

Evaluación de competencias en Serious games mediante analítica de aprendizaje con Process Mining

Skill assessment in Serious games through learning analytics with Process Mining

Juan Antonio Caballero-Hernández¹, Manuel Palomo-Duarte², Juan Manuel Dodero², Tatiana Person²

Juanantonio.caballero@uca.es, manuel.palomo@uca.es, juanma.dodero@uca.es, tatiana.person@uca.es

¹Grupo de investigación EVALfor
Universidad de Cádiz
Puerto Real, España

²Departamento de Ingeniería Informática
Universidad de Cádiz
Puerto Real, España

Resumen- Los serious games o videojuegos educativos son videojuegos con propósitos de aprendizaje. Los jugadores realizan múltiples interacciones para aplicar las competencias desarrolladas. Información relevante sobre estas interacciones puede ser registrada como secuencias de eventos. Desafortunadamente, la evaluación en serious games es un procedimiento más complejo que el de otros instrumentos e-Learning debido a una serie de factores y particularidades, como el contexto del videojuego o su género. Además, los métodos de evaluación manuales presentan limitaciones para llevar a cabo un análisis detallado de grandes conjuntos de datos. La Minería de procesos (Process Mining) es un conjunto de técnicas de Análisis de Secuencias que permite extraer conocimiento de registros de eventos de manera automática. En esta publicación, proponemos aplicar técnicas de Process Mining para evaluar las interacciones realizadas dentro de un serious game. En el juego propuesto se trabajan competencias desarrolladas en la asignatura de Bases de Datos del Grado en Ingeniería Informática. Las interacciones del jugador son almacenadas en un registro de eventos el cual es usado por las técnicas de Process Mining para descubrir modelos. Finalmente, mostramos el análisis de los resultados obtenidos sobre el comportamiento de los jugadores, que muestra evidencias de diversas competencias del jugador.

Palabras clave: Videojuegos educativos; Aprendizaje basado en juegos; Evaluación de competencias; Minería de procesos; Descubrimiento de modelos

Abstract- Serious games or educational games are video games with educational purposes. Players carry out multiple interactions to apply the developed skills. Relevant information about these interactions can be registered as sequences of events. Unfortunately, assessment in serious games is a more complex process than in others e-Learning tools due to a set of features and particularities, like game context or genre. In addition, manual assessment methods present limitations to carry out a detailed analysis of large data sets. Process Mining is a set of techniques of Sequence Analysis to automatically extract knowledge from event logs. In this paper, we propose to apply Process Mining techniques to assess players' interactions made in a serious game. In this game, players apply skills related to a DataBase course including in a Computer Engineering Degree. These interactions are stored in an event log used by Process Mining techniques to model discovery. Finally, we present obtained results about that provide evidence on player behaviour on different skills.

Keywords: Serious games; Game-Based Learning; Skill assessment; Process Mining; Model discovery

1. INTRODUCCIÓN

Los videojuegos y el entretenimiento interactivo en general componen una industria al alza que genera millones de euros cada año, superando las cantidades generadas por otras industrias de entretenimiento como la música o la televisión (Van Eck, 2006). Aquellos videojuegos que contienen un propósito de aprendizaje, además del entretenimiento, se conocen como videojuegos educativos. Dentro de la literatura científica podemos encontrar múltiples términos para referirse al uso de juegos en experiencias de aprendizaje, como “serious games”, “edutainment” o “Game-Based Learning” (Djaouti et al., 2011). El uso de videojuegos en contextos educativos proporciona nuevas posibilidades para crear y desarrollar procesos de aprendizaje que involucran al estudiante de forma activa (Berns et al., 2016).

Los serious games presentan varios factores que los diferencian de otras herramientas e-Learning y añaden complejidad a la hora de evaluar las competencias desarrolladas en este tipo de experiencias. En primer lugar, encontramos factores genéricos como pueden ser los objetivos del aprendizaje (formativos, sumativos, etc.) o el género del juego (puzzle, aventura, plataformas, etc.). En segundo lugar, existen factores específicos como el contexto del juego (educación superior, entrenamiento militar, toma de decisiones en entornos corporativos, etc.) o desde donde aplicar la evaluación (dentro del juego o de forma externa). Diversas propuestas de evaluación de experiencias basadas en juegos pueden encontrarse en la literatura, aunque éstas presentan ciertas limitaciones en términos de escalabilidad y detalle de la evaluación (Caballero-Hernández et al., 2017).

