

Исследование влияния концертной деятельности композитора на развитие культурных связей на основе визуального анализа и машинного обучения

З.Н. Князь^{1,А}, С.Ю. Данилов^{2,В}

^А ФГБОУ ВО РАМ им. Гнесиных, Москва

^В Московский физико-технический институт (государственный университет),
Москва, Россия

¹ ORCID: 0000-0001-6738-1539, art.vivus@gmail.com

² ORCID: 0000-0003-1346-1685, danilov@gosnias.ru

Аннотация

Концепт «диалога культур» является важным элементом для осмысления культуры и построения теоретических моделей взаимного влияния музыкальных школ различных стран. В произведениях в жанре оперы благодаря сочетанию литературного, драматического и музыкального искусства находят отражение исторические процессы, происходящие в социальной, политической и культурной жизни страны. Традиционные способы изучения творчества и взаимного влияния композиторов различных стран включают систематизацию, каталогизацию и хронологизацию данных о различных сторонах творческой деятельности, которые, в большинстве своём, представлены в форме описаний, хронологических списков, таблиц. Такая форма представления данных затрудняет целостность восприятия феномена «диалога культур». В данной работе рассматриваются возможности визуализации и машинного обучения для таких данных для улучшения понимания общей картины явления и выявления неявных закономерностей и тенденций.

Ключевые слова: Визуализация, методы машинного обучения, визуальная аналитика, культурные связи, оперный театр, диалог культур Россия-Франция.

1. Введение

Анализ диалога культур различных стран, идущего в таких областях искусства, как литература и театр, архитектура и живопись, музыка и танец позволяет лучше понять процессы, происходящие в обществе, определить истоки появления и пути распространения новых форм и течений в мировой культуре. Поиск, систематизация и изучение исторических данных о межкультурном обмене являются основой для понимания скрытых каналов взаимовлияния культур.

Концепт «диалога культур» является важным элементом для осмысления культуры и построения теоретических моделей взаимного влияния музыкальных школ различных стран. В произведениях в жанре оперы благодаря сочетанию литературного, драматического и музыкального искусства находят отражение исторические процессы, происходящие в социальной, политической и культурной жизни страны. Это обуславливает актуальность развития методов анализа скрытых каналов межкультурного диалога для выявления основных этапов развития русского и зарубежного оперного театра.

Традиционные способы изучения творчества и взаимного влияния композиторов различных стран включают систематизацию, каталогизацию и хронологизацию данных о различных сторонах творческой деятельности, которые, в большинстве своём,

представлены в форме описаний, хронологических списков, таблиц. В данной работе рассматриваются возможности визуализации таких данных для улучшения понимания общей картины явления и выявления неявных закономерностей и тенденций.

Анализ развития во времени репертуара театров и концертных залов представляет актуальную задачу при исследовании отечественной и зарубежной музыки. Концертные туры композиторов во многом способствуют популяризации их произведений в новом географическом регионе. В статье рассматривается влияние числа концертных туров композитора на частоту появления его произведений в репертуаре музыкальных театров и концертных залов данной страны. Для решения данной задачи используется геопространственная визуализация и методы машинного обучения [1, 2].

Феномен влияния концертных туров композитора на популярность его музыки рассматривается на примере концертной деятельности русских и французских композиторов в период 1870–1920 год. Выбранные для исследования географические и временные рамки обусловлены наличием большого числа биографических данных и архивных материалов, представляющих фактологическую базу для исследований.

В настоящее время основным методом исследования концертной деятельности музыкантов и композиторов является исследование биографических и архивных документов, представленных в текстовой форме и в виде таблиц. Вместе с тем современные геоинформационные системы и методы компьютерной визуализации представляют новые измерения для анализа имеющейся фактологической базы. Географические тепловые карты (фоновые картограммы) представляют способ визуализации числовых данных, имеющих географическую привязку, на которой цветами разной степени насыщенности изображают интенсивность какого-либо показателя в пределах территориальной единицы.

В данной работе рассматривается новый способ визуализации концертных туров композиторов на основе фоновых картограмм. Основными научными результатами являются:

- собранный и систематизированный набор данных о путешествиях 2 французских и 1 русского композитора в период с 1870 по 1920 год;
- модифицированный метод визуализации концертных туров композиторов на основе фоновых картограмм и графов;
- модифицированная архитектура рекуррентной нейронной сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) для моделирования взаимосвязи между концертной деятельностью композитора и развитием репертуара музыкальных театров рассматриваемого территориального региона.

2. Обзор работ в данной области

Полученные научные результаты основываются на исследованиях в трёх различных областях. К первой области относятся исследования концертной деятельности и путешествий композиторов. Вторая область затрагивает проблемы научной визуализации в части наглядного представления геопространственных данных. Третья область относится к задачам машинного обучения и глубоким свёрточным нейронным сетям для анализа последовательности событий. В данном разделе рассматриваются наиболее важные научные результаты в данных областях, послужившие отправной точкой для исследований.

2.1 Исследования концертной деятельности и путешествий композиторов

Анализ концертной деятельности композиторов представляет собой одну из частных задач для исследований в области истории музыки. После окончания рассматриваемого в данной статье временного интервала прошло примерно 100 лет. За этот период исследователями музыковедами было выпущено значительное число работ, посвящён-

ных рассматриваемым композиторами. К наиболее полным и достоверным источникам биографических данных Камиля Сен-Санса (1835–1921) можно отнести биографию отечественного музыковеда Юлия Кремлёва [3], труды французских исследователей наследия великого композитора [4, 5]. В работах французского музыковеда Мари-Габриэль Соре собрано и систематизировано литературное и эпистолярное наследие композитора. При этом письма композитора, отправленные им во время путешествий, могут рассматриваться как источник данных о местоположении композитора и посещённых городах. Маршруты путешествий Сен-Санса исследованы в книге французского музыковеда Стефана Летера [5].

Жизнь, творчество и путешествия французского композитора Жюль Массне (1842–1912) рассмотрены в монографии Юлиа Кремлёва [6], а также в монографиях и статьях зарубежных исследователей [7, 8, 9, 10].

Вклад Петра Ильича Чайковского в развитие музыкального театра обширен. Исследование музыкального наследия великого композитора нашли отражение в обширном корпусе публикаций отечественных [11] и зарубежных музыковедов [12, 13], подробный обзор которого выходит за рамки данного исследования. В работе отечественного музыковеда Арнольда Альшванга [11] рассмотрены основные этапы творческого пути композитора и приведена краткая справочная информация о маршрутах его путешествий.

