计算机辅助创造力：仅使用自动提取的亮度曲线为电影配乐

计算创造力：仅使用自动提取的亮度曲线为电影配乐

Felipe Ariani[1], Marcelo Caetano[1, 3], Javier Elipe Gimeno[1], Ivan Magrin-Chagnolleau[1*, 2]

[1]艾克斯-马赛大学、法国国家科学研究中心、PRISM，法国马赛[2]查普曼大学，美国加利福尼亚州[3]舒立克音乐学院、麦吉尔大学，加拿大蒙特利尔

[*]通讯作者：ivan.magrin-chagnolleau@cnrs.fr

摘要
自计算机诞生之初，它便被用于辅助人类发挥创造力。如今，关于计算机与创造力的讨论涉及诸多挑战，例如理解人类创造力、为创作过程建模，以及对计算机进行编程，使其表现出在一定程度上似乎具有创造力的行为。本文探讨如何将计算机用作促进音乐创作的工具。我们自动提取了一部无声电影的亮度曲线，并以此为基础创作了一段配乐，用于伴随影片播放。我们从亮度曲线中提取了多个参数，并依据这些参数应用构图规则，为影片创作了器乐配乐。最终的音乐作品与影片展现出令人惊讶的同步性和审美契合度。这一作曲过程还带来了审美上的自由度，否则这种自由度将无法实现。

关键词
计算机辅助创造力、计算创造力、音乐创作、影视音乐、图像声音化、乌力波。

摘要
自设计之初，计算机便被用于辅助人类创造力。如今，关于计算机与创造力的讨论涉及诸多挑战，例如理解人类创造力、对创造过程建模，以及编程使计算机表现出某种程度上似乎具有创造力的行为。本文关注如何将计算机用作工具，促进音乐创作。我们从一部无声电影中自动提取亮度曲线，并以此创作了一段配乐。我们从亮度曲线中提取了多个参数，并根据这些参数应用作曲规则，为电影创作器乐。最终的作品与电影之间呈现出令人惊讶的同步性和审美契合。这一作曲过程还带来了某种程度的审美自由，否则这种自由原本不可能实现。

关键词
计算机辅助创造力、计算创造力、音乐创作、电影音乐、图像声音化、乌力波。

背景

计算创造力（或称 CC）是一门植根于人工智能、控制论、认知科学、工程学、设计、心理学和哲学的学科。它探索计算机成为完全自主创作者的可能性。

就音乐领域而言，音乐计算／计算机辅助作曲方面最早的研究可追溯到20世纪50年代，以及Hiller和Isaacson著名的作曲作品*Illiac*组曲（Hiller & Isaacson，1959）。

对于讨论计算机辅助创造力时引发的诸多问题，目前尚无共识（Ritchie，07）；更何况，创造力本身仍是研究人员、发明家和艺术家之间争论的话题（Boden，1996；Bentley，2001；Cardoso，2003；Boden，2004；Boden，2019）。大多数作者（Boden，2004；Duch，2013）将创造力定义为“创造解决方案、人工制品或想法的能力，这些成果既新颖又恰当，并且还可能令人惊喜且有用”[1]。然而，创造力本身仍无法纳入形式理论。

根据 Boden（Boden，2004），要回答“计算机能有创造力吗？”这类问题，第一步是明确创造力是什么，以及如何再现创造力。一些研究人员为此投入了大量精力，而另一些作者则认为这个问题已不再重要。例如，Ritchie（Ritchie，2007）描述了可用于判定计算机程序是否具有创造力的标准，而 Miranda（Miranda，2003）则在专门谈及音乐创作时表示：“如果编程得当，计算机就能作曲。”[2]，然而，许多其他与创造力和计算机相关的问题仍未得到解答。例如，Miranda（2021）第 3 章探讨的问题不仅是人工创作的音乐能否被视为真正的音乐，还包括这种音乐究竟是被发现的还是被创作出来的。