En un juego pueden ocurrir multitud de interacciones según las acciones realizadas por el jugador durante una partida: selección de opciones en un menú, uso de objetos de inventario, movimiento del puntero, etc. Estas interacciones pueden ser

almacenadas como eventos secuenciales dentro de un registro, creando así un conjunto de datos con información relevante a las competencias desarrolladas por el jugador. Desafortunadamente, el análisis de esta información puede llevar a problemas de escalabilidad si se intenta abarcar mediante métodos manuales.

Debido al carácter secuencial de los eventos creados por las interacciones de los jugadores y a las limitaciones detectadas, proponemos aplicar Sequence Analysis (Análisis de Secuencias) para evaluar las competencias desarrolladas en experiencias de aprendizaje basadas en juegos (Abott, 1995). Dentro del Sequence Analysis, proponemos el uso de Process Mining (Minería de Procesos), un conjunto de técnicas que permiten extraer conocimiento de un registro de eventos de una manera automática (van der Aalst et al., 2012). Para ello, hemos realizado un experimento sintético aplicando técnicas de Process Mining sobre el registro de eventos producido por un serious game. Este juego ha sido diseñado específicamente para desarrollar competencias incluidas en la asignatura Bases de Datos del Grado en Ingeniería Informática en la Universidad de Cádiz. En concreto, el alumno debe realizar una especificación de datos a nivel conceptual mediante un modelo Entidad-Relación (E/R) a partir de una serie de requisitos textuales propuestos dentro del juego.

Además de las competencias específicas propias de la asignatura, el jugador debe aplicar competencias básicas en un contexto de diseño de Bases de datos. En primer lugar, el alumno debe “poseer las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas” (CB2). En segundo lugar, el alumno debe tener “la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética” (CB3). Estas competencias están incluidas en la asignatura de Base de Datos, lo cual se concreta en la memoria del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad de Cádiz. A su vez, dichas competencias han sido especificadas considerando los planteamientos del Libro Blanco de la ANECA (Casanovas et al., 2004).

En esta publicación se comenta el proceso y los resultados iniciales de aplicar el descubrimiento de modelos con Process Mining para obtener las dinámicas de comportamiento desarrolladas por los jugadores y así obtener evidencias sobre las competencias mostradas. El resto del trabajo está estructurado de la siguiente manera: la sección 2 presenta un contexto general sobre serious games y Process Mining. La sección 3 describe el videojuego utilizado y las técnicas aplicadas para analizar el registro de eventos. En la sección 4 se discuten e interpretan los resultados obtenidos en el análisis. Finalmente, en la sección 5 se listan las conclusiones y se identifican posibles líneas de investigación futuras.

2. CONTEXTO

En la literatura existen multitud de términos y conceptos que corresponden a experiencias de aprendizaje basadas en videojuegos educativos. Según diferentes autores, estos términos pueden usarse como sinónimos o incluso discrepar. Por otro lado, Process Mining es una disciplina situada entre la

inteligencia computacional, la minería de datos y el modelado y análisis de procesos (van der Aalst et al., 2012). A continuación, se contextualizan estos campos y se proporcionan algunos casos de aplicación de Process Mining en entornos de aprendizaje.

A. Experiencias de aprendizaje basadas en serious games

Los serious games son juegos que además de los motivos de entretenimiento, cuentan con un explícito propósito educativo (Abt, 1970). Esta definición abarca cualquier tipo de juego: juegos de mesa, de cartas, etc. Posteriormente, Zyda (2005) amplió esta definición añadiendo el concepto de juego por computador: “desafío mental jugado por computador según unas reglas específicas”. Hoy en día, la mayoría de experiencias de aprendizaje basadas en serious games siguen la tendencia del uso de videojuegos en detrimento de otros tipos de juegos más tradicionales (uso de tarjetas, juegos de tablero, etc.). En el contexto de esta publicación, tratamos el término “serious games” y sus conceptos relacionados como sinónimos de videojuegos educativos.