Появление средств компьютерной обработки и анализа данных сделало возможным применение этих данных и в области гуманитарных наук, и, в частности, в музыковедении [14, 15]. Однако, большинство исследований относятся к анализу современного периода, кластеризации данных и установлению связей между кластерами, но не ставят задач выявления факторов творческого развития и взаимовлияния.

2.2 Фоновые картограммы

Вопросы наглядного представления географических данных активно исследовались научным сообществом задолго до появления цифровых геоинформационных систем (ГИС) [16, 17]. Одним из наиболее наглядных способов визуализации статистических географических данных являются фоновые картограммы (тепловые карты, хороплет карты), впервые предложенные в 1819 г. французским математиком Шарлем Дюпеном [18].

Фоновая картограмма показывает интенсивность какой-либо величины в пределах рассматриваемых территориальных границ. Подробный обзор существующих разновидностей фоновых картограмм приведён в работе [19]. В течение последних 10 лет фоновые картограммы успешно применяются для визуализации и анализа статических данных в различных задачах, таких как выбор оптимальных областей контроля линий электропередач [20], отображение доверительных интервалов при визуализации статистических данных на карте [21], визуализация удовлетворённости качеством жизни [22] и многих других.

В данной статье фоновые картограммы используются для визуализации числа посещений композиторами различных стран и частоты постановок произведений композитора в рассматриваемых городах.

2.3 Рекуррентные нейронные сети с долгой краткосрочной памятью

Построение эффективных моделей для предсказания класса или показателя по последовательности событий долгое время представляло собой сложную задачу для специалистов в области машинного обучения. Одной из наиболее эффективных архитектур нейронных сетей для анализа последовательностей являются рекуррентные нейронные сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) [1]. Основой сетей с долгой краткосрочной памятью являются замкнутые обратные связи, обеспечивающие эффек-

тивное обратное распространение ошибки при обучении сети [2]. Эффективность работы сетей с долгой краткосрочной памятью значительно выросла после добавления управляемого весового коэффициента и вентиля, регулирующего работы обратной связи в зависимости от текущего входа сети [23].

Сети с долгой краткосрочной памятью эффективно использовались в задачах распознавания рукописного текста [24], распознавания речи [25, 26], машинного перевода [27] и многих других. В данной статье рассматривается гипотеза о том, что рекуррентные нейронные сети с долгой краткосрочной памятью могут использоваться для предсказания ожидаемого числа постановок в заданном городе на основе числа визитов композитора в данный город. Рассматриваемый подход, с одной стороны, позволяет получить гибкую модель для прогнозирования ожидаемого эффекта по последовательности дат визитов. С другой стороны, финальную ошибку обучения сети можно рассматривать как меру степени взаимной связи между посещениями композитором какого-либо города и популярности его музыкальных произведений в данном городе.

3. Сбор и визуализация данных

Анализ в области диалога культур во многом основывается на чувственном восприятии исследователя и, вследствие этого не может не носить субъективный характер. Вместе с тем, новые методы анализа данных, такие как методы машинного обучения, дают возможность строить модели, которые выделяют скрытые объективные закономерности, присущие рассматриваемому явлению. При этом визуализация собранных данных (таблиц, каталогов, хронологических списков) позволяет исследователю музыковеду увидеть новые стороны рассматриваемого процесса, недоступные для анализа при работе с текстовыми источниками.

В данном разделе последовательно рассмотрены три этапа предложенного подхода к анализу концертной деятельности и путешествий композитора. Первый этап включает сборы, систематизацию фактов и их представление в виде базы данных. На втором этапе производится визуализация собранных данных в виде фоновых картограмм. На третьем этапе производится построение нейросетевой модели влияния концертной деятельности композитора на развитие культурных связей.

3.1 Сбор данных

Материалами для исследования методами визуального анализа служат биографии французских композиторов — Камиля Сен-Санса и Шарля Массне, — а также биография Петра Ильича Чайковского. Собраны и систематизированы по датам, городам и странам маршруты путешествий композиторов. В качестве источников использовались труды отечественных и зарубежных музыковедов [3, 4, 5, 6, 10, 11, 13] а также архивные материалы, собранные автором в Библиотеках Парижа, Цюриха, Праги и Москвы. Отдельным аспектом исследования являлось уточнение исторических и современных названий городов, их соотнесение с историческими границами стран на рассматриваемый период. Исходными данными для построения исторических границ государств на конец XIX — начало XX века являлись файлы в формате Shapfile, публикуемые проектом Thinkquest [28].

На основе собранных данных с использованием библиотеки GeoPandas [29] составлена реляционная база данных, включающая табличное представление путешествий трёх композиторов в период с 1870 по 1920 год, а также геоинформационные данные, описывающие границы стран мира на рассматриваемый период и координаты мировых городов. Фрагмент собранной таблицы для Камиля Сен-Санса приведён в таблице 1. Полный объём таблицы составляет 345 строк и занимает 6 страниц. Очевидно, что анализ маршрутов путешествий композиторов по данным, представленным в табличной форме, представляется затруднительным. Это обуславливает необходимость при-

менения методов визуализации для рассмотрения имеющихся данных в новых ракурсах.

Таблица 1. Фрагмент таблицы, описывающей путешествие Шарля Камиля Сен-Санса.

№	Год	Страна	Город
0	1870	Германия	Веймар
1	1870	Франция	Париж
2	1871	Великобритания	Лондон
3	1871	Франция	Париж
4	1872	Франция	Париж
5	1873	Франция	Париж
6	1873	Французский Алжир	Пуант-Сент-Эжен (около Алжира)
7	1874	Франция	Париж
8	1875	Франция	Париж
9	1875	Российская Империя	Санкт-Петербург
10	1875	Российская Империя	Москва
11	1876	Франция	Париж
12	1876	Франция	Лион
13	1876	Австрия	Вена
14	1876	Франция	Париж
15	1876	Великобритания	Лондон
16	1876	Франция	Дьеп
17	1876	Германия	Байройт
18	1877	Франция	Париж
19	1877	Бельгия	Антверпен
20	1877	Англия	Лондон
21	1877	Германия	Лейпциг
22	1877	Германия	Веймар
23	1878	Бельгия	Брюссель
24	1878	Франция	Париж
25	1878	Бельгия	Брюссель
26	1878	Швейцария	Берн
27	1878	Бельгия	Брюссель
28	1878	Бельгия	Льеж