本文介绍的研究属于 IA+CA（人工智能 + 艺术创作）研究项目，该项目旨在探索人工智能算法如何助力艺术创作，既可以作为创作过程中的补充环节，也可以为艺术家提供新的探索方向。IA+CA 还致力于批判性地审视人工智能算法在创作过程中实际发挥的作用。具体而言，我们会探讨，创造力有多少归功于算法，又有多少归功于从实验中得出美学结论的程序员。更具体地说，本项目探讨音乐和／或声音作曲领域，以及视觉艺术领域，尤其是数字艺术。

本文所呈现的工作是一项初步研究，我们探讨在电影音乐创作的背景下，某些算法如何生成数据，作为创作行为的触发因素。具体而言，本文探讨的核心问题是：“能否利用从电影中提取的数据来作曲，但不一定要将电影本身作为创造力刺激？”我们探索了一种实现方式，取得了非常有趣且颇具前景的结果。

[1] “创造出新颖且恰当，并且可能令人惊喜且有价值的解决方案、人工制品或想法的能力”。
[2] “如果经过恰当编程，计算机就能作曲。”

计算机辅助创造力

计算机在创作过程中的作用，是支撑有关计算创造力讨论的最根本问题之一[3] (Cardoso, 2003；Besold, 2015；Veale, 2019)。一些人希望探索计算机成为真正自主创作者的潜力（Bentley, 2001；Veale, 2019），另一些人则将计算机视为一种工具，帮助创作者或艺术家探索原本力所不及的创作可能性（Todd, 1992）。因此，计算创造力（Duch, 2013）意味着“运用计算手段找到既新颖又恰当的解决方案的能力”[4]。Besold 等人（2015）将计算创造力定义为“利用计算机生成成果，而这些成果若由人类独立创作，则会被视为具有创造性”[5]。在这里，我们从音乐创作的角度关注计算机作为工具的作用（Schiavio, 2020, Miranda, 2021)。

探索性创造力（Boden，1996）涉及对人们心智中的概念空间进行探索，也可能对其加以转换。概念空间是结构化的思维风格。探索性创造力这一过程需要在约束与创作自由之间取得平衡。约束用于界定概念空间的边界，而艺术家则保有足够的创作自由，在这一概念空间中探索各种可能性，并能够不时调整这些约束，甚至摆脱约束。进化计算[6] 已广泛用于模仿众多艺术领域中的探索性创造力（Bentley，2001），例如音乐（Miranda，2004；Miranda，2007；Romero，2008；Briot，2020）和视觉艺术（Todd，1992）。受乌力波运动（Oulipo，1988）的启发，我们的方法设定约束，促使作曲家创造性地探索由此形成的概念空间。

电影音乐创作

电影音乐可以具有不同的功能和应用方式。然而，声音为特定图像增添的表达性和信息性附加值（Chion，1994），是电影音乐的一个基本方面。画面配乐经常引发与电影和声音之间关系有关的问题：音乐与声音创作应与图像相协调，还是应作为图像的对位，并提供补充信息？寻找图像与声音之间的共同参数，有助于我们发现这两种语言的共同表现方式、对其加以补充，或创造对位。计算机工具帮助我们获取新的信息，并让我们找到电影语言与音乐语言之间的共同点。例如，我们可以从音乐学的角度分析电影图像，或采用电影化方法进行音乐创作。

过程

为电影创作音乐有许多方式，最常见的是在电影完成后，以电影本身作为创作指引。有时，作曲家会在电影完成之前创作乐曲，依据剧本和／或与电影制作人的对话。在这里，我们想采用一种不同的方法：能否借助算法自动提取一些参数，随后将这些参数用作音乐创作的指引，以补充电影本身，或取代电影本身?

