

Computación Efímera: identificando retos para la investigación en videojuegos

Ariel Eduardo Vázquez-Núñez and Antonio J. Fernández-Leiva

Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, ETSI Informática,
Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, 29071 Málaga – Spain
eduardo.vazquezn@gmail.com, afdez@lcc.uma.es

Abstract. La Computación Efímera (Eph-C , por sus siglas en inglés, *Ephemeral Computing*) es un nuevo paradigma de computación de reciente creación que pretende sacar provecho de la naturaleza pasajera (o sea, asociada a un tiempo de vida limitado) de los recursos computacionales. En este trabajo se introducirá este nuevo paradigma Eph-C de forma general, y se irá poco a poco enfocando específicamente dentro del contexto del proceso de desarrollo de videojuegos, mostrando posibles aplicaciones y beneficios dentro de las principales líneas de investigación asociadas a la creación de los mismos. Se trata de un trabajo preliminar que intenta indagar en las posibilidades de aplicar la computación efímera en la creación de productos en la industria del videojuego. Lo que presentamos aquí debe ser valorado como un trabajo preliminar que intenta a su vez servir de inspiración para otros posibles investigadores o desarrolladores de videojuegos.

1 Introducción

La Computación Efímera (Eph-C) [2] se puede definir como: “El uso y la explotación de recursos computacionales de naturaleza efímera (transitorios y de un corto tiempo de vida) para llevar a cabo tareas computacionales complejas”. La Eph-C es un concepto que se propone en el marco de un proyecto, coordinado entre varios grupos de investigación pertenecientes a distintas universidades, denominado “Algoritmos Bioinspirados en Entornos Efímeros Complejos” (proyecto *Ephemech*¹) que ha sido subvencionado por el Ministerio Español de Economía y Competitividad. Este proyecto trata de establecer las bases teóricas y fundamentales para definir el concepto de efímero en computación y tiene el objetivo de definir los fundamentos para el diseño de sistemas eficientes (y en cierta forma escalables) que proporcionen servicios para la gestión de recursos efímeros en sistemas complejos. En particular se centra en dotar a la computación evolutiva de la capacidad de tratar con comportamientos transitorios. Lo que significa un “comportamiento transitorio” y a qué entidad o recurso se asocia, es algo que se está estudiando en el marco del proyecto.

¹ <https://ephemech.wordpress.com/>.

La realidad es que son muchos los problemas que surgen de considerar recursos efímeros, pero estamos convencidos de que existen grandes beneficios igualmente. Si bien el proyecto mencionado trata la Eph-C desde un punto de vista general, este artículo se enfoca en analizar las posibilidades de la Eph-C dentro de la industria del desarrollo de videojuegos. Creemos que esta industria puede obtener grandes beneficios con este nuevo paradigma ya que podría aplicarse a muchos de los procesos que componen el desarrollo de un videojuego. Uno de los principales objetivos de la computación efímera consiste en hacer un uso efectivo de recursos volátiles cuyo poder computacional (o utilidad propia del recurso) se podrían ver desperdiciados o explotados por debajo de sus capacidades. Por ejemplo, pensando en la gran cantidad de dispositivos móviles o tabletas (sin olvidar los dispositivos clásicos como ordenadores de sobremesa) que se encuentran constantemente conectados a Internet y cuya potencia computacional se desaprovecha frecuentemente. Por lo tanto, el concepto de computación efímera se solapa con otros conocidos conceptos como Cloud Computing, Computación Ubicua, Computación Voluntaria, así como algunos de reciente aparición, como la denominada Computación de Tecnologías Verdes o Green Computing, los cuales guardan una fuerte relación con el desarrollo de videojuegos (especialmente con los relacionados con plataformas móviles, los cuales han sufrido un incremento en su demanda en los últimos años), pero dispone de sus propias características distintivas ya que la percepción de la naturaleza efímera, la cual implica mecanismos autónomos de adaptación a un entorno computacional en constante cambio, no se limita únicamente a intentar compensar la volatilidad de los recursos, sino tratando de transformarla en una ventaja.

Este artículo es pues un trabajo preliminar, un trabajo con el cual pretendemos iniciar una discusión sobre las posibilidades de la Eph-C en el mundo del desarrollo de videojuegos.