El término “edutainment” se refiere a la educación a través del entretenimiento y fue muy popular durante la década de los 90 con el crecimiento del mercado multimedia (Michael & Chen, 2006). El concepto de Game-Based Learning (GBL) es idéntico al de serious games para algunos autores como Corti (2006), donde se refiere a GBL como el uso de serious games en procesos de aprendizaje. Se remarca que posibilita a los estudiantes el llevar a cabo tareas y experimentar situaciones que sin el uso de videojuegos no serían factibles. Finalmente, “applied games” es un término que puede considerarse como una evolución de los serious games (Schmidt et al., 2015). Este tipo de juegos se definen como “la implementación de una materia, motivada y diseñada a lo largo de una transferencia centrada tanto en el contexto como en los usuarios de conceptos de diseño y aspectos del mundo de juego”.

B. Process Mining

Los principales objetivos de Process Mining son descubrir, monitorizar y mejorar procesos reales a través de la extracción de conocimiento de registros de eventos disponibles a través de un sistema de información. En base a estos objetivos, existen tres tipos principales de técnicas de Process Mining: descubrimiento (discovery), conformidad (conformance) y mejora (enhancement) (Van der Aalst, 2010).

En primer lugar, las técnicas de descubrimiento toman como entrada un registro de eventos y producen modelos sin usar ninguna otra información adicional. El descubrimiento de procesos es el tipo de técnica de Process Mining más destacado ya que es capaz de descubrir procesos reales basándose únicamente en ejecuciones de ejemplo incluidas en los registros. Luego, en el tipo de técnicas de conformidad, un modelo de procesos ya existente se compara con un registro de eventos del mismo proceso, por lo que ambos elementos son usados como entrada. Este tipo de técnicas son usadas para validar si los registros de del log encajan con el comportamiento asociado al modelo y viceversa. Finalmente, las técnicas de mejora se centran en extender o enriquecer modelos de proceso aplicando nueva información incluida en un registro de eventos adicional.

Process Mining ha sido ampliamente aplicado en contextos de aprendizaje de forma satisfactoria (Bogarín et. al, 2018; Cairns et al., 2015). En (Caballero-Hernández et al., 2018) se lleva a cabo un análisis para detectar posibles cuellos de botella para completar con éxito un grado universitario en Ingeniería Informática. Para ello, analizan las frecuencias de las asignaturas aprobadas por los estudiantes aplicando técnicas de Process Mining, resolviendo problemas de escalabilidad planteados con análisis tradicionales. Otro caso de estudio en educación superior es presentado en (Bolet et al., 2015), donde se aplican técnicas de Process Mining para obtener de forma automatizada una serie de informes que relacionan los resultados de un conjunto de estudiantes con sus hábitos de estudio. En (Premchaiswadi & Porouhan, 2015), se presenta otro caso de estudio para analizar el rendimiento. En este estudio detectan y comparan patrones de interacción e implicación entre grupos de estudiantes con resultados bajos y altos. Finalmente, en (Porouhan & Premchaiswadi, 2017) realizan una medición para identificar los indicadores más significativos que afectan a un proceso de aprendizaje colaborativo. Aplican diversas técnicas de Process Mining con el propósito de incrementar el conocimiento del profesor sobre las dinámicas colaborativas en cada grupo de estudiantes.

3. DESCRIPCIÓN

El serious game aplicado en el experimento sintético es un desarrollo propio diseñado para trabajar competencias de la asignatura Bases de Datos del Grado en Ingeniería Informática en la Universidad de Cádiz. El juego ha sido desarrollado utilizando el motor Unity, es multiplataforma (Windows, GNU/Linux y macOS) y posee enlace de descarga permanente (Caballero-Hernández, 2019a). Dentro del juego se proporcionan una serie de requisitos textuales que incluyen información sobre una universidad: profesores, alumnos, asignaturas, aulas, etc. Por tanto, el jugador tendrá como objetivo realizar un modelo E/R en base a los requisitos propuestos. Cabe destacar que el problema planteado dentro del juego está basado en el ejemplo práctico presentado en el anexo de (Silberschatz et al., 2011), referencia ampliamente usada en enseñanza de fundamentos de bases de datos. El modelo E/R a desarrollar contiene 6 entidades, 19 atributos, 7 relaciones y 14 cajas de cardinalidades de relaciones.

