

## РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Соболевский Николай Романович, студент 5-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Для работы с разделами архитектурных, конструктивных решений и сетями коммуникаций BIM парадигма позволяет вести разработку проектов по наиболее эффективному направлению, особенно с применением автоматизации в виде разработанных под компанию плагинов. Частные инжиниринговые компании являющейся генеральными подрядчиками напрямую заинтересованы в создании системы минимизирующей трату времени, именно они и являются на данный момент движителями тенденций на автоматизацию, в отличии от компаний разработчиков государственного вида управления, что к сожалению, тормозит развитие и мотивацию всей отрасли. К счастью, можно отметить медленное, но стабильное увеличение множества заинтересованных лиц, что теоретически может привести к полномасштабному внедрению на всех уровнях процесса проектирования.

Создать систему автоматизированного проектирования решающую большую часть работы с конструкциями и системами возможно с нынешним уровнем развития технологий. Термин: Генеративное проектирование (Generative Design) – метод создания проектно-сметной документации, путем генерирования рабочей модели именуемой генеративной моделью проектирования, и автоматизированного создания на ее основе всей зависящей рабочей документации. Генеративная модели проектирования (Generative Design Modeling) – метод создания рабочей модели с помощью методов машинного обучения и нейронных сетей, а также наполнение согласно алгоритмическим зависимостям информацией о создаваемых объектах.

Искусственный интеллект (Artificial Intelligence, AI) – парадигма, возникшая в 1956 году основной целью, которой является создание алгоритма, позволяющего выработать мышление идентичное человеческому. На данный момент — это группа из направлений: Машинное обучение, Поиск и оптимизация, Удовлетворение ограничений, Логические рассуждения, Вероятностные рассуждения, Теории контроля. Основа машинного обучения (Machine Learning, ML) состоит в решении задачи типизации данных, нахождении относительно стабильного шаблона из пула входящих данных

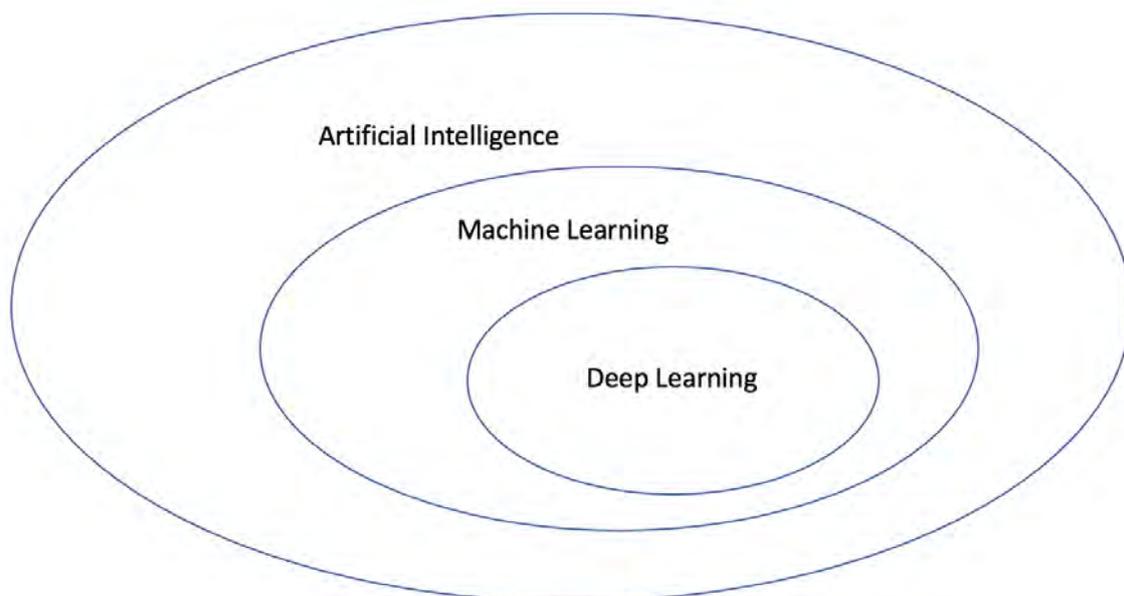


Рисунок 1 – Круги Эйлера в направлении искусственного интеллекта

- Алгоритмы машинного обучения включают в себя:
- Нейронные сети
- Деревья решений
- Случайные леса
- Ассоциации и обнаружение последовательности
- Градиент повышения и расфасовки
- Опорные векторные машины
- Отображение ближайшего соседа
- К-средства кластеризации
- Самоорганизующиеся карты
- Методы локальной оптимизации поиска
- Максимальное ожидание
- Многомерные адаптивные регрессионные сплайны
- Байесовские сети
- Оценка плотности ядра
- Анализ главных компонент
- Сингулярное разложение
- Смешанные Гауссовские модели
- Последовательное сопроводительное построение правил

В данной статье представлена лишь применимая классификация, так как каждая из тем достойна отдельно сформулированного объяснения.