3.2 Построение фоновых картограмм

Визуализация географических статистических данных с использованием тепловых карт и графов путешествий производится на основе архивных концертных программ и эпистолярных источников. Для построения фоновых картограмм использованы библиотеки GeoPandas [29] и Geoplot [30]. Целью построения фоновых картограмм являлась визуализация двух показателей: частоты посещения композитором различных стран и частоты посещения городов. Для получения данных статистических показателей были произведены два запроса к созданной базе данных, предоставившие записи сгруппированные, по странам и городам соответственно. На основе сформированных запросов были построены фоновые картограммы в проекции Меркатора. Примеры полученных картограмм для истории путешествий Шарля Камиля Сен-Санса показаны на рисунке 1. Цветовая шкала от синего к жёлтому передаёт количество посещений страны, а размер маркера – количество посещений города. Фоновые картограммы,

отображающие путешествия Жюль Массне и Петра Ильича Чайковского приведены на рисунке 2.

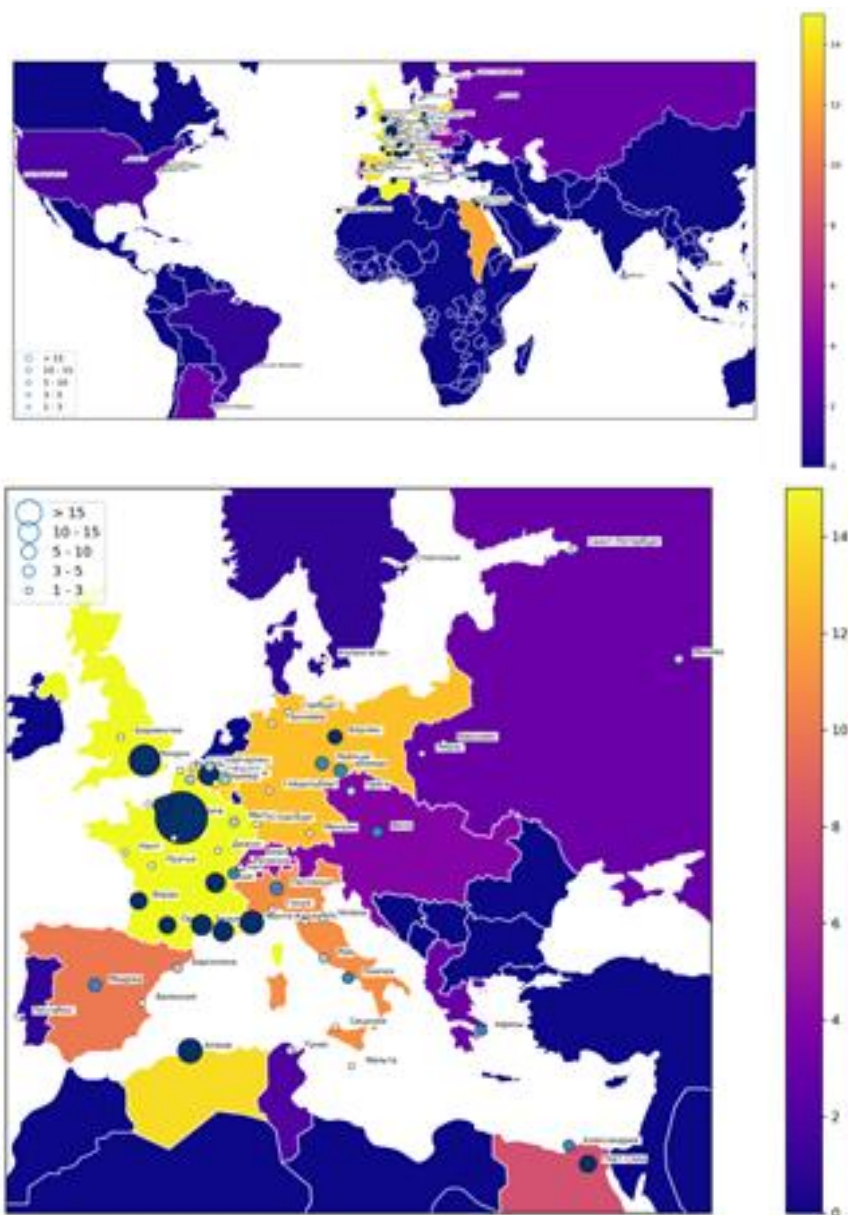


Рисунок 1: Количество визитов Камиля Сен-Санса в различные страны за период с 1870 по 1920 год. Путешествия по миру (слева), путешествия по территории Европы, Африки и стран Ближнего востока (справа). Цветовая шкала от синего к жёлтому передаёт количество посещений страны, а размер маркера – количество посещений города.

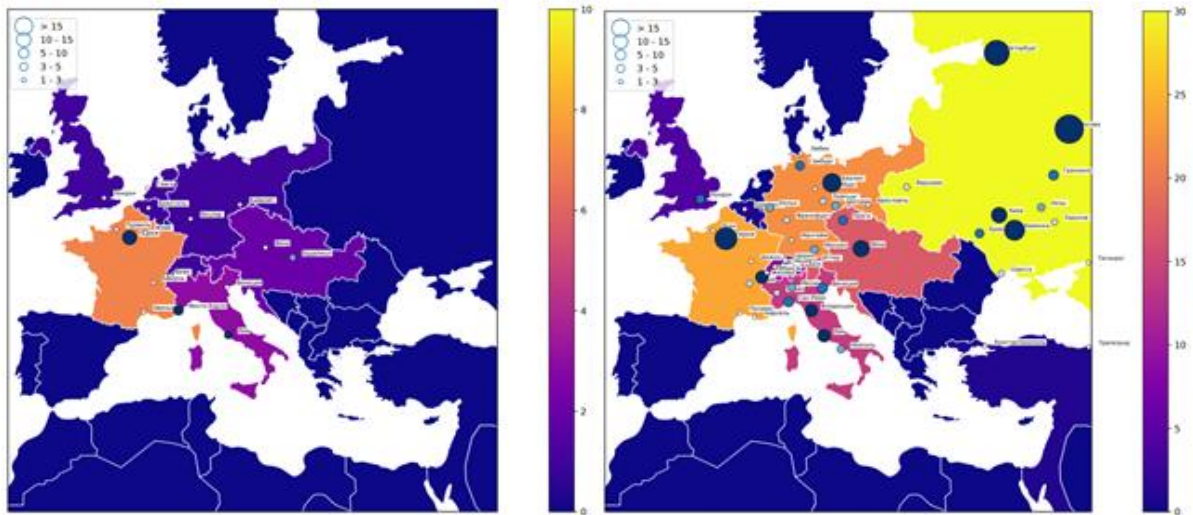


Рисунок 2: Количество визитов Жюля Массне (слева) и Петра Ильича Чайковского (справа) в европейские страны за период с 1870 по 1920 год.

