

Semantic spiral timeline como apoyo al *e-learning*

DIEGO A. GÓMEZ AGUILAR, ROBERTO THERÓN SANCHEZ y FRANCISCO J. GARCÍA PEÑALVO

Departamento de Informática y Automática, Universidad de Salamanca, Salamanca, España. Facultad de Ciencias. Plaza de los Caídos, s/n. 37008 Salamanca España
{dialgoag, theron, fgarcia} @usal.es

RESUMEN

En éste artículo se presenta *Semantic Spiral Timeline* (SST), una herramienta visual interactiva orientada a la exploración y el análisis de información extra académica que se almacena en las actuales plataformas de *e-learning*. Independientemente de los contenidos desarrollados específicamente para éstas plataformas, y de las diversas funcionalidades que éstas proporcionen, el conocimiento profundo de los usos reales que se hacen por parte de los distintos participantes se perfila como una tarea ineludible, si se quieren garantizar una adecuada explotación y un uso efectivo de las plataformas *e-learning*. Mediante la incorporación de una novedosa representación visual altamente interactiva, es posible encontrar patrones temporales, que se hacen patentes a diferentes niveles: por un lado es posible valorar a simple vista la evolución global de la plataforma con todos sus cursos a lo largo del tiempo; posteriormente mediante diferentes mecanismos de interacción se pueden sacar a la luz detalles concretos de los cursos, de los estudiantes o de los profesores, que de otro modo permanecerían ocultos.

Términos Generales

Gestión, performance, diseño, los factores humanos.

Palabras Claves

Visualización, *e-learning*, línea de tiempo, espiral, Moodle.

1. INTRODUCTION

Actualmente, el acrecentamiento del uso de las nuevas tecnologías para el apoyo del aprendizaje, ha inspirando al campo de la visualización de la información a crear herramientas que ayuden a extraer información que a simple vista no serían asequibles y que resultan altamente útiles para su análisis y uso; éste es el caso de la visualización del historial de actividades de los usuarios de los sistemas de administración de cursos en línea (del inglés, *Learning System Management Course*, LSMC), el cual nos puede brindar la información del comportamiento temporal de los estudiantes durante el periodo de aprendizaje del curso.

Moodle es un paquete de software diseñado para ayudar al profesor a crear fácilmente cursos en línea. Por otra parte, la plataforma Moodle promueve una pedagogía constructivista social, es decir, actividades que facilitan la interacción, colaboración y cooperación. Éste aspecto, es importante para la gestión de Objetos de Aprendizaje (OA) ya que no basta con diseñar éste tipo de actividades, la plataforma debe además facilitar su utilización. Por otra parte, algunas fuentes bibliográficas mencionan Moodle [17] [10] como una de las plataformas con bastante adaptabilidad (entre otras características,

que lo destacan de los demás), y que actualmente es una de las más usadas a nivel mundial.

Por lo anteriormente comentado, nuestra propuesta de herramienta de análisis visual de la evolución del uso de un LSMC ha sido implementada usando Moodle como plataforma base, aunque podría adaptarse sin demasiado esfuerzo a cualquier otro sistema LSMC.

El resto del artículo se organiza como sigue: en la siguiente sección se hace una revisión de los trabajos relacionados que abordan la visualización de sistemas LSMC; la tercera sección se dedica a la presentación de la líneas maestras de nuestra propuesta de herramienta de análisis interactivo: *Semantic Spiral Timeline* (SST); en la cuarta sección se expone un caso de estudio en el que se tratan de encontrar patrones temporales en el uso cotidiano de una plataforma Moodle. Finalmente la sección quinta se dedica a la enumeración de las principales conclusiones alcanzadas y de las líneas de trabajo futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

A pesar de que hoy en día tanto la investigación en la línea de la visualización de la información como la de *e-learning* están produciendo excelentes resultados, no ha habido excesivos casos en los que la primera se haya puesto al servicio de la segunda para intentar multiplicar su enorme potencial. Por razones de espacio, a continuación se enumeran brevemente las experiencias recogidas en la bibliografía en que se aborda el análisis de la información generada por los sistemas de administración de cursos en línea mediante representaciones visuales. En éstos se visualizan diferentes aspectos del aprendizaje en línea.

