

Измерения непрерывного занятия и музыкальная нейронная активность обучения музыкального произведения

Комил Бурунович Холиков
Туркистанский инновационный университет

Аннотация: Непрерывное образование - это процесс роста образовательного потенциала личности в течение всей жизни на основе использования системы государственных и общественных институтов и в соответствии с потребностями личности и общества. Необходимость непрерывного образования обусловлена прогрессом науки и техники, широким применением инновационных технологий. Предпринимается попытка осмыслить последние достижения в такой области нейронауки, как нейроэстетика, которая анализирует природу музыки и музыкального творчества с учетом призму онтогенетических свойств человеческого мозга.

Ключевые слова: непрерывное образование, непрерывное занятие, природа музыки, процесс роста музыкального потенциала, личность и общества, прогресс науки и техники, инновационная технология

Measurements of continuous occupation and musical neural activity in learning a musical piece

Komil Buronovich Kholikov
Turkistan Innovative University

Abstract: Continuous education is a process of growth of the educational potential of the individual throughout life based on the use of the system of state and public institutions and in accordance with the needs of the individual and society. The need for continuous education is due to the progress of science and technology, the widespread use of innovative technologies. An attempt is made to comprehend the latest achievements in such a field of neuroscience as neuroaesthetics, which analyzes the nature of music and musical creativity, taking into account the ontogenetic properties of the human brain.

Keywords: continuous education, continuous occupation, nature of music, process of growth of musical potential, individual and society, progress of science and technology, innovative technology

Основа начального обучения игре на фортепиано - это воспитание в учащихся любви к музыке, внимательного отношения к звукам, мелодическим линиям, отзывчивости на музыкальные впечатления. С первых уроков необходимо развивать в учениках способность понимать выразительность музыки, умение вслушиваться в звучание и добиваться правильной фразировки мелодии. Поэтому первые занятия с учеником должны быть посвящены пению простейших мелодий со словами, затем подбор по слуху их на фортепиано и постепенному объяснению правил изображения звуков на нотной бумаге. Попутно педагог должен познакомить ученика с клавиатурой, названием клавиш и основами музыкальной грамоты. В период начального обучения большое значение имеет процесс постановки и организации пианистического аппарата, а также овладение основными (первоначальными) навыками и приемами фортепианной игры. Для этого предлагаются специальные упражнения, основанные на естественных природных движениях при свободе игрового аппарата. Данные упражнения направлены не только на развитие технических навыков звукоизвлечения, но и на развитие музыкального слуха (мелодического, полифонического и гармонического). Упражнения выстроены в последовательную систему для лучшего осмысления и освоения игровых навыков. При разучивании упражнений преподаватель должен постоянно следить за свободой в руках, не допускать напряжения, приучать ученика слушать себя, сохраняя позицию пальцев, кисти и всей руки в целом. Прежде чем посадить ученика за инструмент, преподаватель должен объяснить ему, что значит «свободные» руки, и предложить ему простое физическое упражнение: стоя поднять руки вверх, а затем быстро опустить их вниз (как бы «бросить»). При полной свободе руки «висят» на плечах, какое-то время будут раскачиваться и наконец остановятся: самое время дать ученику почувствовать вес всей руки от плеча до пальцев. После того, как ученик сделал это упражнение стоя и почувствовал самостоятельную свободу рук, необходимо научить ученика правильно сидеть за фортепиано. Высота сидения зависит от его роста, и поэтому для малышей часто используют подставку, на которую сажают ученика, и скамейку под ноги для хорошей опоры. Расстояние между корпусом и вертикальной плоскостью фортепиано определяется вытянутыми руками со сжатыми в кулак пальцами. При правильной посадке корпус должен быть прямым, локти не висят и не прижаты к туловищу, а немного раздвинуты в стороны на уровне клавиатуры и даже чуть выше.

А теперь проследим за всеми подробностями постановки рук, вначале на крышке фортепиано. Предложим ученику опустить руки вниз и представить, как будто руки опущены в воду, при этом отвести локти немного в стороны и медленно поднимать их «из воды», посмотреть, как руки повисли над крышкой

с опущенными кистями и пальцами, представить, как с пальчиков стекают капельки; а потом попросим ученика не спеша выпрямить запястье, и при условии свободных рук пальчики сами собой будут сгибаться в суставах и примут округлую форму, между ними образуются небольшие расстояния. Таким образом, путем естественных природных движений сформировалась правильная позиция рук, которые теперь уже можно опустить, пока еще на крышку инструмента. Иногда дети при чрезмерном старании напрягаются и искусственно смыкают пальцы друг с другом, что свидетельствует о внутренней психологической скованности ученика, которая препятствует естественным движениям. После освоения подготовительных двигательных навыков переходим к использованию их при звукоизвлечении, т.е. нажатии пальцем на клавишу. Чтобы закрепить подобные навыки, необходимы упражнения. Начальное игровое упражнение не составляет трудности, это звукоряд, построенный вверх и вниз от «до» первой октавы и до «до» второй октавы.