[3] 计算机辅助创造力。 [4] “运用计算手段，寻找新颖且恰当的解决方案的能力”。 [5] “使用计算机生成结果，而这些结果若仅由人类创作，也会被视为具有创造力”。[6] 进化计算。

从图像中自动提取一个参数 *es*

从图像或电影中自动提取参数有多种方式。通常，这样做是为了降低数据维度，便于处理和／或解读数据。事实上，二维图像序列可能包含海量信息。为了降低数据维度，我们可以提取一个参数，并以此作为创作行为的基础。在创造力领域，目的几乎总是创造新事物得以产生的条件，引入新的约束，以促进新的方法和新的做事方式，从而激发创造力。从这个意义上说，我们完全承袭了乌力波传统，也就是探寻能够引导创作行为、甚至为其提供刺激的约束或规则（乌力波，1988年）。

参数选择

作曲参数必须具有可解释性且可提取。“可解释”意味着它们必须向作曲家传达与待完成任务相关且有用的信息，这里的任务是创作电影音乐。“可提取”则仅仅意味着我们必须能够使用算法自动提取该参数。在这项工作中，我们决定使用亮度曲线作为作曲参数，因为它既可提取又可解释。这样做的原因是，我们其中一人此前曾使用过这一参数，并且已经掌握了一些相关知识，也编写了一些用于在 Max MSP 中提取该参数的程序。

以往工作

Javier Elipe 于2019年受蓬皮杜中心声学与音乐研究协调所委托创作的《*Outer Space*》，使用了多种图像分析算法，从 Peter Tscherkassky 于1999年创作的电影《*Outer Space*》中提取电影与音乐创作共有的参数。使用这些算法旨在建立音乐与图像之间的衔接，使其适应电影的每个时刻，同时又随着电影的推进而不断变化。

我们使用 Max/MSP软件的 Jitter库，分析电影整体以及图像特定区域的亮度变化。提取整幅图像亮度曲线后，我们将其用于多种用途，例如解读电影整体结构、分配视觉与声音层面的能量，以及将这条曲线用作第五件乐器。

仅使用亮度曲线进行作曲

亮度曲线是作曲的一项有趣数据。图像明亮或昏暗，会引发许多不同的解读。我们甚至在日常语言中也会把“明亮”和“昏暗”用作隐喻。亮度与黑暗也让我们产生许多美学联想。即便在视觉美学中，我们也倾向于根据想要在观众心中唤起的情感，调节亮度与黑暗。

在这项初步实验中，我们决定只使用亮度曲线，完全不依赖电影本身，因为我们认为亮度曲线是电影的一种恰当表征，能够传达足够的诠释信息，以便为其作曲。

一种全新的作曲方式

这种方法尤其有趣的一点是，它迫使作曲家采用一种全新且陌生的作曲过程，去探索新的美学。利用亮度曲线创作音乐，是设定某种约束的一种方式，它界定了一个

概念空间，作曲可以在其中展开；这与乌力波运动（乌力波，1988年）提出的做法颇为相似：制定任意的规则和约束，以激发创造力。

作曲

选定亮度曲线作为要使用的参数后，我们还必须选择从哪部电影中提取该曲线。参数的选择会影响电影的选择（反之亦然）。要使用亮度曲线，就需要选取一部亮度变化足够丰富的电影，以便作曲家从中提取美学信息。例如，剧集乌托邦（2013）的亮度曲线主要与镜头切换的位置重合，因此并不太适合用于作曲（见图 1）。



图 1：电影乌托邦（2013）某个片段的亮度曲线。

将亮度曲线应用于实验电影时，它的参考价值要高得多。最终，我们选择以汉斯·里希特的电影 *Rhythmus 21*（1921）中的 1 分 30 秒片段为研究对象（见图 2）。



图 2：将汉斯·里希特的 *Rhythmus 21*（1921）的亮度曲线划分为若干分段，以便进行作曲。

分段与尺度选择

为了指导作曲过程，我们还将选定的片段划分为若干分段，因为根据亮度曲线来看，这样的划分是有意义的（见图 2）。这种分段当然带有主观性，但从曲线来看是有道理的。尺度在这里也是一个重要因素。如果放大，我们会看到更多细节，也会获得更多创造力的启发，但变化相对于时间尺度来说会过快。如果缩小，我们的作曲会更加统一，但获得创造力启发的机会会减少，作曲也不会那么有趣。图 2 所示的分段是一个很好的折中方案。

亮度曲线解读

曲线解读起初给我们留有一定的自由度，但对其变化过程和整体结构进行更细致的分析，或许能提供其他一开始无法察觉的信息。曲线所呈现的不同亮度变化可能具有不同程度的对称性：例如，可辨认的几何图形（三角形、正方形等），或不代表任何几何图形的形状。我们还可以观察不同类型的线性：例如，带有直线或波浪线的几何图形（见图3）。

