

Ampliación a 3D de un juego serio para modelado conceptual de datos

Juan Antonio Caballero-Hernández¹[0000-0001-9012-8961], Manuel Palomo-Duarte²[0000-0001-6002-0319], Juan Manuel Dodero²[0000-0002-4105-5679], Antonio Balderas²[0000-0003-0026-7410], and Rafael Rosso-Giner²[0000-0003-0193-2435]

¹ Grupo EVALfor, Universidad de Cádiz, Puerto Real, España
juanantonio.caballero@uca.es

² Dpto. de Ingeniería Informática, Universidad de Cádiz, Puerto Real, España
 {manuel.palomo,juanma.dodero,antonio.balderas}@uca.es,
rafa.rossoginer@alum.uca.es

Resumen Los juegos serios han demostrado su capacidad para aumentar el interés de los alumnos en procesos de enseñanza-aprendizaje. Aunque existen juegos serios disponibles para muchos fines, el desarrollo de juegos para experiencias concretas permiten tener sistemas más específicos y mejor alineados con los intereses de aprendizaje. Además, esto facilita enormemente la recolección de datos sobre la actividad del usuario que puede ser de gran utilidad en un entorno de educación no presencial y, sobre todo, con grupos grandes de alumnos. En este artículo presentamos nuestra experiencia ampliando un juego serio de modelado conceptual de datos a partir de una versión sencilla tipo aventura *point and click* a un entorno 3D. En este se le da mayor libertad al usuario, y se aumenta la profundidad del juego. Además, se realiza una recolección de datos de actividad más detallados, que permite aplicar técnicas de analítica de aprendizaje con descubrimiento de modelos, una técnica usada con éxito para obtener perfiles de comportamiento. En el artículo se muestran los resultados en un caso de estudio en la asignatura Bases de Datos del Grado en Ingeniería Informática. Los resultados son positivos, permitiendo hacer un análisis del comportamiento más detallado que en la versión anterior del juego con datos objetivos y de manera escalable.

Palabras claves: Juegos serios · Aprendizaje basado en juegos · Perfiles de usuario · Minería de procesos · Descubrimiento de modelos.

Abstract. Serious games have proven to be effective to engage students in learning processes. Although there is a wide variety of serious games available, the development of customized games allows for creating more specific experiences, aligned with the learning goals. Additionally, customized games can easily incorporate log systems to record students'

interactions. That information is specially interesting in online teaching and also when there is a high number of students involved. In this paper we share our experience extending a conceptual data modeling serious game from a simple "point and click" adventure to a 3D environment. In this new version the student has more freedom to move in a deeper game. At the same time, the logs generated by the game have been extended, providing more detailed information. We apply learning analytics approach to this information, generating behavior profiles using model discovery techniques. We show the results of using the game in a Databases course in a Computer Science Degree program. Results are promising, reflecting a more detailed behavior of the students when compared to the previous version of the game, using a scalable method based on objective data.

1. Introducción

Según el informe sobre juegos serios elaborado por la Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática (CODII) de España: "el análisis de los principios de diseño de los videojuegos los identifica como un medio idóneo para la educación: un videojuego es una experiencia de aprendizaje diseñada para mantener el nivel de desafío teniendo al jugador y, además, mantiene la atención del jugador" [10]. Los juegos serios son juegos con otros propósitos más allá del entretenimiento [2]. La aplicación de juegos serios en contextos educativos permite crear y desarrollar procesos de aprendizaje en los que los estudiantes se involucren activamente [3]. En la literatura científica se pueden encontrar multitud de estudios sobre los impactos positivos asociados al uso de juegos serios en experiencias de aprendizaje [8].