Для визуализации взаимосвязи между числом визитов композитора в город и числом постановок его произведений в данном географическом регионе возможно совместить два вида визуализации: отображение интенсивности показателя с помощью фоновой картограммы и на основе размера маркера. Для формирования областей культурного влияния различных городов произведено разбиение территории стран на основе диаграммы Вороного. Данное представление позволило показать на одной картограмме одновременно два исследуемых показателя и наглядно представить рассматриваемую взаимосвязь. Полученные фоновые картограммы для Камилля Сен-Санса и Жюля Массне приведены на рисунке 3.

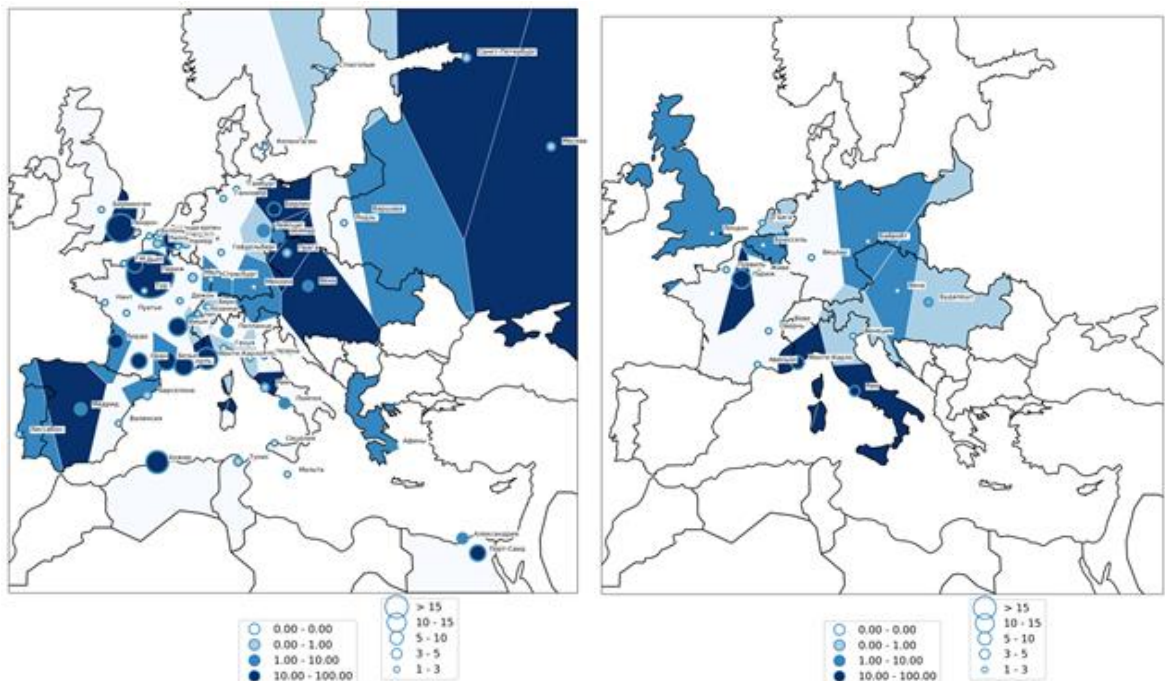


Рисунок 3: Взаимосвязь между числом визитов в город и числом постановок произведений для Камилля Сен-Санса (слева) и Жюля Массне (справа). Цветовая шкала от белого к синему передаёт число постановок, а размер маркера – количество посещений города.

Фоновая картограмма, отображающая посещения различных городов Петром Ильичом Чайковским и число постановок его произведений в данных городах, приведена на рисунке 4.

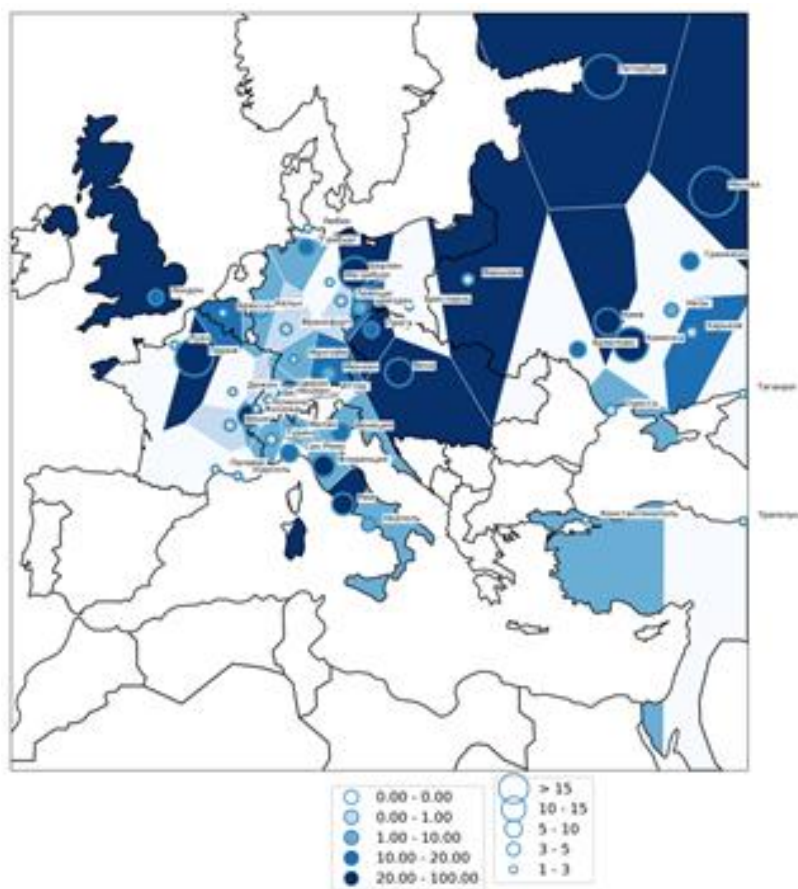


Рисунок 4: Взаимосвязь между числом визитов в город и числом постановок произведений Петра Ильича Чайковского.