Una vez el jugador haya finalizado el modelo, se creará un registro con todos los eventos producidos durante el juego. Este registro es analizado con técnicas de Process Mining mediante el uso de la herramienta ProM (Verbeek et al., 2010, un framework de código libre para implementar algoritmos de Process Mining que soporta diferentes tipos de modelos (Petri nets, Social Networks, etc.) y presenta más de 600 plugins.

A continuación se detalla el funcionamiento del serious game, así como el contenido del registro de eventos y el proceso llevado a cabo para analizarlo.

A. Funcionamiento del serious game

Inicialmente, se le solicitará al jugador un identificador único, el cual se incluirá en el registro de eventos. Tras introducirlo, se le presenta al jugador la pantalla del mapa y un menú arriba a la izquierda para navegar entre las diferentes pantallas del juego: el mapa, el bloc de notas y el editor de

modelos E/R. Desde el menú también podrá confirmar el modelo en cualquier momento y salir del juego. Este menú se encuentra disponible en todas las pantallas.

En el mapa se muestra un escenario donde el jugador puede recolectar los requisitos textuales planteados pinchando sobre los edificios del escenario. Al seleccionar un edificio, al jugador se le mostrará una pantalla que incluye una imagen con un personaje (un delegado de clase, un profesor o una jefa de departamento) junto a un texto de presentación. Tras cerrar esta pantalla, se añadirán nuevos requisitos que podrán ser consultados desde la pantalla del bloc de notas. Esta pantalla incluye todos los requisitos recolectados hasta el momento. Cada requisito está formado por una o dos frases donde la información más relevante (palabras clave) están resaltadas mediante otro color. Por último, el jugador realizará el modelo desde la pantalla del editor E/R.

La pantalla de edición consta de una barra de inventario y una zona de trabajo. Por un lado, el inventario contendrá las palabras resaltadas de los requisitos textuales anteriormente proporcionados, de forma que el jugador debe elegir el tipo de elemento al que corresponde una palabra (entidad, atributo o relación) antes de incorporarlo al modelo. Por otro lado, la zona de trabajo permite al usuario organizar los elementos del modelo, relacionarlos entre sí y seleccionar las cardinalidades (0, 1 ó N). Cabe destacar que el juego no permite unir elementos del mismo tipo, por lo que para relacionar entidades se debe unir cada una de ellas con un elemento de tipo relación. En cualquier momento el jugador puede eliminar un elemento del modelo para volver a añadirlo posteriormente, así como cambiar su tipo. La Figura 1 muestra un ejemplo de uso del editor.

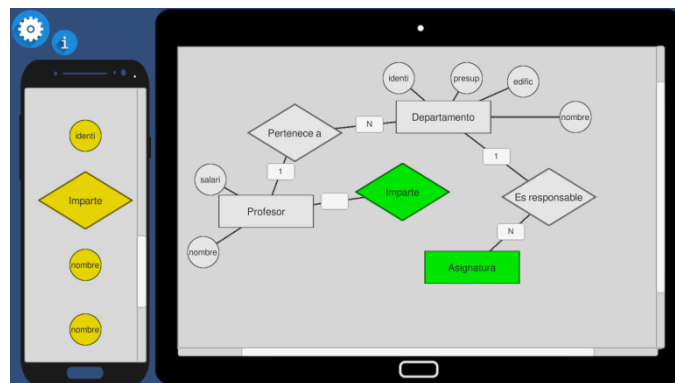


Figura 1. Editor del modelo E/R. Barra de inventario a la izquierda. Zona de trabajo a la derecha

B. Registro de eventos

El registro de eventos es creado tras la confirmación del modelo E/R por parte del usuario. Para cada evento se almacena un identificador único de partida, un identificador asociado al jugador, nombre de la interacción, la fecha-hora de registro y un conjunto de información adicional en base a la interacción.

