



Matemáticas detrás de la inteligencia artificial en los videojuegos

Mathematics behind artificial intelligence in video games

Matemática por trás da inteligência artificial em videogames

Yenny Felicita Vargas-Salazar ^I
yenny.vargas@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0008-8786-0009>

Verónica Luisana Muñoz-Paredes ^{II}
veronica.munoz@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0008-8786-0009>

Mariuxi Angela Tobar-Carrera ^{III}
Mariuxi.tobar@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0000-0613-0074>

Miguel Gilberto Grefa Cerda ^{IV}
miguelg.grefa@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0000-5437-4575>

Correspondencia: yenny.vargas@educacion.gob.ec

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 13 de enero de 2025 * **Aceptado:** 01 de febrero de 2025 * **Publicado:** 10 de marzo de 2025

- I. Investigadora Independiente, Ecuador.
- II. Investigadora Independiente, Ecuador.
- III. Investigadora Independiente, Ecuador.
- IV. Investigador Independiente, Ecuador.

Resumen

La inteligencia artificial (IA) en los videojuegos es el resultado de una compleja combinación de principios matemáticos que permiten crear experiencias dinámicas e inmersivas. Desde la toma de decisiones de los personajes no jugables (NPCs) hasta la generación de comportamiento adaptativos, la matemática juega un papel esencial en el desarrollo de sistemas inteligentes dentro de los juegos. Este artículo analiza algunos de los conceptos matemáticos claves utilizados en la IA durante la programación de los videojuegos, incluyendo los algoritmos de búsqueda y optimización, la teoría de grafos para la navegación de personajes, el álgebra lineal aplicada a la representación de movimientos y físicas, la estadística y probabilidad en la toma de decisiones, y el aprendizaje autónomo para la mejora continua del comportamiento de los NPCs. Además, se presentan ejemplos prácticos de cómo estas herramientas han permitido el desarrollo de juegos más desafiantes, realistas y personalizados para los jugadores. El uso de la IA en los videojuegos sigue evolucionando, impulsado por modelos matemáticos cada vez más sofisticados. Esto no solo mejora la jugabilidad, sino que también abre nuevas posibilidades para el diseño de mundos virtuales interactivos y experiencias más inmersivas.

Palabras Claves: Modelos matemáticos; inteligencia artificial; videojuegos; experiencia de juego; innovación y optimización en tiempo real.

Abstract

Artificial intelligence (AI) in video games is the result of a complex combination of mathematical principles that allow for the creation of dynamic and immersive experiences. From non-player characters (NPCs) decision-making to the generation of adaptive behavior, mathematics plays an essential role in the development of intelligent systems within games. This article discusses some of the key mathematical concepts used in AI during video game programming, including search and optimization algorithms, graph theory for character navigation, linear algebra applied to the representation of motion and physics, statistics and probability in decision-making, and self-learning for the continuous improvement of NPC behavior. In addition, practical examples are presented of how these tools have allowed the development of more challenging, realistic, and personalized games for players. The use of AI in video games continues to evolve, driven by increasingly sophisticated mathematical models. This not only improves gameplay, but also opens

up new possibilities for the design of interactive virtual worlds and more immersive experiences.

Keywords: Mathematical models; artificial intelligence; video games; gaming experience; innovation and real-time optimization.

Resumo

A inteligência artificial (IA) em videogames é o resultado de uma combinação complexa de princípios matemáticos que permitem a criação de experiências dinâmicas e imersivas. Desde a tomada de decisões por personagens não-jogadores (NPCs) até a geração de comportamento adaptativo, a matemática desempenha um papel essencial no desenvolvimento de sistemas inteligentes dentro dos jogos. Este artigo analisa alguns dos principais conceitos matemáticos usados em IA durante a programação de videogames, incluindo algoritmos de busca e otimização, teoria dos grafos para navegação de personagens, álgebra linear aplicada à representação de movimentos e física, estatística e probabilidade na tomada de decisões, e aprendizagem autônoma para a melhoria contínua do comportamento dos NPCs. Além disso, são apresentados exemplos práticos de como essas ferramentas têm permitido o desenvolvimento de jogos mais desafiadores, realistas e personalizados para os jogadores. O uso da IA em videogames continua a evoluir, impulsionado por modelos matemáticos cada vez mais sofisticados. Isto não só melhora a jogabilidade, mas também abre novas possibilidades para projetar mundos virtuais interativos e experiências mais envolventes.