Durante el transcurso de una partida, los jugadores pueden realizar diferentes interacciones según el tipo de juego, como mover al personaje o recoger objetos. Estas interacciones pueden almacenarse en grandes conjuntos de datos para ser analizadas y proporcionar información objetiva sobre las competencias aplicadas durante el juego [18]. Debido a la alta cantidad de datos, este tipo de análisis no suele ser abarcable de forma manual, requiriendo técnicas que lo automaticen [20]. Desafortunadamente, multitud de experiencias de aprendizaje basadas en juegos serios siguen basando sus métodos de evaluación en enfoques manuales. Los análisis manuales son escasos en los detalles de la evaluación de los resultados del aprendizaje, presentan problemas de escalabilidad y carecen de soporte automatizado y semiautomático [7].

Considerando la naturaleza secuencial de las interacciones dentro de un juego, se han propuesto en estudios previos el uso de técnicas de minería de procesos (*process mining*) para analizar de forma escalable el comportamiento de perfiles específicos de estudiantes en una experiencia de aprendizaje basada en juegos serios [11]. Las técnicas de minería de procesos permiten analizar grandes conjuntos de eventos secuenciales, permitiendo monitorizar y mejorar procesos reales a través de la extracción de conocimiento de registros de eventos producidos

por dichos procesos [1]. Dentro de un registro, cada caso particular se denomina *traza de eventos*, que se unen en una *colección de casos*.

Para validar el uso de técnicas de minería de procesos en este tipo de análisis, se desarrolló un videojuego con el que realizar una experiencia de aprendizaje basada en juegos serios en la asignatura “Bases de Datos”, obligatoria para los estudiantes del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad de Cádiz durante el segundo semestre del segundo curso [11]. El juego serio desarrollado propone el diseño de una especificación conceptual de datos a través de un diagrama de Entidad Relación (E/R).

En base a la buena aceptación recibida por los estudiantes y la alta participación obtenida (aproximadamente el 90 % de los alumnos matriculados), se decidió realizar una segunda versión del juego para incluir las mejoras propuestas por los estudiantes, además de ofrecer un registro de las interacciones más detallado que pudiera desembocar en análisis más precisos [6].

En este estudio se presenta y describe la segunda versión del juego serio, detallando las mejoras realizadas respecto a la primera versión. Además, se muestra el modelo de comportamiento obtenido tras la aplicación de técnicas de minería de procesos.

El resto del trabajo está estructurado de la siguiente manera: en primer lugar, se presentan los fundamentos teóricos y otras experiencias de aprendizaje basadas en juegos serios: teoría sobre juegos serios. Posteriormente, se comentan las bases del descubrimiento de modelos con minería de procesos y el método propuesto para obtener modelos. En el siguiente apartado se discute el nuevo diseño de juego realizado, comparándolo con la versión anterior. A continuación se presenta nuestro caso de estudio y se discute el nuevo modelo de comportamiento generado. Por último, se recopilan las conclusiones del estudio.

2. Experiencias de aprendizaje basadas en juegos serios

La industria de los videojuegos ha crecido en las últimas décadas, ocupando un nicho cultural donde el espacio de los juegos serios está empezando a tomar su propio espacio [9]. Los juegos serios son juegos que poseen propósitos educativos, más allá de los propósitos de diversión implícitos que estos tienen [2]. Esta definición fue extendida añadiendo los conceptos de juegos de ordenador y herramientas de entrenamiento en múltiples entornos [23].

La terminología usada para referirse a las experiencias de aprendizaje basadas en juegos serios puede ser diferente según el autor. Además de *Serious games*, algunos de los términos más comunes son: *Edutainment*, *Game Based Learning (GBL)*, *Digital Game Based Learning (DGBL)* o *Applied games* [16] [17]. Aunque el concepto de *e-Learning* está ampliamente relacionado, es un término con un significado más amplio ya que hace referencia a experiencias de aprendizaje que aprovechan el uso de computadoras y tecnología interactiva en general [12]. En general, toda esta terminología suele solaparse y usarse para referirse a experiencias de aprendizaje basadas en juegos y conceptos similares.

Los juegos serios han sido aplicados en una amplia variedad de áreas donde su categorización depende del autor. Una de las más aceptadas es propuesta por Michael y Chen, considerando estas áreas como mercados donde aplicar los juegos: militar, gubernamental, educativo, corporativo, atención sanitaria, política, religioso y artístico [15]. El uso de juegos serios en experiencias de aprendizaje ha sido tendencia durante los últimos años, siendo aplicados a múltiples disciplinas como *Ciencia, Tecnología, Ingeniería* o *Matemáticas* [5].

