

Estudio de las emociones en la toma de decisiones en problemas de optimización multiobjetivo

Propuesta de proyecto de servicio social

Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas
División de Ciencias Naturales e Ingeniería
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa

Nombre del proyecto

Apoyo para realizar los experimentos para adquirir señales electroencefalográficas (EEG) asociadas a las emociones del usuario en el proceso de toma de decisiones en problemas multiobjetivo.

Justificación

Este proyecto de servicio social se enmarca dentro del proyecto divisional *Toma de decisiones en problemas de optimización con gran número de objetivos*, el cual se divide en tres metas relacionadas:

1. Algoritmos para la incorporación de preferencias del usuario para la toma de decisiones en problemas multiobjetivo.
2. Métodos de visualización del frente de Pareto (conjunto de soluciones alternativas) en problemas con más de tres objetivos.
3. Algoritmos para extraer conocimiento a partir de una aproximación del frente de Pareto en escenarios con más de tres objetivos.

En particular, las actividades del alumno de servicio social apoyarán con la primer meta de la lista anterior. A su vez, esta meta está dividida en dos fases: la búsqueda de soluciones alternativas mediante un algoritmo de optimización, y la incorporación de preferencias para elegir una solución entre las alternativas.

A continuación se presentará una breve descripción de ambas partes para mostrar la relación entre ellas, y posteriormente se abundará más sobre la toma de decisiones.

La mayoría de los problemas de optimización del mundo real involucran dos o más objetivos que se tienen que optimizar simultáneamente y que se encuentran en conflicto (i. e., mejorar uno de ellos empeora algún otro). Por ejemplo, encontrar el conjunto de rutas de vehículos que realicen entregas en el menor tiempo posible y que a la vez minimicen el costo de transporte (salarios, gasolina, peajes, etc.). A este tipo de problemas se les conoce como *problemas de optimización multiobjetivo* (MOP, del inglés *multiobjective optimization problem*¹).

Una característica distintiva de los MOP es que los objetivos están en conflicto. Por ejemplo, en el problema de encontrar las rutas más rápidas, si el costo disminuye (menos vehículos), el tiempo de entrega aumenta. En optimización multiobjetivo no hay una única solución óptima sino un conjunto de soluciones alternativas óptimas llamadas *óptimos de Pareto*, y su imagen en el espacio de las funciones objetivo es conocido como *frente de Pareto*.

Contar con una buena aproximación del frente de Pareto no resuelve completamente un problema de optimización multiobjetivo. En la práctica, solamente una solución compromiso, o unas pocas, se

¹ Puesto que consideramos que en el área de optimización multiobjetivo las siglas en inglés están bien arraigadas, para evitar confusión, en este documento usaremos las siglas en este idioma.

implementarán (e.g., el diseño de un robot o un puente). El proceso de analizar y elegir esta solución se conoce como *toma de decisiones* o *incorporación de preferencias*. Es precisamente en este proceso donde se integran las prioridades particulares del área de aplicación. La persona que tiene la tarea de seleccionar una solución entre todas las óptimas (o aproximaciones) de Pareto es conocida como *tomador de decisiones* (DM, del inglés *decision maker*).

Una parte central de un sistema de decisiones es el modelo para representar las preferencias de una persona en una forma que sea tratable matemáticamente. Es decir, las preferencias del DM son reducidas a un esquema numérico o simbólico (véase [3], donde hay una muestra de varios métodos de este tipo). Entre las clases más comunes de estos métodos, podemos encontrar las siguientes:

- Los métodos basados en puntos de referencia, que quizá sean los más utilizados en la práctica (véase por ejemplo [4]). En esta clase de métodos, el DM debe expresar los valores que desearía que tuvieran los objetivos de su solución (en el ejemplo de rutas, debería expresar valores para el tiempo y el costo).
- Otro tipo de métodos son los basados en el concepto de compromisos (en [1] se puede encontrar una revisión de varios de estos métodos). Es decir, aquellos donde el DM tiene que definir numéricamente cuánto estaría dispuesto a perder en tiempo con tal de disminuir el costo de distribución de los paquetes.

El área de la optimización que se dedica a estudiar este tipo de problemas se llama *Toma de Decisiones Multicriterio* (MCDM, del inglés *Multicriteria Decision Making*).

Aunque en la literatura especializada se ha mostrado que las emociones son fundamentales para tomar una decisión (véase, por ejemplo [5, 6, 7] para una aproximación desde el punto de vista de las neurociencias, o bien, la referencia [8], donde se explora este tema dentro del área de MCDM), hasta ahora no se ha considerado su uso de manera directa en un sistema de toma de decisiones.

