

ARTÍCULO ACEPTADO

Emociones artificiales usando mecánica cuántica

Jorge Hernández, Alejandro Garza y Leonardo Garrido

Actualmente, los robots y sistemas inteligentes aún no tienen la capacidad de actuar realmente como humanos, esto debido a que nosotros no solo utilizamos nuestro razonamiento para tomar decisiones, sino que también dependemos de nuestras emociones. Por esta razón es que se ha vuelto importante desarrollar sistemas que puedan razonar pero también que puedan mostrar emociones. En

este artículo se presenta el desarrollo de un sistema de emociones y personalidades artificiales en el que se hacen analogías con un sistema de mecánica cuántica (MC). Se describirá primero la motivación para desarrollar dicho sistema, seguido de un poco del marco teórico necesario para comprender el enfoque de la solución. Después se presenta el desarrollo de la solución y experimentación hecha sobre el sistema para probar su funcionalidad.

“... nosotros no solo utilizamos nuestro razonamiento para tomar decisiones, sino que también dependemos de nuestras emociones”

Motivación

Muchos de los avances en ciencia y tecnología se han desarrollado a través de la observación de fenómenos naturales y artificiales. El campo de la inteligencia artificial no es la excepción con sistemas como redes neuronales y algoritmos genéticos. La pregunta es entonces, ¿se puede encontrar un proceso natural o artificial que se pueda relacionar con el comportamiento emocional humano?

Para ello hay que determinar los aspectos a tener en cuenta para poder realizar una analogía. Antes que nada, es necesario considerar que el sistema debe ser capaz de cambiar en el tiempo. Nadie permanece alegre o triste todo el tiempo, siempre hay modificaciones a nuestros comportamientos basados en las experiencias que se viven a cada instante. De esto se determina que el sistema debe ser capaz de evolucionar en el tiempo. Otro aspecto a tomar en cuenta es que el sistema con el que se quiera hacer analogía debe permitir la existencia de varios estados al mismo tiempo. Nuestro sistema emocional es un compendio de diversas emociones donde dependiendo de diversos factores se llegan a mostrar solo algunas de ellas. Por esto a una persona entristecida puede que no le cause mucha gracia una broma o que incluso llegue a enojarse. De la mano con las emociones hay que tratar también la personalidad. Esta debe quedar representada en el sistema con características que puedan considerarse únicas para cada individuo.

Teniendo formación en el área de física, nos percatamos que todas estas características se pueden relacionar con la función de onda que se trabaja en mecánica cuántica. La función de onda tiene la capacidad de evolucionar en el tiempo. Se representa como un vector donde se superponen diversos estados posibles y además cada *función de onda* tiene energías particulares que la diferencian y determinan su comportamiento. Bajo esta

premisa es que se decidió la construcción de un Sistema Emocional Artificial que funcionara en forma parecida a la función de onda de MC.

Marco teórico

Tal vez puedan causar un poco de pánico las palabras *mecánica cuántica*, pero pronto se verá que no es un sistema complicado y que presenta bastantes ventajas frente a otros sistemas. Para una mejor comprensión del sistema se presentarán algunos elementos y conceptos de las áreas de Psicología y Física.

Teoría relacionada con Psicología

Las emociones se pueden considerar las reacciones que se presentan ante diversos eventos basados en la personalidad del individuo. Existen muchas teorías en cuanto a la cantidad de emociones que como humanos podemos expresar. Generalmente los psicólogos hacen la división entre emociones primarias y emociones secundarias. Las emociones primarias deben tener la característica de estar presentes en todas las culturas y contribuir a la supervivencia, además de tener una expresión facial distintiva. Para el desarrollo de este trabajo se utilizarán las emociones que Paul Ekman presenta como emociones básicas [1]: alegría, tristeza, miedo, enojo, sorpresa y asco.

Por otro lado, la personalidad se puede definir como una combinación particular de patrones de respuesta emocional, actitudinal y de comportamiento de un individuo. También se puede considerar como un patrón único de pensamientos, sentimientos y comportamientos del individuo que persisten a través del tiempo.

Como se puede apreciar, la personalidad es un compendio de diversas características. Al referirnos nosotros a personalidad estaremos enfocándonos tan solo en la

parte de la personalidad relativa a las respuestas emocionales. Si no se hiciera esta aclaración, la construcción de una personalidad artificial completa se vuelve una tarea extremadamente compleja.

