительного DueDiligence (DD), учитывая множество правовых, экономических и градостроительных ограничений (рис. 2).

Ключевой этап подготовки DD проекта для инвесторов – концептуальное мастер-планирование и анализ наилучшего и

наиболее эффективного использования земельного участка. Создание мастер-плана с применением генеративного дизайна можно представить в следующем виде (рис. 3).

В данном случае, по заранее заданным ограничениям и правилам генерируется множество вариантов размещения объектов недвижимости, подбирая наиболее оптимальный вариант. Сравним особенности работы генеративного дизайна и традиционный метод проектирования:

1) *традиционный дизайн*: при традиционном проектировании для дизайнера и архитектора первоочередной задачей является достижение определенной визуальной творческой составляющей проекта, после чего полученный эскиз проверяется по ряду количественных характери-

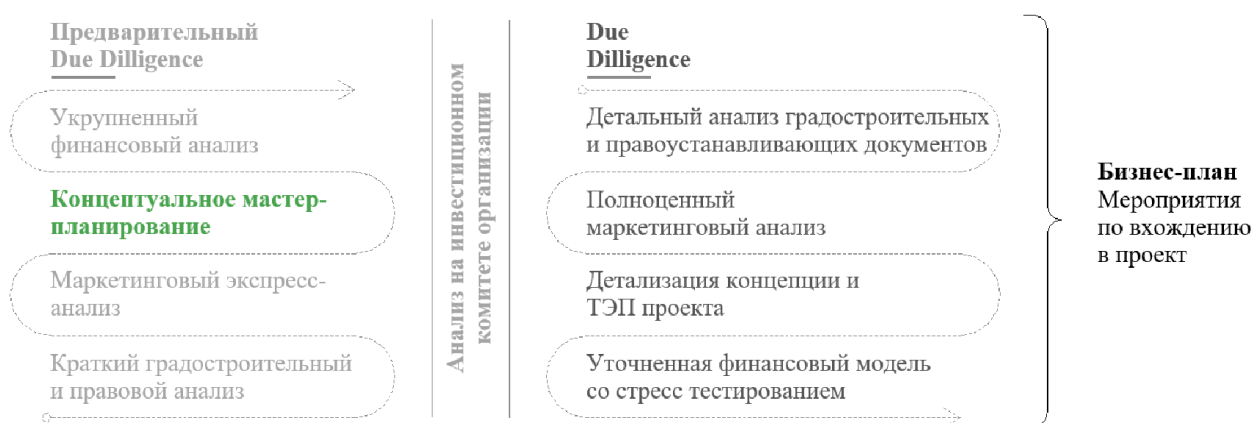


Рис. 2. Схематичное представление разработки DueDiligence

Источник: сост. авторами.

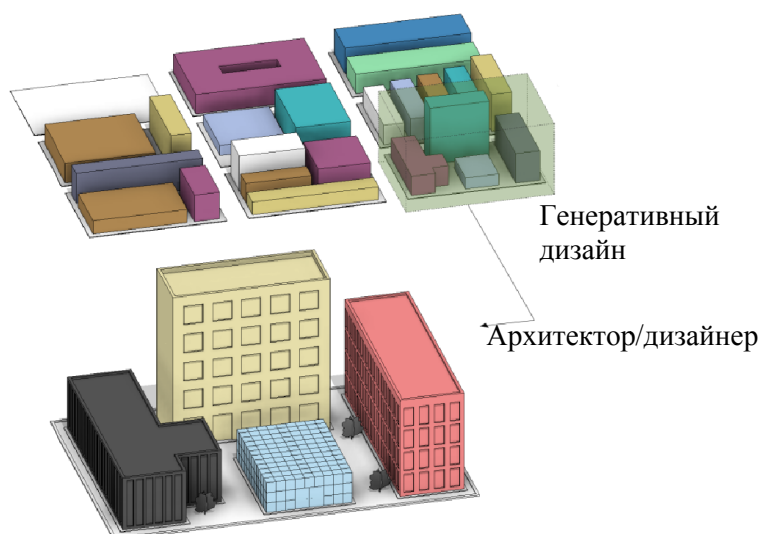


Рис. 3. Схематичное представление принципа работы генеративного дизайна

Источник: сост. авторами.