Por lo tanto, uno de los objetivos del proyecto divisional es analizar y evaluar mediante el análisis de las señales fisiológicas y encefalográficas el papel de las emociones en un sistema de toma de decisiones por computadora. En particular, usando como base de pruebas alguno de los métodos del área de Toma de Decisiones Multicriterio.

Objetivos

Objetivo General

Que el alumno adquiera habilidades sobre la adquisición de señales encefalográficas y procesamiento de las mismas durante su ayuda en el estudio para analizar las emociones en la toma de decisiones en un problema multiobjetivo.

Objetivos Específicos

1. Integrar en una interfaz gráfica el algoritmo de optimización multiobjetivo y la visualización del desempeño de la solución. Tenemos planeado usar como problema, el diseño de un controlador para la navegación de un robot. Por lo tanto, la visualización consistirá en la simulación del recorrido del robot en un ambiente virtual.
2. Adquisición de las señales de electroencefalograma del tomador decisiones mientras observa una simulación del robot.

Tipo de proyecto

Unidisciplinario.

Alcance del proyecto

Local.

Antecedentes en el Consejo Divisional

Este proyecto de servicio social está asociado al Proyecto Divisional titulado “*Toma de decisiones en problemas de optimización con gran número de objetivos*”, el cual fue aprobado en la Sesión CUA-DCNI-189-20 del Consejo Académico, bajo el Acuerdo DCNI-08-189-20 de fecha 29 de junio de 2020 por tres años.

Responsables del proyecto de servicio social

Dra. Alicia Montserrat Alvarado González Profesora visitante adscrita al Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas. Actualmente asesora los siguientes proyectos terminales en la UAM-Cuajimalpa:

- *Control de un brazo robótico.* Proyecto terminal de la alumna María de Jesús Sánchez Zepeda (Ingeniería en Computación). Codirección: Dr. Carlos Rivero.
- *Simulador de una mano robótica.* Proyecto terminal de la alumna Ana Paula Trujillo Hernández (Ingeniería en Computación). Codirección: Dr. Roberto Bernal.
- *Interfaz Planta-Robot.* Proyecto terminal del alumno Edwin Bryan Salas López (Ingeniería en Computación). Codirección: Dr. Juan Manuel Romero Sanpedro.
- *Diseño de enjambres de robots miniatura para realizar tareas colectivas usando programación genética.* Proyecto terminal del alumno José Masri (Ingeniería en Computación). Codirección: Dr. Antonio López Jaimes.

Dr. Antonio López Jaimes Profesor Asociado adscrito al Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas. Actualmente asesor los siguientes proyectos en la UAM-Cuajimalpa:

- *Diseño de enjambres de robots miniatura para realizar tareas colectivas usando programación genética.* Proyecto terminal del alumno José Masri (Ingeniería en Computación). Codirección: Dra. Alicia Montserrat Alvarado González.
- *Agrupación de un grupo de sensores a través de un algoritmo genético con operadores basados en propiedades de gráficas.* Proyecto terminal de los alumnos María Lucero Reyes Hernández y Juan Carlos Romero Robles (Ingeniería en Computación). Codirección: Dra. Mika Olsen.

Etapas y cronograma del proyecto

Las actividades propuestas para el servicio social se desarrollarán a lo largo de 6 meses de acuerdo a la siguiente tabla.

Actividad	Mes					
	1	2	3	4	5	6
Interfaz gráfica que integre el optimizador y simulador.	*	*				
Modificar el simulador.		*				
Modificar el sistema de adquisición de señales de EEG.		*				

Adquirir señales de EEG del tomador de decisiones.			*			
Generar experimentos.			*	*		
Documentar todas las actividades que se realicen para un seguimiento adecuado del avance del proyecto.	*	*	*	*	*	*

Vigencia del proyecto

La vigencia del proyecto es de un año. No es necesario que las actividades de los alumnos se hagan en paralelo.

Recursos necesarios para la ejecución del proyecto

Actualmente se cuenta con el patrocinio del Proyecto de Conacyt de Ciencia Básica A1-S-36498 titulado *Toma de decisiones en problemas de optimización con gran número de objetivos* con duración de tres años. Con ese apoyo compraremos el equipo que necesitamos.

Para poder realizar este proyecto es necesario contar con la siguiente infraestructura:

- Equipo de adquisición de señales de EEG: casco para EEG Ultracortex "Mark IV", sin ensamblar, de 48-58cm; R&D. Kit (16-channel) — Cyton, Daisy y accesorios; 3 tarros de 2 oz Ten20 de pasta conductora para electrodos.
- Equipo de adquisición de señales fisiológicas para obtener información que permita detectar el estrés generado por la interacción deficiente con la interfaz: sensor muscular MyoWare, electrodos de gel sólido de espuma para detectar EMG/ECG, cables para electrodos de presión para detectar EMG/ECG, sensor de pulso cardiaco, acoplador óptico, sensor de temperatura, sensor de sudor, interruptor pulsador y resistencias.
- Computadora personal para realizar los experimentos contemplados en el proyecto: 32GB de Memoria DDR4, tarjeta de video NVIDIA Quadro K420 2GB, disco duro SATA de 1TB y sexta generación del procesador Intel Core i7-6700.
- Herramientas de software libre que faciliten las actividades de cada etapa del proyecto.
- Disponibilidad de 10 usuarios para participar en las sesiones de obtención de las señales cerebrales y fisiológicas.

