

基於 Word2Vec 詞向量的網路情緒文和流行音樂媒合方法之研究

Matching Internet Mood Essays with Pop-Music Using Word2Vec

溫品竹 Pin-Chu Wen

元智大學資訊工程學系

Department of Computer Science & Engineering

Yuan Ze University

s1026002@mail.yzu.edu.tw

蔡易霖 Yi-Lin Tsai

國立清華大學資訊系統與應用研究所

Department of Institute of Information Systems and Applications

National Tsing Hua University

s102065514@m102.nthu.edu.tw

蔡宗翰 Richard Tzong-Han Tsai*

國立中央大學資訊工程學系

Department of Computer Science and Information Engineering

National Central University

thtsai@csie.ncu.edu.tw

*corresponding author

摘要

我們觀察到很多人在網路上發表與心情有關的文章會附帶一首與文章內容有高度相關性的流行音樂。藉由流行音樂的歌詞內涵及音訊來傳達想要文章中要表達的理念及情緒。本研究藉由機器的運算能力，幫助在撰寫文章的人根據所撰寫文字的內容意義推薦出以代表該篇文章的流行音樂，讓閱讀文章的人可以根據文章中附帶的流行音樂來輔助了解到撰寫文章的人想要表達的內涵。

我們使用了類神經網路語言模型訓練工具 Word2Vec 來實作上述的研究目標，並與基礎方法 Boolean representation、TF-IDF 以及 Okapi BM25 比較效能，我們使用亞洲最大音樂串流服務商 KKBOX 從 2005 年至 2015 年的每月的 TOP-100 華語音樂排行榜作為音樂資料集，結果顯示使用 Word2Vec 的推薦效果 mAP@5 值可達到 0.3185。

實驗數據顯示，顯示若將此系統建置成一般使用者在現實情況下使用的網站或是工具，高達 81% 的使用者可以在被推薦五首歌之內得到適合文章內容的流行音樂，顯示本研究若被應用在現實生活中，將會有不錯的表現。

Abstract

Many people share their feeling or story by writing emotional article on the Internet. They also attach a pop music in their text usually. This pop music has high relation with the meaning of the story. As the passed research show that people share their feeling through music all the time. This research use powerful computation power of computers to help people choose music when they are writing emotional article.

We use neural network language model tool word2vec to build our recommender system. We also compare the performance with three baseline method including Boolean representation, TF-IDF, Okapi BM25. We use Chinese TOP-100 popular music monthly rank since 2005 to 2015 from Asia's largest music streaming provider KKBOX as our music dataset. The experiment result scored 0.3185 with mAP@5.

According to our experiment result. 81% of users can get the correct music they want before five music recommended. It will be a usable system if we build a website or application.

關鍵詞：音樂推薦系統, word2vec

Keywords: Music recommender system, word2vec.

一、緒論

1.1 研究背景與動機

音樂，是人們生活上不可或缺的元素之一，音樂的出現已經有非常長一段時間，從人類出現的五萬年前直到現代，不論在任何的文化以及任何時間及地點，都有音樂以不同的形式出現，並且受到人類生活、文化、科技等不同而漸漸的發展出不同形式的音樂。並且在每首音樂當中，作曲者或是演奏家要傳達的感情或是想法都是不一樣的。

在現代的流行音樂中，音樂往往會有歌詞存在於音樂中，這些歌詞的內容可能是描述一件事情、一段情感、一個故事或是整個社會的縮影，歌詞藉由與伴奏結合的形式，搭配上不同的音調以及節奏加深歌詞所帶有的情緒以及感覺，再藉由歌手以歌唱或是表演的方式，詮釋出整首音樂的意涵，讓聽的人了解音樂所想要傳達的事情，並且進一步的思考音樂所想要表達的理念以及體會音樂的情緒。

另外一方面，現代人生活的壓力大，常常運用各種管道來抒發生活上的壓力，抒發情緒的管道愈來愈多元，從以前的電子布告欄(Bulletin Board System, BBS)及部落格 Blog，現在更還有網路上的非常多的討論區，像是 Dcard[1]及 Reddit，人們常常在遇到開心的事情或是難過的事情之後，會在這些討論區上寫出自己的經歷以及心情。但由於