Mazza y Milani [15] presentan la visualización de la entrada de los usuarios a la plataforma y la representación de la frecuencia de lectura y escritura de los foros, así como el iniciador del foro de discusión. En [11] se representan las frecuencias de actividades en un LCMS mientras que en [8] se propone una forma de representación de las discusiones en línea. Otro grupo de trabajos abordan el uso de la visualización pero no para análisis de la información, sino como parte de un objeto de aprendizaje o de un recurso de un curso [18] [14]. Dicheva *et al.* [7] hacen uso de ontologías y proponen la visualización de mapas temáticos con el apoyo de información semántica, además de su administración interactiva. Las redes sociales que se forman entre los participantes han sido otro foco de interés: en [9] se propone la visualización interactiva de las redes sociales que se forman en torno a una actividad o un participante; para una revisión de la investigación sobre la búsqueda de patrones en la interacción en las redes de aprendizaje referimos al lector a [13]. Finalmente, un trabajo muy relacionado con el presente artículo es [20] que aborda la visualización de las estructuras narrativas y del estilo de

aprendizaje de los estudiantes en los sistemas de *e-learning*, además de introducir el uso de una sencilla línea de tiempo para seleccionar las estructuras narrativas.

Por otra parte, fuera del ámbito de la informática educativa, la representación de la evolución temporal ha suscitado numerosos trabajos entre los que se han destacado los que tienen alguna semejanza con la técnicas de visualización empleadas para la representación de la línea de tiempo, el zoom semántico y la interfaz visual de filtrado temporal que proponemos. La forma habitual de representación de la línea de tiempo, con multitud de ejemplos, es utilizar una disposición lineal, mediante coordenadas cartesianas, en que habitualmente el tiempo ocupa el eje de abscisas. Siguiendo éste enfoque, y para resolver el problema de la representación de líneas de tiempo muy extensas, en [6] se propone una deformación bifocal, mientras que en [2] se propone un filtrado visual en la línea temporal de los datos que quieren verse en detalle. Mucho menos frecuente es la representación del tiempo en espiral. En [4] se explora la representación del tiempo en espiral, tanto en 2D como en 3D. Un trabajo similar se encuentra en [19], pero en éste caso la propia espiral 3D sirve de filtro de datos. En [3] éste concepto se aplica un conjunto de datos restringido, como es el de una única conversación. Por otro lado, aparte de la representación del tiempo elegida, es importante la forma de interacción. [12] propone un eficiente deslizador de una ventana temporal que sirve de filtro. En [5] se hace una revisión clasificando las diferentes técnicas de visualización temporal. Finalmente, en [1] se ofrece una revisión de diferentes formas de visualización de datos temporales teniendo en cuenta las características que ofrecen.

3. Análisis interactivo mediante SST

Nuestra propuesta, *Semantic Spiral Timeline* (SST), es una herramienta de analítica visual que nos permite explorar datos temporales, que en éste caso se refieren a las actividades existentes en un LSMC. Cada una de estas actividades puede ser filtrada por curso, por persona, por tiempo o por actividad. SST está constituida por 6 zonas, tres de ellas son visuales y las tres restantes son paneles de personalización de la herramienta. SST permite realizar tanto zooms gráficos como semánticos.

El aspecto global de la herramienta puede observarse en la Figura 1 (nótese que hay dos capturas de SST mostrando diferentes representaciones). La distribución de zonas, además de la central dedicada a la espiral, es la siguiente: en la parte inferior-derecha se encuentra el *panel de filtros, zoom gráfico e información*; en la parte inferior-izquierda el *panel de control de dibujo, relleno y homogeneización de colores*; a la izquierda de la espiral, el *panel de personalización del tamaño de las figuras y de la espiral*. Los otros dos paneles visuales son: arriba de la espiral la *visualización de los datos temporales de forma lineal*, y a la derecha, la *interfaz visual deslizable de selección temporal*.

Es importante mencionar que, mediante el panel de filtrado y zoom gráfico e información, es posible parametrizar la longitud de la espiral, permitiendo que un giro completo (360°) en la espiral se ajuste a una duración determinada (años, meses, semanas, días), y por tanto, las unidades del nivel inferior (meses, semanas, días, horas, respectivamente) ocupen el mismo sector de la espiral. Ésta característica aporta enorme versatilidad a la herramienta y se ilustrará mediante ejemplos en la siguiente sección.

Otro aspecto fundamental, dada la cantidad enorme de datos que se deben manejar (teniendo en cuenta que se guardan datos correspondientes a cada minuto en el que hay actividad, durante años), es la capacidad de realizar zoom semántico (aquél que cambia el tipo y significado de la información mostrado por el objeto al que nos acercamos, en lugar de limitarse a aumentar su tamaño, como hace un zoom gráfico [16]).