Palavras-chave: Modelos matemáticos; inteligência artificial; jogos de vídeo; experiência de jogo; inovação e otimização em tempo real.

Introducción

En lo actual, la inteligencia artificial (IA) en los videojuegos ha evolucionado gracias a la matemática, que sustentan algoritmos avanzados para mejorar la toma de decisiones y la interacción del personaje. Métodos como la búsqueda de Árbol de MonteCarlo (MCTS) permiten a la IA simular múltiples escenarios y elegir estrategias óptimas en tiempo real, lo que resulta en experiencias más desafiantes y realistas para los jugadores (Quevedo y Quevedo, 2021). Sin embargo, detrás de estos avances tecnológicos, existe un soporte matemático fundamental que sustenta cada proceso de aprendizaje y optimización en los videojuegos modernos (Amigone et al., 2018). La combinación de disciplinas como el álgebra lineal, la estadística y la teoría de grafos ha

permitido que la inteligencia artificial alcance niveles de complejidad sin precedentes, mejorando significativamente la calidad de los videojuegos.

El objetivo principal en el que se centra este artículo es analizar la relevancia de la matemática en la inteligencia artificial aplicada a los videojuegos, identificando los conceptos esenciales que permiten el desarrollo de los métodos matemáticos en el aprendizaje autónomo, los cuales permiten mejorar la experiencia del juego y optimizar modelos.

Una de las problemáticas clave en este ámbito es: *¿De qué manera los modelos matemáticos pueden contribuir a mejorar la inteligencia artificial en los videojuegos sin comprometer el rendimiento del sistema?* Aunque la IA ha logrado avances notables, su implementación eficiente sigue siendo un reto a la complejidad matemática subyacente y la necesidad de optimización en tiempo real estos proyectos (Recuenco y Reyes, 2020). Para superar esta dificultad, es esencial profundizar en el estudio y aplicación de modelos matemáticos en el diseño (IA), lo que permite mejorar la eficiencia de los algoritmos y proporcionar experiencias de juego más inmersivas (Molina, 2023). Herramientas como el aprendizaje profundo y las redes neuronales, sustentadas en principios matemáticos, ha demostrado ser clave para la evolución de la inteligencia artificial en la industria del videojuego.

Este tema es de gran importancia, ya que el conocimiento de la matemática detrás de la inteligencia artificial no solo beneficia a los desarrolladores de videojuegos, sino que también impulsa la innovación en otros campos como la simulación, la robótica y la optimización de procesos (Güitta et al., 2024). Además, el dominio de estos conceptos fortalece la formación de profesionales en programación y desarrollo de software.

En conclusión, las matemáticas son la columna vertebral de la inteligencia artificial en los videojuegos. Su correcta aplicación permite mejorar la jugabilidad, optimizar el rendimiento y crear experiencias más realistas. En este artículo, se explorarán los principales fundamentos matemáticos que hacen posible el desarrollo de (IA) en los videojuegos y su impacto en la evolución de la industria.

Metodología / Método

La metodología de este artículo se centra en las fuentes, teorías y enfoque previo que permiten abordar la relación entre la matemática y la inteligencia artificial (IA) aplicada en los videojuegos. A través de una revisión exhaustiva de la literatura, se identifican las referencias clave que

sustentan el análisis de los modelos matemáticos utilizados en el desarrollo de la IA en los videojuegos. Este enfoque busca proporcionar una base sólida para comprender cómo la matemática influye en la creación de algoritmos eficientes y la mejora de la jugabilidad en este contexto.