Teoría relacionada con la Mecánica Cuántica

En el mundo, el movimiento de los objetos se describe por medio de la mecánica clásica de Newton. Si se es capaz de obtener la posición de una partícula en un tiempo determinado se pueden obtener otras cantidades como la velocidad, el momento, la aceleración, etc. Sin embargo, esto no es suficiente para describir todo lo que pasa en el mundo, especialmente a fenómenos relacionados al comportamiento de la luz o la interacción de la radiación con la materia. El comportamiento de la luz fue tema de debate entre los físicos durante muchos años debido a que algunos consideraban que la luz se comportaba como partícula mientras otros decían que era una onda. No fue sino hasta el experimento de doble rendija de Young en que se pudo comprobar que la luz existe en ambos estados al mismo tiempo [4]. Debido a que ya no se podía confiar en las teorías clásicas de movimiento para analizar el comportamiento de los electrones, surgió la mecánica cuántica. En esta rama de la física se busca la función de onda de una partícula, con la que se pueden describir todos los posibles estados en los que puede estar la partícula en cuestión.

Con la función de onda se puede encontrar la posición de la partícula con una cierta probabilidad. Por lo tanto, no se puede conocer la posición de la partícula con completa certeza. Normalmente, cuando se realiza una medición sobre algo, no se percibe un cambio sobre el sistema, pero esto no sucede en MC. Las mediciones realizadas en un sistema cuántico influyen el estado del sistema y generan cambios. Por ejemplo, digamos que se quiere tomar una fotografía de un electrón. Al tomar dicha fotografía, los fotones emitidos por el flash de la cámara interactuarán con el electrón, modificando

el movimiento (posición y velocidad) de este último.

El principio de incertidumbre de Heisenberg [2] toma en consideración este aspecto probabilístico. Lo que este principio plantea básicamente es un límite con el cual se puede realizar una medición de dos variables complementarias simultáneamente. Esto significa que al tener más información sobre una variable se pierde información sobre la otra.

La teoría cuántica se basa en funciones de onda y operadores. El estado de un sistema se representa mediante funciones de onda que pueden ser descritas como vectores abstractos. Los observables, es decir las mediciones, se representan con operadores que son transformaciones lineales. Además, asociado a cada estado, hay una energía que describe a este.

Ya que hemos analizado los conceptos más relevantes es momento de plantear la solución y las analogías requeridas para construir el sistema de emociones artificiales. Es importante tener en consideración que el sistema desarrollado está basado en mecánica cuántica y que esto significa tomar elementos y adaptarlos para emociones artificiales. No significa que el sistema deba estar sujeto a todas las restricciones y reglas presentes en Mecánica Cuántica.

Sistema de emociones artificiales con mecánica cuántica

Como ya se mencionó anteriormente, la solución que se plantea aquí es un sistema de emociones artificiales que utiliza analogías con mecánica cuántica. Una de las principales razones para construir este sistema es que en un individuo se tienen un conjunto de emociones que coexisten al mismo tiempo. Dichas emociones no se pueden conocer hasta ser observadas, lo cual se logra interactuando con la persona, y esto a su vez modificará su estado. Además, se debe tomar en cuenta que un mismo comportamiento puede ser el resultado de distintas emociones.

“... la solución que se plantea es un sistema de emociones artificiales que utiliza analogías con mecánica cuántica...”

En un sistema de MC, un estado puede ser consecuencia de diversas observaciones, y una medición particular puede producir distintos estados.

El hecho de que los sistemas cuánticos estén basados en probabilidades es lo que permite que las mediciones puedan proporcionar distintos resultados. En el caso del sistema emocional esto es lo que permite la coexistencia de todas las emociones en todo momento pero la selección de una sola como respuesta. Con base en esto se construyó la analogía con el principio de incertidumbre de Heisenberg, el cual llamamos principio de incertidum-

bre emocional: “En un tiempo dado, no se puede conocer con completa certeza el estado de ánimo de un individuo y su respuesta emocional particular a un evento determinado”. Si una persona es confrontada con una situación puede dar muestras de felicidad, pero esto no significa que la persona estaba contenta antes o que la siguiente respuesta será también de alegría. La persona podría estar triste y reír un poco debido a un chiste, lo cual mejorará su estado de ánimo pero no se puede determinar con completa certeza si el estado de ánimo cambió completamente.

En MC se utilizan variables para representar las energías posibles que puede tener un sistema, pero aquí se utilizarán como elementos de la personalidad del agente y representarán qué tan rápido regresará una emoción determinada a su estado original. Las energías pueden ser las mismas para diversas emociones, lo cual permite que distintas emociones puedan regresar a su valor original al mismo ritmo. Es necesario también introducir cantidades con las que se puedan determinar las intensidades de las emociones y deben depender del pasado inmediato, las energías de la personalidad, las probabilidades de las emociones, el observable involucrado y los valores máximos y mínimos que puede tomar.