стик, которые определяют экономическую целесообразность. Такой подход даёт свободу воображению архитектора, однако зачастую пагубно влияет на показатели финансовой эффективности;

2) *параметрический дизайн*: данный подход основан на параметризации данных, т.е. при помощи компьютерных программ, плагинов и скриптов проектировщик совместно с программистом задают алгоритмы генерации различных вариантов мастер-плана за счет управляющих элементов (слайдеров), которые позволяют менять параметры модели и подбирать оптимальный вариант. В данном случае используется визуальное программирование, в котором нет необходимости писать код на каком-либо языке;

3) *генеративный дизайн*: generative – порождающий, генерирующий, производящий. В отличие от параметрического дизайна, генеративный решает задачу автоматизации подбора наиболее эффективных решений. В данном случае управляющим блоком занимается компьютер при помощи математических алгоритмов и машинного обучения, который генерирует сотни и тысячи вариантов развития событий (выборок). В результате проектировщик получает не просто одно или несколько успешных решений, а целые выборки вариантов. Благодаря этому деятельность проектировщика превращается в исследование причинно-следственных связей.

Основные этапы генеративного дизайна представлены на рис. 4.

Исходные данные – то, чем нужно апеллировать компьютеру, это те ограничения, которые должны соблюдаться при

дальнейших расчетах. Для концептуального мастер-планирования исходными данными могут служить границы территории, площадь, место допустимого размещения зданий, строений, сооружений и т.д.

На этапе создания правил необходимо задать условия связи данных между собой. Например, допустимо размещение зданий только внутри заданных границ с соблюдением отклонения от границ на минимально допустимые значения; не допустимо пересечение геометрии зданий; необходимо соблюсти количество парковочных мест из расчета результирующей полезной площади и др. Количество зависимостей постоянно увеличивается и корректируется по мере детализации проекта и появления новых вводных. На основе данных зависимостей генерируются выборки.

Генерация выборок – основа генеративного дизайна. На этом этапе происходит подбор, математический анализ при помощи алгоритмов оптимизации. Существует большое количество алгоритмов, такие как алгоритмы Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно, Витерби, Гаусса-Ньютона, Гомори, имитация отжига, кукушки, Левенберга-Марквардта и многие другие. Однако сегодня наиболее популярный и используемый алгоритм – генетический. Генетический алгоритм – это подвид эволюционных исчислений, основная его суть – оптимизация и поиск решений при помощи комбинирования и случайного подбора входных данных и зависимостей.

В общем виде работа генетического алгоритма представлена на рис. 5.

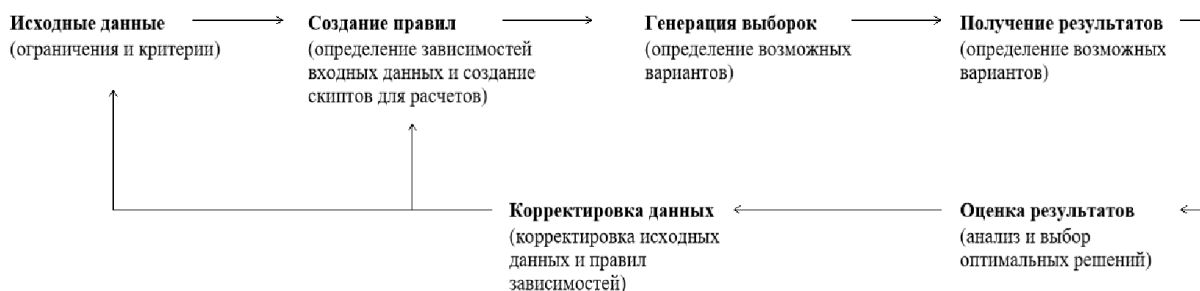


Рис. 4. Этапы генеративного дизайна

Источник: сост. авторами.