Número de alumnos requeridos

Se requieren dos alumnos de la licenciatura de Ingeniería en Computación.

Apoyo a los alumnos

Gracias al proyecto al que estará asociado este servicio social, el alumno tendrá una beca de \$3500 pesos mensuales. Adicionalmente, los alumnos recibirán cursos de capacitación para el uso del software y hardware requerido para la adquisición de señales de EEG y fisiológicas.

Descripción de actividades por parte del alumno

Como caso de prueba hemos elegido el problema de diseñar un controlador de una plataforma robótica con ruedas para realizar un recorrido por un camino ya definido pero con obstáculos. Actualmente ya tenemos desarrollado el algoritmo de optimización multiobjetivo para generar diferentes alternativas de controladores de robots. De igual manera, ya tenemos el simulador de robots para mostrar el recorrido de la plataforma robótica a través de varios escenarios. Sin embargo, estos dos sistemas los ejecutamos desde una terminal de Linux y coordinamos la optimización y la simulación de manera manual.

Partiendo de estos elementos con los que ya contamos, a continuación describimos las actividades del alumno:

1. Apoyo en la implementación de una interfaz gráfica que integre los dos sistemas que ya tenemos desarrollados: el algoritmo de optimización, y el simulador que muestra el desempeño del robot.
2. Colaborar para agregar algunos elementos adicionales en el simulador para darle mayor realismo. Por ejemplo, personas caminando y muebles.
3. Apoyo para modificar el sistema de adquisición de señales de EEG. Para ello, se utilizará un sistema que ya tenemos desarrollado y que requiere de unos ajustes para adaptarlo al tipo de estimulación que se requerirá en este proyecto.
4. Auxiliar en la adquisición de señales de EEG del tomador de decisiones mientras observa la simulación del robot.
5. Participar en la generación de experimentos:
 - a. Apoyar en el reclutamiento de sujetos para experimentación.
 - b. El día de la sesión apoyar en la colocación de electrodos para obtener señales de EEG y fisiológicas de los sujetos.
6. Apoyar en el análisis de los resultados obtenidos experimentalmente.

Lugar y horario

Los alumnos podrán llevar a cabo estas actividades en sus domicilios por seguridad, y reportar avances por videoconferencia. Cuando las condiciones se presten para una actividad presencial, el proyecto se llevará a cabo en el Laboratorio (Interdivisional) de Innovación Tecnológica ubicado en la UAM Cuajimalpa en el horario que mejor convenga a los estudiantes, previo acuerdo con el responsable del proyecto.

Criterios de evaluación

Con el fin de evaluar este proyecto, se tienen contemplados los siguientes criterios:

- Bitácora de actividades. Cada viernes se registrarán las actividades realizadas por el alumno durante la semana.
- Informe trimestral. Contendrá el avance del proyecto en los primeros tres meses.
- Informe final de servicio social. Incluirá toda la documentación generada durante el desarrollo del proyecto.

Referencias

- [1] K. Miettinen, F. Ruiz, and A. P. Wierzbicki, Introduction to Multiobjective Optimization: Interactive Approaches, pp. 27–57. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [2] C. A. Coello Coello, G. B. Lamont, and D. A. Van Veldhuizen, Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems. New York: Springer, second ed., September 2007.
- [3] S. Greco, M. Ehrgott, and J. R. Figueira, eds. Springer US, 2016.
- [4] A. P. Wierzbicki, Reference Point Approaches, pp. 237–275. Boston, MA: Springer US, 1999.
- [5] D. Eagleman, The Brain: The Story of You. Canongate Books, 2015.
- [6] H. Simon, Administrative Behavior, 4th Edition. Free Press, 1997.
- [7] A. Damasio, Descartes' Error. HarperCollins, 1994.
- [8] F. Wenstøp, "Mindsets, rationality and emotion in multi-criteria decision analysis," Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, vol. 13, no. 4, pp. 161–172, 2005.

Atentamente, los responsables:



Dra. Alicia Montserrat Alvarado González



Dr. Antonio López Jaimes

Depto. de Matemáticas Aplicadas y Sistemas (DMAS)
División de Ciencias Naturales e Ingeniería
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
Unidad Cuajimalpa

Vo. Bo. Dr. Julián Fresán Figueroa, Jefe del DMAS