Es necesario definir también los observables. En el mundo físico, estos representan mediciones que se realizan, como posición y energía. En el sistema emocional los observables se utilizan para medir las emociones de un sistema. En el caso de un agente, o un robot, este estaría ligado a los eventos que se pueden “observar” del medio ambiente por medio de los sensores. La construcción de observables es subjetiva y depende de quienes los construyan, pero se deben tener en cuenta ciertos aspectos. Uno de ellos es cuidar la polaridad del sistema emocional para que no existan eventos que incrementen, por ejemplo, tristeza y alegría al mismo tiempo. En otras palabras, evitar el afectar de igual manera emociones opuestas. Tomando estos aspectos en consideración, se desarrolla la arquitectura del sistema presentada en la Figura 1.

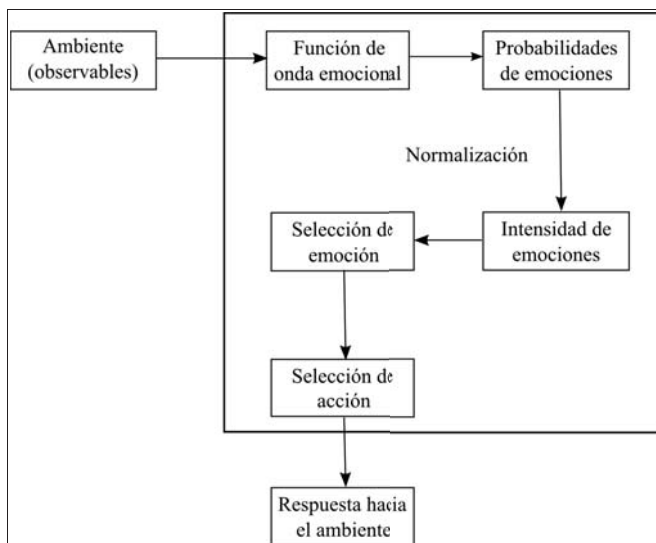


Figura 1. Arquitectura del sistema para emociones artificiales

Las acciones/reacciones que puede realizar un agente son determinadas dependiendo de las capacidades del sistema. Lo ideal es desarrollar reacciones únicas dependiendo de cada evento y cada nivel de intensidad posible. Las reacciones posibles pueden variar desde movimientos, despliegue de textos, hasta respuestas habladas por

parte del agente artificial. El algoritmo resultante de esta arquitectura fue llamado “Quantum Mechanics Artificial Emotion System” (Sistema de Emociones Artificiales basado en Mecánica Cuántica), o QMAES por sus siglas en inglés, y cubre todos los procesos necesarios para definir una respuesta emocional y seleccionar una acción basada en emociones.

Experimentación

Para la experimentación se desarrolló el algoritmo QMAES en el ambiente de MatLab. La construcción del algoritmo y la experimentación son explicadas detalladamente en la tesis para el grado de maestría de Jorge Hernández [3], no se profundiza en ellas pues faltaría espacio para explicar a fondo los aspectos técnicos del sistema. El sistema fue construido en MatLab para facilitar el proceso de experimentación debido a que permite trabajar fácilmente con matrices y vectores al ser un lenguaje de 4ª generación diseñado para este propósito. Ya que se buscaba probar el funcionamiento del sistema, las acciones fueron simplemente numeradas de acuerdo a la emoción e intensidad a la que correspondían.

Para la experimentación se crearon 10 eventos base que podrían considerarse situaciones a las que se puede enfrentar un individuo. Los eventos se muestran en la Tabla 1. Con estos observables diseñados se crearon las listas de al menos 100 eventos necesarias para las distintas fases de la experimentación y con ellas se hicieron cuatro tipos distintos de experimentos.

Tabla 1. Lista de los eventos utilizados como observables para la experimentación con el sistema QMAES

Lista de Observables
1. Obtener un regalo
2. Contraer una enfermedad leve
3. Obtener una buena calificación en la escuela
4. Descubrir que alguien mintió
5. Entrar a un edificio oscuro de noche
6. Una mascota querida muere
7. La computadora en que se trabaja empieza a fallar
8. Obtener algo por lo que se trabajó arduamente
9. Ganar la lotería
10. Comida favorita preparada por mamá