3.3 Разработка архитектуры нейронной сети

Целью исследования является выявление корреляции между визитами композитора и частотой постановок его произведения в заданном географическом регионе. Анализ собранной обучающей выборки с использованием методов математической статистики показал, что в явном виде корреляция между числом визитов и числом постановок выражена достаточно слабо (таблица 1). С другой стороны, отдельные факты указывали на то, что в городах, где бывал композитор вероятность постановки выше, чем в городах, лежавших в стороне от его концертных маршрутов. Например, в 2014 году в Театре Империя в Буэнос-Айресе была осуществлена постановка оперы «Жёлтая принцесса» Камиля Сен-Санса. Композитор посетил этот город дважды в 1904 и в 1916 годах.

Была выдвинута гипотеза, согласно которой на частоту постановок произведения влияет не только общее число визитов, но и последовательность интервалов между данными визитами. Мощным инструментом исследования последовательностей данных в последнее время стали рекуррентные нейронные сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM). Данный вид нейростей успешно применяется в задачах автоматического машинного перевода, анализа видеопоследовательностей и подобных задачах. Для обучения сети сформирована обширная обучающая выборка, включающая более 300 концертных турне выбранных композиторов и более тысячи оперных постановок за рассматриваемый исторический период. Структурная схема нейронной сети с долгой краткосрочной памятью приведена на рисунке 5.

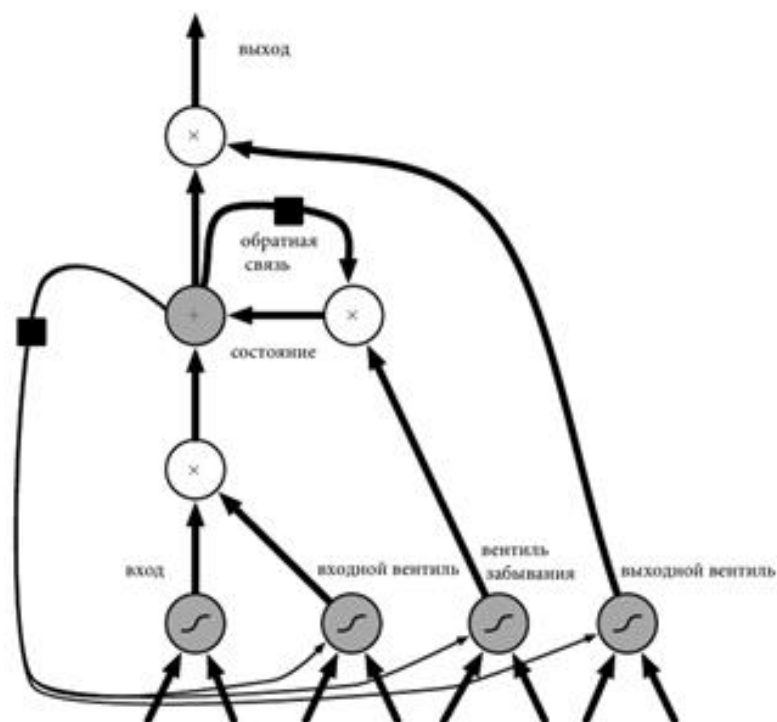


Рисунок 5: Структурная схема реализованной LSTM-сети. Чёрными квадратами обозначена задержка на один шаг работы сети.

В основе архитектуры сети лежит так называемая LSTM-ячейка, которая включает внутреннюю замкнутую обратную связь, в дополнение к внешним обратным связям рекуррентной сети. Каждая ячейка использует одинаковый набор входов и выходов, а также включает дополнительные параметры и вентили, которые управляют распространением информационного потока. Наиболее важным параметром является состояние ячейки $s_i^{(t)}$, которое охвачено замкнутой обратной связью. Данная обратная связь управляется вентилем забывания $f_i^{(t)}$, где t это шаг работы сети, а i – индекс ячейки. Вентиль забывания можно рассматривать, как весовой коэффициент состояния ячейки, который может принимать значение между 0 и 1, и на выходе имеет сигмоидальную нелинейность [2]

$$f_i^{(t)} = \sigma(b_i^f + \sum_j U_{ij}^f x_j^{(t)} + W_{ij}^f h_j^{(t-1)}), \quad (1)$$

где $x^{(t)}$ – текущее значение входного вектора, $h^{(t)}$ – текущее значение вектора скрытой переменной, содержащей значений выхода всех LSTM-ячеек, b^f, U^f, W^f – весовые коэффициенты сдвига, входа и коэффициент рекуррентной обратной связи для вентиля забывания, соответственно.

На вход разработанной модели поступает вектор, включающий даты посещения композиторов какого-либо города. На выходе сеть должна сформировать скалярное значение, соответствующее нормированной частоте постановок произведений композитора в данном городе. Разработанная архитектура была реализована в виде сценария на языке Python с использованием библиотеки машинного обучения PyTorch [31].

4. Обучение сети и анализ результатов

На основе собранных данных и их визуализации в виде фоновых картограмм произведён анализ влияния концертной деятельности композитора на развитие культурных связей. Для оценки верности прогнозов, формируемых разработанной архитектурой нейронной сети, произведено обучение сети с использованием обучающей выборки, сформированной из собранной базы данных. В данном разделе рассматривается обучение сети и анализ полученных фоновых картограмм.

4.1 Обучение сети

Обучение реализованная архитектуры сети производилось с использованием библиотеки машинного обучения PyTorch [31]. Для обучения сети собранные данные были распределены в независимые тестовую и обучающую выборки. Объём обучающей выборки составил 234 последовательности для 21 города. Тестовая выборка включает 12 последовательностей для 5 городов. Обучение сети производилось в течение тысячи эпох.

4.2 Анализ результатов

На основе собранных данных произведена визуализация 7 фоновых картограмм, показывающих частоту выступлений каждого композитора в различных географических регионах. Фоновые картограммы позволяют взглянуть на историю путешествий и концертной деятельности композитора с новой точки зрения. Представление регионов, постоянно посещаемых композитором в виде географической карты, позволяет, с одной стороны, увидеть очаги влияния культуры экзотических стран на творчество композитора, а, с другой стороны, проследить основные маршруты его концертной деятельности. Ярким примером является путешествия Камилля Сен-Санса в Алжир, являвшийся в конце XIX века французской колонией. Фоновая картограмма наглядно показывает, что наиболее часто посещаемыми Сен-Сансом странами являлись родная Франция, Великобритания и Алжир. Влияние музыкальной культуры Алжира прослеживается в творчестве композитора, который внёс значительный вклад в развитие такого музыкального направления, ориентализм.