对贯穿电影的这些亮度变化进行分析，对于对亮度曲线进行音乐或声音诠释将十分重要。我们甚至可以设想，亮度曲线的这些变化在某种程度上是“亮度手势”，而我们随后会尝试将其与

构图手势相对应。例如，电影不同部分中相同的几何图形（或非常相似的图形）可以被诠释为一种反复出现的手势，即使与这些手势相对应的图像并不完全相似。这可能意味着，对这些“亮度手势”的诠释能够为我们提供对电影形式以及声音／音乐构成的第二层诠释。

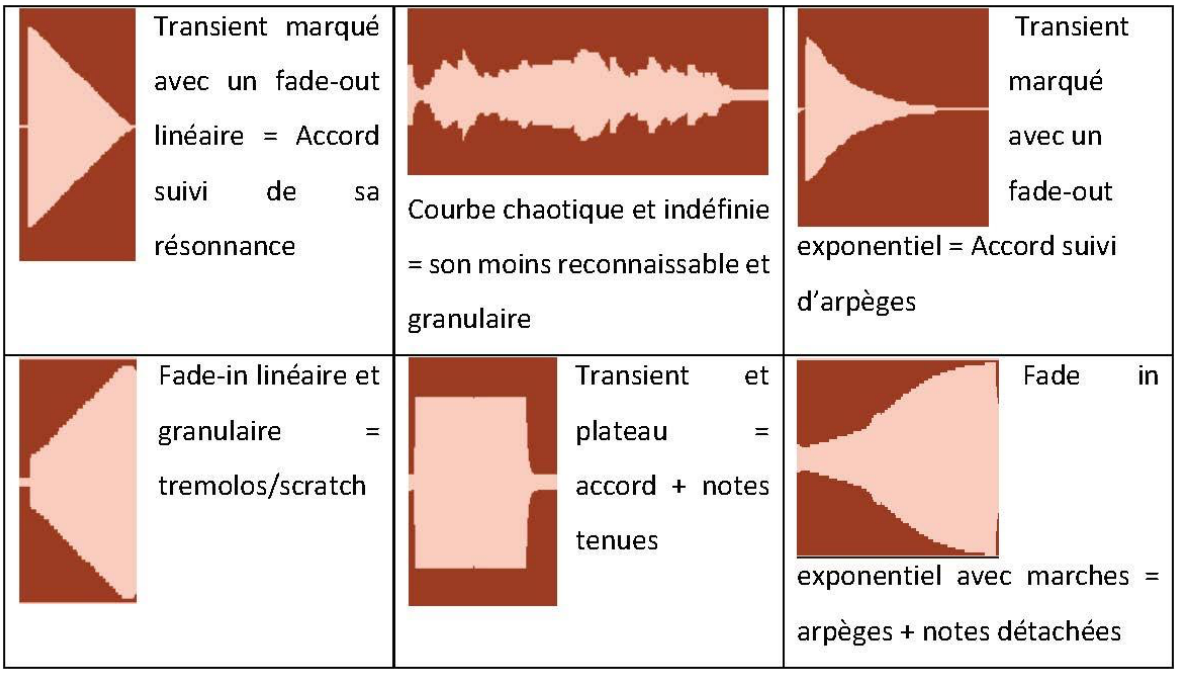


图3：根据汉斯·里希特的*Rhythmus 21*（1921）的亮度曲线制定构图规则的示例。

另一个诠释参数可以是对曲线分析中发现的形状的可理解性（或识别度）。可识别图形可能会促使人们将相似片段诠释为一种特征性音乐手势。另一方面，波动曲线也可能被诠释为没有特征性音乐手势的复杂音乐织体。最后，亮度曲线的振幅可以对应音色特征：高亮度令人联想到明亮的音色，而暗色段落则令人联想到较暗淡、较安静的段落。