Los eventos se traducen en matrices diagonales, es decir, matrices cuyos únicos valores distintos de cero son los valores en la diagonal principal. Cada matriz es cuadrada con dimensiones de 6 x 6 elementos, y por lo tanto, 6 elementos en la diagonal principal. Cada uno de ellos modifica una de las seis emociones básicas. Si un evento aumenta una determinada emoción tendrá un valor superior a 1, si disminuye poseerá un valor entre 0 y 1, y si la emoción no sufre cambios por el evento se verá reflejado con un 1. Se muestra un ejemplo de cómo un evento se

representa como matriz en la Figura 2. Los valores para las matrices son subjetivos pues dependen de la interpretación de quien construya las matrices. Se debe tener en cuenta también que los valores máximos para modificar las emociones deben estar acordes a la intensidad máxima permitida para las emociones.

$$\text{Obtener un regalo} \longrightarrow O_1 = \begin{bmatrix} 2.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 \end{bmatrix}$$

Figura 2. Ejemplo de conversión de un evento a la representación en matriz que se utiliza como observable. Cada valor de la diagonal modifica una emoción del agente, en orden de arriba hacia abajo modifica los valores de Alegría, Tristeza, Miedo, Enojo, Sorpresa y Asco

El primer experimento se utilizó para probar que el sistema emocional es capaz de regresar a su estado original después de un tiempo dado. Para ello se presentó al agente artificial con el evento de “enfermarse ligeramente”. El análisis se puede realizar con cualquiera de las seis emociones, para este caso se tomó la emoción de felicidad.

Al ser un evento que afecta negativamente al agente entonces el nivel de alegría del agente disminuye. Después se deja que el sistema evolucione en el tiempo sin presentarle más observables y poco a poco va regresando a su valor inicial de felicidad. En la Figura 3 se muestra una representación de este experimento.

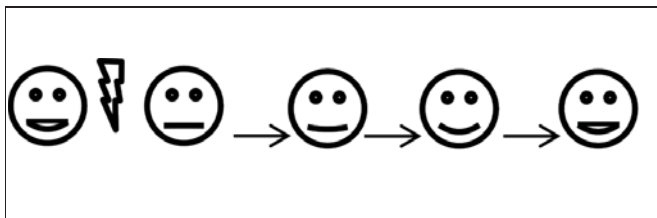


Figura 3. Representación gráfica del comportamiento del agente en el primer experimento. Se introduce un evento al inicio y se deja al sistema evolucionar en el tiempo

El segundo experimento planteado se utilizó para analizar la diferencia entre agentes con diferentes personalidades. A cada agente se le presentó el mismo conjunto de eventos para que los resultados pudieran ser comparables. Al estar sometidos a los mismos estímulos, las probabilidades de las emociones tienden a igualarse para ambos agentes. La diferencia principal radica en los niveles de intensidad para cada emoción y las acciones que toma cada agente frente a los distintos eventos. En la Figura 4 se muestra una representación de cómo se comportan los agentes con diferentes personalidades.

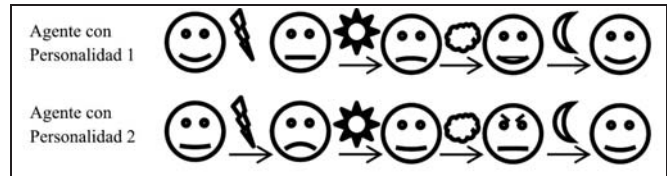


Figura 4. Imagen representativa del segundo experimento, donde se muestran las emociones seleccionadas por agentes con personalidades diferentes ante los mismos eventos

Una vez analizados agentes con distintas personalidades era también necesario analizar el comportamiento de agentes con personalidades idénticas. El tercer experimento consistió en crear varios agentes con igual personalidad y comparar sus comportamientos. Si bien las probabilidades e intensidades fueron iguales para todos los agentes, el conjunto de acciones tomadas por cada agente fue diferente. Esto representa que cada agente poseía una cierta individualidad a pesar de ser clones unos de otros. El comportamiento sería similar al mostrado en la Figura 4, la diferencia sería en que los agentes tendrían la misma personalidad, y en caso de mostrar el mismo tipo de emoción lo harían con el mismo grado de intensidad.

Los tres primeros experimentos se hicieron dando a los agentes la posibilidad de escoger una respuesta emocional independientemente del evento al que fueran sometidos o de los eventos y acciones pasados. Con el cuarto experimento se analizó la influencia de los observables pasados y las acciones tomadas por el agente. Si se permitía a los agentes la influencia de las acciones pasadas, las respuestas emocionales se comenzaban a cargar hacia una emoción en particular.

La influencia de observables pasados permitía en cambio una mayor variedad de respuestas emocionales y que fueran acordes a las situaciones que estuviera viviendo el agente. De aquí se determinó que era preferible no tomar en cuenta las acciones pasadas sino los eventos completos.