Los juegos serios han sido usados en diversas experiencias de aprendizaje para mejorar la motivación de los estudiantes, proporcionándoles facilidades para la adquisición de conocimientos de forma autónoma mediante el uso de agentes pedagógicos [13]. Por ejemplo, un estudio sobre la aplicación de distintos serious games para facilitar el desarrollo de la mentalidad empresarial se llevó a cabo en [4]. Dentro de contextos de educación superior, los juegos serios han sido ampliamente usados como simuladores, por ejemplo en prácticas médicas o en modelados de piezas. Además, la aplicación de la inteligencia artificial en sesiones de entrenamiento a través de juegos serios puede usarse para describir el comportamiento humano, donde las propiedades cognitivas juegan un papel relevante [21].

3. Arquitectura de descubrimiento de modelos

Los detalles del método para descubrimiento de modelos fue descrito anteriormente [11], por lo que pasamos a destacar brevemente la arquitectura en que se basa (figura 1).

Mientras el jugador interactúa con el juego, este va creando un registro de los diferentes eventos que se producen. A partir de un registro de eventos que incluye las interacciones realizadas por todos los estudiantes se realiza un filtrado para obtener un subconjunto de eventos y trazas según el tipo de información que se desee analizar para generar el perfil. Por ejemplo, puede interesar elegir sólo los alumnos con una nota por debajo de un umbral o que hayan tardado más de X minutos en finalizar la partida (para obtener su comportamiento y compararlo con el resto de la clase), por lo que habría que quedarse únicamente con las trazas en las que el campo nota o duración tiene valores dentro de un rango. Igualmente se pueden eliminar campos que no interesan, por ejemplo, las coordenadas en las que ha colocado un cierto elemento en el diagrama E/R, la edad del alumno, etc.

Posteriormente, el método aplica las técnicas de descubrimiento de modelos a través del algoritmo conocido como *minería inductiva* [14]. Este algoritmo proporciona un modelo en notación de red de Petri, el cual puede transformarse a un modelo BPMN (del inglés, Business Process Model Notation) ³. En caso de que el modelo sea demasiado genérico, puede volver a aplicarse la *minería inductiva* en una nueva iteración para filtrar caminos infrecuentes tantas veces como sea necesario para obtener un modelo lo más preciso posible.

³ <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>

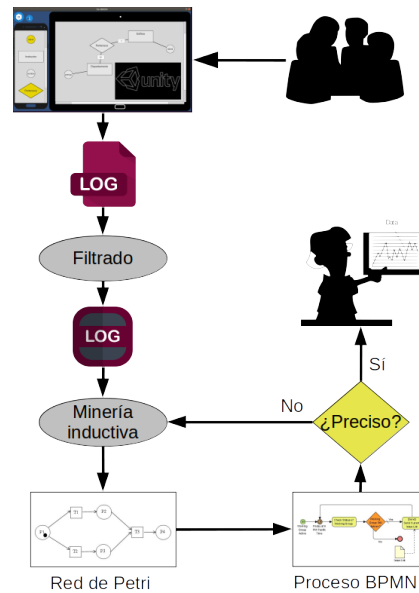


Figura 1: Método para descubrir modelos de comportamiento de perfiles de estudiante en experiencias de aprendizaje basadas en juegos serios.

4. Caso de estudio

Los dos videojuegos fueron aplicados en la asignatura “Bases de Datos”, obligatoria para los estudiantes del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad de Cádiz (España). La primera versión se usó durante los cursos 2018/19 y 2019/20 (realizándose la segunda experiencia días antes de decretar el confinamiento domiciliario por la pandemia de Covid19), y la segunda durante el curso 2020/21 en modalidad online (por la comentada pandemia). La pandemia afectó de manera importante a la participación del alumnado. Mientras que antes del confinamiento participaron 110 de 135 alumnos y 100 de 110 matriculados respectivamente, en el segundo caso sólo lo hicieron una treintena de casi 150 matriculados.