Для понимания работы нейросетей рассмотрим самую простую архитектуру взаимодействия – Перцептрон. Это нейросеть является прямолинейной. Она получает данные входа и выхода, а потом решая обратную задачу пытается определить веса синапсов, а поняв их, имеется возможность вносить новые данные и получать результаты по обученной сети. Сама структура представляет собой набор из массивов, расположенных столбцом и соединенных во всех направлениях, кроме вертикального – множество детерминированных, то есть отдельных единиц выполняющих каждый свою функцию от общей функции, частей нейросети, которая состоит их массива сходного слоя, то есть массива ввода, массива скрытого слоя, выполняющего ключевую роль в обработке данных и выходной массив, который выполняет роль результирующего.

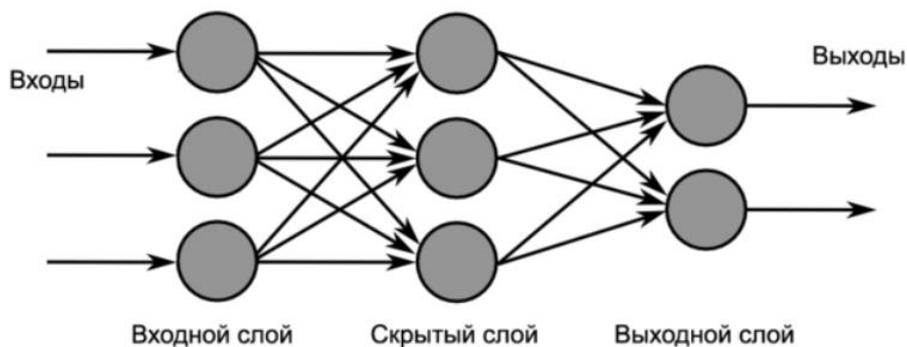


Рисунок 2 – Строение перцептрона

В скрытом слое нейросети после обработки входных данных возбуждаются определённые нейроны. Понятие возбуждение имеет смысл возникновения в нейроне значения 0 или 1, то есть условие загорания «лампочки», а ее действие в свою очередь зависит от математической функции выбора – сигмоиды (Рисунок 3).

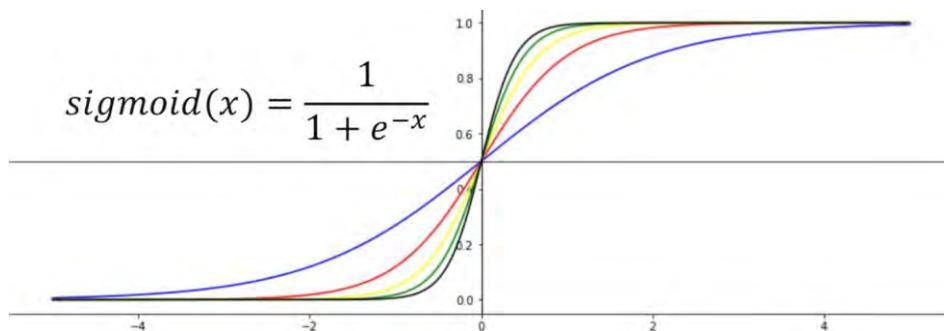


Рисунок 3 – Представление сигмоиды

Сигмоид является основной функцией выбора в возбуждения отдельных нейронов. Однако в последнее время более широкое распространение получила функция активации ReLU (Рисунок 4). Изменение в активирующей функции

стало необходимым по причине эффективности работы, так как у функции ReLU при достижении граничного условия, в данном примере 0, график возрастает, давая меньшую возможность вариации, а при несоответствии граничному условию значения в нейроне равно 0, то есть «лампочка» не горит, когда сигмоида давала возможность в определении значения в большем диапазоне, что давало не всегда корректное поведение сети.

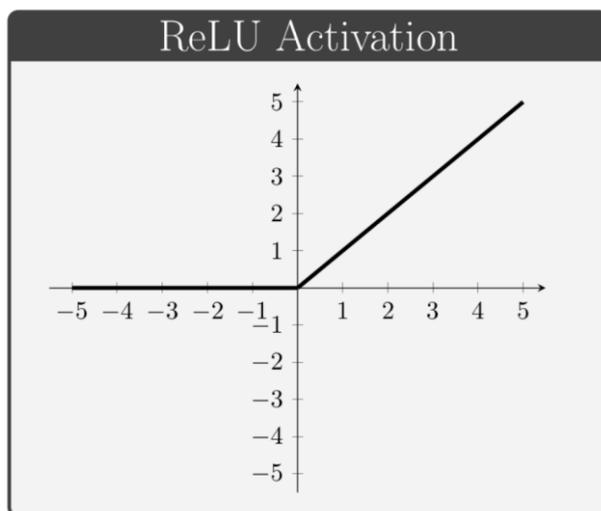


Рисунок 4 – Функция активации ReLU.