El uso de las tres visualizaciones nos permite ver el patrón de tiempo de los datos seleccionados con la espiral (deformada o no), los mismos datos en la línea de tiempo en la parte superior y, cosa muy importante, no perder el contexto, ya que contamos con la interfaz visual de selección temporal que representa siempre la cantidad total de datos del LSMC. Todo ello favorecerá la percepción de los posibles patrones temporales que nos servirán para analizar si el LSMC está siendo explotado al máximo

Por ejemplo, la Figura 1, que muestra una espiral deformada (izquierda) y la misma sin deformar (derecha) permite revelar, en color verde, que la mayor parte de las actividades realizadas en la plataforma es la de “view” (abajo, panel de información en fondo

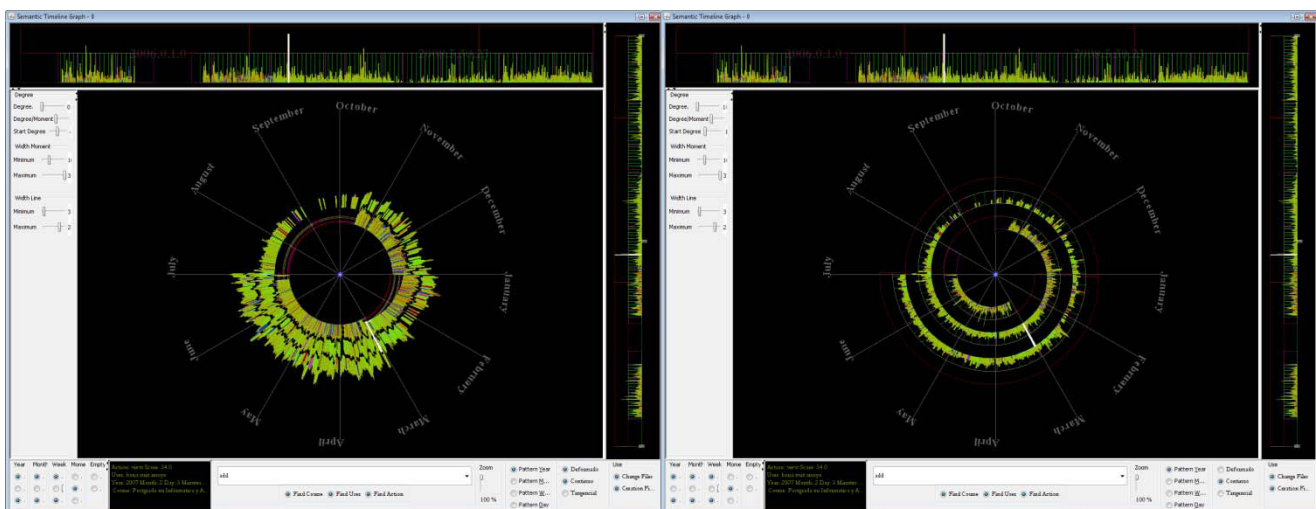


Figura 1. Pantalla principal de SST con espiral deformada y clásica

negro). Además de que la actividad de la plataforma ha tenido la mayor concentración de sus actividades en los meses comprendidos de Marzo a Junio, siendo Abril el mes con la máxima cantidad de actividades de la plataforma. Cabe resaltar, que sin entrar a explicar en qué consiste la deformación (se hará a continuación), el lector puede percibir con claridad éstos detalles en la visualización de la izquierda de la Figura 1.

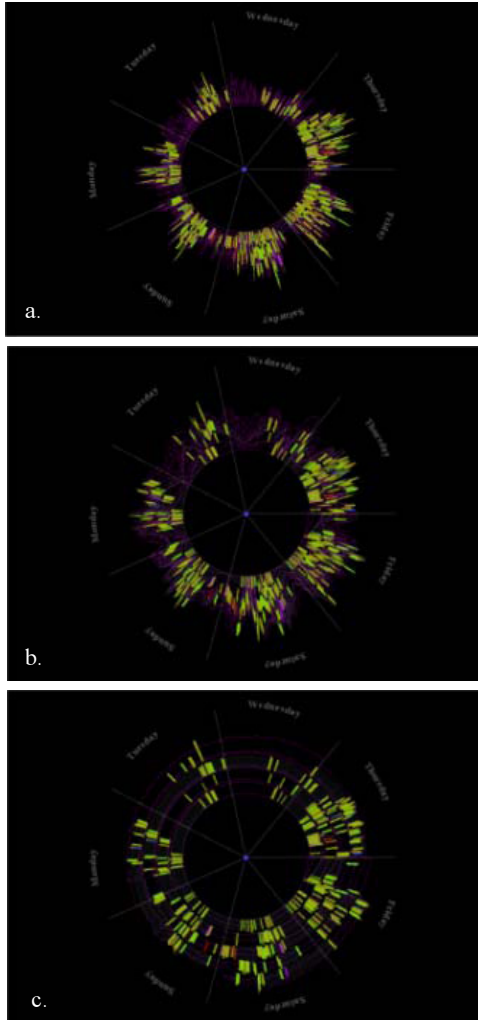


Figura 2. Deformaciones de la espiral

La representación deformada de la espiral nos proporciona la actividad acumulada durante un período de tiempo determinado. Ésta aproximación marca muy visualmente el crecimiento desigual de diferentes partes en un mismo período de tiempo. Estas representaciones deformadas son visualmente semejantes a los anillos de crecimiento en los árboles; lo interesante es la anchura de las líneas concéntricas deformadas, que son las que nos develaran la información de la acumulación de las distintas actividades por unidad de tiempo.