1. Selección de fuentes

La investigación se basa en una amplia variedad de fuentes como artículos académicos, libros y manuales especializados, publicaciones recientes de los últimos años y tesis o trabajos de investigación.

2. Revisión de Modelos matemáticos Utilizados en IA de Videojuegos.

La metodología es un análisis detallado de los modelos matemáticos más relevantes aplicados en la IA de videojuegos. Se hace especial énfasis en: Árbol de MonteCarlo (MCTS), Redes Neuronales y aprendizaje profundo, Algoritmos de Optimización y Búsqueda y Teoría de Grafos.

3. Análisis de Casos y Aplicaciones Relevantes

Se realizó un análisis de los estudios de casos que han utilizado la matemática para mejorar la IA en videojuegos específicos.

4. Exploración de Avances y Tendencias Futuras

Finalmente, se explorarán los avances recientes y las posibles direcciones futuras en la investigación de la inteligencia artificial aplicada a los videojuegos. Esto se basará en artículos y trabajos de vanguardia que exploran el uso de las matemáticas avanzadas, como la computación cuántica o el uso de algoritmos evolutivos, para mejorar la eficiencia y complejidad de la IA en los videojuegos.

La metodología se enfoca en una revisión exhaustiva de la literatura científica y teórica, con el fin de identificar las bases matemáticas fundamentales que sustentan el desarrollo de la inteligencia artificial en los videojuegos. A través de referencias y fuentes claves, el análisis de modelos matemáticos específicos y la exploración de casos prácticos, se proporciona una comprensión integral de cómo la matemática influye en la creación de sistemas de IA más eficientes y realistas en el ámbito de los videojuegos.

Resultado

El análisis de la aplicación de la matemática en la inteligencia artificial de los videojuegos revela que disciplinas como el álgebra lineal, la estadística y la teoría de grafos desempeñan un papel

fundamental en la optimización y desarrollo de sistemas inteligentes. Un hallazgo significativo es la importancia de vectores y matrices en la representación de datos, lo que favorece el rendimiento gráfico y el aprendizaje automático en entornos virtuales. Se ha demostrado que los cálculos matriciales son esenciales para la simulación de movimientos precisos y la predicción de acciones dentro del juego (Flores et al., 2019). Además, las transformaciones lineales implementadas en motores gráficos han mostrado un impacto sustancial en la eficiencia del procesamiento de la inteligencia artificial, optimizando la fluidez y la capacidad de respuesta de los NPCs en tiempo real (Frittelli et al., 2013).

Desde una perspectiva estadística, los modelos probabilísticos han demostrado su eficacia en la adaptación dinámica del comportamiento de la inteligencia artificial según las decisiones del jugador. Investigaciones con redes bayesianas han evidenciado que los NPCs pueden modificar su nivel de dificultad de manera progresiva, proporcionando una experiencia de juego más desafiante y menos predecible (Oviedo, 2016). Asimismo, los modelos de MonteCarlo han resultado efectivos en la simulación de escenarios complejos dentro de videojuegos estratégicos, permitiendo que la IA evalúe múltiples opciones y calcule riesgo antes de tomar una decisión óptima (Sánchez y Lama, 2007).

Otro aspecto relevante en la aplicación de la teoría de grafos es la utilización de rutas y la toma de decisiones dentro de los videojuegos. Se ha comprobado que algoritmos como Bellman-Ford y Dijkstra mejoran la movilidad de los personajes en entornos digitales, optimizando los desplazamientos y evitando colisiones (Cruz et al., 2014). Además, la implementación de árboles de decisión ha perfeccionado la lógica de los NPCs en juegos de rol y estrategia, dotándolos de un comportamiento más realista y adaptable mediante la evaluación de múltiples escenarios posibles (Martínez, 2008).