2 Videojuegos y la aparición de lo efímero

La aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) o Computacional en los videojuegos ha visto grandes avances en la última década y ha establecido un nuevo campo de investigación [7, 8]. En líneas generales se trata de incorporar técnicas de Inteligencia Artificial al proceso de desarrollo de videojuegos lo cual puede derivar en áreas de enorme interés, tanto para al mundo académico (que explota un nuevo campo práctico de investigación) como para la industria (que observa cómo muchas de las propuestas de investigación pueden mejorar realmente el proceso de desarrollo reduciendo costes, proporcionando fuentes de inspiración a los profesionales de la industria o alargando la vida comercial de los videojuegos, por mencionar algunas ventajas).

Son muchas las líneas de investigación que surgen de la posibilidad de aplicar técnicas de IA al campo de la creación de videojuegos. Así por ejemplo, [22] y [10] apuntan varias líneas de investigación principales entre las que encontramos algunas como el diseño de videojuegos asistidos por IA, la narrativa computacional, la generación de contenido procedural/procedimental, el aprendizaje y

la generación automática de los comportamientos de los personajes no controlados por el jugador humano (NPCs por sus siglas en inglés, Non-controlled Player Characters), la computación afectiva en NPCs, el desarrollo de oponentes o NPCs (también llamados bots) con comportamientos similares a los humanos, la simulación social y la búsqueda de modelos del jugador, entre otras posibilidades. Varios de los problemas que surgen en estas áreas requieren creatividad y no pueden ser resueltos simplemente de manera competente, sino de una forma más próxima a como lo haría un humano. Existen videojuegos en los cuales aparecen muchas interacciones y relaciones que surgen de manera natural con lo cual se asemejan a sistemas complejos que habitualmente no resultan fáciles de comprender para un humano, pero que aún así pueden proporcionar resultados interesantes desde una perspectiva humana [18]. Es más, algunos juegos tienen una naturaleza efímera, difícil de gestionar computacionalmente. Algunos recursos de juego (por ejemplo, contenidos, comportamientos de NPC o IA, objetivos de juego o incluso las propias reglas de juego) pueden ser percibidas como volátiles en el sentido de que no se puede garantizar que sucedan de nuevo. Así, adquiere sentido la consideración de crearlos de forma efímera (o efímeramente).

De forma adicional, el reciente auge de los juegos casuales en los dispositivos móviles provoca que tanto el diseño como la jugabilidad de los juegos requieran recursos que aparecen y se evaporan continuamente durante la ejecución del juego. Esto sucede precisamente en los llamados juegos ubicuos o *pervasive games* (ej. juegos que tienen uno o varios rasgos determinantes que amplían el contrato tácito del círculo mágico del juego, bien a nivel social, espacial o temporal [12]) donde la experiencia de juego se extiende al mundo real. Jugar juegos en un mundo físico requiere cálculos que deben ejecutarse sobre la marcha en el dispositivo del usuario, teniendo en cuenta que los jugadores pueden decidir unirse o dejar el juego en cualquier instante de juego. La misma situación se produce en la mayoría de juegos multijugador.

Pero no deberíamos centrar la atención únicamente en este género específico ya que en el universo de los videojuegos se pueden encontrar multitud de aplicaciones para la computación efímera (por ejemplo, en el género de Juegos de Estrategia en Tiempo Real – RTS, por sus siglas en inglés Real-Time Strategy games- aparecen muchas posibilidades relacionadas con la aparición y desaparición emergente de contenidos/propiedades/objetivos del juego [5]). Por lo tanto, no resulta descabellado pensar en el concepto de juegos efímeros como aquellos juegos que solo pueden ser lanzados una vez, que expiran de alguna manera. Se pueden encontrar diversos motivos para este hecho como, por ejemplo: motivación económica (ej. el jugador demandará futuras expansiones del juego) o aspectos creativos (ej. proporcionar experiencias únicas de juego mediante las consecuencias de acciones irreversibles). Además, se pueden contemplar objetivos o eventos efímeros que tengan existencia transitoria en los juegos, apareciendo (y desapareciendo) como consecuencias de acciones o preferencias de los jugadores. Habitualmente, estos objetivos/eventos son secundarios (ya que el objetivo principal debe estar bien definido y relacionado con la historia principal del juego) pero ayudan significativamente a mejorar la experiencia de juego y

por ello son aspectos críticos para incrementar la satisfacción del usuario (la cual es el máximo objetivo de los videojuegos).