遵循规则，还是不遵循

亮度曲线的解读带来约束，同时也允许根据作曲需要灵活运用这些自我设定的规则。同样，在思考音乐／声音创作的过程中，规则本身也可以不断调整。最后，重要的是找到一套规则和曲线解读方法，使正在进行的音乐创作与对亮度分析曲线的形式与手势诠释保持一致。这样，我们最终便能找到一系列在电影与音乐层面共通的音乐／形式诠释概念。

结果

这项实验的成果可通过此链接观看和聆听[7]。第一个视频展示了电影开头1分30秒的画面，配乐完全根据亮度曲线创作。第二个视频展示了完全根据亮度曲线创作的音乐，以及用于启发音乐创作的这条曲线

[7] https://www.ivanhereandnow.com/rhythmus21

。第三个视频展示了音乐、电影画面和亮度曲线。

亮度曲线可以有多种解读和用途。在这次实验中，我们利用曲线对电影进行整体分析：从亮度曲线中找到的各种几何形状和视觉纹理，让我们得以赏析不同的分段和结构。这种分析方式看起来或许有些随意，但经过多次实验后，我们发现，对视觉结构的这种形式分析与视觉和听觉能量分布相当吻合。

不过，亮度曲线也让我们了解到图像与音乐之间的关系：亮度曲线还可以用来对其进行音乐“转译”。这种做法看起来或许重复而显而易见，但我们开展的实验表明，这种关系并没有那么显而易见。例如，亮度曲线中的一个三角形（比如对应音乐渐强）可能表现为电影中逐渐增强的趋势，但观众未必会将其感知为渐强。最终的音乐呈现出某种合乎逻辑的变化，并不会被视为对曲线的模仿。

