

计算机如何谱曲

2016 年 6 月，Google 宣布了 Magenta 项目[8]，目的是联合艺术家和计算机学家，推动人工智能在艺术创作上的研究和应用，其中 AI 谱曲是重要任务之一。



图 1：计算机谱曲[7]

所谓 AI 谱曲，就是利用 AI 技术自动生成乐谱。“自动生成乐谱”这个看起来很“潮”的 Idea 其实早在计算机诞生之前就了，当时研究这个问题的是饱受创新压力折磨音乐家。早在 1757 年，作曲家 Kirnberger 就非常“天才”地发明了用掷骰子来辅助作曲的方法，此后的半个世纪（从 1757 年到 1812 年），音乐家们至少发明了 20 种掷骰子的方法[1]，其中就包括鼎鼎大名的莫扎特[2]。大音乐家都不得不掷骰子，可以想见写首新曲子有多难。因此，当计算机出现以后，作曲家们大喜过望，希望计算机能给他们提供更多创作灵感 -- 再不济也比掷骰子强吧。

结果我们看到了，就在人工智能的先驱们聚在一起开达特茅斯会议的同时，Hiller 和 Isaacson 两人用计算机生成了人工智能第一曲，并定名为“伊利亚克组曲”。在生成过程中，Hiller 等利用了生成规则加上马尔可夫链，满满的 AI 风。有趣的是，Hiller 原本是化学博士，还发明了第一个有效的晴纶染色方法。一个化学家帮艺术家谱了第一首 AI 音乐，从此走上了 AI 艺术之路，成为美谈。

Hiller 等人的工作引起极大关注，很多研究者投身到 AI 谱曲的研究中来。首先加入的是音乐家，后来更多 AI 研究者参与进来[6]。早期研究多采用符号方法，把音乐当成一门语言，用乔姆斯基的语法系统来描述生成过程，或者基于音乐创作理论设计生成规则，再依据规则进行合规式随机选择。后期研究更多采用统计模型方法，将音乐视为一个随机过程，利用统计模型（如马尔可夫链、隐马尔可夫模型、神经网络等）来描述音符的时序相关性。训练时，人们采用大量乐谱来估计统计模型的参数，在生成时利用训练好的模型进行采样，就可以生成新乐谱。近年来，深度神经网络在机器在谱曲方面取得很大成功，成为当前大多数研究的基础方法。和传统统计模型相比，深度神经网络可以对音乐中的复杂时序关系进行更为细致的刻画，因为可以产生更流畅自然的音乐。

图 2 是加利福尼亚大学圣地亚哥分校的研究者所使用的一种称为“双轴 RNN”的深度学习结构[5]，其中输入是已经生成完毕的音符序列，这一序列经过两层时序上的循环神经网络（RNN）得到当前的生成状态，再经过两层音符上的 RNN 对每一个可能的音符（C,D,E...等）计算生成概率，并依此概率做出该音符生成与否的随机决策。基于这一结构，不仅使得生成的音乐在时序更为流畅，而且可以用于生成复调音乐，使得生成的曲谱更具表现力。

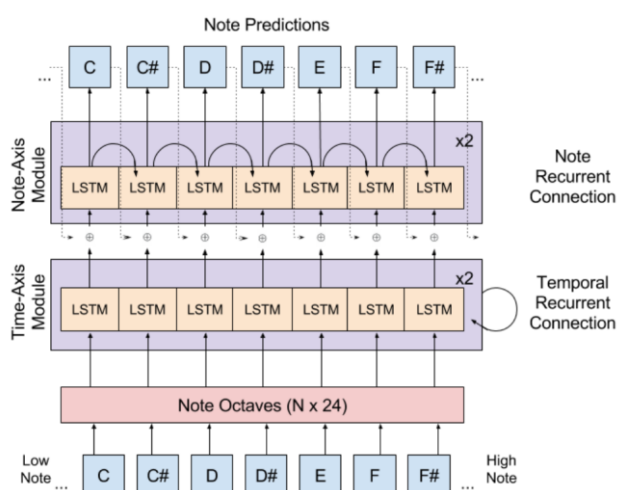


图 2: 基于双轴 RNN 的音乐生成模型[5]

让我们一起听听 Google 的 Magenta 生成的 AI 音乐吧。

https://magenta.tensorflow.org/assets/performance_rnn/good.mp3

[1] S. A. Hedges. 1978. Dice music in the eighteenth century. *Music Lett.* 59, 2 (1978), 180--187.

[2] Herremans D, Chuan C H, Chew E. A functional taxonomy of music generation systems[J]. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 2017, 50(5): 1-30.

[3] A. Hiller Jr, L. and L. M. Isaacson. 1957. Musical composition with a high speed digital computer. In *Audio Engineering Society Convention 9*. Audio Engineering Society.

[4] Ian Simon and Sageev Oore. "Performance RNN: Generating Music with Expressive Timing and Dynamics." *Magenta Blog*, 2017.

[5] <https://magenta.tensorflow.org/performance-rnn>;
<https://github.com/magenta/magenta/tree/master/magenta/models/perform>

ance_rnn

[5]Mao H H, Shin T, Cottrell G. DeepJ: Style-specific music generation[C]//2018 IEEE 12th International Conference on Semantic Computing (ICSC). IEEE, 2018: 377-382. ;

https://github.com/calclavia/DeepJ/tree/icsc/archives/v1/short_sample

[6]Fernández, Jose D., and Francisco Vico. "AI methods in algorithmic composition: A comprehensive survey." *Journal of Artificial Intelligence Research* 48 (2013): 513-582.

[7] Want to Generate your own Music using Deep Learning? Here' s a Guide to do just that!

<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/01/how-to-perform-automatic-music-generation/>

[8] Magenta 生成的声音样例:

<https://magenta.tensorflow.org/performance-rnn>