Значительная интенсивность территории России на фоновой картограмме обусловлена посещениями Камилем Сен-Сансом Санкт-Петербурга и Москвы в 1875 и в 1887 годах. Двойной визит композитора внёс значительный вклад в развитие диалога русской и французской оперы. Партитура оперы Сен-Санса «Самсон и Далила» издаётся в Санкт-Петербурге в 1893 г. За этим последовали премьеры оперы в Москве и Санкт-Петербурге. Таким образом, анализ полученных тепловых карт подтвердил рассматриваемую гипотезу о стимулировании интереса к произведениям композитора после его концертных турне.

Обучение рекуррентной нейронной сети на собранной обучающей выборке показало хорошую сходимость выбранной модели. Тестирование на независимой части выборки подтвердило верное предсказание частоты появлений произведений композитора в репертуаре национальных оперных театров. Результаты тестирования приведены в таблице 1.

Таблица 2. Результаты тестирования нейронной сети.

Композитор	Город	Число посещений	Предсказанное число постановок	Истинное число постановок
Камиль Сен-Санс	Лондон	23	48	59
	Москва	2	21	32
	Брюссель	10	79	67
	Буэнос-Айрес	2	5	8
Жюль Массне	Лондон	1	6	12
	Монте-Карло	5	11	23
	Брюссель	1	9	18
	Рим	3	19	17
Пётр Ильич Чайковский	Париж	24	76	85
	Лондон	4	91	78
	Милан	3	50	42
	Мюнхен	3	78	61

5. Выводы

Рассмотрены возможности визуализации и машинного обучения для анализа и представления данных, характеризующих «диалог культур» России и Франции на рубеже XIX–XX веков.

Собраны и систематизированы архивные документы, относящиеся к культурному диалогу России и Франции в жанре оперного театра на рубеже XIX – XX веков. Систематизированные материалы собраны в базу данных, позволяющую составить развёрнутую картину межкультурного общения в области оперного искусства России и Франции, проводить анализ развития и взаимного влияния оперного искусства двух стран.

Предложены формы визуализации собранного материала, позволяющие составить целостную картину межкультурного общения. Разработаны средства отображения концертных турне композиторов и постановок их произведений, позволяющие наглядно представить взаимовлияние и проанализировать параллели и различия в творческих процессах русской и французской опер. Предложена методика визуального анализа взаимовлияния музыкальных направлений и их зависимость от насыщенности личных встреч и выступлений.

Выполненный визуальный анализ позволил более ясно и полно выявить объективные закономерности в процессах межкультурного обмена.

Произведённая визуализация архивных данных подтверждает феномен влияния международных турне композитора на развитие интереса к его произведениям. Полученная математическая модель на основе рекуррентной нейронной сети с долгой краткосрочной связью может быть использованы для прогнозирования развития репертуарных планов во времени.

Благодарности

Исследования были выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в соответствии с проектом №18-312-00195 мол_а.

Ссылки

[1] Hochreiter, Sepp. Long Short-Term Memory [Text] / Sepp Hochreiter, Jürgen Schmidhuber // [Neural Computation](https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735). 1997. Vol. 9, no. 8. P. 1735–1780. Access mode: <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>.

[2] Goodfellow, Ian J. Deep Learning [Text] / Ian J. Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron C. Courville. Adaptive computation and machine learning. [S. l.]: MIT Press, 2016. ISBN: [978-0-262-03561-3](https://doi.org/10.1017/9780262035613). Access mode: <http://www.deeplearningbook.org/>.

[3] Кремлёв, Ю. А. Камиль Сен-Санс [Текст] / Ю. А. Кремлёв. М : Советский композитор, 1970.

[4] Soret, Marie-Gabrielle. Camille Saint-Saëns: Écrits sur la musique et les musiciens, 1870-1921 [Text] / Marie-Gabrielle Soret. Paris : Vrin, 2012.

[5] Leteuré, Stéphane. Camille Saint-Saëns, le compositeur globe-trotter (1857-1921) [Text] / Stéphane Leteuré, Pierre Ickovicz. Paris : Actes Sud Beaux Arts, 2017.

[6] Кремлёв, Ю. А. Жюль Массне [Текст] / Ю. А. Кремлёв. М : Советский композитор, 1969.

[7] Huebner, Steven. Massenet and Wagner: Bridling the influence [Text] / Steven Huebner // Cambridge Opera Journal. 1993. Vol. 5, no. 3. P. 223–238.

[8] Irvine, Demar. Massenet: A Chronicle of His Life and Times [Text] / Demar Irvine. [S. l.] : Hal Leonard Corporation, 1997.

[9] Massenet, Anne. Jules Massenet en toutes lettres [Text] / Anne Massenet, Jules Massenet. [S. l.] : Editions de Fallois, 2001.

[10] Bonnaure, Jacques. Massenet [Text] / Jacques Bonnaure. [S. l.] : Actes sud, 2011.

[11] Алышванг, А. А. Пётр Ильич Чайковский [Текст] / А. А. Алышванг. М : Музыка, 1970.