En síntesis, los resultados obtenidos confirman que la matemática contribuye a la base del desarrollo de la inteligencia artificial en los videojuegos. Desde la renderización gráfica hasta la toma de decisiones estratégicas, cada modelo matemático aplicado contribuye a la eficacia y realismo de la IA, enriqueciendo la experiencia del juego. La constante evolución de la inteligencia artificial, consolida el papel de la matemática como un pilar esencial en el avance de esta tecnología.

Discusiones

Discusión 1: Álgebra lineal y su impacto en la inteligencia artificial de los videojuegos.

El álgebra lineal es la base matemática sobre la cual se construyen numerosos aspectos de la inteligencia artificial en los videojuegos. Desde la representación y transformación de gráficos tridimensionales hasta la implementación de redes neuronales, las matrices y los vectores desempeñan un papel crucial en la optimización del rendimiento y en la capacidad de los sistemas para tomar decisiones complejas (Dado, 2011). En la renderización gráfica, por ejemplo, las operaciones matriciales permiten modificar la posición y orientación de los objetos en un entorno tridimensional, garantizando una experiencia virtual coherente para el usuario (Besada et al., 2021). Además, en el aprendizaje automático, los pesos y conexiones en una red neuronal profunda se modelan utilizando operaciones de álgebra lineal, lo que permite a los NPCs mejorar su comportamiento y adaptarse a patrones de juego de los usuarios. Estos métodos son esenciales en juegos modernos que buscan ofrecer experiencias más inmersivas y realistas mediante el uso de IA avanzada (Rouhiainen, 2018). Gracias a estos conceptos matemáticos, la inteligencia artificial en los videojuegos puede evolucionar hacia sistemas más eficientes y dinámicos, capaces de generar respuestas más sofisticadas dentro de los entornos virtuales.

Discusión 2: El papel de la probabilidad y la estadística en la toma de decisiones de la IA en los videojuegos.

La estadística y teoría de la probabilidad desempeñan un papel crucial en la inteligencia artificial aplicada a los videojuegos, permitiendo al sistema de IA modelar incertidumbre y anticipar posible del jugador. Modelos como las cadenas de Markov y los modelos ocultos de Markov (HMM) se emplean para analizar patrones de comportamiento y mejorar la toma de decisiones de los NPCs, logrando que los personajes virtuales reaccionen de manera más realista a las situaciones del juego (Murphy, 2012). Además, la probabilidad es esencial en la generación procedimental de contenido, como en juegos donde los mapas y misiones se generan aleatoriamente en función de distribuciones probabilísticas (Hernández, 2024).

El aprendizaje por refuerzo, basado en modelos estadísticos, permite que los agentes de IA optimicen su rendimiento mediante prueba y error, evaluando recompensas y castigo en cada acción dentro del juego (Morales y González, 2012). Esta técnica ha sido clave en juegos como *AlphaGo* y *StarCraft II*, donde la IA aprende estrategias basadas sin intervención humana directa. En definitiva, el uso adecuado de la probabilidad y la estadística en la IA de videojuegos contribuye

a la creación de experiencias más dinámicas y desafiantes, mejorando la interacción entre el jugador y el entorno virtual.

Discusión 3: La teoría de grafos y su aplicación en la navegación y toma de decisiones en videojuegos.

La teoría de grafos es otra herramienta matemática fundamental en el desarrollo de la inteligencia artificial para videojuegos. En términos generales, un grafo es una estructura matemática que representa relaciones entre objetos, en el contexto de los videojuegos, se utiliza ampliamente en la planificación de rutas, la navegación de personajes y la toma de decisiones estratégicas. Algoritmos como Dijkstra y A (A-Star) son esenciales para determinar caminos óptimos en escenarios virtuales, permitiendo que los NPCs se desplacen de manera eficiente sin colisionar con obstáculos (Mata et al., 2018).

Además de su uso en la navegación de entornos, la teoría de grafos también es fundamental en la estructura de árboles de decisión y redes neuronales. En videojuegos de rol y estrategia, los árboles de comportamiento basados en grafos permiten a la IA evaluar múltiples opciones y seleccionar la acción más adecuada en función de las circunstancias del juego (Moreno 2019). Por ejemplo, en juegos de estrategia en tiempo real como *StarCraft II*, la IA analiza miles de posibles movimientos a través de estructuras de grafos antes de tomar decisiones que optimicen su desempeño en combate.