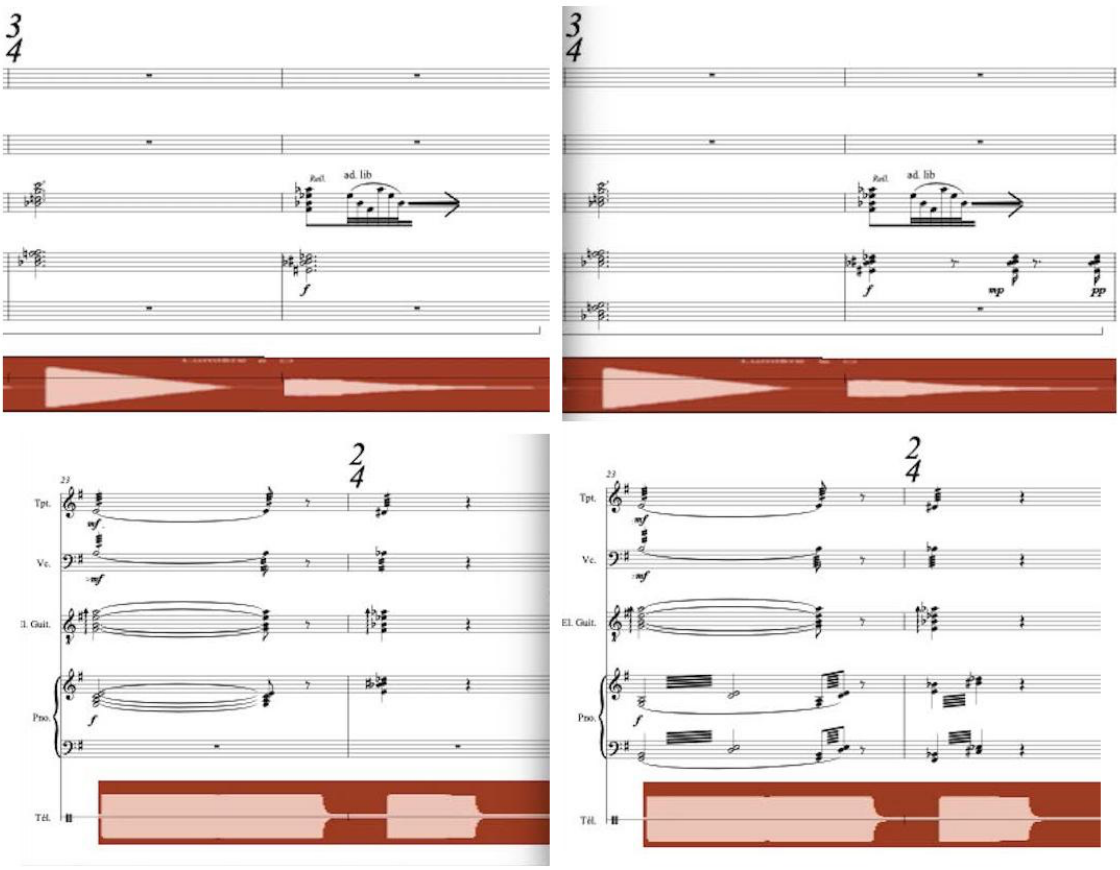


图 4：Felipe Ariani 创作的乐谱中的一些片段，用于丰富基于汉斯·里希特（1921 年）的 *Rhythmus 21* 的亮度曲线的作曲。

乐谱

使用亮度曲线完成的音乐创作，是借助软件 *Logic* 和虚拟乐器创作的。原则上，这项工作不需要音乐乐谱，但编写乐谱并进行音乐编辑，可以为曲线解读提供额外信息（见图 4）。

尽管我们可以在虚拟乐器中使用多种演奏法和采样器，乐谱仍能为乐器演奏动作提供一些额外信息。例如，在与从 靠近琴马演奏 转变为 靠近指板演奏 相对应的亮度曲线附近绘制一条详细的图形线条，使我们能够采用与亮度分析相似的弓弦动作。同样，在乐谱中，我们可以非常精确地改变颤音速度，以贴近亮度曲线的各种颗粒变化。这类细节很难用虚拟乐器处理。

另一方面，乐谱可以让我们与演奏者一起探索一些在虚拟乐器上难以找到的演奏方式。最后，乐谱的视觉维度以及器乐写作中图形元素的运用，赋予作品一定程度的有机性；而仅用计算机工具完成的音乐创作可能会失去这种有机性。

未来工作

这些结 果非常令人鼓舞，促使我们继续深入探　　索。

其他参数

首先可以探索的是使用亮度曲线以外的其他参数。动态影像中有许多参数可以自动提取。对亮度曲线进行非常简单的扩展，就是针对每个传感器颜色通道——红色、绿色和蓝色——分别提取一条亮度曲线，然后观察不同颜色的亮度曲线是否会触发不同的创造性动作。也可以用对比度代替亮度，以观察图像中最亮的像素与最暗的像素之间的关系。最终目标是逐步转向人工智能算法，帮助确定哪些类型的参数可以从动态影像中自动、动态地提取，并判断其相关性，以便将其用作音乐创作的触发因素。

其他电影

这项研究的另一种延伸方式，是在其他电影上测试这一方法以及其他方法。我们此前已经指出，某些电影（实验性最强的那些）更适合这类实验。但我们还需要进一步探索，才能确定哪些电影特征与哪些提取参数相关。

其他规则

亮度曲线还可以帮助我们处理其他参数。例如：- 与视觉部分遵循互补原则，我们称之为“视听配器”：利用曲线分配项目的视听能量，以避免总是将极为厚重的音乐织体与变化剧烈的亮度曲线搭配，或反过来。

- 为图像所呈现的能量提供节奏对位：通过在 Max/MSP 中使用粒子合成器，我们可以获得一种与图像所用节奏平行的节奏，从而在图像与音乐之间形成对位，同时利用亮度分析所产生的一定连贯性。

使用乐谱

使用乐谱，而不仅仅是 MIDI 模拟，也能让我们将乐器演奏动作与不同的亮度手势结合起来进行研究。在这次实验中完成乐谱，使我们得以获得更为精确的素材，而这些素材是使用 MIDI 模型无法获得的。

将能够自动化的部分实现自动化

这类方法的价值在于，能够将可自动化的部分自动化。因此，在创作过程的各个阶段——此处指音乐创作——我们会寻找可以交由算法（例如人工智能算法）完成的环节，以便更系统地探索各种可能性；若没有算法，这一探索将耗费更多时间。采用自动化方法，始终是为了尽可能解放作曲家，让其专注于创造性动作，同时借助自动化开辟新的创作空间。