- [12] Berlin, Isaiah. Tchaikovsky, Pushkin and Onegin [Text] / Isaiah Berlin // The Musical Times. 1980. Vol. 121, no. 1645. P. 163–168.
- [13] Brown, David. Tchaikovsky: The man and his music [Text] / David Brown. [S. l.] : Faber & Faber, 2010.
- [14] Topology and evolution of the network of western classical music composers [Text] / Doheum Park, Arram Bae, Maximilian Schich, Juyong Park // [EPJ Data Science](#). 2015. Apr. Vol. 4, no. 1. P. 2. Access mode: <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-015-0039-z>.
- [15] O'Hagan, John. [Migration and Clustering of Creative Workers: Historical Case Studies of Visual Artists and Composers](#) [Text] / John O'Hagan // Enacting Globalization: Multidisciplinary Perspectives on International Integration / Ed. by Louis Brennan. London : Palgrave Macmillan UK, 2014. P. 125–133. ISBN: [978-1-137-36194-3](#). Access mode: [https://doi.org/10.1057/9781137361943\s\do6\(1\)2](https://doi.org/10.1057/9781137361943\s\do6(1)2).
- [16] Mackay, J Ross. An analysis of isopleth and choropleth class intervals [Text] / J Ross Mackay // Economic Geography. 1955. Vol. 31, no. 1. P. 71–81.
- [17] Learmonth, ATA. A Method of Plotting Two Variables (such as Mean Incidence and Variability from Year to Year) on the same Map, using Isopleths. [Text] / ATA Learmonth, Manindra Nath Pal [et al.] // Erdkunde. 1959. Vol. 13, no. 2. P. 145–50.
- [18] Friendly, Michael. Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization [Text] / Michael Friendly, Daniel J Denis // URL <http://www.datavis.ca/milestones>. 2001. Vol. 32. P. 13.
- [19] Kelly, Brett. Review of Unclassed Choropleth Mapping [Text] / Brett Kelly // Cartographic Perspectives. 2017. no. 86. P. 30–35.
- [20] Probabilistic assessment of voltage control zones and visualization using choropleth map [Text] / Tingyan Guo, Varvara Alimisis, Jovica V Milanović, Philip C Taylor // Power-Tech, 2017 IEEE Manchester / IEEE. [S. l. : s. n.], 2017. P. 1–6.
- [21] Lucchesi, Lydia R. Visualizing uncertainty in areal data with bivariate choropleth maps, map pixelation and glyph rotation [Text] / Lydia R Lucchesi, Christopher K Wikle // Stat. 2017. Vol. 6, no. 1. P. 292–302.
- [22] An Information Visualization Application Case to Understand the World Happiness Report [Text] / Nychol Bazarro-Gomez, J Carlos Torres, Raul Gutierrez [et al.] // Iberoamerican Workshop on Human-Computer Interaction / Springer. [S. l. : s. n.], 2018. P. 44–56.
- [23] Gers, Felix A. Learning to Forget: Continual Prediction with LSTM [Text] / Felix A. Gers, Jürgen Schmidhuber, Fred A. Cummins // [Neural Computation](#). 2000. Vol. 12, no. 10. P. 2451–2471. Access mode: <https://doi.org/10.1162/089976600300015015>.
- [24] Graves, Alex. Offline Handwriting Recognition with Multidimensional Recurrent Neural Networks [Text] / Alex Graves, Jürgen Schmidhuber // Advances in Neural Information Processing Systems 21, Proceedings of the Twenty-Second Annual Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, British Columbia, Canada, December 8–11, 2008. [S. l. : s. n.], 2008. P. 545–552. Access mode: <http://papers.nips.cc/paper/3449-offline-handwriting-recognition-with-multidimensional-recurrent-neural-networks>.
- [25] Graves, Alex. Generating Sequences With Recurrent Neural Networks [Text] / Alex Graves // CoRR. 2013. Vol. abs/1308.0850. [1308.0850](#).
- [26] Graves, Alex. Towards End-To-End Speech Recognition with Recurrent Neural Networks [Text] / Alex Graves, Navdeep Jaitly // Proceedings of the 31th International Conference on Machine Learning, ICML 2014, Beijing, China, 21–26 June 2014. [S. l. : s. n.], 2014. P. 1764–1772. Access mode: <http://jmlr.org/proceedings/papers/v32/graves14.html>.
- [27] Sutskever, Ilya. Sequence to Sequence Learning with Neural Networks [Text] / Ilya Sutskever, Oriol Vinyals, Quoc V. Le // CoRR. 2014. Vol. abs/1409.3215. [1409.3215](#).
- [28] Historical GIS Data [Text]. <http://web.archive.org/web/20080207010024/>. Accessed: 2019-02-03.
- [29] GeoPandas Development Team (2019). GeoPandas Geographic Information System. [Text]. <http://geopandas.org/index.html>. Accessed: 2019-02-03.

- [30] Geoplot Development Team (2019). Geoplot Geographic Information System. [Text]. <https://residentmario.github.io/geoplot/index.html>. Accessed: 2019-02-03.
- [31] Automatic differentiation in PyTorch [Text] / Adam Paszke, Sam Gross, Soumith Chintala [et al.]. 2017.

Evaluation of the dependency between the composer's international concert tours and the development of cultural relations using scientific visualization and machine learning

Z.N. Kniaz^{1,A}, S.Yu. Danilov^{2,B}

^A Gnessin Russian Academy of Music, Moscow, Russia

^B Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT), Russia

¹ ORCID: 0000-0001-6738-1539, art.vivus@gmail.com

² ORCID: 0000-0003-1346-1685, danilov@gosnias.ru

Abstract

The conception of the “culture dialog” is crucial for a perception of foreign culture and creation of analytic models of the mutual influence of music schools of different countries. Operas reflect historical processes that occur in the social, political and cultural life of a country. Traditional approaches to research in the field of creative development and mutual influences of composers in different countries include systematization and generation of catalogs and chronographs that include information about different aspects of composer's creative activity. Most of such information is available as descriptions, chronological lists and data tables. Such data representation is not suitable for the holistic perception of the “culture dialog” phenomenon. This paper is focused on the different methods for the visualization of music history data based on scientific visualization and machine learning. The proposed methods improve the perception of a holistic perspective on the “culture dialog” phenomenon and can help to find hidden dependencies and trends.

Keywords: visualization, machine learning methods, visual analytics, cultural relations, opera theatre, Russia-France culture dialog.