Otro uso destacado de la teoría de grafos en los videojuegos es en la generación de mapas y estructuras de niveles. Juegos como *The Legend of Zelda* utilizan grafos para representar conexiones entre diferentes áreas del mundo del juego, asegurando que los jugadores puedan acceder a ciertas ubicaciones solo después de cumplir determinados requisitos (Piedra y Paternostro, 2009). Esto permite diseñar experiencias de juego más fluidas y bien estructuradas.

En definitiva, la teoría de grafos es un elemento esencial en el desarrollo de inteligencia artificial para videojuegos. Su aplicación en la navegación de entornos, la toma de decisiones y la estructuración del contenido permite la creación de experiencias más realistas, estratégicas y desafiantes para los jugadores.

Conclusión

El desarrollo de la inteligencia artificial en los videojuegos está profundamente ligada a diversas ramas de la matemática, cuya aplicación permite mejorar tanto la funcionalidad como la inmersión

en los entornos virtuales. La combinación del álgebra lineal, la estadística y la teoría de grafos ha demostrado ser fundamental para la optimización de los sistemas de IA, facilitando desde el procedimiento gráfico hasta la toma de decisiones estratégicas. En particular, el uso de vectores y matrices en motores gráficos ha permitido alcanzar una representación más realista de los entornos y personajes, contribuyendo a una experiencia más fluida y dinámica (Sánchez, 2013).

Por otro lado, los modelos probabilísticos han sido en la evolución de la inteligencia artificial en videojuegos, permitiendo a los NPCs adaptar su comportamiento en tiempo real con base en patrones de juego. La implementación de técnicas como las redes mejorar la capacidad de respuesta de los sistemas inteligentes, aumentando el nivel de desafío y la personificación de la experiencia del jugador (Díaz, 2021). Asimismo, los algoritmos de búsqueda basados en la teoría de grafos han optimizado la movilidad y la planificación de rutas en entornos virtuales, permitiendo a los NPCs desplazarse de manera eficiente y seleccionar decisiones optimas en escenarios complejos (Basso y Álvarez, 2013).

En conclusión. Los hallazgos obtenidos destacan el papel esencial de las matemáticas en la evolución de la inteligencia artificial en videojuegos. A medida que las técnicas matemáticas continúan avanzando, es previsible que los videojuegos integran sistemas de IA cada vez más sofisticados, con mayor capacidad de aprendizaje y adaptación. El uso riguroso de principios matemáticos no solo mejora la jugabilidad, sino que también abre nuevas posibilidades para el diseño de videojuegos más dinámicos, interactivos y realistas. En este contexto, el futuro de la inteligencia artificial en videojuegos dependerá en gran medida del continuo desarrollo y rendimiento de su fundamento matemático.

Referencias

1. Amigone, F., Kogan, P., Michelan, G., & Rodriguez, J. (2018). Edimbrujo: Definiendo un modelo didáctico para la enseñanza de la Inteligencia Artificial en Juegos. In XIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (Posadas, 2018). <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68912>
2. Basso Basso, I. R., & Alvarez Nuñez, M. F. (2013). Teoría de grafos. <http://repositorio.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/1953>
3. Besada Portas, E., Herrera Caro, P. J., & Pajares Martinsanz, G. (2021). Aprendizaje profundo.