Los colores asignados a los períodos de tiempo como meses, años, semanas, se pueden determinar de manera distintiva entre un período y otro, o con la técnica de degradación dibujando todos de una gama de color único pero variando la intensidad, dependiendo ésta de la cantidad de actividades que haya habido en tal período.

La deformación se puede realizar de tres formas diferentes (lo cual se puede observar en la Figura 2), dependiendo de cómo se unen las actividades para formar la envolvente de un giro completo de la espiral. A la primera la hemos llamado *no continua* (Figura 2.a), en la que las actividades se dibujan como barras de histograma pero siguiendo la espiral. La segunda, *continua tangencial* (Figura 2.b), en la que los huecos (períodos de no actividad) entre barras son tenidos en cuenta para unirlos, tomando la línea el valor cero en el medio del hueco y creciendo a ambos lados hasta la altura de las barras que limitan el hueco. Por último, la deformación *continua* (Figura 2.c), en la que se dibuja una línea que une los dos extremos de las barras. La diferencia entre ellas es la suavidad (de menor a mayor en la Figura 2) con la que se pueden apreciar los posibles patrones.

4. CASO DE ESTUDIO

Se aborda el análisis de un LSMC Moodle que contiene una totalidad de 22 cursos, 45 tipos diferentes de actividades, 243 alumnos y 56932 actividades realizadas en los distintos cursos, contemplando un período de tiempo de 2 años y medio. Intentar extraer conclusiones acerca de una cantidad tan grande de datos con las herramientas de acceso a la información que proporciona el propio Moodle es inviable.

El presente caso de estudio es complementario al análisis que debe de hacerse de las interacciones sociales que se dan en una plataforma de *e-learning*. Tal estudio requiere de herramientas visuales especiales que han sido el objeto de nuestro trabajo previo y que, lógicamente exceden el alcance de éste trabajo. No obstante, el punto de partida del presente caso de estudio son las conclusiones extraídas en [9], dónde se visualizaban las redes sociales mediante grafos dirigidos por fuerzas, en los que las personas son los nodos y las aristas la relación entre ellos (*Social Graph*); también se abordaba el análisis visual de la frecuencia de las actividades, representadas en una gráfica clásica de pastel o en una gráfica de caracol (*Snail Graph*); y por último, por medio de una visualización de nubes de palabras se procedía a la visualización de todo el contenido semántico de la plataforma. Al igual que en el presente trabajo, las distintas vistas en [9] están entrelazadas, de forma que de una forma rápida y sencilla se habilita la obtención de información novedosa e indispensable para la creación de nuevo conocimiento.

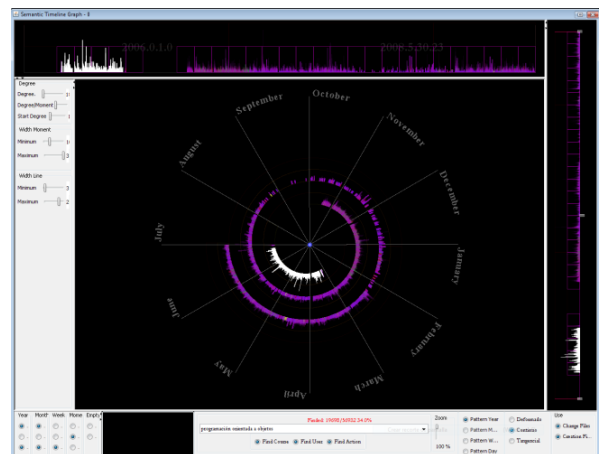


Figura 3. Filtro de un curso en SST.

Así, partimos del enorme conjunto de datos anteriormente mencionado, pero tomando en consideración el conocimiento nuevo que proporcionó el estudio de interacción. El objetivo es encontrar algún patrón temporal en los datos que permita sugerir acciones orientadas a una mejor explotación de las herramientas de educación virtual en años futuros.

En nuestro trabajo previo, se comprobó que, incluso con la ayuda de herramientas de visualización de redes sociales, la información correspondiente a un único curso era suficiente como para que se formara una red social extremadamente conectada y, por tanto, un amontonamiento de información que no permitía sacar conclusiones interesantes. La forma adecuada de abordar el análisis era ir filtrando por tipo de actividad. Esto llevó a identificar a la(s) persona(s) más relacionada(s) (y por tanto con el grafo de mayor tamaño).

utilización y máxima explotación de los recursos tecnológicos aplicados a la educación.