Возбуждение, то есть активация в свою очередь ведет к возбуждению связанных далее с ними нейронов. Таким образом вычисление идете по нескольким путям в конечном итоге, приводящим к одному варианту. Структура может состоять из большего чем 1, множества скрытых слоев, регулирующих поведение нейросети.

Выбор в результирующем массиве необходимых значений происходит по тому же принципу, что и вскрытых слоях, только является уже итоговым.

Генеративное проектирование (Generative Design) – BIM основная система, идет как следующий этап в развитии методов проектирования, не замещая все ранее созданные системы, а объединяя их. Создание системы Generative Design (GD) базируется на разработке комплекса специализированного программного обеспечения, основным модулем которого является обеспечение, реализующее Generative Design Modeling (GDM), создание геометрии и информации.

Каждый из этапов следует производить согласно действующим ТНПА, заранее внедряя информацию как граничное условие и составляя таким образом электронный каталог, который будет является одним из модульных решений комплекса GD с возможностью взаимодействия, обменом информации с любой системой: BIM, CAD

Первый этап создания модели состоит из принятия условий, входящих данных, самого глобального уровня: участок для генерального планирования:

его контур, площадь, учет соседних строений, геодезическое расположение, расположение относительно движения солнца, учет климатических особенностей, учет нагрузок от ветра, снега, учет геологических изысканий и прочих параметров. После чего можно с задаваемыми характеристиками: высоты здания, этажности, площади, включаемых архитектурных элементов и прочих параметров сгенерировать форму здания и получить множество вариаций, отобранных архитекторами, геометрии модели, где каждый запуск настроенного программного обеспечения дает новый результат, новую форму.

Вторым этапом является согласование формы. Далее следует детализировать форму, генерируя в ней внесенные пользователем дополнительные объекты, этим может заниматься нейронная сеть, обученная на других архитектурных моделях из BIM с внесением всего перечня возможных архитектурных элементов для их генерирования.

Третьим этапом есть формирование и расчет каркасной модели, но основе формы с архитектурными элементами. Каркас формируется согласно граням и этажности формы, на любом этапе возможно внесение ручных изменений с сохранением модели в различных вариантах. В качестве первоначального расчета все элементы являются сборными. Программный комплекс для расчета сторонний, импорт геометрии в общем формате с сохранение настроек узлов, автоматически расставляемых на основании нейронной сети обучаемой на существующих проектах. Проверка и корректировка работы человеком.

Четвертый этап представляет из себя подбор на основании расчетной модели вариантов конструктивных решений регламентируемых ТНПА. К аналитической модели применяются готовые сборные решения, внесённые монолитные решения и решения, выявленные на обучении нейронной сети загрузкой детализированных готовых моделей из BIM. На этом этапе применяется задача оптимизации машинного обучения.

После создания конструктивной модели наступает пятый этап – внедрение коммуникаций и расстановка конструкций, не являющихся несущими элементами. Входными данными является поток людей задаваемый вручную, графически, в виде линий с задаваемой пропускной способностью. На основе которых производится генерация перегородок. Архитектор на каждом плане генерирует автоматическую расстановку элементов коммуникационных сетей: санузелы, противопожарные элементы, элементы вентиляции и прочее, на основе созданных помещений.

Шестой этап: согласно планам всех этажей определяются вручную точки подключения сетей, это входные данные для следующей генерации к выходным данным, элементами систем расположенным по всем этажам вдоль конструкций по кратчайшему пути.

Седьмой этап – это проверка на ошибки в сооружении и их корректировка.

Восьмой этап: Создание листов с заранее маркированными по системе элементами в трех проекциях и заданному количеству детализированных узлов и разрезов. Наложение авто расставления размеров – применение к каждому виду проекции размеров и маркировки на основе нейронной сети. Корректировка ручным трудом. Составление сметной документации согласно формам регламента.

Данную систему можно применить и к балочным мостам с контракцией из сборных элементов. Входными данными являются: Геодезическое расположение, генеральный план, геологические изыскания и сведения о соединяемых дорогах. Алгоритмы машинного обучения могут быть применены лишь в решении задачи для определения несущего грунта основания свай, все оставшееся решается с помощью алгоритмизации на основе внешних данных, длины сборного элемента, ширины моста, длины моста. Монолитные элементы выбираются после утверждения сборных, позже происходит полный пересечёт и решение задачи оптимизации. Далее на основе готовой модели, состоящей из элементов, добавляем 8 этап.

Данная концепция систем является разрабатываемой в данный момент. Создание практически полной автоматизированной системы возможно, однако это потребует просчета большого количества ситуаций, а разработка полного комплекса займет много времени, но это большой шаг к новым направлениям в проектировании без участия человека.

#### Литература

1. Anna Doroshenko Applying Artificial Neural Networks In Construction – E3S Web of Conferences – 2020 – 4 с.