每一個人對於文字的理解可能有所不同，寫文章的人想傳達的資訊或心情不一定能準確的傳達給閱讀文章的人，有些發文者為了更準確的表達心中的感覺，會在文章中附帶一首與文章內容有高度相關性的流行音樂讓閱讀者有更深的感受，如下圖 1，藉由流行音樂可以引起大部分人共鳴的特性，來讓閱讀者更清楚地掌握文章中想要表達的概念、主題以及情緒。



圖 1、文章搭配音樂示意圖

1.2 研究目的

由以上研究動機可知，文章中音樂的選擇會影響到閱讀者對於文章的了解程度，如果文章中的內容是有關於失戀心情的描述，若附帶上一首有關於失戀的流行音樂，便可以讓閱讀的人更了解文章想要表達的情緒。然而，由於每個人聽過的流行音樂數量都不太一樣，或是聽的歌曲種類不太一樣，也有些人可能因為生活忙碌而較少接觸音樂，這些人如果撰寫文章時因為聽過的音樂太少而無法尋找到適合的音樂來給讀者聆聽，便沒有辦法利用音樂可以傳達心情的特性來讓閱讀者更了解文章的內容。

本研究的目的是要藉由電腦強大的運算能力，自動推薦適合的流行音樂，幫助想要在網路上發布抒發心情文章的使用者可以在龐大的音樂資料庫中找到適合的流行音樂作為輔助文章閱讀的音樂，讓其他人在閱讀文章時可以更正確的了解文章內容要傳達的心情。

1.3 問題定義

給予一篇文章以及一組含有歌詞的音樂資料庫，建立一個用於推薦適合該篇文章的流行音樂清單的推薦系統，並且評估不同的演算法用來解決此問題的效能。

二、 相關文獻

2.1 音樂與心靈

在 Storr 的著作[2]中指出，音樂是全世界共同的語言，音樂可以做為一種人與人之間的溝通方式，也可以做為人用來對別人表達自己心情的方式。音樂可以領導聆聽者的情緒，讓別人知道音樂中所要傳達的心情狀況，而且即使是不同文化的人也可以從音樂中感受到情緒。像是如果音樂是較輕快的節奏，就知道這首歌想傳達的心情可能是快樂的，若音樂的聲音慢且低沉，就可以知道這首音樂是一首要傳達悲傷心情的音樂。鑒於前面所說，音樂可以攜帶著情緒，若在加上歌詞的輔助，讓聽的人可以更了解想要傳達的心情及理念，是一個好的研究方向。

2.2 音樂與文章

目前音樂與使用者產生的文章間的研究並不多，與本研究最相近的是 Chih-Ming Chen 等人的研究 [3]，這個研究認為人在音樂帶有情緒，人們常常藉由撰寫文章來抒發他們的情緒，而且常常會在寫文章一邊聽與文章內容有高度相關性的音樂，根據以上的觀察，他們開發了一個音樂推薦系統，使用 Collaborative Filtering 以及 Factorization Machine 等技術來推薦當使用者在撰寫文章時聽的音樂，其系統的 mAP 值大約在 0.38~0.50 之間。

三、 研究方法

3.1 方法概述

本研究主要將採用 Word2Vec 來做為訓練詞向量的工具，Word2Vec 是 Tomas Mikolov 等人在 2013 年時根據他們的兩篇研究 [5,6]寫出的一個開放原始碼工具，是一個用類神經網路模型來訓練語言模型的工具，其在訓練語言模型的期間會為每個詞產生特定長度的詞向量，我們採用 Word2Vec 的原因有兩點，第一就是其訓練出來的詞向量可以準確的表達詞的意義，第二就是 Word2Vec 比傳統類神經網路有著訓練時間更短、準確度更高的優點，以下會分別說明這兩部份的差異。

根據研究[12]指出，類神經網路模型訓練出來的詞向量會讓地位相似的詞有相近的

詞向量，舉例如下：

我 很 愛 你
我 非常 愛 你

這兩句話中只有「很」以及「非常」是不同的，但整句話在真實的意義上是差不多的，在有些方法中(如:TF-IDF)會根據文件中「很」跟「非常」數量以及分布的不同而給予差異很大的詞向量，進而影響到整個文件的向量表示。而使用類神經網路模型則不會有這樣的問題。在本研究中希望可以真正找到符合文章意義的歌曲，不希望因為文法上的不同而使有相似意義的句子計算出的結果相差甚遠，因此選擇使用類神經網路的方法作為主要的方向。