Por tanto, como primer paso procedemos a filtrar todas las actividades del curso deseado. El resultado de ésta acción puede observarse en la Figura 3. Nótese que un giro completo en la espiral se corresponde a 1 año, teniendo en cuenta que se empieza en el ángulo de 0 grados de la circunferencia goniométrica y el tiempo avanza en el sentido de las agujas del reloj. Se puede observar que el curso (resaltado en blanco) sólo ocupa un cuadrante en un giro de la espiral, lo que es lo mismo, sólo tuvo actividad de marzo a junio de 2006, lo que corresponde a un 34% de las actividades totales de la plataforma.

A continuación, seleccionamos el periodo de tiempo del curso con la interfaz visual deslizable de filtrado temporal, arrastrando los controles en la interfaz deslizable de selección temporal hasta

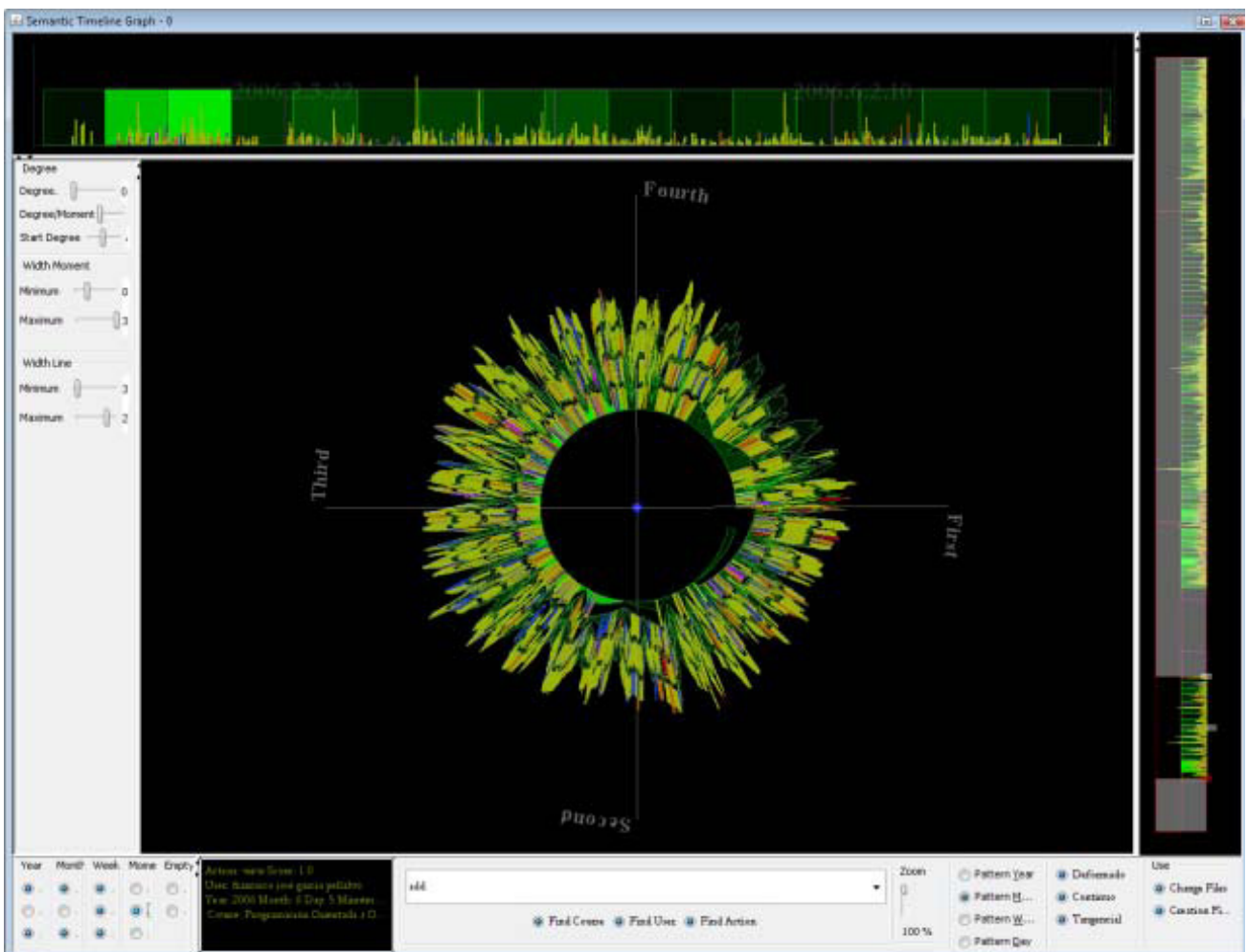


Figura 4. Patrón por mes de curso seleccionado

El objetivo es ahora estudiar los patrones temporales en los datos y completar el conocimiento antes adquirido respecto al curso, la(s) persona(s) identificadas, actividades específicas de los usuarios en la plataforma, pretendiendo analizar los posibles problemas que causen el desaprovechamiento de la plataforma y poder llegar a alguna propuesta solucionadora, mejorando la