Существует несколько различных видов нейронных сетей, которые можно рассматривать в качестве модели: нейросети прямого распространения, рекуррентные нейросети и нейросети с долгой краткосрочной памятью.

Нейроны являются базовыми абстрактными элементами, которые объединяются для формирования нейронных сетей. По существу, нейрон представляет собой функцию, которая принимает на входе данные и выдает на выходе результат.

Слои из нейронов, принимающие на входе одинаковые данные и имеющие соединенные выходы, могут быть объединены для построения нейросети с прямым распространением. Такие нейросети демонстрируют высокие результаты вследствие композиции нелинейных функций активации при прохождении данных через несколько слоев (так называемое глубокое обучение).

Нейронная сеть прямого распространения демонстрирует хорошие результаты в широком спектре приложений. Однако такая нейросеть имеет один недостаток, не позволяющий использовать ее в задаче, связанной с музыкальной композицией (предсказанием последовательности): она имеет фиксированную размерность входных данных, а музыкальные произведения могут иметь различную длину. Кроме того, *нейросети прямого* распространения не учитывают входные данные с предыдущих временных шагов, что делает их не слишком полезными для решения задачи предсказания последовательности! Для этой задачи лучше подходит модель, которая называется рекуррентной нейронной сетью.

Рекуррентные нейросети решают обе эти проблемы за счет введения связей между скрытыми узлами: при этом на следующем временном шаге узлы могут получить информацию о данных на предыдущем временном шаге.

Рекуррентные нейросети, имеющие дело с большими входными последовательностями, сталкиваются с так называемой проблемой исчезающего градиента: это означает, что влияние со стороны более ранних временных шагов быстро исчезает. Данная проблема характерна для задачи музыкальной композиции, поскольку в музыкальных произведениях существуют важные долговременные зависимости, которые необходимо учитывать.

Для решения проблемы исчезающего градиента может использоваться модификация рекуррентной сети, которая называется нейронной сетью с долгой краткосрочной памятью. Данная проблема решается с помощью введения ячеек памяти, которые тщательно контролируются тремя типами «вентилей».

Музыка является очень сложной формой искусства и включает в себя различные размерности: высоту звуков, ритм, темп, динамические оттенки, артикуляцию и прочее. Для упрощения музыки в целях данного проекта *рассматриваются только высота и продолжительность звуков*. Более того, все хоралы были *транспонированы* в тональность до мажор (C major) или ля минор (A minor), а длительности нот были *отквантованы по времени* (округлены) до ближайшего значения, кратного шестнадцатой ноте. Данные действия были предприняты для уменьшения сложности композиций и повышения производительности сети, при этом базовое содержание музыки осталось неизменным.

Как можно видеть на рисунке сверху, транспозиция исходной тональности хоралов в тональность до мажор (C major) или ля минор (A minor) значительно повлияла на класс нот, используемых в собрании сочинений. В частности, увеличилось число вхождений для нот в тональностях до мажор (C major) и ля минор (A minor) (C, D, E, F, G, A, B). Также можно наблюдать небольшие пики для нот F# и G# из-за их присутствия в восходящей последовательности мелодического ля минора (A, B, C, D, E, F# и G#). С другой стороны, квантование по времени оказало значительно меньший эффект. Это можно объяснить высоким разрешением квантования (аналогично округлению до множества значимых цифр).

После того, как данные прошли предварительную обработку, необходимо закодировать хоралы в формат, который может быть легко обработан с помощью рекуррентной нейросети.

Требуемый формат является последовательностью токенов. Для проекта VachBot было выбрано кодирование на уровне нот (каждый токен представляет собой ноту) вместо уровня аккордов (каждый токен представляет собой аккорд).

Такое решение сократило размер словаря со 128^4 возможных аккордов до 128 возможных нот, что позволило повысить эффективность работы.