Otra cuestión a considerar es la reversibilidad de las acciones del jugador: la mayoría de los juegos proporcionan la opción de guardar el estado actual del juego para cargarlo de nuevo más adelante, implicando básicamente que los jugadores no se enfrentan a las consecuencias de sus actos mientras puedan recuperar un estado anterior. Mientras esta capacidad es interesante (y deseable) en un gran número de juegos, también resulta cierto que resulta un inconveniente para cierto tipo de juegos como los juegos multijugador online (ej. acción en primera persona, estrategia en tiempo real o juegos de rol, entre otros) donde las acciones de un jugador afectan al universo de juego y, en consecuencia, a otros jugadores. Los objetivos, jugadores, alianzas, o incluso las recompensas deben reorganizarse de acuerdo a la progresión del juego que garantiza la temporalidad a la naturaleza del juego. Esta esencia transitoria de los juegos produce problemas importantes los cuales son difíciles de gestionar computacionalmente, y el dónde y el cómo crear características volátiles en un videojuego es una cuestión que se mantiene abierta, la cual puede solucionarse o mitigarse mediante la computación efímera.

3 Retos para la computación efímera en videojuegos

Si bien el objetivo de este artículo no es abarcar por completo todos los posibles retos en el contexto de los videojuegos, es posible definir posibles aplicaciones o áreas que se viesen beneficiadas. Las 10 áreas clave para el futuro de la IA en videojuegos, según un consenso de expertos en el seminario de Dagstuhl sobre Artificial and Computational Intelligence in Games [22], son las siguientes:

1. Aprendizaje de comportamientos para jugadores no humanos.
2. Búsqueda y planificación.
3. Modelado del jugador.
4. Desarrollo de juegos que sirvan como bancos de pruebas para las técnicas de IA.
5. Generación automática/procedimental de contenidos.
6. Narrativa computacional.
7. Generación de agentes creíbles.
8. Diseño de juegos asistido por IA.
9. Obtención de jugadores de videojuegos generales.
10. Aplicación de la IA en juegos comerciales

A continuación realizamos un primer acercamiento de la incidencia de Eph-C en estas áreas. Como ya hemos comentado anteriormente, creemos que la computación efímera tiene gran potencial de aplicación en todas estas áreas.

3.1 Aprendizaje de comportamientos para jugadores no humanos

El objetivo principal en este área consiste lograr jugadores controlados por la IA que aprendan a jugar a los juegos a medida que transcurren estos, un hecho que

se ha tratado a partir de distintas técnicas (e.g., aprendizaje por refuerzo, redes neuronales, árboles de decisión, etc.) [13]. Si bien es verdad que los juegos tienen mecánicas estables y bien definidas (lo cual no quiere decir fáciles de aprender), también es cierto que la aparición de objetivos secundarios o incluso la creación de retos nuevos (por ejemplo en forma de mini-juegos que poco o nada tienen que ver con el juego principal) podrían confundir el aprendizaje de las mecánicas definidas para el juego. En este contexto, la computación efímera puede ayudar a suavizar este problema.

Así, la Eph-C podría mejorar el aprendizaje de estos agentes añadiendo la percepción de eventos o estados de juego efímeros, de forma que estos no afecten a su aprendizaje global o, por el contrario, tenerlos en cuenta para desarrollar una estrategia de juego más óptima.

3.2 Búsqueda y planificación

La búsqueda y la planificación son tareas comunes a la gran mayoría de *bots* o agentes en los videojuegos. Desde trazar una ruta hasta un objetivo, hasta planificar una serie de acciones para lograr su(s) objetivo(s). Si bien, la literatura científica está llena de propuestas para abordar la búsqueda y la planificación en los (video)juegos [1], también es cierto que, en un contexto donde la planificación puede realizarse tanto a corto como a largo plazo, sin duda tendría un gran impacto la incorporación de medidas que permitan adaptarse a la aparición o desaparición de obstáculos, objetivos, enemigos, personajes, o cualquier otro objeto del juego que afecte al personaje. Adaptar los algoritmos de búsqueda y planificación a estas nuevas circunstancias, permitiendo saltar a una nueva zona del espacio de búsqueda, podría suponer mejoras sobre los resultados.