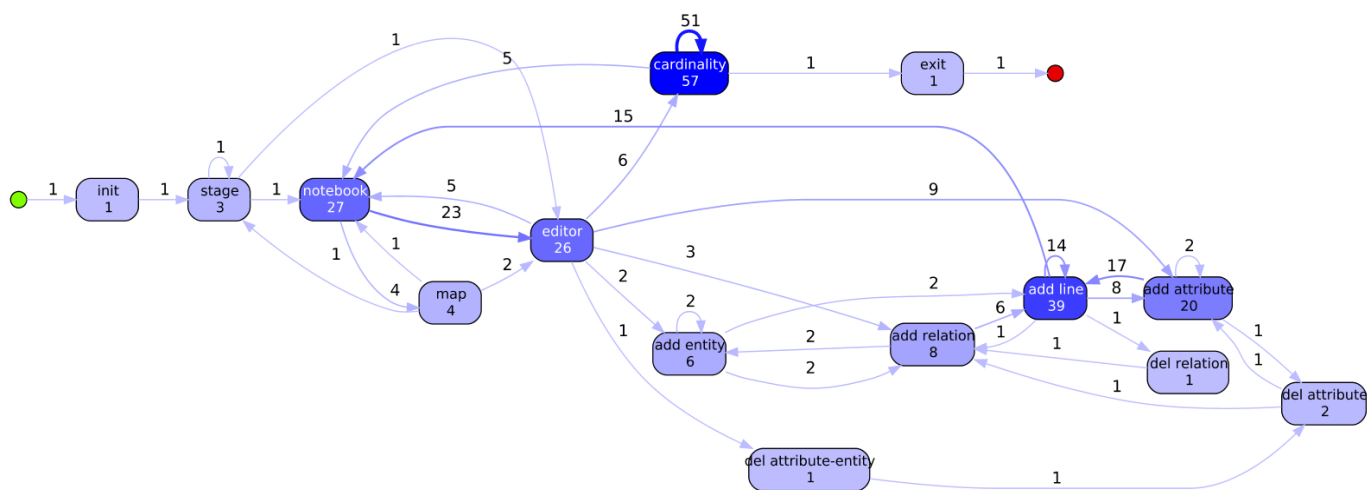
En total se contabilizaron 300 interacciones del alumno dentro del registro obtenido en la partida analizada. Posteriormente, realizamos un preprocesado del registro para analizar las interacciones más relevantes. En este preprocesado se utilizó la información relacionada a las interacciones para enriquecerlas y obtener una mayor diversidad. Tras aplicar el

- **init:** comienzo del juego.
- **stage:** visita a un edificio para recolectar requisitos
- **map:** cambio a la pantalla de mapa. No cuenta la primera visita ya que es la pantalla por defecto.
- **notebook:** cambio a la pantalla donde leer los requisitos textuales.
- **editor:** cambio a la pantalla del editor E/R
- **add entity:** añade una entidad al modelo.
- **add attribute:** añade un atributo al modelo.
- **add relation:** añade una relación al modelo.
- **add line:** une dos elementos del modelo. No diferenciamos el tipo de los elementos ya que tiene una menor relevancia para nuestro análisis.
- **del entity:** elimina una entidad del modelo.
- **del attribute:** elimina un atributo del modelo.
- **del relation:** elimina una relación del modelo.
- **del attribute-entity:** elimina la unión entre un atributo y una entidad.
- **del attribute-relation:** elimina la unión entre un atributo y una relación.
- **del entity-relation:** elimina la unión entre una entidad y una relación.
- **cardinality:** selección de opción en una caja de cardinalidad sobre la línea de unión entre una entidad y una relación.
- **exit:** confirmación del modelo E/R y fin del juego.

Los registros de eventos utilizados como entrada en ProM deben tener una estructura válida. Esta estructura debe contener

Una vez importado el registro de eventos en ProM, aplicamos el plugin “Mine Inductive with visual miner”. Esta técnica permite aplicar múltiples filtros al modelo y diferentes tipos de minería. En nuestro experimento hemos aplicado una minería inductiva “Directly-follows” para descubrir modelos, que proporciona un modelo en forma de grafo dirigido en el que cada nodo corresponde a un evento. Estos nodos están unidos por arcos, que representan las transiciones entre eventos. Además, proporciona los conteos de las veces que el jugador realiza un evento, así como de las transiciones entre estos. Finalmente, permite visualizar de forma gráfica los estados por los que pasa el jugador. En la siguiente sección se proporciona el modelo obtenido con ProM tras aplicar esta técnica, un análisis de las evidencias detectadas y su alineamiento con las competencias aplicadas.