Для проекта VachBot была создана оригинальная схема кодирования музыкальных композиций. Хорал разбивается на временные шаги, соответствующие шестнадцатым нотам. Данные шаги называются кадрами. Каждый кадр содержит последовательность кортежей, представляющих собой значение высоты ноты в формате цифрового интерфейса музыкальных инструментов (MIDI) и признак привязки данной ноты к предыдущей ноте такой же высоты (нота, признак привязки). Ноты в пределах кадра нумеруются в нисходящем порядке по высоте (сопрано → альт → тенор → бас). Каждый кадр также может иметь фермату, обозначающую конец фразы; фермата представлена символом точки (.) над нотой.

Символы начинать и конец добавляются в начало и конец каждого хорала. Данные символы вызывают инициализацию модели и позволяют пользователю определить момент окончания композиции.

В режиме композиции модель инициализируется с помощью токена *START*, после чего выбирает следующий наиболее вероятный токен для следования по нему. После этого модель продолжает выбирать следующий наиболее вероятный токен с помощью предыдущей ноты и предыдущего скрытого состояния до тех пор, пока не будет сгенерирован токен *END*. В системе присутствуют температурные элементы, добавляющие некоторую степень случайности, чтобы не допустить со стороны VachBot сочинения той же самой пьесы снова и снова.

При обучении модели для предсказания, обычно существует некоторая функция, которая должна быть минимизирована (называемая функцией потерь). Данная функция описывает разницу между предсказанием модели и свойством *ground truth*. VachBot минимизирует потерю перекрестной энтропии между предсказанным распределением (x_{t+1}) и фактическим распределением целевой функции. Использование перекрестной энтропии в качестве функции потерь — хорошая отправная точка для широкого диапазона задач, однако в некоторых случаях вы можете использовать свою собственную функцию потерь. Другой допустимый подход заключается в попытке использования различных функций потерь и применении той модели, которая минимизирует фактическую потерю в ходе проверки.

Метод нормализованного усеечения градиента устраняет проблему неуправляемого роста значения градиента (обратную проблеме исчезающего градиента, которая была решена с помощью использования архитектуры ячеек LSTM-памяти). При использовании данной техники значения градиента, превышающие определенный порог, усекаются или масштабируются. *Метод исключения* представляет собой технику, при которой некоторые

нейроны, *выбранные случайным образом*, отключаются (исключаются) во время обучения сети. Это позволяет избежать сверхподгонки и повысить качество обобщения. Проблема сверхподгонки возникает в том случае, когда модель становится оптимизированной для обучающего набора данных и в меньшей степени применимой для образцов за пределами этого набора. Метод исключения зачастую ухудшает потерю при выполнении обучения, однако улучшает ее на этапе проверки (подробнее об этом ниже).

Графики потери в ходе обучения и на этапе проверки также могут проиллюстрировать влияние каждого гиперпараметра. Особый интерес для нас представляет вероятность исключения нейронов.

Метод исключения действительно позволяет избежать возникновения сверхподгонки. Хотя при значении вероятности исключения в 0,0 потеря в ходе обучения минимальна, на этапе проверки потеря имеет максимальное значение. Большие значения вероятности приводят к увеличению потерь в ходе обучения и уменьшению потерь на этапе проверки.

При работе с гармонизацией модели предоставляется заранее заданная мелодия (обычно это партия сопрано), а модель после этого должна сочинить музыку для остальных частей. Для выполнения этой задачи используется жадный поиск «лучший-первый» с ограничением на то, что ноты мелодии являются фиксированными. Жадные алгоритмы задействуют принятие решений, которые являются оптимальными с локальной точки зрения.

Допустим, что x_t представляют собой токены в предлагаемой гармонизации. На временном шаге t , если нота соответствует мелодии, то x_t равно данной ноте. В противном случае x_t равно наиболее вероятной следующей ноте в соответствии с предсказаниями модели.

При использовании лучевого поиска проверяются различные линии движения. Например, вместо использования только одной, наиболее вероятной ноты, что делается в настоящий момент, могут рассматриваться четыре или пять наиболее вероятных нот, после чего алгоритм продолжает свою работу с каждой из этих нот. Рассмотрение различных вариантов может помочь модели *восстановиться после появления ошибок*. Лучевой поиск обычно используется в приложениях для обработки естественного языка для создания предложений. Мелодии, смодулированные с помощью эмоций, теперь могут быть пропущены через такую модель гармонизации для их завершения.

Использованная литература

1. К.Б. Холиков. Особенность взаимосвязанности между преподавателем и учащимся ракурса музыки в различных образовательных учреждениях: детском саду, школе, вузе. Science and Education 4 (2), 1055-1062.