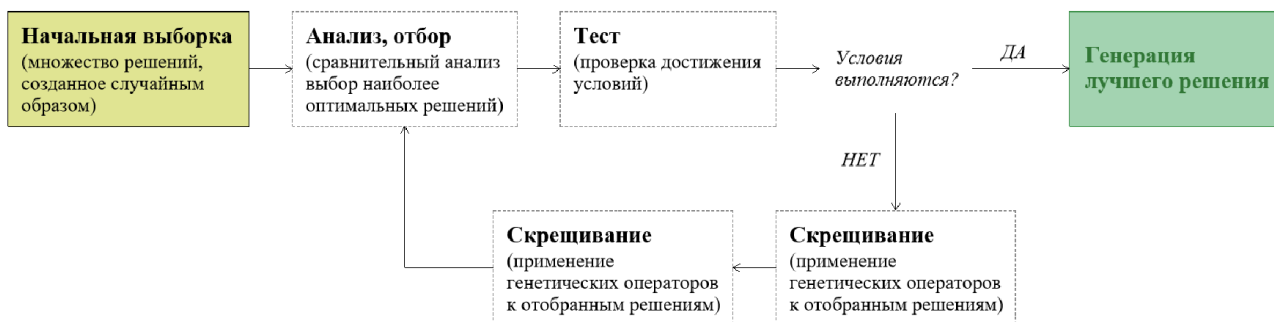


Рис. 5. Принцип работы генетического алгоритма

Источник: сост. авторами.

Рассмотрим один из возможных примеров, где может быть использован генеративный дизайн – строительство спекулятивного складского комплекса. В данном случае у девелопера в портфеле есть земельный участок с соответствующим видом разрешенного использования. Разработана градостроительная документация, в том числе проект планировки и межевания территория, градостроительный план земельного участка (далее – ГПЗУ), т.е., заданы основные градостроительные ограничения.

Выявить экономическую эффективность данной технологии, а именно NPV, IRR, PI и другие показатели достаточно сложно, т.к. для решения этой задачи необходимо проанализировать работу над одним проектом, но двумя командами, который будут проводить предпроектный анализ независимо друг от друга. Первые – традиционным методом, а вторые – при помощи генеративного дизайна и с алгоритмами машинного обучения. Однако выявить эффективность с точки зрения сроков и затрат всё же возможно.

В качестве примера рассмотрим стоимость и сроки анализа перспективных площадок под застройку в среднестатистических компаниях (табл. 1).

Для анализа 15 перспективных площадок в месяц необходимо иметь в штате отдел из 11 человек с общей заработной платой 770000 руб. Необходимо отметить, что в таблице учтены линейные сотрудники со среднерыночной заработной платой до вычета НДФЛ. Дополнительные административные расходы на содержание персонала не учитываем, однако отдельно рассчитаем заработную плату руководи-

теля, НДФЛ и взносы пенсионного, социального и медицинского страхования (табл. 2).

Подведем итоги по затратам традиционного метода: для проведения первичного (предпроектного) анализа перспективных площадок под застройку необходимо иметь в штате отдел из 11 линейных сотрудников и 1 руководителя. Затраты в месяц составят 1 374 713 руб., в год – 16 496 552 руб. без учета премирования.

Рассмотрим предположительные сроки и стоимость разработки программного продукта на базе генеративного дизайна и машинного обучения для предпроектного анализа площадок (табл. 3).

Предположительный срок разработки данного продукта – 6 мес. Для анализа, разработки и тестирования продукта необходимо вовлечь специалистов различных сфер, таких как математическая статистика, программирование в специализированных ПО, искусственный интеллект (машинное обучение), а также отраслевых специалистов. В табл. 4 указаны среднерыночные заработные платы специалистов [3]. Следует учесть, что если разработка программного продукта будет отдана под разработку «под ключ», то необходимо также учесть прибыль разрабатывающей организации.