En el experimento sintético llevado a cabo, el registro de eventos utilizado corresponde a la partida de un alumno colaborador del Departamento que superó la asignatura el curso anterior. En la Figura 2 podemos ver el modelo proporcionado por ProM, en forma de grafo dirigido, acorde al comportamiento desarrollado por el alumno durante la partida. El círculo junto al estado *init* indica el comienzo del proceso mientras que el que se encuentra junto a *exit* indica el final.



En el inicio del grafo, podemos ver como los requisitos textuales son recolectados al empezar el juego (stage), pasando entre estos por la pantalla del bloc de notas (notebook). Probablemente este pase se deba a que el alumno quiso leer los requisitos de forma más ordenada. Observando los conteos de los eventos de notebook (27) y editor (26), podemos afirmar que además de leer los requisitos de forma inicial, el alumno los

consultó de forma reiterada durante todo el modelado E/R. Consideramos este comportamiento como una evidencia positiva de la capacidad del alumno para interpretar datos relevantes y emitir juicios (CB3), así como proponer soluciones prácticas al problema planteado (CB2). Cabe destacar que el arco de transición entre editor y notebook indica que el alumno entró en el editor sin realizar ninguna acción para volver a

notebook hasta en 5 ocasiones. Por un lado, este comportamiento puede derivarse de la simple necesidad del alumno de contrastar el desarrollo de su modelo en comparación con los requisitos. Por otro lado, este comportamiento también podría denotar cierta indecisión en momentos puntuales a la hora de interpretar datos (CB3), ya que accedió al editor y salió de este sin realizar cambio alguno sobre su modelo E/R.

En la parte del grafo donde se ubican los eventos de añadir elementos al modelo E/R (add entity, add attribute y add relation), no existen transiciones desde ninguno de ellos hacia el evento notebook. Sin embargo, tras crear relaciones sí realizó consultas directas a los requisitos (15 transiciones entre add line y notebook). Además, existen transiciones entre los 3 eventos de añadir elementos y el de crear relaciones (add line), por lo que el alumno alternó estos eventos. Todo este comportamiento puede tomarse como evidencia de que el alumno siguió un proceso sistemático y organizado para la resolución de problemas (CB2): construyó el modelo en diversas iteraciones en las cuales añadía elementos, los relacionaba y finalmente consultaba los requisitos para repetir el mismo proceso con nuevos elementos.

Podemos apreciar que el grafo presenta una alta escasez de eventos de borrado de elementos: tan sólo uno de relación y dos de atributos. Lo mismo ocurre con el borrado de relaciones, donde únicamente se eliminó una relación entre entidad y atributo (del attribute-entity). Por tanto, el alumno presentó una alta claridad a la hora de interpretar los tipos de elementos del modelo E/R correspondían a las palabras clave de los requisitos. Además, demostró la misma claridad a la hora de indicar las relaciones entre elementos del modelo. Este comportamiento puede evidenciar una alta competencia del alumno a la hora de interpretar los requisitos planteados (CB3).

Cerca del final del grafo (exit), observamos que el evento correspondiente a la cardinalidad siempre proviene o de sí mismo o del editor. A su vez, las transiciones de salida siempre son dirigidas a sí mismo, al bloc de notas o a la finalización del juego. Probablemente, el jugador necesitó consultar los requisitos en varias ocasiones para cerciorarse de las cardinalidades a seleccionar. Sin embargo, este comportamiento difiere del resto de eventos propios de la construcción del modelo (añadir y eliminar elementos), ya que todos estos eventos sí presentan transiciones de entrada y salida entre ellos. Este comportamiento podría evidenciar que la selección de cardinalidades se ejecutó en un momento aparte que el resto de acciones. Al no mostrarse marca de tiempo en el modelo, comprobamos el registro de eventos (Caballero-Hernández, 2019b) para confirmar que todas las cardinalidades se seleccionaron justo antes de terminar. Por tanto, el alumno realizó el modelo E/R en dos partes: primero añadió y relacionó todos los elementos, posteriormente indicó todas las cardinalidades. A pesar de que el alumno consultó en 5 ocasiones los requisitos mientras seleccionaba las cardinalidades (transición de cardinality a notebook), la alta cantidad de veces que indicó cardinalidades (57) en comparación con las necesarias (14), muestra un alto grado de indecisión respecto a las competencias necesarias para interpretar las cardinalidades de una relación a partir de los requisitos especificados (CB2).