但傳統的類神經網路模型也不是沒有缺點，在研究[5]中作者將研究[12]使用的傳統類神經網路模型 Neural Net Language Model(NNLM)與 Word2Vec 中的兩種模型做比較，如下圖 2，發現即使 NNLM 訓練的詞向量維度少了 10 倍，但是花費的計算時間卻是 CBOW 模型的 9 倍之多，顯示原本的類神經網路模型有計算量非常大之缺點。

Model	Vector Dimensionality	Training words	Accuracy [%]			Training time [days x CPU cores]
			Semantic	Syntactic	Total	
NNLM	100	6B	34.2	64.5	50.8	14 x 180
CBOW	1000	6B	57.3	68.9	63.7	2 x 140
Skip-gram	1000	6B	66.1	65.1	65.6	2.5 x 125

圖 2、NNLM 與 Word2Vec 的準確度以及訓練時間比較

本研究希望可以在龐大的音樂資料庫中尋找適合的歌曲，因此需要計算快速的詞向量訓練方法，而 Word2Vec 運用 Hierarchical Softmax 最佳化讓計算時間可以縮短非常多倍，且根據上圖 2，Word2Vec 使用的模型有較高的準確度，因此我們決定使用 Word2Vec 作為我們研究目的的解決方案，並且驗證使用 Word2Vec 方法的效果在本研究上會比其他的基礎方法都還要好。

本研究主要由數個步驟完成，一開始我們會將文章內容以及歌詞做斷詞，將句子分離成以詞為單位的片段，接下來我們會使用 Word2Vec 以及其他基礎方法(Boolean representation、TF-IDF 以及 Okapi BM25)來推薦音樂給文章，並且評估系統效能。

3.2 文章內容及歌詞斷詞

在本研究中，使用的歌詞以及文章都是中文的，由於中文不像英文中每一個字詞有空白分開，必須先將句子分離成有意義的單詞，才能將每個詞表示成一個值用來計算。

本步驟主要是要將文章的內容以及歌詞做斷詞，我們採用的斷詞方法是由中央研究院辭庫小組開發的 Chinese Knowledge and Information Processing (CKIP) [7] 中文斷詞系統，CKIP 並且有附加詞類標記之功能。我們將文章內容以及歌詞作為輸入，可以得到每一個分開的詞以及詞性，由於本研究目前沒有用到與詞性相關的東西，我們會將這些詞性資訊先行移除，下面會說明此步驟的輸入以及輸出。

輸入歌詞: 我懷疑 一直在等待的人 真的就是你

CKIP 輸出: 我(Nh) 懷疑(VK) 一直(D) 在(P) 等待(VK) 的(DE) 人(Na) 真的(D) 就是(Cbb) 你(Nh)

去除詞性: 我 懷疑 一直 在 等待 的 人 真的 就是 你

3.3 Word2Vec

我們利用前面提到的 Word2Vec 工具，來訓練我們的詞向量，其所給的參數如下表

表 1、Word2Vec 工具參數

命令列參數	值	意義
-cbow	1	使用 Continuous bag-of-words 模型
-size	500	輸出詞向量的維度
-window	10	訓練時包含前後文的長度
-hs	1	使用 Hierarchical Softmax 最佳化
-iter	10	迭代訓練回數

3.4 文章內容與音樂向量計算

在這一個章節中，我們要計算單一文章或是單一音樂的向量，本研究採用最簡易的方法來使用。將音樂或文章經過之前的方法處理過後，把文章或音樂中出現過的詞的向量的每個分量個別相加，但是不計算重複出現的詞，得到的結果作為我們對於單一文章或是音樂的向量。

例如文章或歌詞中只有 A,B 兩個詞

詞 A 的向量為 (0, 0, 1)

詞 B 的向量為 (1, 0, 1)

這篇文章或是這首音樂的向量就是 (1, 0, 1)

3.5 文章與音樂相似度

前面我們得到文章以及所有音樂的向量之後，我們便可以用計算向量相似度的演算法來取得兩個向量間的方向差距，也就是文章及音樂歌詞的差距。我們採用的是餘弦相似度(Cosine similarity)，因為餘弦經常被運用在比較向量空間模型詞或文章的相似度，在自然語言處理中經常被使用。

