

Ciudad de México a 29 de mayo de 2024.

Solicitud de renovación

Sesión de Consejo de aprobación	CUA-DCNI-189-20
Clave del proyecto asignada por Consejo Divisional	78 S190-20

1. Datos generales

1.1. Título del proyecto: Toma de decisiones en problemas de optimización asistida por emociones.

1.2. Línea de investigación del grupo de investigación: neurociencias computacionales, optimización, robótica evolutiva e interfaces.

1.3. Responsable y participantes del proyecto:

Responsable

- Dr. Antonio López Jaimes, Profesor Asociado D Tiempo Completo, Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas.
 - **Participación:** diseño de métodos de incorporación de preferencias en optimización multiobjetivo, y diseño de técnicas de minería de datos aplicadas en el análisis del frente de Pareto.

Colaboradores

- Dra. Alicia Montserrat Alvarado González, Profesora Asociada D Tiempo Completo, Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas.
 - Participación: aplicación de computación afectiva y evaluación mediante el análisis de señales fisiológicas y encefalográficas del papel de las emociones en un sistema de toma de decisiones por computadora.
- Dr. Gibrán Fuentes Pineda, Investigador Titular A, Tiempo Completo, IIMAS-UNAM.
 - Participación: implementación de algoritmos de aprendizaje profundo para identificar patrones de interés en señales fisiológicas y encefalográficas.

1.4. Orientación: investigación aplicada, desarrollo de tecnología.

1.5. Fecha de inicio: 15 de julio, **Duración:** 2 años.

2. Propuesta

2.1. Resumen

Una de las finalidades de esta renovación de proyecto es terminar algunos de los productos que tienen ya un porcentaje considerable de avance en el proyecto original. Y por otro, explorar algunas líneas de investigación derivadas de los resultados actuales.

El problema de toma de decisiones en problemas de optimización multiobjetivo surge porque no hay un diseño que mejore todos los objetivos simultáneamente (e.g., un diseño de una bicicleta económica y al mismo tiempo liviana). Se han propuesto metodologías que le presentan al usuario un conjunto de diseños iniciales para que éste exprese sus preferencias de acuerdo a un modelo matemático. Una vez hecho esto, el optimizador genera nuevos diseños tomando en cuenta estas preferencias. Como este proceso se repite muchas veces, es cansado para el usuario y en ciertos casos, es difícil expresar sus preferencias en términos del modelo matemático.

Para lidiar con estas dificultades estamos trabajando en un enfoque que utiliza las emociones del usuario para facilitar la evaluación de los diseños y finalmente, convertir estas emociones en los parámetros que espera el modelo matemático para guiar la búsqueda de un optimizador.

Los métodos que hemos diseñado para materializar este enfoque, no solamente han mostrado su viabilidad sino que también han abierto nuevas líneas de investigación. Por lo tanto, en la renovación de este proyecto, proponemos enfocarnos en la exploración del uso de las emociones en la toma de decisiones.

2.2. Antecedentes

El objetivo principal del proyecto original era desarrollar una metodología para incorporar preferencias del usuario en problemas de optimización con gran cantidad de objetivos. Es decir, facilitar la toma de decisiones del usuario cuando se le presentan diseños con rendimientos similares.

Al inicio del proyecto exploramos el uso de técnicas tradicionales que consisten en pedir al usuario información de preferencias en forma de parámetros (e.g., asignar pesos a los criterios a optimizar, ordenarlos según las preferencias, etc.). Posteriormente, encontramos un enfoque muy prometedor que hasta hace poco solamente se había sugerido en la literatura. Nos referimos al uso de emociones del usuario para interpretar sus preferencias con respecto a un grupo de diseños alternativos. Este nuevo enfoque permitiría disminuir la carga cognitiva que representa para el usuario la evaluación constante de diseños alternativos. Además, expresar preferencias mediante emociones es más intuitivo que utilizar un proceso de asociación entre parámetros numéricos y sus preferencias.

No hay una manera directa de implementar la idea de incorporar emociones para tomar decisiones. No obstante, los resultados de los métodos que hemos diseñado para materializar este enfoque, no solamente han mostrado su viabilidad sino que han abierto nuevas líneas de investigación. En particular, encontramos una clara intersección entre nuestro proyecto y aplicaciones del llamado *Cómputo Afectivo* (sistemas que reconocen y procesan emociones humanas). En consecuencia, proponemos enfocar este proyecto en la exploración del uso de las emociones en la toma de decisiones¹ y dejar la experimentación con problemas con muchos objetivos para un siguiente proyecto. Para reflejar la importancia de esta línea de investigación sugerimos cambiar el nombre del proyecto de investigación como aparece al inicio de este documento.