que la ventana contenga sólo la zona resaltada en blanco (panel derecho, Figura 3). Como resultado, se difumina el área rectangular correspondiente al periodo de tiempo no seleccionado. El siguiente paso es activar la deformación de la espiral, concretamente utilizando la técnica de continuo tangencial, lo que nos ayudará a visualizar mejor los patrones, y ajustamos la

representación para que un giro completo en la espiral se corresponda a un mes, lo que permitirá aprovechar mejor el espacio de pantalla disponible y que los patrones destaquen. El resultado de estas acciones puede observarse en la Figura 4, en la que se representa un único curso, con 57 alumnos y 11893 actividades de diferentes tipos (codificadas por color) realizadas en un período de 4 meses.

Como se ha dicho, ahora un giro de la espiral representa un mes, por lo que el primer día de cada mes comienza en el ángulo de 0 grados; además, la espiral se divide en 4 cuadrantes correspondientes a las 4 semanas del mes. Así, en la Figura 4 se puede observar que las semanas en que menos se ha trabajado (el ancho de la espiral en un ángulo concreto es menor) durante todos los meses del curso, habitualmente son la primera y la última, mientras que en la segunda y tercera semanas se han realizado mayor número de actividades en la plataforma de aprendizaje.

Se ha mencionado la codificación del color: los diferentes colores de ésta figura espiral representan un tipo de actividad diferente (cada actividad ocurre en un minuto determinado de tiempo), pero también se puede observar que en la visualización temporal lineal (panel superior, Figura 4), las semanas (rectángulos) están homogéneamente coloreadas en verde, con la peculiaridad de que la claridad representa la mayor cantidad de actividades acumulada, siendo así la segunda y tercera semana del curso en la que se aprovecho más nuestra plataforma.

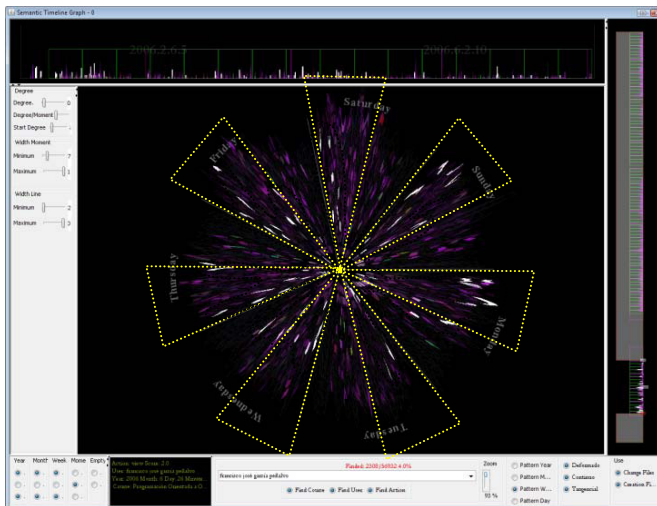


Figura 5. Patrón por semana para una persona dada

El siguiente paso se realiza filtrando a través del menú desplegable del panel de filtrados, insertando el nombre de la persona deseada (posiblemente una de las personas identificadas en el análisis de interacción social), ajustar la representación para que un giro completo en la espiral se corresponda a una semana, y por último hacer uso del zoom gráfico para ajustar la imagen al tamaño adecuado para su análisis, en éste caso 93%. El resultado de estas operaciones es que se resaltan en blanco las actividades que ha realizado el usuario filtrado (ver Figura 5). De ésta forma la persona que estamos analizando ha realizado un total de 2308 actividades durante los cuatro meses del curso. El lector debe notar que como ahora una semana se corresponde a cada giro de nuestro espiral, se acompaña la representación con los sectores correspondientes a los siete días de la semana.

Resulta curioso observar cómo la persona analizada, a pesar de que las plataformas virtuales permiten un horario libre para realizar las actividades de aprendizaje, hace un uso muy metódico de la misma. Nótese que se conectó los siete días de la semana (incluidos los sábados y domingos) y que cuando lo hizo, solía hacerlo dentro de las primeras 12 horas de cada día (especialmente en las primeras horas de la noche). Además, hay alguna excepción a éste patrón los miércoles y lunes, siendo éstos los días en los que más dio uso a la plataforma. Se puede añadir que se trata de la persona con mayor carga de actividad, ya que acumula un 4% del total de las actividades de la plataforma.