3.3 Modelo del jugador

Otro de los grandes retos en el contexto de los videojuegos es conseguir modelos que representen al jugador humano, ya sean modelos de comportamiento, modelos cognitivos, emocionales o de otras características [21]. Conocer los detalles del jugador permitirían el desarrollo de juegos dinámicos que se adapten a cada jugador, resultando en una experiencia única para cada jugador aún jugando al mismo juego. La percepción, emociones o comportamiento de un jugador pueden cambiar a lo largo del tiempo, incluso pueden cambiar repentinamente y durante un breve espacio de tiempo, lo que daría lugar a un comportamiento (o cualquier otra característica) efímero. Los beneficios de la aplicación de la computación efímera en esta área podrían dividirse en dos: la adaptación de los modelos a estos comportamientos efímeros, o la generación de eventos (o cualquier contenido) efímero ya sea para sorprender al jugador o provocar una reacción estudiada en base a su modelo.

3.4 Juegos como banco de pruebas para IA

En general, los videojuegos proporcionan un excelente marco de experimentación, ya que permiten modelar y simular cualquier tipo de circunstancias (reales o fic-

ticias) donde diferentes agentes pueden interactuar y modificar su entorno. Así por ejemplo, ya se han organizado un buen número de eventos en los cuales diferentes métodos de inteligencia artificial pueden competir en el marco de algún videojuego [20]. Los resultados que aquí se obtienen pueden luego dar lugar a conclusiones más generales.

Es más, con frecuencia se desarrollan y evalúan técnicas de IAs aplicadas al desarrollo de videojuegos cuyos resultados se extrapolan a otros campos distintos al de los videojuegos, o bien sirven de inspiración a otros investigadores que aplican luego esas técnicas en otros contextos. Uno de los ejemplos más recientes y populares es el éxito obtenido por Google (en realidad por una empresa apoyada por Google) en la aplicación de técnicas de aprendizaje por refuerzo profundo (i.e., Deep reinforcement learning) en el universo de los videojuegos [17, 11].

Uno de los posibles problemas es que en muchas ocasiones, estos entornos simulados en videojuegos tienen un comportamiento determinista (o al menos de forma parcial) y conocido debido a su desarrollo. La introducción de eventos efímeros y espontáneos pueden acercar estos entornos a una realidad donde no siempre es posible conocer con seguridad todo lo que puede pasar. De esta forma, aumentando la complejidad de estos entornos, se pueden lograr IAs más robustas y aumentar su extensibilidad a entornos más realistas.

3.5 Generación automática de contenidos

La generación automática de contenidos se encuentra en constante expansión y evolución llegando a afectar a cualquier tipo de recurso del juego, desde mapas de juego a incluso sonidos o texturas, pasando por objetos, misiones o comportamientos de personajes [16]. Para ello, se utilizan diferentes métodos, siendo los algoritmos evolutivos o genéticos uno de los más usados, debido a su rapidez para generar y manipular grandes cantidades de posibilidades. Gracias a la incorporación de la generación automática, se consiguen reducir en gran medida los costes del diseño de contenido, o agregar un valor añadido gracias a la posibilidad de volver a jugar un juego que ha cambiado su contenido. Generalmente, el contenido se genera para ser estable y duradero, por lo que plantear la inclusión de contenido efímero en la generación automática abriría un nuevo abanico de posibilidades que enriquecerían la experiencia de juego posterior. Como contenido transitorio se podrían considerar muchos de distinta naturaleza tales como objetivos emergentes, recursos con un tiempo de vida limitado, capacidades asociadas temporalmente a los jugadores/oponentes/NPCs, o incluso la misma historia del juego (tal y como se indica a continuación).

3.6 Narrativa computacional

La generación de una narrativa rica y consistente de forma computacional es uno de los grandes retos para la IA en videojuegos [4]. Aunque a primera vista podría parecer que es un contenido más, e incluirse en el área nombrada anteriormente, la narrativa posee unas cualidades y restricciones especiales que merecen su propia área, ya que una narrativa atractiva y consistente es más propio del

arte que de la funcionalidad. El hecho de contemplar la posibilidad de incluir narrativas o fragmentos de estas que tengan un tiempo limitado de vida, o que puedan aparecer y desaparecer de forma espontánea, llevaría a plantear una nueva forma de crear la narrativa en los videojuegos.