Antes de continuar con los temas que se abordan en este proyecto, como contexto para entender los objetivos de esta solicitud de renovación, hacemos un recuento de los productos que conseguimos en el proyecto original:

¹ Es decir, se mantiene el tema central de toma de decisiones en problemas de optimización. Solamente, cierto tipo de problema de prueba es el que dejaremos pendiente para otra etapa.

- Un algoritmo de optimización que utiliza un modelo de preferencias propuesto en la literatura para guiar la búsqueda.
- Un sistema que simula en un entorno 3D cada diseño del problema, mostrando claramente el efecto del desempeño de cada uno de los objetivos a optimizar. Como caso de estudio, usamos el problema de diseñar el controlador de un robot de servicio doméstico.
- Un método que permite al usuario definir explícitamente sus emociones a través de dos valores, valencia y excitación. Posteriormente, propusimos un método que convierte estos dos valores a información de preferencias que espera el modelo de preferencias.
- Los tres elementos anteriores se combinan para formar un sistema de software completo que tiene una interfaz especial para alternar la búsqueda de diseños óptimos y la incorporación de preferencias para dirigir la búsqueda.

2.2.1. Problemas multiobjetivo

Imaginemos que necesitamos conocer la ruta más eficiente de nuestra casa al trabajo. Si por eficiente consideramos solamente el tiempo, entonces necesitamos un método de optimización de un solo objetivo para encontrar la ruta más rápida; en este escenario, no hay necesidad de un proceso de toma de decisiones porque solamente hay un diseño, aquel que minimiza el tiempo.

No obstante, si el costo también es una preocupación, entonces necesitamos una ruta rápida, y a la vez, tan económica como sea posible (e.g., evitando peajes y ahorrando combustible). Antes de pensar en qué tipo de optimizador necesitamos para resolver nuestro problema, nos deberíamos preguntar si la ruta más rápida también podría ser la más económica. Para responder a esta pregunta intentemos diseñar la ruta más rápida. Para este fin, debemos tomar caminos con peaje; de esta manera, esta ruta no será la más económica. Ahora, comencemos por una ruta económica. En este caso, como evitaremos rutas con peaje, tomaríamos caminos más largos o con más tráfico, lo cual resulta en una ruta lenta. Por medio de este simple ejercicio, nos podemos dar cuenta de que la respuesta a nuestra pregunta es que no es posible encontrar una ruta ideal, es decir, aquella que sea rápida y económica al mismo tiempo.

Este tipo de soluciones² son llamadas soluciones compromiso o soluciones no dominadas. A su vez, problemas como el anterior son conocidos como *problemas de optimización multiobjetivo*. Es decir, queremos un diseño o solución que optimice al mismo tiempo dos más objetivos. La principal característica de estos problemas es que los objetivos que queremos optimizar están en conflicto, es decir, en algún punto, mejorar una solución resulta en el deterioro de al menos otro objetivo.

Como resultado, en la optimización multiobjetivo, en lugar de un único diseño óptimo, obtenemos un conjunto de diseños óptimos que representan diferentes compromisos entre los objetivos. Este conjunto de diseños alternativos se conoce como *conjunto de óptimos de Pareto*.

2.2.2. Toma de decisiones

Sin embargo, desde un punto de vista práctico, qué significa tener este conjunto de óptimos si nosotros queremos, por ejemplo, elegir una sola ruta para ir al trabajo. Por ejemplo, si vamos tarde para una reunión, aunque tengamos todas las alternativas óptimas de Pareto, probablemente elegiremos una solución cercana a la ruta más rápida, sin importar el costo. En contraste, en

² En algunos contextos, sobre todo en ingeniería, a las soluciones se les llama diseños.

circunstancias normales, podríamos optar por una solución con un compromiso más equilibrado entre tiempo y costo.

Por lo tanto, tener una buena aproximación del frente de Pareto resuelve parcialmente nuestro problema de optimización multiobjetivo. De aquí que necesitemos una etapa de *toma de decisiones o incorporación de preferencias* del usuario. Puesto que la selección de un diseño compromiso depende del usuario final y sus necesidades particulares, no existe un método automatizado que determine el diseño apropiado para él o ella. Es decir, el proceso de toma de decisiones requiere necesariamente de la intervención humana (el *tomador de decisiones*).

Entre las metodologías más usadas para asistir al tomador de decisiones para encontrar su solución más preferida se encuentran los métodos de *optimización multiobjetivo interactiva (IMO)*. En estos métodos, la búsqueda y la articulación de preferencias se alternan hasta que el tomador de decisiones encuentra el diseño idóneo para sus necesidades.

En la metodología IMO hay tres elementos principales: i) un tomador de decisiones que evalúa un conjunto pequeño de diseños alternativos y, como resultado, expresa sus preferencias para guiar la búsqueda; ii) un *modelo de preferencias* que recibe información de preferencias en un formato parametrizado; y iii) un motor de búsqueda que usa el modelo de preferencias parametrizado para dirigir la búsqueda hacia la región de interés del tomador de decisiones. Este proceso se repite hasta que el tomador de decisiones está satisfecho con un diseño.