2. К.Б. Холиков. Математический подход к построению музыки разные условия модели построения. *Science and Education* 4 (2), 1063-1068.
3. К.Б. Холиков. Эволюция эстетики в условиях прогрессивной модели музыкальной культуры, из опыта работы КБ Холикова 30 школы г. Бухары Республики Узбекистан. *Science and Education* 4 (3), 491-496.
4. К.Б. Холиков. Психолого-социальная подготовка студентов. Социальный педагог в школе: методы работы. *Science and Education* 4 (3), 545-551.
5. К.Б. Холиков. Передовые формы организации педагогического процесса обучения по специальности музыкальной культуры. *Science and Education* 4 (3), 519-524.
6. К.Б. Холиков. Нарастание педагогического процесса посредством тестирования на материале предмета в рамках специальности музыкальной культуры. *Science and Education* 4 (3), 505-511.
7. К.Б. Холиков. Своеобразие психологической рекомендации в вузе по сфере музыкальной культуры. *Science and Education* 4 (4), 921-927.
8. К.Б. Холиков. Проблемы автоматизированного сбора информации по анализу музыки, гармонию, контрапункта и совокупность аккордов. *Scientific progress* 2 (4), 361-369.
9. К.Б. Холиков. Тенденции строгой и детальной фиксации в музыке. *Scientific progress* 2 (4), 380-385.
10. К.Б. Холиков. Новые языковые тенденции музыкального образования в пении хорового коллектива. *Scientific progress*. 2 (№3), pp. 1025-1031.
11. К.Б. Холиков. Специальный барьер для заключительного этапа каденции как процесс музыкально-технической обработки произведения. *Science and Education* 2 (12), 710-717.
12. К.Б. Холиков. Природа отношений, регулируемых инструментом возбуждения музыкальных эмоций при коллективном пении. *Scientific progress*. 2 (№ 3), pp. 1032-1037.
13. К.Б. Холиков. Структура физических упражнений на уроках музыки. *Scientific progress*. 2 (№ 3), pp. 1060-1067.
14. К.Б. Холиков. Некоторые задачи, сводимые к вокальным управлениям голоса, при кантрапунктной музыке. *Scientific progress*. 2 (№3), pp. 697-704.
15. К.Б. Холиков. Обучение хоровому пению в рамках кружковой деятельности. *Scientific progress*. 2 (№3), pp. 715-721.
16. К.Б. Холиков. Актуальные задачи высшего профессионального образования и стратегии обучения по направлениям музыки и музыкальное образование. *Science and Education* 2 (11), 1039-1045.

17. К.Б. Холиков. Обширные знания в области музыкальных наук Узбекистана и порядка функционального взаимодействия в сфере музыки. *Scientific progress* 2 (6), 940-945.

18. К.Б. Холиков. Воспитание эстетического вкуса, исполнительской и слушательской культуры. *Science and Education* 3 (2), 1181-1187.

19. К.Б. Холиков. Пение по нотам с сопровождением и без него по классу сольфеджио в высших учебных заведениях. *Science and Education* 3 (5), 1326-1331.

20. К.Б. Холиков. Строительство уникальных знаний и сооружений по музыке в высшей, учебных заведениях. *Scientific progress* 2 (6), 958-963.

21. К.Б. Холиков. Отличие музыкальной культуры от музыкального искусства в контексте эстетика. *Science and Education* 3 (5), 1562-1569.

22. К.Б. Холиков. Место творческой составляющей личности преподавателя музыки и её роль в обучении детей общеобразовательной школе. *Science and education* 3 (8), 145-150.

23. К.Б. Холиков. Диезлы мажор ва минор тоналлигини аниқлашнинг оптимал усуллари. *Science and Education* 3 (9), 416-421.

24. К.Б. Холиков. Проблема бытия традиционной музыки Узбекистана. *Science and Education* 3 (5), 1570-1576.

25. К.Б. Холиков. Проблематика музыкальной эстетики как фактическая сторона повествования. *Science and Education* 3 (5), 1556-1561.

26. К.Б. Холиков. Бемолли мажор ва минор тоналлигини аниқлашнинг оптимал усуллари ва креативлиги. *Science and Education* 3 (10), 533-539.

27. К.Б. Холиков. Теоретические основы определения механических свойств музыкальных и шумовых звуков при динамических воздействиях. *Science and Education* 3 (4), 453-458.

28. К.Б. Холиков. Детальный анализ музыкального произведения. *Science and Education* 4 (2), 1069-1075.

29. К.Б. Холиков. Локально-одномерные размеры, основа динамично развитого произведения музыки. *Science and Education* 3 (11), 1007-1014.

30. К.Б. Холиков. Перенос энергии основного голоса к другим голосам многоголосной музыки. *Science and Education* 3 (12), 607-612.