3.7 Agentes creíbles

En ocasiones, no basta con crear agentes que puedan cumplir una serie de objetivos o comportamientos, sino que además, su comportamiento se asemeje lo suficiente al humano como para confundirlos [14]. De una forma similar al Test de Turing, existe un test para evaluar la humanidad de los agentes/bots/NPCs en el contexto de los videojuegos [3, 15]. La naturaleza del comportamiento humano no siempre resulta fácil de simular, ya que los agentes controlados por IA tienden a buscar siempre la forma óptima de lograr sus objetivos, algo que no ocurre siempre con los humanos. La naturaleza emocional e instintiva de los humanos nos lleva a tomar acciones inesperadas y, ocasionalmente, totalmente ilógicas en base a un razonamiento computacional. La posibilidad de generar esas emociones o comportamientos de forma efímera para los agentes puede mejorar su capacidad de imitar la impredecibilidad del comportamiento humano.

3.8 Diseño de juego asistido por IA

Otro de los grandes retos para la IA es llevarla a un nivel superior, no limitándola únicamente a la creación contenidos o comportamientos dentro del juego, sino al propio diseño de juego. Uno puede encontrar propuestas en la literatura científica en este sentido. Por ejemplo, se puede pensar en automatizar la propia creación de reglas de un juego [19] o las mecánicas del mismo

Se debería, entonces, contemplar la posibilidad de que parte de las reglas o las mecánicas del juego puedan tener una naturaleza efímera, o incluso que puedan desaparecer de forma permanente. Como ya hemos mencionado anteriormente, podríamos incluso llegar a pensar en el diseño de videojuegos completamente efímeros, que se ejecuten una única vez con un tiempo de vida limitado, obteniéndose pues experiencias de juegos únicas. Esta línea de investigación es complicada pero especialmente motivadora.

3.9 Inteligencia Artificial general

Generalmente, las IAs de juego se desarrollan bajo condiciones particulares para cumplir unos objetivos asociados a juegos específicos. Este hecho hace que sea complicado utilizarlas en un entorno diferente al original para el que fueron diseñadas. Recientemente ha aparecido una línea de investigación que propone la obtención de NPCs que puedan aprender a jugar, y de hecho jugar de forma exitosa, a juegos para los que no fueron específicamente diseñados ni entrenados [6]. La idea es desarrollar algoritmos que permitan a un agente jugar y optimizar su estrategia en diferentes juegos sin realizar cambios en su algoritmo, tomando

como única información la observación o las reglas del juego comunicadas previamente. Anteriormente hemos hablado de la posibilidad de considerar juegos con eventos, recursos u objetivos efímeros que harían este aprendizaje muchísimo más complicado. El cómo adaptar entonces estos algoritmos de generación de jugadores de juegos generales a este tipo de juegos efímeros es una línea de investigación interesante que aún no ha sido abordada, entre otras cuestiones porque el concepto de juego efímero no está todavía definido de forma clara.

4 Resumen

En base a lo mostrado anteriormente, podemos decir que las aplicaciones de la computación efímera en las distintas áreas clave en investigación de videojuegos se pueden dividir en dos grandes tipos: *Adaptación* (modificar algoritmos y estructuras para tener en cuenta la naturaleza efímera de los recursos) o de *Generación* (generar contenido efímero para mejorar la experiencia o cumplir determinados objetivos)

En la siguiente tabla 1 se muestra como se relacionan estos dos tipos de aplicaciones con cada una de las áreas clave:

Table 1. Tabla de relación de aplicaciones de computación efímera de Adaptación/Generación(Eph-C/A, Eph-C/G) respecto a las áreas clave de IA en videojuegos

Área de aplicación	Eph-C/A	Eph-C/G
<i>Aprendizaje de comportamientos para jugadores no humanos</i>	•	
<i>Búsqueda y planificación</i>	•	
<i>Modelado de jugador</i>	•	•
<i>Juegos como banco de pruebas para IA</i>	•	•
<i>Generación automática de contenidos</i>		•
<i>Narrativa computacional</i>		•
<i>Generación de agentes creíbles</i>		•
<i>Diseño de juego asistido por IA</i>		•
<i>Jugadores de videojuegos generales</i>	•	

Queremos resaltar que esta es una primera aproximación, muy preliminar, a lo que significa tratar con el concepto de lo efímero en la creación de videojuegos por lo que seguramente la tabla anterior sufrirá bastantes modificaciones y ampliaciones en un futuro cercano.