En ambos casos el método fue implementado y validado usando las técnicas de process mining implementadas en el framework open source ProM [22]. En el experimento utilizamos un videojuego que propone el diseño de una especificación conceptual de datos a través de un diagrama de Entidad Relación (E/R). Ambas versiones del juego fueron desarrolladas utilizando el motor Unity, es multiplataforma (Windows, GNU/Linux y MacOS). La primera está disponible para descarga en⁴, mientras que la segunda dispone del código fuente en⁵

⁴ <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8984090.v1>

⁵ <https://github.com/RafaelRossoGiner/BBDD2>

5. Resumen del juego serio

En ambas versiones del juego, el jugador debe realizar un diagrama E/R en base a una serie de requisitos textuales sobre una universidad: profesores, alumnos, asignaturas, etc. El problema planteado dentro del juego está basado en el ejemplo práctico presentado en el anexo de [19], una referencia ampliamente utilizada para la enseñanza de fundamentos de bases de datos.

Al entrar en el juego, se le solicita al jugador un identificador único, para identificar el registro de eventos. Tras este paso, común a ambas versiones del juego, se observa la diferencia entre ambas (figura 2). En la versión anterior (parte izquierda de la figura) el jugador debe usar un menú para navegar por las diferentes pantallas del juego: el mapa (que es sólo la pantalla que se observa con 3 edificios), el bloc de notas (para consultar requisitos) y el editor de diagrama E/R (pudiendo realizar un único diagrama). En la versión actual (imagen a la derecha) el jugador puede andar por un mundo en 3D en el que cada puerta de las dos plantas ofrece un reto. Estos retos, consistentes en el modelado de una serie de requisitos, pueden ser complementarios o independientes, dando una enorme variedad al juego.



Figura 2: Versión anterior del juego (izquierda) y versión 3D (derecha).

En la versión anterior los requisitos se muestran a pantalla completa, lo que obligaba a cambiar de pantalla para modelarlos (una de las principales quejas que expresaron los alumnos tras su uso). En la figura 3 (parte izquierda) puede observarse uno de los bastantes alumnos que hicieron una foto a la pantalla de requisitos con su móvil y lo pusieron junto a su portátil para trabajar más cómodo. En la versión nueva (parte derecha) se observa cómo los requisitos se muestran flotando en opaco sobre el lienzo de construcción del diagrama E/R, siendo mucho más cómodo y no observándose ningún alumno realizando fotografías. Además se incluyó la opción de que el alumno marcara cada requisito en tres colores: rojo para requisito pendiente de modelar (color por defecto), verde para requisito modelado y amarillo para requisito no modelable en el diagrama E/R (en la asignatura se trabajan cómo determinados requisitos de acceso, o relaciones entre datos se deben marcar para ser modelados en fases posteriores del desarrollo del sistema informático).

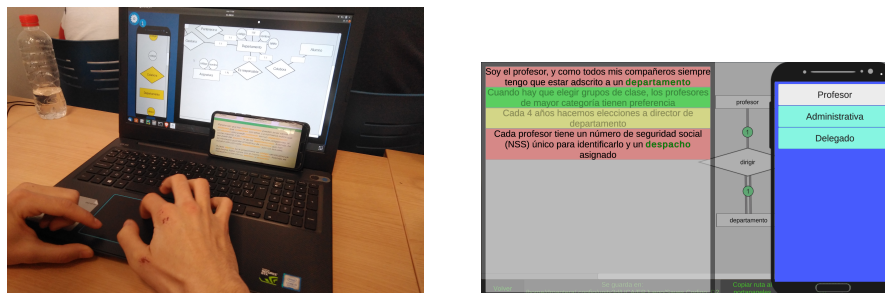


Figura 3: Versión anterior de los requisitos (izquierda) y versión 3D (derecha).