5. CONCLUSIONES

Dentro de los serious games, los jugadores realizan múltiples interacciones que pueden proporcionar información relevante sobre las competencias del jugador. Estas interacciones pueden ser registradas como secuencias de eventos. Sin embargo, el uso de métodos manuales para analizar grandes cantidades de datos presenta limitaciones de escalabilidad y detalle. En este estudio, proponemos el uso de técnicas de Process Mining para analizar el comportamiento en una partida mediante el descubrimiento de modelos y la interpretación de éstos. Para ello, hemos llevado a cabo un experimento sintético donde usamos un serious game sobre la asignatura Bases de Datos de un Grado en Ingeniería Informática. El jugador debe realizar un modelo E/R en base a una serie de requisitos propuestos dentro del juego. Además de las competencias específicas, los jugadores deben aplicar competencias básicas trabajadas en la asignatura (CB2 y CB3).

El registro de eventos fue importado sobre la herramienta ProM, un framework de código abierto para aplicar técnicas de Process Mining. Posteriormente, aplicamos técnicas de minería inductiva para analizar de forma automática todos los eventos del registro y obtener un modelo en forma de grafo dirigido donde cada nodo corresponde a un evento y los arcos a las transiciones entre éstos. Dicho grafo muestra de forma detallada el comportamiento desarrollado por el alumno durante la construcción del modelo E/R.

Por una parte, el grafo muestra evidencias sobre la capacidad del alumno para proponer y plantear soluciones prácticas a un problema práctico. Además, también evidencia una alta claridad por parte del alumno a la hora de interpretar requisitos: tanto al definir los tipos de elementos (entidades, atributos y relaciones) como a la hora de relacionarlos. Por último, se detecta un comportamiento sistemático y organizado para construir el modelo E/R.

Por otra parte, el grafo también proporciona evidencias sobre momentos de indecisión al acceder al editor sin aplicar cambios sobre el modelo E/R. Destaca especialmente cómo gestionó el alumno la selección de cardinalidades, ya que el número de veces que las cambió supera ampliamente a la cantidad de cardinalidades necesarias. Además, indicó todas justo antes de finalizar, en vez de seleccionarlás conforme construía las partes del modelo.

Tras analizar las evidencias obtenidas, detectamos que en la mayor parte del desarrollo del modelado E/R el alumno aplicó correctamente las competencias básicas necesarias (CB2 y CB3). Sin embargo, al existir evidencias que denotan indecisiones a la hora de aplicar estas competencias en momentos concretos, no podríamos considerar que el alumno tiene un dominio absoluto de dichas competencias en el contexto del modelado E/R.

Tras los resultados obtenidos, podemos afirmar que las técnicas de Process Mining proporcionaron un análisis del comportamiento escalable y detallado, proporcionando evidencias en base a las que evaluar las competencias aplicadas. Como trabajo futuro proponemos analizar los datos de un curso de clase de la asignatura de Bases de Datos para contrastar con un número significativo de alumnos las ventajas que han sido