Для дальнейшей эксплуатации вышеописанного решения необходимо учесть затраты на сопровождение работы программного обеспечения.

Таким образом, первоначальные капиталовложения составляют чуть менее 20 млн руб., что сопоставимо с затратами на содержание в штате целого отдела отраслевых специалистов. Кроме того, для

Таблица 1

Расчет сроков и стоимости анализа 15 перспективных площадок под застройку

Отдел анализа перспективных площадок		Потребность в ч/часах		Количество сотрудников	Заработная плата на 1 сотрудника/месяц	Заработная плата общая/месяц
		Анализ 1 площадки	Анализ 15 площадок в месяц			
	Предпроектный этап (DueDilligence)	24	360	11	350 000	770 000
1	Градостроительный анализ (по ПЗЗ, ППТ, ГПЗУ, РГИС (для СПб), ИСОГД (для Москвы) и другие источники):	4	60	2	70 000	140 000
1.1	Определение ЗОУИТ и возможность размещения	1	15			
1.2	Определение предельных параметров	1	15			
1.3	Определение ВРИ	1	15			
1.4	Определение сроков приведение градостроительных регламентов в соответствие с идеей проекта	1	15			
2	Архитектурный анализ:	5	75	2	70 000	140 000
2.1	Варианты расположения здания	2	30			
2.2	Первичный анализ инсоляции	2	30			
2.3	Анализ требований по социальной нагрузке (школы, сады и др.)	1	15			
3	Маркетинговый анализ:	8	120	3	70 000	210 000
3.1	Анализ конкуренции	2	30			
3.2	Анализ спроса и предложений	2	30			
3.3	Ценообразование	2	30			
3.4	Определение класса жилья	1	15			
3.5	Анализ транспортной доступности	1	15			
4	Анализ стоимости и сроков:	4	60	2	70 000	140 000
4.1	Анализ стоимости строительства (НЦС, объекты-аналоги, корпоративные расценки)	2	30			
4.2	Анализ сроков строительства	2	30			
5	Финансовый анализ:	3	45	2	70 000	140 000
5.1	Укрупненный анализ показателей экономической эффективности (NPV, IRR, PI)	2	30			
5.2	Анализ собственных и заемных вложений	1	15			

Таблица 2

Дополнительные расходы на взносы и вознаграждение руководителя

Сотрудники	Заработная плата до вычета НДФЛ	НДФЛ	Взносы в ПФР, ФСС, ФФОМС	Итого
Линейные	770 000	115 057	265 517	1 150 575
Руководитель	150 000	22 414	51 724	224 138
Итого:				1 374 713

поддержания работоспособности программного обеспечения необходимы ежегодные вложения в размере 7,6 млн руб. Если компания-застройщик планирует реализовать не один проект, а планирует

долгосрочные перспективы развития, то вышеописанная технология позволит ежегодно экономить порядка 8 млн руб. на анализ перспективных площадок, что в 2 раза эффективнее традиционного метода.

Таблица 3

Стоимость разработки программного продукта (на базе генеративного дизайна и машинного обучения)

	Сотрудники:	Заработная плата с НДФЛ и взносами за 1 мес.	Заработная плата с НДФЛ и взносами за 6 мес.
	Мат. статистика и теория вероятности	800 000	4 800 000
	Анализ данных без применения машинного обучения		
1	Аналитик данных 1	250 000	1 500 000
2	Аналитик данных 2	250 000	1 500 000
3	Руководитель	300 000	1 800 000
	Машинное обучение	950 000	5 700 000
	Регрессия (линейная регрессия и др.)		
	Классификация (деревья решений, KNN, SVM и др.)		
	Кластеризация (Kmeans и др.)		
1	Datascientist	300 000	1 800 000
2	Datascientist	300 000	1 800 000
3	Руководитель	350 000	2 100 000
	Программирование и спец. ПО	750 000	4 500 000
	Анализ (Python, Stataидр.) иBigdata (Pig, Hadoop, Spark)		
1	Программист	250 000	1 500 000
2	Программист	250 000	1 500 000
2	Тестирующий	250 000	1 500 000
	Отраслевая экспертиза	642 529	3 855 172
1	Инженер по градостроительству	104 598	627 586
2	Маркетолог	104 598	627 586
3	Финансовый менеджер	104 598	627 586
4	Архитектор	104 598	627 586
5	Руководитель	224 138	1 344 828
		Итого:	18 855 172