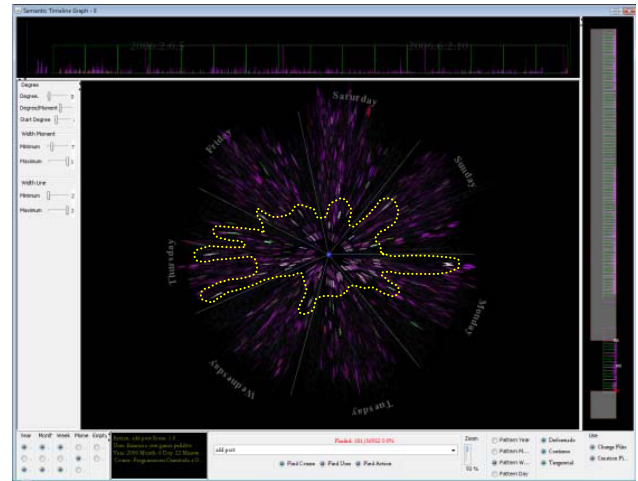


Figura 6. Patrón por semana de actividad “add post”

Por último, procederemos al análisis de actividades. Así, procediendo de forma similar al paso anterior, se puede introducir el nombre de la actividad que se desea filtrar. En nuestro ejemplo filtramos usando la actividad “add post” y el resultado puede verse en la Figura 6.

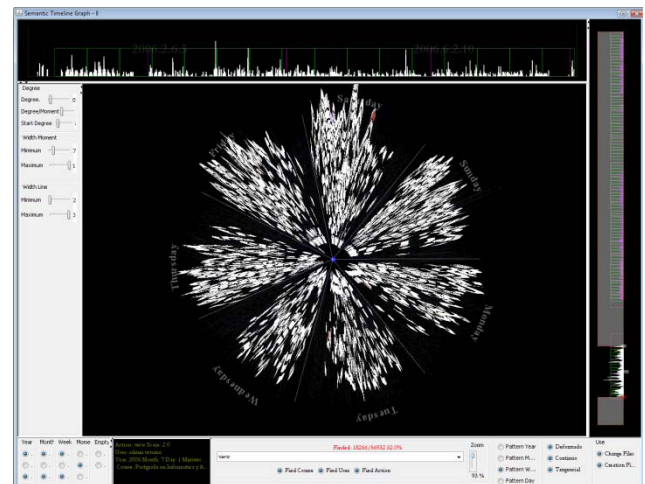


Figura 7. Patrón por semana de actividad “view”.

De ésta forma, para el mismo curso que venimos analizando, se representan un total de 181 actividades de tipo “add post”, que la herramienta resalta en blanco, manteniendo el resto de actividades en tonalidades oscuras para mantener el contexto de análisis. Aquí un giro completo de la espiral continúa correspondiendo a una semana, por lo que el patrón que se encuentra denota que éste tipo de actividad se ha realizado con mucha mayor frecuencia al inicio

del curso (giros más internos de la espiral). No obstante, los lunes y jueves en el último mes hubo algo más de actividad de éste tipo. Además, se trata clarísimamente de una cantidad muy pequeña de actividades con respecto al total de actividades del curso.

Finalmente, con la ayuda de ésta herramienta hemos observado que hay patrones que muestran un uso reducido de la plataforma de aprendizaje. Entre éstos usos podemos destacar: entrar a ver los perfiles de los usuarios, leer las discusiones sin aportar o comentar, explorar el listado de contenido del curso sin llegar a introducir contenidos, etc., como muestra la gráfica (Figura 7); dónde se tienen los datos del mismo curso, con 57 alumnos, 8266 actividades de un único tipo de actividad: “view”. Resulta, muy llamativa la comparación de la Figura 6 (actividad con fuerte contenido educativo, “add post”) y la Figura 7 (actividad con mínimo contenido educativo, “view”).

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Mediante éste trabajo hemos constatado el enorme potencial que tiene el uso de herramientas de análisis visual que puedan sacar a la luz los patrones de utilización de las plataformas de *e-learning*. Con el paso de los años, la cantidad de datos es suficiente para abordar éste tipo de estudios, pero el tamaño de los mismos requiere de herramientas diseñadas *ad hoc*.

Es necesario que los usuarios de estas plataformas maduren y saquen el máximo partido de los recursos que se les ofrece. Es sorprendente, por ejemplo, la diferencia notable entre la cantidad de usuarios que entran a la plataforma a interactuar en los foros y discusiones, con respecto a la actividad de entrar a ver los perfiles de los demás. Esto nos podría sugerir el no permitir esa actividad y fomentar más la interacción en foros, cuestionarios y otras actividades de mayor importancia educativa y constructiva.

