

ANEXO ARTICULO No 7 RESOL. CD 28/09

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
SOLICITUD DE INSCRIPCION

(para llenar por el Departamento)

N ° de Inscripción.....

Departamento de**Computación**.....

Concurso para el cargo de **JTP** Dedicación ...**Semi-Exclusiva**.....

Grupo de asignaturas o área departamental (si se inscribe en más de una, haga una lista de todas ellas):

.....**Sin..Area**.....

Campo de Investigación: **Modelado Computacional de Cognición musical e Inteligencia Artificial aplicada al procesamiento de Música**

APELLIDO**Miguel**.....

NOMBRES.....**Martin Alejandro**.....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD: TIPO **DNI** NUMERO..**35254343**.....

FECHA DE NACIMIENTO: DIA..**10**... MES ...**Junio**.....AÑO..**1990**.....

DOMICILIO REAL

Calle y número**Yatay 50**.....

Piso y dpto.**5to A**.....

Localidad **CABA**.....Código Postal.....**1184**.....

TEL..**49834768**

a) Declaro bajo juramento no encontrarme comprendido en las causales de inhabilitación para el desempeño de cargos públicos.

b) La presentación de esta solicitud importa, por parte del inscripto, el conocimiento de las condiciones fijadas en el Reglamento de concurso aprobado por Resolución del Consejo Directivo N° 28/09 y modificatorias CD Nros. 1497/18 y 481/19.

c) Declaro conocer que, por Resolución CD N° 716/86 el cargo de auxiliar docente con dedicación exclusiva o semiexclusiva es incompatible con el goce de una beca de igual dedicación.

Buenos Aires,....6/7/2022.....

.....
Firma y aclaración del Aspirante

LISTADO DE DOCUMENTACION PRESENTADA

	<i>Pág.</i>	<i>A Pág.</i>
<i>Antecedentes Docentes</i>	<i>..3...</i>	<i>..3...</i>
<i>Antecedentes Científicos</i>	<i>..3...</i>	<i>..4...</i>
<i>Antecedentes de Extensión</i>	<i>..5...</i>	<i>..5...</i>
<i>Antecedentes Profesionales</i>	<i>..5...</i>	<i>..5...</i>
<i>Calificaciones Títulos Otros</i>	<i>..5...</i>	<i>..6..</i>
<i>Plan de investigación</i>	<i>..7..</i>	<i>..9...</i>

Detalle de documentación presentada:

a)...*Curriculum Vitae*
b).....
.....
c).....
.....

Fecha:6/7/2022.....

TALON PARA EL ASPIRANTE

Fecha *Nº de inscripción*.....

En el día de la fecha recibí la documentación del aspirante

para la inscripción al concurso de

..... en el Departamento de.....

.....
Firma y aclaración del
Funcionario receptor

Curriculum Vitae

Martin Alejandro Miguel

mmiguel@dc.uba.ar

DNI: 35.254.343 — LU: 181/09 — Legajo: 0167777 — CUIT: 20-35254343-9

1. Antecedentes Docentes

1.1. Universitarios

- Jefe de Trabajos Prácticos (dedicación simple), Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamenteo de Computación. *2do cuatrimestre 2017 hasta 1er cuatrimestre 2022 - Algoritmos y Estructuras de Datos 2.*
- Ayudante de 1ra (dedicación simple), Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamenteo de Computación. *Año 2016 y 1er cuatrimestre 2017 - Algoritmos y Estructuras de Datos 2.*
- Ayudante de 2da, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Computación. *1er cuatrimestre 2012 - Algoritmos y Estructuras de Datos 1.*
- Ayudante de 2da, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Computación. *1er y 2do cuatrimestre 2011 - Algoritmos y Estructuras de Datos 2.*