Por último, el jugador debe diseñar el diagrama E/R usando las herramientas proporcionadas en la pantalla del editor. En la versión anterior (figura 4 a la izquierda) había una barra de inventario y una zona de trabajo. Las principales quejas de los alumnos era que no se incluían todas las capacidades de diagrama E/R (como participación total o entidades débiles) y que el uso de los botones del ratón para manejar el modelo no era intuitivo. En la nueva versión se han incorporado todos los constructores usados en clase para modelado y con un menú contextual (ver la parte derecha de la figura) se ha realizado un mapeado más usable de los botones del ratón, prácticamente eliminándose las quejas al respecto.

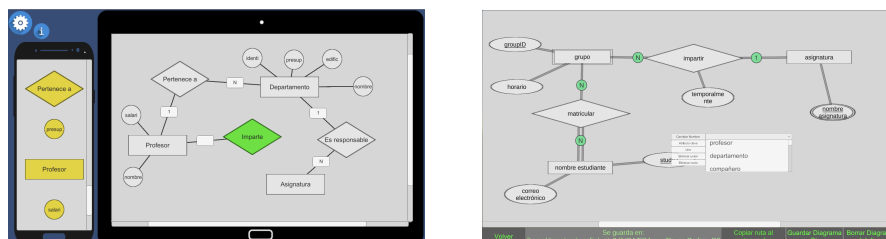


Figura 4: Versión anterior del editor (izquierda) y versión 3D (derecha).

Los ficheros de registro también han cambiado en esta nueva versión del juego. En la primera versión incluían campos obligatorios: el CaseID correspondiente (un identificador único por cada instancia de proceso), la actividad (interacción llevada a cabo) y una marca de tiempo, así como otros campos: calificaciones, errores cometidos, etc. En el actual se han incluido nuevos eventos que abren la puerta a una creación de modelos más detallados.

Los eventos registrados en la versión anterior del juego estaban centrados en el modelado del diagrama debido a que la parte de exploración tenía un menor impacto en la partida. Con las mejoras introducidas en el diseño de diagramas de la nueva versión del juego, así como el paso a un entorno 3D donde el jugador

puede moverse con libertad y realizar diferentes retos, la cantidad y naturaleza de los eventos aumentó considerablemente en la versión 3D: de 18 a 31. En primer lugar, se añadieron eventos para registrar los nuevos tipos de interacciones incluidas en el modelado de los diagramas E/R, como la participación total o entidades débiles. En segundo lugar, se añadieron múltiples interacciones relacionadas con otros aspectos del juego, como los cambios entre habitaciones o los marcados de los requisitos (modelado, pendiente o no se puede modelar). El cuadro 1 muestra una comparativa entre los eventos que se guardan en ambas versiones o exclusivamente en la versión 3D.

Evento	Versión anterior	Versión 3D
Inicio/Fin del juego	✓	✓
Añadir/Eliminar nodo (atributo, entidad, relación)	✓	✓
Unir/Separar nodos	✓	✓
Cambiar cardinalidad de una relación	✓	✓
Consulta de requisitos	✓	✓
Renombrar nodos		✓
Cambio de tipo de participación		✓
Añadir/Modificar/Eliminar generalización		✓
Unir/Separar Entidad-Relación de tipo reflexiva		✓
Consulta de un conjunto específico de requisitos		✓
Guardar/Borrar diagrama		✓

Cuadro 1: Comparativa de eventos entre las versiones del juego serio.

6. Análisis del modelo de comportamiento

El registro de eventos obtenido en la experiencia de aprendizaje fue importado en ProM y el algoritmo generó el modelo de proceso mostrado en la Fig. 5.

El modelo es presentado siguiendo una notación BPMN. En esta sintaxis, existen dos círculos vacíos que representan el inicio y el final del modelo, respectivamente. Todos los nodos se muestran como cajas etiquetadas con una acción de evento, lo que en nuestro contexto corresponde con un tipo de interacción durante la experiencia de juego. Los nodos están enlazados por flechas direccionadas que representan la secuencialidad entre los eventos. Además, existen cajas en forma de rombo con un símbolo “+” que corresponden a uniones de los caminos de entrada y a una división en paralelo de los caminos de salida.