evidenciadas, así como recolectar feedback adicional para planificar el desarrollo de futuras mejoras en el juego aplicado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto VISAIGLE (código TIN2017-85797-R). También queremos agradecer la colaboración de Federico Carrillo Chaves en el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- Abbott, A. (1995). Sequence analysis: new methods for old ideas. *Annual review of sociology*, 21(1), 93-113. doi: 10.1146/annurev.so.21.080195.000521
- Abt, C. C. (1970). *Serious games: The art and science of games that simulate life*. USA: New Yorks Viking.
- Berns, A., Isla-Montes, J. L., Palomo-Duarte, M., & Doderó, J. M. (2016). Motivation, students' needs and learning outcomes: a hybrid game-based app for enhanced language learning. *SpringerPlus*, 5(1), 1305-1328. doi:10.1186/s40064-016-2971-1
- Bogarín, A., Cerezo, R., & Romero, C. (2018). A survey on educational process mining. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(1), 1-17.
- Bolt, A., De Leoni, M., Van Der Aalst, W. M. P., & Gorissen, P. (2015). Exploiting Process Cubes, Analytic Workflows and Process Mining for Business Process Reporting: A Case Study in Education. In *International Symposium on Data-driven Process Discovery and Analysis (SIMPDA)* (pp. 33-47), Vienna, Austria.
- Caballero-Hernández, J. A., Palomo-Duarte, M., & Doderó, J. M. (2017). Skill assessment in learning experiences based on serious games: A systematic mapping study. *Computers & Education*, 113, 42-60. doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.008
- Caballero-Hernández, J. A., Doderó, J. M., Ruiz-Robe, I., Palomo-Duarte, M., Argudo, J. F., & Domínguez-Jiménez, J. J. (2018). Discovering Bottlenecks in a Computer Science Degree through Process Mining techniques. In *2018 International Symposium on Computers in Education (SIIE)* (pp. 1-6), Cadiz, Spain.
- Caballero-Hernández, J. A. (2019a). SG-BBDD-Builds. figshare. Media. doi: https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8984090.v1.
- Caballero-Hernández, J. A. (2019b). Dataset. figshare. Dataset. doi: https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8984180.v1.
- Casanovas, J., Colom, J. M., Morlán, I., Pont, A., & Sancho, M. R. (2004). Libro blanco del Título de grado en Ingeniería Informática. *Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA)*.
- Cairns, A. H., Gueni, B., Fhima, M., Cairns, A., David, S., & Khelifa, N. (2015). Process mining in the education domain. *International Journal on Advances in Intelligent Systems*, 8(1), 219-232.
- Corti, K. (2006). Games-based Learning; a serious business application. *Informe de PixelLearning*, 34(6), 1-20.
- Djaouti, D., Alvarez, J., & Jessel, J. P. (2011). Classifying serious games: the G/P/S model. In P. Felicia (Ed.), *Handbook of research on improving learning and motivation through educational games: Multidisciplinary approaches* (pp. 118-136). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-60960-495-0.ch006
- Michael, D., & Chen, S. (2006). *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Boston, MA.: Thomson Course Technology.
- Porouhan, P., & Premchaiswadi, W. (2017). Process Mining and Learners' Behavior Analytics in a Collaborative and Web-Based Multi-Tabletop Environment. *International Journal of Online Pedagogy and Course Design (IJOPCD)*, 7(3), 29-53. doi:10.4018/IJOPCD.2017070103
- Premchaiswadi, W., & Porouhan, P. (2015). Process modeling and decision mining in a collaborative distance learning environment. *Decision Analytics*, 2(1), 6-40. doi:10.1186/s40165-015-0015-5
- Schmidt R., Emmerich K., Schmidt B. (2015) Applied Games - In Search of a New Definition. In: Chorianopoulos K., Divitini M., Baalsrud Hauge J., Jaccheri L., Malaka R. (Eds), *Entertainment Computing - ICEC 2015. Lecture Notes in Computer Science*, 9353 (pp. 100-111). Springer, Cham.
- Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (2011). *Database System Concepts*. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- Van Eck, R. (2006). Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE review*, 41(2), 16-30.
- Van der Aalst, W. M. P. (2010). *Process Mining Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Van der Aalst, W. M. P., Adriansyah, A., De Medeiros, A. K. A., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., ... , & Burattin, A. (2012). Process mining manifesto. In *International Conference on Business Process Management* (pp. 169-194). Berlin, Germany. doi:10.1007/978-3-642-28108-2_19
- Verbeek, H. M. W., Buijs, J. C. A. M., Van Dongen, B. F., & Van der Aalst, W. M. P. (2010). Prom 6: The process mining toolkit. *Proc. of BPM Demonstration Track*, 615, 34-39.
- Zyda, M. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer (Long. Beach. Calif.)*, 38(9), 25-32. doi:10.1109/MC.2005.297