Obligatoriamente el siguiente paso de nuestro trabajo será la integración del SST con [9] y de ésta manera presentar una potente herramienta de múltiples vistas enlazadas que permitan realizar a la par análisis de interacción social y temporal. También está prevista la implementación de otras deformaciones que aumenten la potencia del zoom semántico.

6. AGRADECIMIENTOS

Éste trabajo fue apoyado por el Ministerio de Educación y Ciencia (proyectos TSI2005-00960 y TIN2006-06313).

7. REFERENCIAS

- [1] Aigner, W., Miksch, S., Müller, W., Schumann, H., & Tominski, C. (2007). Visualizing time-oriented data-A systematic view. *Comput. Graph.*, 31, 401-409.
- [2] André, P., Wilson, M. L., Russell, A., Smith, D. A., Owens, A., & schraefel, m. (2007). Continuum: designing timelines for hierarchies, relationships and scale. (pp. 101-110). ACM.
- [3] Bergstrom, T., & Karahalios, K. (2007). Conversation Clock: Visualizing audio patterns in co-located groups. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences - 2007*, p. 78c.
- [4] Carlis, J. V., & Konstan, J. A. (1998). Interactive visualization of serial periodic data. (pp. 29-38). ACM.
- [5] Daassi, C., Nigay, L., & Fauvet, M.-C. (2006). A taxonomy of temporal data visualization techniques. *Revue Information-Interaction-Intelligence, Revue en Sciences du Traitement de l'Information (A journal in the Sciences of Information Engineering) Vol. 5, No 2*, 41-63.
- [6] Dachselt, R., & Weiland, M. (2006). TimeZoom: a flexible detail and context timeline. (pp. 682-687). ACM.
- [7] Dicheva, D., Dichev, C., & Wang, D. (2005). Visualizing topic maps for e-learning. *Advanced Learning Technologies, 2005. ICALT 2005. Fifth IEEE International Conference on*, 950-951.
- [8] Gibbs, W. J., Olexa, V., & Bernas, R. S. (2006). A Visualization Tool for Managing and Studying Online Communications. 9, 232-243.
- [9] Gómez Aguilar, D. A., Therón, R., & García Peñalvo, F. J. (2008). Understanding educational relationships in Moodle with ViMoodle. The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Santander, Cantabria, Spain: IEEE Computer Society Press.
- [10] Graf, S., & List, B. (2005). An evaluation of open source e-learning platforms stressing adaptation issues. *Advanced Learning Technologies, 2005. ICALT 2005. Fifth IEEE International Conference on*, 163-165.
- [11] Hardless, C., & Nulden, U. (1999). Visualizing Learning Activities to Support Tutors.
- [12] Koike, Y., Sugiura, A., & Koseki, Y. (1997). TimeSlider: an interface to specify time point. (pp. 43-44). ACM.
- [13] Laat, M. d., Lally, V., Lipponen, L., & Simons, R.-J. (2007). Investigating patterns of interaction in networked learning and computer-supported collaborative learning: A role for Social Network Analysis. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2, 87-103.
- [14] Lauer, T. (2006). Learner interaction with algorithm visualizations: viewing vs. changing vs. constructing. 202-206.
- [15] Mazza, R., & Milani, C. (2004). GISMO: a Graphical Interactive Student Monitoring Tool for Course Management Systems.
- [16] Modjeska, D. (1997). Navigation in Electronic Worlds: Research Review for Depth Oral Exam David Modjeska Department of Computer Scien. *Navigation in Electronic Worlds: Research Review for Depth Oral Exam David Modjeska Department of Computer Scien.*
- [17] Ohta, Y., Nakano, H., Suzuki, K., Kiyari, T., Shimizu, T., Noguchi, C., et al. (2005). Practical study of instructional environments for lifelong e-learning. *Information Technology Based Higher Education and Training, 2005. ITHET 2005. 6th International Conference on*, T4B/6-T4B11.
- [18] Rossling, G., Naps, T., Hall, M. S., Karavirta, V., Kerren, A., Leska, C., et al. (2006). Merging interactive visualizations with hypertextbooks and course management. 166-181.
- [19] Weber, M., Alexa, M., & Müller, W. (2001). Visualizing Time-Series on Spirals. 7.
- [20] Williams, F., & Conlan, O. (2007). Visualizing Narrative Structures and Learning Style Information in Personalized e-Learning Systems. *Advanced Learning Technologies, 2007. ICALT 2007. Seventh IEEE International Conference on*, 872-876.