5 Conclusiones y trabajo futuro

A lo largo de este artículo se han mostrado las posibilidades de incorporar un nuevo concepto como la computación efímera a las áreas mas importantes de investigación dentro del contexto de los videojuegos. Se han planteado algunas

de las posibilidades que se abren en cada una de las áreas destacadas de investigación en cuanto a la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial en el desarrollo de videojuegos. De alguna forma, este artículo representa nuestro propio punto de partida pues la computación efímera es de por sí un paradigma novedoso, y su aplicación a la industria del desarrollo de videojuegos representa un mundo por descubrir y explorar. Se nos abre pues todo un abanico de posibilidades dada la novedad de este paradigma emergente, que puede convertirse en un interesante foco de investigación para futuros trabajos relacionados con videojuegos o con cualquier otra área.

Durante el artículo se han propuesto novedosas líneas de investigación que suponen el futuro próximo a explorar y esperamos que este artículo sirva de inspiración a otros investigadores interesados en este prometedor paradigma..

Agradecimientos

Este trabajo está financiado parcialmente por la Junta de Andalucía (proyecto P10-TIC-6083 DNEMESIS²), el Ministerio Español de Economía y Competitividad (proyecto TIN2014-56494-C4-1-P, UMA-EPHEMECH³), y la Universidad de Málaga. Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech.

References

1. Botea, A., Bouzy, B., Buro, M., Bauckhage, C., Nau, D.S.: Pathfinding in games. In: Lucas et al. [9], pp. 21–31, <http://dx.doi.org/10.4230/DFU.Vol6.12191.21>
2. Cotta, C., Leiva, A.J.F., de Vega, F.F., de la O, F.C., Merelo, J.J., Castillo, P.A., Camacho, D., Orgaz, G.B.: Ephemeral computing and bioinspired optimization. In: Rosa, A.C., Guervós, J.J.M., Dourado, A., Cadenas, J.M., Madani, K., Ruano, A.E., Filipe, J. (eds.) Proceedings of the 7th International Joint Conference on Computational Intelligence (IJCCI 2015) - Volume 1: ECTA, Lisbon, Portugal, November 12-14, 2015. pp. 319–324. SciTePress (2015)
3. Hingston, P.: A turing test for computer game bots. IEEE Trans. Comput. Intellig. and AI in Games 1(3), 169–186 (2009), <http://dx.doi.org/10.1109/TCIAIG.2009.2032534>
4. Horswill, I.D., Montfort, N., Young, R.M.: Guest editorial: Computational narrative and games. IEEE Trans. Comput. Intellig. and AI in Games 6(2), 93–96 (2014), <http://dx.doi.org/10.1109/TCIAIG.2014.2325879>
5. Lara-Cabrera, R., Cotta, C., Leiva, A.J.F.: A review of computational intelligence in RTS games. In: IEEE Symposium on Foundations of Computational Intelligence, FOCI 2013, Singapore, Singapore, April 16-19, 2013. pp. 114–121 (2013), <http://dx.doi.org/10.1109/FOCI.2013.6602463>
6. Liebana, D.P., Samothrakis, S., Togelius, J., Schaul, T., Lucas, S.M.: General video game AI: competition, challenges and opportunities. In: Schuurmans, D., Wellman, M.P. (eds.) Proceedings of the Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence, February 12-17, 2016, Phoenix, Arizona, USA. pp. 4335–4337. AAAI Press (2016), <http://www.aaai.org/ocs/index.php/AAAI/AAAI16/paper/view/11853>

² <http://dnemesis.lcc.uma.es/wordpress/>.

³ <https://ephemech.wordpress.com/>.