Debido a la diferencia en número de alumnos, en el modo de jugar y en los eventos almacenados, no vemos conveniente comparar este modelo con el del curso anterior. No obstante, el resultado muestra claramente nuevos eventos como cambio de habitación, cambio de estado de los requisitos o cambio en las participaciones. El diagrama muestra el comportamiento general de los alumnos que participaron, mostrando iteraciones que suelen comenzar por consulta (o

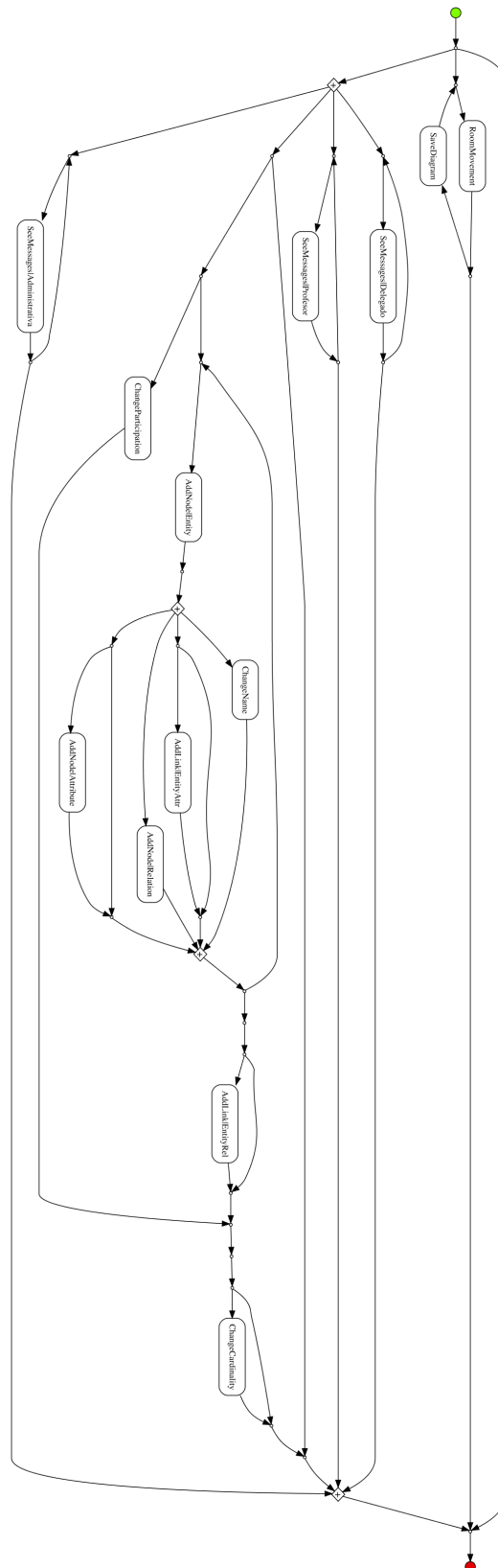


Figura 5: Modelo de proceso del juego 3D generado con logs del curso 2020-21.

modificación del estado) de un requisito, añadir entidad, cambiar nombre, añadir atributo y añadir relación. Finalmente se solían enlazar las entidades y relaciones, así como establecer sus cardinalidades antes de grabar el diagrama.

Por último, los alumnos rellenaron un cuestionario de dos preguntas sobre la experiencia de uso del juego. En primer lugar, se les pidió que valoraran la dificultad de modelar el problema planteado en el videojuego en comparación con los ejercicios realizados en seminarios con el editor de diagramas DIA, el usado habitualmente en clase (recordemos que online por la pandemia). La respuesta se evaluó en una escala likert de 1 a 5, donde 1 es *mucho más difícil con el videojuego* y 5 *mucho más fácil con el videojuego*. La respuesta fue una media de 3,33 con desviación de 0,82. Aunque el resultado es positivo, muestra margen de mejora en el videojuego.