2. Antecedentes Científicos

2.1. Publicaciones con Arbitraje

2.1.1. En revistas

- Kiss, Luca; Guiot, Cecilia; Hashim, Sarah; D'Aleman Arango, Nicolas; Miguel, Martin A. **The 14th International Conference of Students of Systematic Musicology (SysMus21)** (2022). Music & Science. doi:10.1177/20592043221076613.
- Miguel, Martin A.; Riera, Pablo; Fernandez Slezak, Diego. **A simple and cheap setup for timing tapping responses synchronized to auditory stimuli.** (2021) Behav Res 54, p. 712–728. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01653-y>
- Miguel, Martín A.; Sigman, Mariano; Fernandez Slezak, Diego. **From beat tracking to beat expectation: Cognitive-based beat tracking for capturing pulse clarity through time** (2020) PLOS ONE 15(11): e0242207. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242207>, p.1-22
- Belloli, Laouen; Miguel, Martín A.; Goldin, Andrea P., Fernandez Slezak, Diego. **Mate Marote: a BigData platform for massive scale educational interventions.** AGRANDA 2016-JAIIO 45, 2016, Tres De Febrero, Buenos Aires, Argentina, (ISSN: 2451-7569), p. 107-114.
- Martin A. Miguel. **Inferencia de Tactus con Fundamentos Estadísticos para Tap-dancing.** ASAI 2015-JAIIO 44, 2015, Rosario, Argentina, (ISSN: 2451-7585), p. 168-175.

2.1.2. En conferencias

- Miguel, Martin A.; Fernandez Slezak, Diego. **Modeling beat uncertainty as a 2D distribution of period and phase: a MIR task proposal.** (2021) Proc. of the 22nd Int. Society for Music Information Retrieval Conf., Online.
- Pironio, Nicolas; Fernandez Slezak, Diego; Miguel, Martin A. **Pulse clarity metrics developed from a deep learning beat tracking model.** (2021) Proc. of the 22nd Int. Society for Music Information Retrieval Conf., Online, 2021.

2.2. Participación en congresos o acontecimientos nacionales o internacionales

- Presentación de poster: **Modeling beat ambiguity in period and phase.** *Miguel, Martin .A; Fernandez Slezak, Diego.* International Conference of Students of Systematic Musicology 21 (SysMus 21), 2021, Online and Aarhus, Denmark (DOI 10.17605/OSF.IO/5WRS3)
- Presentación de poster: **A continuous model of pulse clarity: towards inspecting affect through expectations in time.** *Miguel, Martin .A; Sigman, Mariano; Fernandez Slezak, Diego.* Neuromusic VII, 2021, Online and Aarhus, Denmark. (DOI 10.17605/OSF.IO/FGVB2)
- Presentación de poster: **Evaluation of pulse clarity models on multiple datasets.** *Pironio, Nicolas; Fernandez Slezak, Diego; Miguel, Martin A.* Rhythm Perception and Production Workshop 2021 (RPPW 21), 2021, Online and Oslo, Norway (DOI 10.17605/OSF.IO/SDQ5P)
- Presentación de poster: **Development and evaluation of pulse clarity metrics based on a deep learning beat tracking model.** *Pironio, Nicolas; Fernandez Slezak, Diego; Miguel, Martin A.* 16th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC 21), 2021, Online.
- Participación virtual a Cross-European Winter School On Musical Ability. Febrero 2021, virtual.
- Participación virtual a 16th Annual McMaster NeuroMusic Virtual Conference (NeuroMusic 2020). Noviembre 2020, virtual.
- Participación virtual a 13th International Conference of Students of Systematic Musicology (SysMus 20). Septiembre 2020, Online.
- Participación en charla sobre trabajo: **Analysis of the behaviour of a beat tracking model to estimate human perception of task difficulty.** Pironio, Nicolas; Miguel Martín A. 49-JAIIO, 2020, Argentina.
- Asistencia a la reunión Latino-Americana de Inteligencia Artificial, KHIPU 2019, Montevideo, Uruguay.
- Presentación de poster: **A continuous model of pulse clarity.** SMPC 2019, New York University, New York, Estados Unidos.
- Presentación de poster: **Tapping to your own beat.** SMPC 2019, New York University, New York, Estados Unidos.
- Presentación de poster: **Beat tracking model for cognitive evaluation.** MLSS 2018, Universidad Torcuato Di Tella, Buenos Aires, Argentina.
- Presentación de poster: **Inferencia de Tactus con Fundamentos Estadísticos para Tap-dancing.** ECI 2017, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Presentación de poster y charla sobre trabajo: **Inferencia de Tactus con Fundamentos Estadísticos para Tap-dancing.** 44-JAIIO, 2015, Rosario, Argentina.
- Participación como voluntario en IJCAI-15, Buenos Aires, Argentina.

2.3. Formación de Recursos Humanos

- Mentoría del estudiante de grado Lucas Somacal en el contexto de del programa de Becas de Iniciación a la investigación en Ciencias de la Computación (BIICC), otorgadas por el Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. La pasantía se realizó durante el año 2021 y fue titulada: Exploración de transferencia de estilo en música simbólica usando espacios latentes en VAEs.
- Mentoría del estudiante de grado Nicolás Pironio en el contexto de del programa de Becas de Iniciación a la investigación en Ciencias de la Computación (BIICC), otorgadas por el Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. La pasantía se realizó durante el año 2020 y fue titulada: Analisis de la reutilización de un modelo de seguimiento de pulso basado en redes neuronales para estimación de claridad del pulso.