7. Lucas, S.M.: Computational intelligence and AI in games: A new IEEE transactions. *IEEE Trans. Comput. Intellig. and AI in Games* 1(1), 1–3 (2009), <http://dx.doi.org/10.1109/TCIAIG.2009.2021433>
8. Lucas, S.M., Mateas, M., Preuss, M., Spronck, P., Togelius, J.: Artificial and computational intelligence in games (dagstuhl seminar 12191). *Dagstuhl Reports* 2(5), 43–70 (2012), <http://dx.doi.org/10.4230/DagRep.2.5.43>
9. Lucas, S.M., Mateas, M., Preuss, M., Spronck, P., Togelius, J. (eds.): *Artificial and Computational Intelligence in Games*, Dagstuhl Follow-Ups, vol. 6. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum fuer Informatik (2013), <http://www.dagstuhl.de/dagpub/978-3-939897-62-0>
10. Lucas, S.M., Mateas, M., Preuss, M., Spronck, P., Togelius, J.: Artificial and computational intelligence in games: Integration (dagstuhl seminar 15051). *Dagstuhl Reports* 5(1), 207–242 (2015), <http://dx.doi.org/10.4230/DagRep.5.1.207>
11. Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A.A., Veness, J., Bellemare, M.G., Graves, A., Riedmiller, M., Fidjeland, A.K., Ostrovski, G., Petersen, S., Beattie, C., Sadik, A., Antonoglou, I., King, H., Kumaran, D., Wierstra, D., Legg, S., Hassabis, D.: Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature* 518(7540), 529–533 (02 2015), <http://dx.doi.org/10.1038/nature14236>
12. Montola, M., Stenros, J., Waern, A.: *Pervasive Games: Theory and Design*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA (2009)
13. Muñoz-Avila, H., Bauckhage, C., Bida, M., Congdon, C.B., Kendall, G.: Learning and game AI. In: Lucas et al. [9], pp. 33–43, <http://dx.doi.org/10.4230/DFU.Vol6.12191.33>
14. Philip Hingston (editor): *Believable Bots. Can Computers Play Like People?* Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2012)
15. Polceanu, M., Mora, A.M., Jimenez, J.L., Buche, C., Fernandez-Leiva, A.J.: The believability gene in virtual bots. In: Markov, Z., Russell, I. (eds.) *Proceedings of the Twenty-Ninth International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, FLAIRS 2016*, Key Largo, Florida, May 16-18, 2016. pp. 346–349. AAAI Press (2016), <http://www.aaai.org/ocs/index.php/FLAIRS/FLAIRS16/paper/view/12920>
16. Shaker, N., Togelius, J., Nelson, M.J.: *Procedural Content Generation in Games: A Textbook and an Overview of Current Research*. Springer (2015)
17. Silver, D., Huang, A., Maddison, C.J., Guez, A., Sifre, L., van den Driessche, G., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Panneershelvam, V., Lanctot, M., Dieleman, S., Grewe, D., Nham, J., Kalchbrenner, N., Sutskever, I., Lillicrap, T., Leach, M., Kavukcuoglu, K., Graepel, T., Hassabis, D.: Mastering the game of go with deep neural networks and tree search. *Nature* 529, 484–503 (2016), <http://www.nature.com/nature/journal/v529/n7587/full/nature16961.html>
18. Sweetser, P.: *Emergence in Games*. Charles River Media Game Development, Charles River Media (2008), <https://books.google.es/books?id=8iDyGAAACAAJ>
19. Togelius, J., Schmidhuber, J.: An experiment in automatic game design. In: *IEEE Symposium On Computational Intelligence and Games*. pp. 111–118 (2008)
20. Togelius, J.: How to run a successful game-based AI competition. *IEEE Trans. Comput. Intellig. and AI in Games* 8(1), 95–100 (2016), <http://dx.doi.org/10.1109/TCIAIG.2014.2365470>
21. Yannakakis, G.N., Spronck, P., Loiacono, D., André, E.: Player modeling. In: Lucas et al. [9], pp. 45–59, <http://dx.doi.org/10.4230/DFU.Vol6.12191.45>
22. Yannakakis, G.N., Togelius, J.: A panorama of artificial and computational intelligence in games. *IEEE Trans. Comput. Intellig. and AI in Games* 7(4), 317–335 (2015), <http://dx.doi.org/10.1109/TCIAIG.2014.2339221>