References

- [1] Hochreiter, Sepp. Long Short-Term Memory [Text] / Sepp Hochreiter, Jürgen Schmidhuber // [Neural Computation](https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735). 1997. Vol. 9, no. 8. P. 1735–1780. Access mode: <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>.
- [2] Goodfellow, Ian J. Deep Learning [Text] / Ian J. Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron C. Courville. Adaptive computation and machine learning. [S. l.]: MIT Press, 2016. ISBN: [978-0-262-03561-3](https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735). Access mode: <http://www.deeplearningbook.org/>.
- [3] Kremlev, Yu. A. Kamil' Sen-Sans [Tekst] (Saint-Saëns) / Yu. A. Kremlev. M : Sovetskii kompozitor (Soviet Composer), 1970.
- [4] Soret, Marie-Gabrielle. Camille Saint-Saëns: Écrits sur la musique et les musiciens, 1870-1921 [Text] / Marie-Gabrielle Soret. Paris : Vrin, 2012.
- [5] Leteuré, Stéphane. Camille Saint-Saëns, le compositeur globe-trotter (1857-1921) [Text] / Stéphane Leteuré, Pierre Ickovicz. Paris : Actes Sud Beaux Arts, 2017.
- [6] Kremlev, Yu. A. Zhyul' Massne [Tekst] (Jules Massenet) / Yu. A. Kremlev. M : Sovetskii kompozitor (Soviet Composer), 1969.
- [7] Huebner, Steven. Massenet and Wagner: Bridling the influence [Text] / Steven Huebner // Cambridge Opera Journal. 1993. Vol. 5, no. 3. P. 223–238.
- [8] Irvine, Demar. Massenet: A Chronicle of His Life and Times [Text] / Demar Irvine. [S. l.] : Hal Leonard Corporation, 1997.
- [9] Massenet, Anne. Jules Massenet en toutes lettres [Text] / Anne Massenet, Jules Massenet. [S. l.] : Editions de Fallois, 2001.
- [10] Bonnaure, Jacques. Massenet [Text] / Jacques Bonnaure. [S. l.] : Actes sud, 2011.

- [11] Al'shvang, A. A. Pyotr Il'ich CHajkovskij [Tekst] / A. A. Al'shvang. M : Muzyka, 1970. [In Russian]
- [12] Berlin, Isaiah. Tchaikovsky, Pushkin and Onegin [Text] / Isaiah Berlin // The Musical Times. 1980. Vol. 121, no. 1645. P. 163–168.
- [13] Brown, David. Tchaikovsky: The man and his music [Text] / David Brown. [S. l.] : Faber & Faber, 2010.
- [14] Topology and evolution of the network of western classical music composers [Text] / Doheum Park, Arram Bae, Maximilian Schich, Juyong Park // [EPJ Data Science](#). 2015. Apr. Vol. 4, no. 1. P. 2. Access mode: <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-015-0039-z>.
- [15] O'Hagan, John. [Migration and Clustering of Creative Workers: Historical Case Studies of Visual Artists and Composers](#) [Text] / John O'Hagan // Enacting Globalization: Multidisciplinary Perspectives on International Integration / Ed. by Louis Brennan. London : Palgrave Macmillan UK, 2014. P. 125–133. ISBN: [978-1-137-36194-3](#). Access mode: [https://doi.org/10.1057/9781137361943/s\do6\(1\)2](https://doi.org/10.1057/9781137361943/s\do6(1)2).
- [16] Mackay, J Ross. An analysis of isopleth and choropleth class intervals [Text] / J Ross Mackay // Economic Geography. 1955. Vol. 31, no. 1. P. 71–81.
- [17] Learmonth, ATA. A Method of Plotting Two Variables (such as Mean Incidence and Variability from Year to Year) on the same Map, using Isopleths. [Text] / ATA Learmonth, Manindra Nath Pal [et al.] // Erdkunde. 1959. Vol. 13, no. 2. P. 145–50.
- [18] Friendly, Michael. Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization [Text] / Michael Friendly, Daniel J Denis // URL <http://www.datavis.ca/milestones>. 2001. Vol. 32. P. 13.
- [19] Kelly, Brett. Review of Unclassed Choropleth Mapping [Text] / Brett Kelly // Cartographic Perspectives. 2017. no. 86. P. 30–35.
- [20] Probabilistic assessment of voltage control zones and visualization using choropleth map [Text] / Tingyan Guo, Varvara Alimisis, Jovica V Milanović, Philip C Taylor // Power-Tech, 2017 IEEE Manchester / IEEE. [S. l. : s. n.], 2017. P. 1–6.
- [21] Lucchesi, Lydia R. Visualizing uncertainty in areal data with bivariate choropleth maps, map pixelation and glyph rotation [Text] / Lydia R Lucchesi, Christopher K Wikle // Stat. 2017. Vol. 6, no. 1. P. 292–302.
- [22] An Information Visualization Application Case to Understand the World Happiness Report [Text] / Nychol Bazarro-Gomez, J Carlos Torres, Raul Gutierrez [et al.] // Iberoamerican Workshop on Human-Computer Interaction / Springer. [S. l. : s. n.], 2018. P. 44–56.
- [23] Gers, Felix A. Learning to Forget: Continual Prediction with LSTM [Text] / Felix A. Gers, Jürgen Schmidhuber, Fred A. Cummins // [Neural Computation](#). 2000. Vol. 12, no. 10. P. 2451–2471. Access mode: <https://doi.org/10.1162/089976600300015015>.
- [24] Graves, Alex. Offline Handwriting Recognition with Multidimensional Recurrent Neural Networks [Text] / Alex Graves, Jürgen Schmidhuber // Advances in Neural Information Processing Systems 21, Proceedings of the Twenty-Second Annual Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, British Columbia, Canada, December 8–11, 2008. [S. l. : s. n.], 2008. P. 545–552. Access mode: <http://papers.nips.cc/paper/3449-offline-handwriting-recognition-with-multidimensional-recurrent-neural-networks>.
- [25] Graves, Alex. Generating Sequences With Recurrent Neural Networks [Text] / Alex Graves // CoRR. 2013. Vol. abs/1308.0850. [1308.0850](#).
- [26] Graves, Alex. Towards End-To-End Speech Recognition with Recurrent Neural Networks [Text] / Alex Graves, Navdeep Jaitly // Proceedings of the 31th International Conference on Machine Learning, ICML 2014, Beijing, China, 21–26 June 2014. [S. l. : s. n.], 2014. P. 1764–1772. Access mode: <http://jmlr.org/proceedings/papers/v32/graves14.html>.
- [27] Sutskever, Ilya. Sequence to Sequence Learning with Neural Networks [Text] / Ilya Sutskever, Oriol Vinyals, Quoc V. Le // CoRR. 2014. Vol. abs/1409.3215. [1409.3215](#).
- [28] Historical GIS Data [Text]. <http://web.archive.org/web/20080207010024/>. Accessed: 2019-02-03.

- [29] GeoPandas Development Team (2019). GeoPandas Geographic Information System. [Text]. <http://geopandas.org/index.html>. Accessed: 2019-02-03.
- [30] Geoplot Development Team (2019). Geoplot Geographic Information System. [Text]. <https://residentmario.github.io/geoplot/index.html>. Accessed: 2019-02-03.
- [31] Automatic differentiation in PyTorch [Text] / Adam Paszke, Sam Gross, Soumith Chintala [et al.]. 2017.