3. Antecedentes de Extensión

- Participación como expositor de una charla ilustrando el perfil de los egresados y egresadas de la carrera de Ciencias de la Computación. “Semana de la Computación 2019”. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.
- Participación como docente del taller de programación musical en la “Semana de la Computación 2018”. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.
- Participación en la organización del taller de programación musical en la “Semana de la Computación 2017”. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.
- Participación como coordinador de charlas en la “Semana de la Computación 2016”. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

4. Antecedentes Profesionales

4.1. Actividades profesionales fuera del ámbito académico

- Data Scientist, Avenida.com. Buenos Aires, Argentina. Enero 2016 - Marzo 2016.
Mejoras en el sistema de búsqueda del sitio.
- Programador, Proyecto MateMarote, UBA. Buenos Aires, Argentina. Abril 2015 - Diciembre 2015.
Desarrollo de sistema online para soporte de juegos en internet (Java) y desarrollo de juegos de entrenamiento cognitivo para niños (javascript)
- Ingeniero de Software (Pasantía), Google.com. New York, USA. Enero 2014 - Abril 2014.
Desarrollo y extensión de frameworks de testing para tests de performance, tests funcionales y tests de regresión.
- Programador Java, Despegar.com. Buenos Aires, Argentina. Agosto 2012 - Diciembre 2013.
Desarrollo de componentes para integrar en un sistema de software de mayor escala. Desarrollo de aplicaciones web y frameworks utilitarios.
- Programador Java Jr. (J2ME / Blackberry), SenseByte. Buenos Aires, Argentina. Enero 2009 - Enero 2010.
Desarrollador de aplicaciones stand-alone y cliente-servidor. Desarrollo de interfaces con hardware no estandar utilizado por las aplicaciones desarrolladas.

5. CALIFICACIONES, TITULOS, ESTUDIOS, OTROS

5.1. Títulos Obtenidos

- Lic. en Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, Argentina. 2008 - 2015.
- Título Secundario, Instituto SUMMA, Buenos Aires, Argentina. 2003 - 2007.
Bachiller con Orientación a Comunicaciones.

5.2. Carrera de doctorado

Doctorado en Ciencias de la Computación

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

- *Director de Tesis:* Diego Fernandez Slezak
- *Co-director de Tesis:* Mariano Sigman
- *Tema de Tesis:* Inferencia de estructuras y patrones temporales basados en la cognición musical
- *Fecha de ingreso:* 5/12/2016
- *Estado de avance:* Manuscrito final entregado en Mayo de 2022, actualmente bajo revisión de los jurados.

5.3. Becas

- Beca Doctorado CONICET, con inicio el 01/04/2016 y fin el 01/04/2022 (año extra a razón de la pandemia de COVID-19).

5.4. Otros elementos

5.4.1. Calificaciones

Para la Licenciatura en Ciencias de Computación del Departamento de Computación, FCEyN, UBA.

Obligatorias

Análisis Numérico	9
Álgebra	5
Probabilidad y Estadística	10
Algoritmos y Estructuras de Datos I	10
Algoritmos y Estructuras de Datos II	10
Algoritmos y Estructuras de Datos III	9
Organización del Computador I	8
Organización del Computador II	8
Sistemas Operativos	10
Métodos Numéricos	10
Ingeniería de Software I	7
Ingeniería de Software II	9
Teoría de las Comunicaciones	10
Bases de Datos	9
Lógica y Computabilidad	9
Teoría de Lenguajes	10
Paradigmas de Lenguajes de Programación	10

Optativas

Redes Neuronales	9
Introducción a Tecnologías del Habla	9
Teoría de Juegos	Solo cursada
Desarrollo de Sistemas Operativos	10
Aprendizaje Automático	10

Escala de notas: 10

Promedio: 9.09

Para la carrera de Doctor en Ciencias de la Computación:

Ciencia de Datos R: Fundamentos Estadísticos	10
Fundamentos de Inferencia Bayesiana	10
Introducción a la Ciencia de los Datos	10
Procesamiento de Señales	10
Integración de Bases de Conocimiento	10
Introducción a la Neurociencia Cognitiva Computacional	10

6. INFORMACIÓN SOBRE LICENCIAS

En 2020 fue utilizada la licencia de un semestre por finalización de doctorado.