2.2.3. Emociones en la toma de decisiones

Ya en los siglos XVII y XVIII, filósofos como Descartes y Kant pensaban que para tomar la mejor decisión debemos usar solamente nuestra capacidad analítica, esmerándonos en dejar de lado cualquier emoción que afecte nuestro buen juicio. Este pensamiento fue permeando hasta trabajos modernos que suponen que un tomador de decisiones analiza racionalmente todas las opciones posibles y elige aquella que maximiza el beneficio obtenido (e.g., la *teoría de la utilidad esperada* propuesta por von Neumann y Morgenstern).

En contraste, a finales del siglo pasado, Damasio sugirió que las emociones son fundamentales para tomar decisiones. Uno de sus argumentos se basa en lo que llama la *hipótesis del marcador somático*. En ésta, Damasio propone que las emociones alteran el estado corporal y que las sensaciones físicas nos ayudan a calificar nuestras decisiones como buenas o malas. También expone que *las emociones no sustituyen el proceso racional sino que lo complementan* ya que acotan la cantidad de opciones viables al descartar rápidamente aquellas que evocan emociones negativas.

En el contexto de toma de decisiones en problemas multiobjetivo, Wenstøp sentó las bases para incorporar emociones en una metodología de toma de decisiones. Él enfatiza que las emociones juegan un papel importante aún en situaciones donde el usuario no está involucrado personalmente, como sucede en problemas de ingeniería, por ejemplo. De aquí que Wenstøp haga notar la importancia de crear escenarios que promuevan la evocación de emociones en el tomador de decisiones de acuerdo a las posibles consecuencias de diseños alternativos. Una vez que las emociones fueron estimuladas, el tomador de decisiones puede asignar valores de preferencia más precisos a cada solución que se le presenta.

2.3. Objetivo general y objetivos específicos

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de incorporación de preferencias interactivo que utilice emociones del tomador de decisiones para asistirlo en problemas de optimización multiobjetivo.

Objetivos específicos

- O1. Terminar la validación de la herramienta de software con la que ya contamos para incorporar emociones para asistir al usuario en problemas multiobjetivo. En esta versión la emociones se capturan de manera subjetiva, es decir, el usuario expresa su emoción de manera explícita.
- O2. Terminar la versión de la herramienta que captura las emociones de manera objetiva, es decir, al leer las señales cerebrales para identificar la emoción del tomador de decisiones.
- O3. Desarrollar un algoritmo de aprendizaje automático para predecir las preferencias del usuario dentro de una metodología interactiva de incorporación de preferencias.
- O4. Actualizar la herramienta de software que facilita la toma de decisiones en problemas multiobjetivo. Es decir, agregar predicción de preferencias y un nuevo método de visualización.

2.4. Formación de recursos humanos

- 4 proyectos terminales, 2 en cada año de la duración solicitada del proyecto.

2.5. Productos esperados

- 3 artículos de revista indexada. En el primer año dos artículos, uno que está en su 2a ronda de revisión, y otro que tiene un 80% de avance. En el segundo año, otro artículo con la evaluación del sistema que evalúa las emociones usando una gorra EEG.
- 1 sistema informático que implemente la interfaz objetiva (mediante EEG) para identificar las emociones del usuario.
- 1 patente del sistema informático anterior.

2.6. Impacto esperado del proyecto

- Líneas de investigación de la UAM-Cuajimalpa
Este proyecto impacta en las siguientes líneas emblemáticas de la Unidad de acuerdo con las Políticas Operativas de Investigación de la UAM-C, Objetivos de la Investigación de la Unidad, I.1:
“Articular y potenciar las capacidades de las divisiones y departamentos de la Unidad para la generación y aplicación del conocimiento.”
- Problemas Nacionales
La problemática nacional en la que se pretende incidir de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo, es en el Eje de Salud. Ya que este proyecto podría ser dirigido a personas con Síndrome de Enclaustramiento o con Esclerosis Lateral Amiotrófica quienes, para

comunicarse, requieren de Interfaces Cerebro-Computadora. Esto se debe a que la herramienta de software les permitiría tomar decisiones que ahora no les es posible.

3. Calendario de actividades

Producto	Trim.1	Trim. 2	Trim 3.	Trim. 4	Trim. 5	Trim. 6
O1. Terminar validación de la versión con lectura subjetiva de emociones.	x	x				
O2. Terminar desarrollo de la versión con lectura objetiva de emociones.			x	x	x	
O3. Algoritmo para predecir preferencias.		x	x	x		
O4. Actualización sistema de software			x			x

Atentamente,



Dr. Antonio López Jaimes