La intensidad con la que los eventos pasados influyen al agente también puede ser modificada. De esta forma, si el agente acaba de vivir un evento triste y se le presenta una situación que eleva su alegría, puede mostrar tristeza y la reacción queda fundamentada por la situación pasada.

Conclusiones

El sistema emocional QMAES fue analizado en un ambiente sencillo y controlado. Las acciones se analizaban simplemente mediante pares de números representando intensidad y tipo de emoción para evitar la complejidad de crear diversas reacciones para cada evento. Ya que se ha probado el funcionamiento del sistema se puede hacer la aplicación de este en sistemas más complejos.

Entre los proyectos en que se espera utilizar el QMAES están videojuegos que serán desarrollados por JARA A.I. Solutions, con lo cual se espera proporcionar un toque de realismo a los personajes virtuales con los que interactuará el usuario.

Es importante señalar que las analogías hechas de mecánica cuántica con un sistema emocional se podrían hacer también con otros sistemas. De aquí que consideremos que este método tiene potencial para ser desarrollado como una técnica de Inteligencia Artificial basada en probabilidades y operaciones matriciales. Si bien otros métodos también utilizan probabilidades, como Redes Bayesianas, en el sistema basado en Mecánica Cuántica se tiene la facilidad para modificar los eventos y generar operaciones entre los eventos y el agente.

Ya sea que se necesite un robot que interactúe con humanos, herramientas que provean de asistencia o personajes virtuales, el desarrollo de sistemas emocionales artificiales se convertirá en parte importante para la creación de agentes artificiales.*

REFERENCIAS

1. Ekman, P. (1992) "An argument for basic emotions". *Cognition & Emotion*. pp. 169-200.
2. Griffiths, D. (2005) "Introduction to quantum mechanics". Pearson Prentice Hall.
3. Hernández, J. A. (2013) "Artificial emotions and personality model using a quantum mechanics system". Tesis de maestría, Maestría en Ciencias con Especialidad en Sistemas Inteligentes, Tecnológico de Monterrey Campus Monterrey.
4. Serway, R., Moses, C. y Moyer, C. (2005) "Física moderna". Cengage Learning Latin America.
5. Caprara, G. y Cervone, D. (2000) "Personality: Determinants, dynamics, and potentials". Cambridge University Press.
6. Morris, C., Maisto, A., Salinas, M. y Ancona, M. (2009) "Psicología". Pearson Educación.
7. Russell, S. J. y Norvig, P. (2010) "Artificial intelligence: A modern approach". Tercera edición. Prentice Hall.

SOBRE LOS AUTORES



Jorge Hernández se graduó de Ingeniería Física Industrial en diciembre 2010 y de la Maestría en Ciencias con Especialidad en Sistemas Inteligentes en el Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey en mayo 2013. Comenzará los estudios de Doctorado en Tecnologías de la Información y Comunicación en el Tecnológico de Monterrey a partir de agosto 2013. Sus intereses de investigación son los sistemas artificiales de toma de decisiones mediante análisis de riesgos, la implementación de algoritmos genéticos y coevolución para el desarrollo de sociedades virtuales, el procesamiento de lenguaje natural y sistemas de computación afectiva. También se interesa por el desarrollo de Inteligencia Artificial aplicada a videojuegos con diversas temáticas y es miembro fundador de la empresa JARA A.I. Solutions.



Alejandro Garza es estudiante del Doctorado en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, con especialidad en sistemas inteligentes. Se graduó de la Maestría en Ciencias con Especialidad en Sistemas Inteligentes en el Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey en diciembre del 2012 y de Ingeniería Física en diciembre 2010. Además es CEO de la empresa JARA AI Solutions, desarrolladora de video juegos e investigación en IA aplicada a los mismos. La implementación de algoritmos genéticos, coevolución y sistemas clasificadores para el desarrollo y evolución de mundos virtuales así como generación de contenido jugable de manera automática. La utilización de programación genética a alto nivel en agentes. Así como los sistemas de emociones artificiales y la solución de problemas de IA utilizando modelos de Física.



Leonardo Garrido es Profesor Asociado e Investigador del Departamento de Ciencias Computacionales del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (S.N.I.) Nivel I desde enero de 2007. Obtuvo su doctorado en Inteligencia Artificial en 2001 en el Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, realizando estancias de investigación en la Universidad de Carnegie Mellon en Pittsburgh PA por tres años. Sus intereses de investigación son la aplicación de técnicas de Aprendizaje y Razonamiento Automático en Agentes Autónomos Inteligentes de software y robóticos para la construcción de Sistemas Multiagentes complejos y ha publicado varios artículos en revistas internacionales, capítulos de libros y conferencias especializadas de nivel internacional.