7. Considerar los antecedentes comprendidos en el período de marzo 2020 - marzo 2022.

Si.

Plan de Investigación

Cargo JTP Dedicación Exclusiva

Martin A. Miguel - LU 181/09 - N. Legajo 0167777

Introducción/Motivación

El presente plan de investigación propone el desarrollo de modelos de inteligencia artificial que, a partir de un estímulo musical simbólico, estimen para distintos momentos del mismo la certeza que tiene un oyente humano en su predicción de cómo continuará el mismo.

Las producciones artísticas o de entretenimiento, deben mantener un balance entre la novedad y la familiaridad [2]. Esto es particularmente evidente en la música, donde el uso de repeticiones y estructuras de organización es un recurso común y fundamental. En este ámbito, un estímulo musical propone una estructura a partir de la cual un oyente puede generar predicciones sobre cómo continuará. Por otra parte, la música también tiene desvíos de la estructura propuesta a fin de generar sorpresa. Sin no estuviera establecida esta estructura, no habría sensación de sorpresa ya que el oyente no establecería predicciones en primer lugar. De esta forma, un estímulo musical debe balancear la novedad y la familiaridad, de forma que un oyente pueda generar predicciones que sean luego desafiadas [13, 19].

En este contexto, este trabajo propone desarrollar modelos de inteligencia artificial y neurociencia computacional que permitan estimar el grado de certeza de un oyente frente a un estímulo musical en distintos puntos del mismo. Estas herramientas son de utilidad para proveer información a compositores y enriquecer modelos de composición automática. Este análisis también puede funcionar como entrada adicional a otras tareas del campo de recuperación de información musical (*Music Information Retrieval* o *MIR*, en inglés), como ser segmentación o clasificación automática, así como sistemas de recomendación.

Desde las áreas de inteligencia artificial, procesamiento de señales y MIR se han desarrollado numerosos modelos computacionales que buscan comprender un estímulo musical. Ejemplo de tareas donde esto sucede es composición [4], clasificación de emociones [7] y segmentación automática [14] de estímulos musicales. No obstante, estos trabajos se enfocan en resolver la tarea en cuestión y no en reflejar la forma en que un oyente humano procesa la música. De esta forma, no son herramientas para estimar la certeza de un oyente.

IDyOM es un modelo estadístico que fue desarrollado para la tarea de estimación de certeza en un estímulo musical [15]. El mismo permite estimar la probabilidad de distintas continuaciones a un segmento de un estímulo musical. Para ello se basa en regularidades estadísticas aprendidas a partir de un cuerpo de datos. Dada la distribución de probabilidad de las continuaciones, la certeza se estima a partir la entropía de la misma. La distribución de probabilidad estimada por el modelo, así como la estimación de certeza, fueron contrastadas con datos obtenidos de oyentes humanos [10, 11]. En los experimentos, los participantes debían, para un contexto musical dado, puntuar el nivel de incertidumbre que tenían para posibles continuaciones. También, luego del contexto, eran presentados con distintas continuaciones y debían reportar que tan esperadas eran las mismas. La estimación de probabilidad de IDyOM para las continuaciones mostró correlaciones significativas con las medidas de sorpresa de los participantes ($r = 0.695$, $p < 0.01$). De igual manera, la estimación de entropía del modelo correlacionó significativamente con los reportes de incertidumbre de los participantes ($r = 0.466$, $p = 0.02$).

El funcionamiento de IDyOM se basa en cadenas de Markov de orden variable, donde la distribución de probabilidad de una continuación para un contexto musical se establece a partir de contabilizar cuantos contextos similares al evaluado están presentes en los datos de entrenamiento y poseen la continuación en cuestión. Este mecanismo de inferencia puede ser extendido considerando otros mecanismos de aprendizaje y resumen que son utilizados

en la cognición humana. Se considera que la misma es jerárquica, manteniendo concepciones del mundo de distintos niveles de abstracción [9]. Por ejemplo, en el procesamiento de secuencias, las personas mantienen distribuciones de transición (similares a las cadenas de Markov), pero también realizan procesos de agrupación de la secuencia en secciones relevantes. Asimismo, pueden abstraer patrones algebraicos abstractos que luego se instancian con valores específicos (por ejemplo, la secuencia abstracta AAB , que puede instanciarse en 112 o 225) y abstraer estas aún más en árboles de parseo [6].