對於每一篇文章，我們對每一首音樂計算出餘弦相似度，接著將這些音樂排序出一個由相似度高到低的音樂清單作為本系統的推薦清單。

四、 實驗與評估

4.1 文章資料來源

本研究主要是為了推薦音樂給撰寫抒發心情文章之使用者，因此我們挑選了國內受歡迎的大學生社交網站 Dcard 中的文章來做實驗，我們將 Dcard 網站中的校園聊天討論版中的心情分類的從開站以來到 2015 年 4 月 21 日 12 點 14 分前所有文章下載下來，並且利用程式篩選出內文含有 youtube.com 或youtu.be 的文章，對於被篩選出來的所有文章，以人工的方式去除無實質內文或是只有歌詞之文章，結果留下 275 篇文章。

4.2 音樂資料來源

除了 4.1 中文章中原有包含的音樂之外，我們還加入了其他的音樂來驗證系統的效能，另外加入的音樂是線上音樂串流服務商 KKBOX 的華語單曲每月排行榜中的音樂，收錄的日期範圍自 2005 年 9 月到 2015 年 4 月的所有音樂，由於月排行榜有極高的重複率，扣除掉所有重複的音樂後加入文章原有的音樂總共有 2,220 首音樂，這些音樂的歌詞是由 KKBOX 的使用者所自願填寫給 KKBOX 系統而產生的，因此可能會有一些特殊符號或是無意義的字或句子留在歌詞中，必須先去除歌曲以及歌手資訊，而這些無意義的字詞已經由程式自動預先除去。

4.3 相關性判斷

為了可以準確的評估推薦系統的效能，我們必須要知道哪些流行音樂適合哪些文章以及哪些不適合，在一般的推薦系統評估中，我們必須要針對每一篇文章對於每一首音

樂的適合程度以人工的方式判斷出適不適合，假設一篇文章與一首音樂的相關性需要用 30 秒來做判斷(這是非常快的速度)，做完整個資料集完整的判斷需要用上大約五千個小時，這是一個非常不實際且沒有效率的作法。

為了讓系統評估做的快速又有相當可靠準確度的情況下，我們採用了與 Text REtrieval Conference(TREC) 2007[8]一樣的相關性判斷方法:pooling[10]，這個方法已經在 TREC 被採用很多年了。在 pooling 方法中，我們會從每一個推薦方法對於每一篇文章推薦出來的音樂清單取一定數量的歌曲，將不同推薦系統對於每一篇文章所推薦出來的音樂組合成該篇文章的 pool，pool 中重複的音樂只留下一次，當我們在做相關性判斷的時候，每一篇文章中只有這些已經被加到 pool 中的音樂需要做人工的判斷，其他所有不在 pool 中的音樂都視為與文章無關的音樂。

對於這些在 pool 中的音樂，我們撰寫了一個線上標記正確解答的網站，系統會固定給予一篇文章的內容以及一首音樂的歌詞，讓標記者決定這一篇文章與這一首音樂是否相配，並且按下”適合”或是”不適合”回傳給系統。這些成對的問題來自於每一篇文章以及該篇文章 pool 中的音樂組合而成。我們總共有 4290 組題目，有 23 人參與了標記，這些人都是會使用網際網路的一般使用者。

另外為了讓本研究更能貼近真實世界中的運用情況，我們將每一篇文章中原本就有的音樂強制規定為與那篇文章有相關性。

文章

我不是一個容易說出心裡話的人
卻很容易告訴你很多事
或許都是自己一廂情願
想要每天看到你卻又怕太明顯
想要一直陪在你身邊就算只是聊聊天也好
那種既期待又怕受傷的感覺
很怕把自己的喜歡告訴了你
你就會遠離我((尷尬

就這麼深刻存在我的寶箱
卻也漸漸消失在我的生活

歌名: 可不可以你也剛好喜歡我

你走前頭 我在身後
你抬頭看天空一臉難受
我跟著默默心痛
靜靜陪伴你是我 最大的溫柔

你低著頭 眼淚在流
你洩了氣的肩膀在顫抖
他傷你一定很重
如果可以多麼 想要借你胸口作停留

I LOVE YOU
Find more lyrics at ※ Mojim.com
你從來不了解 那欲言又止的守候
可不可以你也剛好喜歡我

I LOVE YOU
試著逗你開心 分擔你的憂愁
多想你剛好也喜歡我

圖 3、線上相關性判斷標記系統

4.4 實驗流程評估方法

在本實驗中，我們要比較第三章中 Boolean representation、TF-IDF、Okapi BM25 及本研究中主要的方法 Word2Vec 三種演算法對於推薦音樂給文章的準確度，我們將每一種演算法算出的音樂相關性結果清單與答案做比較，並且使用 Mean Average Precision(mAP)作為我們的效能指標，使用 mAP 的原因是因為 mAP 經常被用在評估推薦系統，除了評估推薦的準確度之外，推薦的順序也會影響到分數，在很多的推薦系統競賽中被作為效能評估的唯一指標，如 Million Song Dataset Challenge 以及 KDD Cup 都是使用 mAP 作為評估的指標。