4. Cruz Chávez, M. A., Moreno Bernal, P., & Peralta Abarca, J. D. C. (2014). Aplicación de la teoría de la complejidad en optimización combinatoria. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 10(20), 35-42. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4733827>
5. Dado, A. (2011). Introducción al álgebra lineal. http://webdelprofesor.ula.ve/economia/gcolmen/programa/economia/ejercicios_capitulo_1.pdf
6. Díaz Ramírez, J. (2021). Aprendizaje automático y aprendizaje profundo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(2), 180-181. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052021000200180&script=sci_arttext
7. Flores Méndez, C. E., López, M. Q., Orozco Aguirre, H. R., & Pérez, I. R. (2019). Arquitectura de un juego serio inteligente basado en retos de matemáticas básicas. *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 8(2). <https://www.redalyc.org/journal/5122/512261374006/512261374006.pdf>
8. }Frittelli, V., Tartabini, M., Teicher, R., Steffolani, F., Serrano, D., Fernández, J., & Strub, A. (2013). Desarrollo de Juegos como Estrategia Didáctica en la Enseñanza de la Programación. CONAIISI 2013.
9. Güitta López, L., López López, Á. J., & Sánchez Molina, R. (2024). Aprendizaje por Refuerzo. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/92129>
10. Hernández Pérez, A. (2024). Introducción al aprendizaje por refuerzo. <https://gredos.usal.es/handle/10366/163871>
11. Martínez Ramón, M. (2008). Introducción a los métodos Kernel. Universidad Autónoma de Madrid, 29. http://arantxa.ii.uam.es/~jms/seminarios_doctorado/abstracts2007-2008/20080429MMartinez.pdf
12. Mata, G., Ruiz, B., Camacho, C., Méndez, A., Muñoz, S., & Zambrano, H. (2018). Un algoritmo de planificación en una clase de sistemas de eventos discretos. *Dyna*, 85(206), 283-293. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532018000300283&script=sci_arttext
13. Molina Ayuso, Á. (2023). Introducción a la Inteligencia Artificial desde el aula de Matemáticas. *Epsilon*, 114(114), 99-111.

- http://www.geogebraandalucia.es/epsilon_d9/sites/default/files/2023-09/epsilon114_06.pdf
14. Morales, E., & González, J. (2012). Aprendizaje por refuerzo. Presentación En Línea en: [https://ccc. inaoep. mx/~ emorales/Cursos/Aprendizaje2/Acetatos/refuerzo. pdf.](https://ccc.inaoep.mx/~emorales/Cursos/Aprendizaje2/Acetatos/refuerzo.pdf)
<https://ccc.inaoep.mx/~emorales/Cursos/NvoAprend/Acetatos/refuerzo.pdf>
 15. Moreno Padilla, R. D. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI, 7(14), 260-270. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7242777>
 16. Murphy, K. (2012). Aprendizaje automático: una perspectiva probabilística. Prensa del MIT.
 17. Oviedo Bayas, B. W. (2016). Modelos gráficos probabilísticos aplicados a la predicción del rendimiento en educación (Doctoral dissertation, Universidad de Granada). <https://digibug.ugr.es/handle/10481/44592>
 18. Piedra Hernández, V. S., & Paternostro Movilla, C. A. (2009). Aplicaciones de la teoría de grafos en la informática. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8378>
 19. Quevedo Sarmiento, J. R., & Quevedo Gutiérrez, E. G. (2021). Árbol de Juegos: Del Algoritmo Minimax con Poda α - β al Algoritmo Montecarlo Tree Search. Fuerza Bruta vs Aleatoriedad. Formación del Profesorado e Investigación en Educación Matemática. <https://accedcris.ulpgc.es/handle/10553/121232>
 20. Recuenco, A., & Reyes, W. (2020). Inteligencia artificial: Camino a un nuevo esquema del mundo. SCIÉNDO, 23(4), 299-308. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/3203>
 21. Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial. Madrid: Alienta Editorial, 20-21. https://planetadelibrosar0.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39307_Inteligencia_artificial.pdf
 22. Sánchez Esteban, N. (2013). El juego y la matemática. Juegos de matemáticas para el alumnado del primer ciclo de E. Primaria. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/4809>
 23. Sánchez Vila, E. M., & Lama Penín, M. (2007). Monografía: Técnicas de la Inteligencia Artificial aplicadas a la educación. Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, 11(33), 7-12. <https://www.redalyc.org/pdf/925/92503302.pdf>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).