Objetivos

Este plan de investigación propone desarrollar modelos para la estimación de la certeza a lo largo del tiempo que tendría un oyente humano sobre las continuaciones de un estímulo musical dado un contexto.

En primer lugar, se propone la extensión de las ideas propuestas en el modelo IDyOM [15] con nuevos mecanismos de inferencia jerárquica como los mencionados en la sección antecedentes [6].

En segundo lugar, se propone reutilizar modelos de composición automática que aprenden recurrencias estadísticas en estímulos musicales para obtener estimadores de certeza. Esto puede realizarse a partir de métricas obtenidas de las activaciones de la red neuronal, así como reutilizando las capas inferiores de las mismas y agregando una nueva capa superior entrenada para esta nueva tarea (proceso conocido como *fine-tuning*).

En tercer lugar, se propone realizar un experimento para recolectar información de certeza en contextos musicales. Estos datos serán utilizados para evaluar los modelos así como para mejorar el proceso de entrenamiento al contar con mayor cantidad de datos.

Metodología de trabajo

Para extender las propuestas de IDyOM, se propone el uso de modelos de inferencia Bayesiana jerárquica que utilizan gramáticas para poder describir abstracciones que permiten razonar sobre los datos de entrada [18]. Por un lado, el uso de gramáticas permite hacer descripciones basadas en árboles de secuencias de datos como son los estímulos musicales. Estas gramáticas, por ejemplo, permiten reflejar la forma jerárquica en la que se anota la música escrita en partituras, donde los elementos constituyentes (las notas) se agrupan de forma recursiva [8]. Esta técnica de modelado ha mostrado ser flexible para representar distintos tipos de datos (taxonomías de animales, ubicaciones espaciales, distancia entre colores) y obtener información relevante a partir de pocos datos [18]. Asimismo, el modelado del aprendizaje utilizando gramáticas ha podido reflejar características de procesamiento humano, como ser tiempo de respuesta o dificultad de la tarea [17].

Para obtener métricas a partir de modelos de redes neuronales, proponemos inspeccionar modelos de composición automática secuencial. Estos modelos son entrenados para que, dado un contexto musical, estimar una distribución de probabilidad de continuaciones de forma que repliquen el dataset [12]. De esta forma, y al igual que en IDyOM, la certeza del oyente puede estimarse a partir de la entropía de esta distribución de probabilidad. Esta metodología fue utilizada con éxito en un trabajo previo para obtener un estimador de la certeza del pulso musical [16].

Para el experimento, es posible realizar tareas donde los participantes reportan su certeza respecto de la continuación de distintos contextos musicales [10]. Para tomar medidas durante el proceso de escucha sin inducir una pausa, es posible utilizar mediciones fisiológicas como pupilometría [20],

Descripción del grupo de investigación

El trabajo de investigación se realizará dentro del Laboratorio de Inteligencia Artificial Aplicada. El mismo se enfoca en la aplicación de técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático a distintos problemas. En particular, se mantienen líneas de investigación donde se desarrollan modelos que buscan reflejar y predecir características de la cognición humana (como ser la trayectoria de movimientos oculares en la percepción de imágenes [5], estimación de riesgo de psicosis [1] o predictibilidad de palabras en un texto [3]).

Factibilidad

Para el desarrollo de los modelos de inferencia no es necesario equipo especializado. Para el trabajo con redes neuronales puede ser necesario, según si se deben entrenar modelos, computadoras equipadas con placas de vídeo, las cuales son accesibles en el laboratorio. Para la realización de experimento se requiere una sala donde conducirlos. El laboratorio cuenta con una sala designada para ello. Además cuenta con una cámara de seguimiento ocular en caso de recolectar datos de pupilometría.

Otros

Se espera publicar el trabajo de modelado utilizando modelado basado en gramáticas en la revista de investigación técnica en música *Journal of New Music Research*. Se espera publicar el trabajo realizado a partir de redes neuronales en la conferencia de la *International Society of Music Information Retrieval* (ISMIR). Los datos experimentales recolectados podrán ser publicados en la misma conferencia.

Algunas secciones de este plan pueden ser llevadas a cabo en conjunto con un estudiante, ya sea como tesis de grado o beca de investigación. Un ejemplo es la exploración sobre modelos de redes neuronales, donde, dado un modelo ya seleccionado y un conjunto de datos de evaluación establecido, la/el estudiante deberá familiarizarse con el modelo, agregar código para obtener métricas del mismo, realizar una evaluación de las mismas y presentar los resultados.