4.5 實驗結果

本研究的實驗結果如下，我們除了使用 Word2Vec 之外，也使用其他基礎方法來檢視系統的效能，並用 mAP@5 來呈現，結果如下表：

表 2、實驗結果數據表。

Method	mAP@5
Boolean rep.	0.2530
TF-IDF	0.2645
Okapi BM25	0.2854
Word2Vec	0.3185

4.6 實驗其他統計

本研究為了更了解若此系統運用於真實世界對於使用者帶來的感受，我們還計算了若一個使用者要使用本系統，在特定的歌曲數內可以找到滿意的流行音樂的機率。

表 3、特定歌曲數內找到適合音樂的機率表。

Method	第 1 首內	第 3 首內	第 5 首內
Boolean rep.	41.67%	61.68%	69.71%
TF-IDF	37.32%	63.50%	78.10%
Okapi BM25	44.20%	66.67%	75.72%
Word2Vec	43.12%	70.07%	81.39%

4.7 實驗結果討論與分析

由表 2 可看出，以 mAP@5 的評估方式來說，Word2Vec 分數為 0.3185，是表現最好的推薦方法。其我們認為原因如下，在一般的搜尋引擎或是文件檢索中，我們通常要檢索的目標可能是一個名詞，或是一個可以清楚用語言表示的詞彙，我們可以利用 Boolean representation、TF-IDF 以及 BM25 這三種方法直接的對要檢索的字詞做加權並且根據文件中也有出現的檢索文字依照權重做分數的計算，只要我們找到了檢索字串以及文件中的關鍵字，便可以獲得非常準確的結果。但本研究與文字檢索或文件查詢是不一樣的，對於一篇心情文章來說，我們必須要先了解其中的「意義」，在尋找音樂資料庫中歌詞「意義」最為相近的歌曲，將其作為要被推薦的音樂。一篇心情文章所要表達的意義不見得是可以語言形容的，而 Word2Vec 這個使用類神經網路模型運作的工具而言，其特色為所產生的詞向量有機會代表詞的真正意義，因此在推薦心情文章的配樂上，有較好的表現是可以預期的。

另外由表 3 可以看出，使用 Word2Vec 方法的系統使用者可以有 43.12%的機會在第一首歌就找到最適合的音樂，而分別有 70.07%或 81.39%的使用者可以在被推薦前三、五首歌曲內，若將本研究的方法實作出來給一般大眾使用，相信可以滿足大部分人的需求。

4.8 錯誤分析

我們分析了一些可能造成實驗結果有誤差的因素，分別於以下討論。

標記者對於文章內容認知不同

在標記的過程中，我們將曾一篇心情文章給予不同的標記者閱讀，不同的人偶爾對於不同的文章內容會有不同的認知及見解，可能會造成標記的答案有所誤差，但是對於大部分的文章，不同標記者還是會有相同見解，因此不會對於實驗結果有非常大的影響。

原始文章中附帶的音樂與內文不一定相關

我們在少數的文章中發現，其原作者附帶的音樂不一定與文章的內容意義有關，有時可能只是作者當時正在聽的音樂或是作者喜愛的音樂，但大多數的音樂還是與文章內容是有相關的。在我們的實驗中，我們將所有文章原本就附帶的音樂強制列為與文章有相關性，可能是造成實驗誤差的原因。

斷詞系統的準確度

本研究使用的斷詞系統的品質可能會些許影響到實驗的結果。

五、 結論與未來展望

5.1 結論

在本研究中，我們提出了一個創新的研究方向，我們觀察到很多人在網路上發表與心情有關的文章會附帶一首與文章內容有關的流行音樂。接著我們先藉由閱讀之前的文獻，得知人們在聽音樂時心情會有所被影響，音樂可以藉由歌詞及音訊來傳達想要表達的理念，接著藉由另一個研究得知在寫文章的人通常會聆聽一些流行音樂，而這些音樂會與文章的內容有高度的相關性。因此我們便想要藉由機器的幫助，幫助在撰寫文章的人根據他所撰寫文字的內容意義推薦出足以代表該篇文章的流行音樂，讓閱讀文章的人可以根據文章中附帶的流行音樂來輔助了解到撰寫文章的人想要表達的內涵。