La segunda pregunta fue sobre la adopción de la herramienta en clase para el curso siguiente, pudiendo indicar si la verían adecuada como herramienta principal, como complemento o no usarla. Los resultados se muestran en el cuadro 2, y están alineados con los de la anterior pregunta, pues todos valoran positivamente el uso de la herramienta pero principalmente prácticamente 4 veces más alumnos abogan por su uso como complemento frente a los que la usarían como herramienta principal.

Pregunta	Herramienta principal	Complemento	No usarla	No contesta
¿Cuál es tu opinión sobre el uso de esta herramienta en clase?	7	27	0	3

Cuadro 2: Respuestas al cuestionario tras la experiencia en 2021.

7. Conclusiones

En este trabajo hemos presentado un rediseño de un juego serio para la realización de modelos conceptuales de datos E/R (único encontrado en la literatura). A partir de una versión sencilla tipo aventura “point and click” se ha desarrollado un entorno 3D que da mayor libertad al usuario, y aumenta la profundidad del juego.

Además, se han ampliado las capacidades del editor, así como la gestión de requisitos. Todo ello se ha realizado ampliando el registro de eventos con las nuevas acciones disponibles, permitiendo aplicar técnicas de analítica de aprendizaje con descubrimiento de modelos con resultados más detallados que en el caso anterior. Estos permiten un análisis de la actividad de los alumnos de manera escalable. En el artículo se muestran los resultados en un caso de estudio en la asignatura Bases de Datos del Grado en Ingeniería Informática. Los alumnos han valorado el resultado positivamente, mostrando un claro interés en usar más la herramienta el próximo curso.

Como trabajo futuro proponemos la realización de un caso de estudio más amplio en la asignatura el próximo curso, utilizando las nuevas funciones del juego que permiten establecer diversos retos a los alumnos. Con esos datos proponemos contrastar el uso de los modelos obtenidos para evaluar competencias educativas en diferentes grupos de estudiantes: aquellos que tardan más en hacer el diagrama, los que consultan más veces los requisitos, etc., para proporcionar un soporte personalizado a su aprendizaje.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto VISAIGLE (código TIN2017-85797-R) y por la convocatoria de Innovación Docente de la Universidad de Cádiz 2020/21 “Proyecto de Innovación Docente de la UCA” (código sol-202000162258-tra).

Referencias

1. van der Aalst, W.M.P.: *Process Mining Data Science in Action*. Berlin Heidelberg: Springer, 2nd ed. edn. (2016). https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4_1
2. Abt, C.: *Serious games: The art and science of games that simulate life*. New York: Viking Press (1970)
3. Antonio José Fernández Leiva, E.L.H.: *I Libro Blanco español de la I+D+i y Ciencia en videojuegos*. Editorial UMA (2020)
4. Bellotti, F., Berta, R., De Gloria, A., Lavagnino, E., Antonaci, A., Dagnino, F., Ott, M., Romero, M., Usart, M., Mayer, I.S.: Serious games and the development of an entrepreneurial mindset in higher education engineering students. *Entertainment Computing* **5**(4), 357–366 (dec 2014). <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2014.07.003>
5. Boyle, E.A., Hainey, T., Connolly, T.M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., Lim, T., Ninaus, M., Ribeiro, C., Pereira, J.: An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers and Education* **94**, 178–192 (mar 2016). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003>
6. Caballero-Hernández, J.A.: *Supporting skill assessment in learning experiences based on serious games through process mining techniques* (2020). <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.4916412.v1>, <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8984090.v1>
7. Caballero-Hernández, J.A., Palomo-Duarte, M., Dodero, J.M.: Skill assessment in learning experiences based on serious games: A Systematic Mapping Study. *Computers and Education* **113**, 42–60 (oct 2017). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.008>
8. Connolly, T.M., Boyle, E.A., Macarthur, E., Hainey, T., Boyle, J.M.: A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education* **59**, 661–686 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004>
9. Egenfeldt-Nielsen, S., Smith, J.H., Tosca, S.P.: *Understanding Video Games*. Routledge (sep 2019). <https://doi.org/10.4324/9780429431791>