Referencias

- [1] Gillinder Bedi, Facundo Carrillo, Guillermo A. Cecchi, Diego Fernández Slezak, Mariano Sigman, Natália B. Mota, Sidarta Ribeiro, Daniel C. Javitt, Mauro Copelli, and Cheryl M. Corcoran. Automated analysis of free speech predicts psychosis onset in high-risk youths. *npj Schizophrenia*, 1(1):15030, Aug 2015.
- [2] D.E. Berlyne and de berlyne. *Aesthetics and Psychobiology*. Century psychology series. Appleton-Century-Crofts, 1971.
- [3] Bruno Bianchi, Gastón Bengolea Monzón, Luciana Ferrer, Diego Fernández Slezak, Diego E. Shalom, and Juan E. Kamienkowski. Human and computer estimations of predictability of words in written language. *Scientific Reports*, 10(1):4396, Mar 2020.
- [4] Jean-Pierre Briot, Gaëtan Hadjeres, and François-David Pachet. *Deep learning techniques for music generation*, volume 1. Springer, 2020.
- [5] Gaston Bujia, Melanie Sclar, Sebastian Vita, Guillermo Solovey, and Juan Esteban Kamienkowski. Modeling human visual search in natural scenes: A combined bayesian searcher and saliency map approach. *Frontiers in systems neuroscience*, 16, 2022.

- [6] Stanislas Dehaene, Florent Meyniel, Catherine Wacongne, Liping Wang, and Christophe Pallier. The neural representation of sequences: from transition probabilities to algebraic patterns and linguistic trees. *Neuron*, 88(1):2–19, 2015.
- [7] XHJS Downie, Cyril Laurier, and MBAF Ehmann. The 2007 mirex audio mood classification task: Lessons learned. In *Proc. 9th Int. Conf. Music Inf. Retrieval*, pages 462–467, 2008.
- [8] W Tecumseh Fitch. Rhythmic cognition in humans and animals: distinguishing meter and pulse perception. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7:68, 2013.
- [9] Karl Friston. The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, 11(2):127, Feb 2010.
- [10] Niels Chr. Hansen and Marcus T. Pearce. Predictive uncertainty in auditory sequence processing. *Frontiers in Psychology*, 5, 2014.
- [11] Niels Chr. Hansen, Peter Vuust, and Marcus Pearce. “if you have to ask, you’ll never know”: Effects of specialised stylistic expertise on predictive processing of music. *PLOS ONE*, 11(10):1–20, 10 2016.
- [12] Cheng-Zhi Anna Huang, Ashish Vaswani, Jakob Uszkoreit, Noam Shazeer, Ian Simon, Curtis Hawthorne, Andrew M Dai, Matthew D Hoffman, Monica Dinculescu, and Douglas Eck. Music transformer. *arXiv preprint arXiv:1809.04281*, 2018.
- [13] David Huron and Elizabeth Hellmuth Margulis. *Musical expectancy and thrills*, chapter 21, pages 575–604. Oxford University Press, 2010.
- [14] Brian McFee, Oriol Nieto, Morwaread M Farbood, and Juan Pablo Bello. Evaluating hierarchical structure in music annotations. *Frontiers in psychology*, 8:1337, 2017.
- [15] Marcus Thomas Pearce. *The construction and evaluation of statistical models of melodic structure in music perception and composition*. PhD thesis, City University London, 2005.
- [16] Nicolás Pironio, Diego Fernandez Slezak, and Martin A Miguel. Pulse clarity metrics developed from a deep learning beat tracking model. In *Proceedings of the 22nd International Society for Music Information Retrieval Conference*, pages 525–530, Online, November 2021. ISMIR.
- [17] P. Tano, S. Romano, M. Sigman, A. Salles, and S. Figueira. Learning is Compiling: Experience Shapes Concept Learning by Combining Primitives in a Language of Thought. *ArXiv e-prints*, May 2018.
- [18] Joshua B Tenenbaum, Charles Kemp, Thomas L Griffiths, and Noah D Goodman. How to grow a mind: Statistics, structure, and abstraction. *science*, 331(6022):1279–1285, 2011.
- [19] Peter Vuust, Martin J. Dietz, Maria Witek, and Morten L. Kringelbach. Now you hear it: a predictive coding model for understanding rhythmic incongruity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423(1):19–29, 2018.
- [20] Felicia Zhang and Lauren L Emberson. Using pupillometry to investigate predictive processes in infancy. *Infancy*, 25(6):758–780, 2020.