结论

关于人工智能在艺术领域（Machado，2021）中的应用，仍有许多尚未解答的问题，尤其是在音乐领域（Miranda，2021）。如今，大多数研究工作都致力于开发能够创作音乐的算法（Miranda，2021）。例如，在 Machado 2021 的第4章中，Wiggins 探讨了与人工音乐智能相关的哲学问题；而 Miranda 2021 中 Gioti 撰写的章节则探讨了人工智能塑造作曲理念的潜力。这场讨论围绕着计算机，尤其是人工智能，在创作过程中的作用展开。计算机究竟应当帮助艺术家，还是取代艺术家？自动化真的有益于创造力吗？如果有益，自动化应如何促进创造力，而不是阻碍创造力？IA+CA 项目旨在研究音乐与视觉艺术交汇处的部分开放性问题。尽管目前的研究仍处于初步阶段，但本文所述工作已经探讨了其中许多问题，这鼓励我们继续探索人工智能在声音设计、音乐创作和视觉艺术设计中的作用。

作者贡献

所有作者均参与了本手稿的撰写和实验，并按字母顺序列出。

致谢

本项目部分由欧盟“地平线2020”研究与创新计划资助，资助协议编号为玛丽·斯克沃多夫斯卡-居里第831852号（MORPH）。

参考文献

1. Bentley, P. J., and Corne, D. W., 编。2001年。创造性进化系统。旧金山：Morgan Kaufmann Publishers Inc. 2. Besold, T. R.; Schorlemmer, M.; and Smaill, A., 编。2015年。计算创造力研究：迈向创造性机器。巴黎：Atlantis Press。3. Boden, M. A., and Edmonds, E. A., 编。2019年。从手指到数字：人工美学。剑桥：MIT出版社。4. Boden, M., 编。1996年。创造力的维度。剑桥：MIT出版社。5. Boden, M., 编。2004年。创造性思维：神话与机制。伦敦：Routledge。6. Briot, J.-P.; Hadjeres, G.; and Pachet, F.-D., 编。2020年。音乐生成的深度学习技术。尚贝里：Springer。7. Cardoso, A., and Machado, P. 2003年。计算创造力。载于 Pires, F. M., and Abreu, S., 编，人工智能进展。柏林：Springer。8. Chion, M. 1994年。视听：银幕上的声音。纽约：哥伦比亚大学出版社。9. Duch, W. 2013年。计算创造力。载于 Dubitzky, W.; Wolkenhauer, O.; Cho, K.-H.; and Yokota, H., 编，系统生物学百科全书。纽约：Springer。464–468。10. Hiller, L. A.; Isaacson, L. M. 1959年。实验音乐：用电子计算机作曲。纽约：麦格劳-希尔。

11. Machado, P.; Romero, J.; and Greenfield, G., 编。2021。人工智能与艺术：计算创造力、艺术行为与创作者工具。尚贝里：Springer。12. Miranda, E. R., and Biles, J. A., 编。2007年。进化计算机音乐。伦敦：Springer。13. Miranda, E. 2003年。论涌现行为的音乐：进化计算能为音乐家带来什么?《列奥纳多》，36:55–59。14. Miranda, E. R. 2004年。进化计算与音乐的交汇点：自编程合成器、群体管弦乐团与旋律起源。进化计算，12(2):137–158。15. Miranda, E. R., 编。2021。音乐人工智能手册。尚贝里：Springer。16. 乌力波。1988年。《潜在文学》。巴黎：Folio Essais。17. Ritchie, G. 2007年。将创造力归因于计算机程序的一些经验标准。《心智与机器》，17:76–99。18. Romero, J., and Machado, P., 编。2008年。《人工进化艺术：进化艺术与音乐手册》。柏林：Springer。19. Schiavio, A., and Benedek, M. 2020年。音乐创造力的维度。《神经科学前沿》，14。20. Todd, S., and Latham,W. 1992年。进化艺术与计算机。学术出版社。21. Veale, T., and Cardoso, F. A., 编。2019年。计算创造力：自主创造系统的哲学与工程。尚贝里：Springer。