10. Fernández-Manjón, B., Moreno-Ger, P., Freire, M., Martínez-Ortiz, I.: Juegos serios. Tech. rep., Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática (CODII) - Universidad Complutense de Madrid (2016), <https://goo.gl/1k1EPn>
11. Hernández, J.A.C., Palomo-Duarte, M., Doderó, J.M., Balderas, A.: Descubrimiento de modelos de comportamiento de perfiles de jugadores en juegos serios (discovering player profile behavior models in serious games). In: Lara-Cabrera, R., Leiva, A.J.F. (eds.) *Proceedings of the VI Congreso de la Sociedad Española para las Ciencias del Videojuego, On-line, October 7-8, 2020. CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2719, pp. 172–182. CEUR-WS.org (2020), <http://ceur-ws.org/Vol-2719/paper17.pdf>
12. Hodson, P., Connolly, M., Saunders, D.: Can Computer-based Learning Support Adult Learners? *Journal of Further and Higher Education* **25**(3), 325–335 (2001). <https://doi.org/10.1080/03098770120077685>, <https://doi.org/10.1080/03098770120077685>
13. Kuk, K., Milentijević, I., Rančić, D., Spalević, P.: Pedagogical agent in Multimedia Interactive Modules for Learning - MIMLE. *Expert Systems with Applications* **39**(9), 8051–8058 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.138>
14. Leemans, S.J.J., Fahland, D., van der Aalst, W.M.P.: Discovering Block-Structured Process Models from Event Logs Containing Infrequent Behaviour. In: Lohmann, N., Song, M., Wohed, P. (eds.) *Business Process Management Workshops. BPM 2013. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol 171, pp. 66–78. Springer, Cham (2014). https://doi.org/10.1007/978-3-319-06257-0_6
15. Michael, D.R., Chen, S.L.: *Serious Games: games that educate, train, and inform*. Boston: Thomson Course Technology (2006)
16. Prensky, M.: *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill & Paragon House (2001)
17. Schmidt, R., Emmerich, K., Schmidt, B.: Applied Games – In Search of a New Definition. In: Konstantinos Chorianopoulos, Monica Divitini, Jannicke Baalsrud Hauge, L.J., Rainer Malaka (eds.) *14th International Conference in Entertainment Computing - ICEC*. pp. 100–111. Springer International Publishing, Trondheim, Norway (2015). https://doi.org/10.1007/978-3-319-24589-8_8
18. Shute, V.J., Ventura, M., Bauer, M., Zapata-Rivera, D.: Melding the power of serious games and embedded assessment to monitor and foster learning. In: Ritterfeld, U., Cody, M.J., Vorderer, P. (eds.) *Serious games: Mechanisms and effects*, pp. 295–321. Routledge (2009)
19. Silberschatz, A., Korth, H.F., Sudarshan, S.: *Database system concepts*. New York: McGraw-Hill, 6th ed. edn. (2011)
20. Slater, S., Joksimović, S., Kovanovic, V., Baker, R.S., Gasevic, D.: Tools for educational data mining: A review. *Journal of Educational and Behavioral Statistics* **42**(1), 85–106 (2017). <https://doi.org/10.3102/1076998616666808>
21. Tavcar, A., Kuznar, D., Gams, M.: Hybrid Multi-Agent Strategy Discovering Algorithm for human behavior. *Expert Systems with Applications* **71**, 370–382 (apr 2017). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.11.036>
22. Verbeek, H.M.W., Buijs, J.C.A.M., Van Dongen, B.F., van der Aalst, W.M.: ProM: The Process Mining Toolkit. In: *International Conference on Business Process Management Demonstration Track*. pp. 34–39. Hoboken, New Jersey (2010)
23. Zyda, M.: From visual simulation to virtual reality to games. *Computer* **38**(9), 25–32 (2005). <https://doi.org/10.1109/MC.2005.297>