另外在本研究中，我們使用了四種不同的推薦演算法來實作本研究所想要達成的目的，分別為最簡易的表示方法 **Boolean representation**、一般自然語言處理研究中最常被使用的 **TF-IDF**、使用類神經網路架構訓練語言模型的 **Word2Vec** 以及 **Okapi BM25** 四種方法，結果顯示使用 **Word2Vec** 的效果在推薦系統常用的評估 **mAP** 中比其他兩種方法還要好，符合我們的預期。

另外若本系統做成可以讓一般使用者在現實情況下使用的網站或是工具，高達 81% 的使用者可以在被推薦五首歌之內得到適合文章內容的流行音樂，顯示本研究的成果若被應用在現實生活中，將會有不錯的表現。

5.2 未來展望

在這個章節中，我們會提供一些未來可以研究增強的方向，包含了資料的蒐集、實作適合一般人使用的系統介面以及結合音訊資料做推薦，會將這些未來可以研究的方向分別在下面的小節敘述。

資料的蒐集

首先就是資料的蒐集，由於目前使用的資料集來源不是每個人寫文章都會附上音樂，因此可以研究的數量就相對少了一點，尤其是還要人工過濾掉不適合的文章要花上不少時間，之後加入龐大的音樂庫之後還需要再標記音樂與文章是否相關，需要花費非常龐大的時間。未來可以在尋找看看是否有其他適合的資料集可以使用，可以省下很多花在資料前處理的時間。或是研發更好的文章品質過濾方法。

適合一般使用者使用的推薦系統實作

本研究目前只有實作了各種演算法，僅用在評估研究成果上，還沒有一般使用者可以使用的系統介面，未來如果可以將這個系統做成網站，例如讓使用者輸入文章的內容，然後推薦給使用者一手流行音樂，便可以運用在一般生活中，這個系統若做出來也可以讓資料的蒐集變得比較容易。

結合音訊資料做推薦

音樂是由音訊以及歌詞所組成，目前我們只有用到歌詞的部分，若除了歌詞之外，多使用了音訊來分析與文章的情緒是否相合，相信可以讓本研究的結果在更上一層樓。

最後，雖然本研究沒有真正的做出一個推薦系統，但是結果指出這個系統若用在實際應用上，是可以有不錯的效果的。

參考文獻

- [1] <https://www.dcard.tw/>
- [2] Storr, A. (1997). *Music and the Mind*.
- [3] Chen, C.-M., et al. (2013). Using emotional context from article for contextual music recommendation. *Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia*. Barcelona, Spain, ACM: 649-652.
- [4] Salton, G. and C. Buckley (1988). "Term-weighting approaches in automatic text retrieval." *Inf. Process. Manage.* 24(5): 513-523.
- [5] Tomas Mikolov, K. C., Greg Corrado, Jeffrey Dean (2013). Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. *International Conference on Learning Representations*.
- [6] Mikolov, T., et al. (2013). "Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality." *CoRR abs/1310.4546*.
- [7] Wei-Yun Ma, K.-J. C. (2003). Introduction to CKIP Chinese Word Segmentation System for the First International Chinese Word Segmentation Bakeoff. Second SIGHAN workshop.
- [8] Voorhees, E. M. "Overview of TREC 2007."
- [9] Robertson, S. and H. Zaragoza (2009). "The Probabilistic Relevance Framework: BM25 and Beyond." *Found. Trends Inf. Retr.* 3(4): 333-389.
- [10] K. Sparck Jones and C. van Rijsbergen. Report on the need for and provision of an "ideal" information retrieval test collection. *British Library Research and Development Report 5266*, Computer Laboratory, University of Cambridge, 1975.
- [11] K. Hevner, "Experimental studies of the elements of expression in music," *American Journal of Psychology*, vol. 48, no. 2, pp. 246-267, 1936.

[12] Bengio, Y., et al. (2003). "A neural probabilistic language model." *J. Mach. Learn. Res.* 3: 1137-1155.