Таблица 4

Затраты на сопровождение работы программного обеспечения

	Сотрудники:	Заработная плата с НДФЛ и взносами за 1 мес.	Заработная плата с НДФЛ и взносами за 12 мес.
1	Тестирующий-наладчик	200 000	2 400 000
2	Инвестиционный менеджер	104 598	1 255 176
3	Архитектор общего профиля (градостроительство и проектирование зданий)	104 598	1 255 176
4	Руководитель	224 138	2 689 656
		Итого:	7 600 008

Это также поможет оптимизировать финансовое планирование на предприятии [4].

В данной статье проанализированы оценки эффективности применения генеративного дизайна, использование которого позволяет генерировать самые неочевидные варианты, исходя из заранее

заданных алгоритмов. Такой подход позволяет максимизировать экономический потенциал территорий, создать единый инструмент коммуникаций и принятия решения для всех участников процесса, сократить временные и финансовые издержки на ранних стадиях проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бжахов М.И., Ефимова М.М., Журтов А.В.* Алгоритмическое проектирование в архитектуре // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2 (49). С. 166.

2. *Булатова А.К., Мухнурова И.Г.* Современные технологии проектирования в строительстве и дизайне. Их влияние на архитектуру // Материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 35–38.

3. *Дмитриев Н.Д., Зайцев А.А., Тютюнникова И.Е., Бакина Е.С.* Построение оценки эффективности системы оплаты труда рейтинговым способом // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 8-1. С. 40–47.

4. *Зайцев А.А., Дмитриев Н.Д.* Использование стресс-тестирования для повышения эффективности финансового планирования на предприятии // Цифровая экономика и Индустрия 4.0: тенденции 2025: сб. трудов науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. А.В. Бабкина. 2019. С. 362–368.

5. *Комарова А.А., Пыхтюк С.В., Чернышов Д.А., Дымченко М.Е.* Образование архитектурной формы с применением алгоритмических методов // Инженерный вестник Дона. 2019. № 8 (59). С. 9.

6. *Кривенко А.А., Моор В.К., Гаврилов А.Г.* Генеративное проектирование как средство формирования архитектурных объектов // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации: материалы второй междунар. науч. конф. Вып. 2. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2017. С. 203–206.

7. *Лукичев Р.В.* Фактор случайности как принцип генеративного искусства // В

мире науки и искусства: вопросы филологии, искусствоведения и культурологии. 2013. № 30. С. 143–148.

8. *Малашенкова В.А., Черницкая А.Ю.* Генеративный дизайн – революционный метод проектирования // Сб. ст. Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 2020. С. 128–139.

9. *Погорелов С.Ю.* Применение метода генеративного дизайна в архитектурном проектировании / ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». М., 2016. С. 149–152.

10. *Ризаева А.Д.* Генеративный дизайн: программирование как новый инструмент деятельности дизайнера // Международный студенческий научный форум РАЕ. 2015. № 7. С. 41–47.

11. *Терзидис К.* Алгоритмическая Архитектура. Oxford: Architectural Press, 2006. P. 155.

12. *Федчун Д.О., Глустый Р.Е.* Система генеративного проектирования // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации: материалы первой Междунар. науч. конф. Вып. 1. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2016. С. 164–169.

13. *Хабази З.* Алгоритмы генерации, используя Grasshopper // Морфогенез. 2010. С. 48.

14. *Шабалов А.А., Семенкин Е.С.* Программная система π-it-on для автоматизированного проектирования коллективов интеллектуальных информационных технологий // Труды конференции: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2012. С. 109–116.