

Simulador computacional de proyectos de reforestación ambiental en el estado de Veracruz

CRISTÓBAL-SALAS, Alfredo, GONZÁLEZ-ROCHA, Sergio Natán y REYES-RAMÍREZ, Abner

A. Cristóbal, S. González y A. Reyes

Laboratorio de Cómputo de Alto Rendimiento, Universidad Veracruzana Departamento de Ciencias de la Tierra. Centro de Supercomputación de Barcelona
acristobal@uv.mx, ngonzalez@uv.mx, abner.reyes03@gmail.com

J. Agüero, B. Torres, (eds.) Educación Ambiental desde la Innovación, la Transdisciplinariedad e Interculturalidad, Tópicos Selectos de Educación Ambiental-©ECORFAN-Veracruz, 2015.

Introducción

La simulación es ahora utilizada como una herramienta para el aprendizaje en los salones de clase, esto a consecuencia del abaratamiento del equipo de cómputo y del mejoramiento de las estrategias algorítmicas para generar simulaciones realistas. Los simuladores permiten desarrollar competencias académicas al permitir al estudiante aplicar el conocimiento teórico en entornos realistas aún más que el estudio en laboratorio donde se tienen condiciones reales con variables controladas. Existen múltiples experiencias docentes que proclaman que el uso de simulaciones mejoró el proceso enseñanza-aprendizaje principalmente en cursos donde la realización de actividades de proyectos reales puede llegar a ser peligroso o costoso. Como por ejemplo en el campo de la enfermería (Jeffries, 2007; Kaakinen and Arwood, 2009; Warland, 2011; Lasater, 2012) donde trabajar con pacientes reales puede resultar de alto riesgo. Otros casos de éxito del uso de simuladores en el área de medicina se encuentra en (González, 2011; Vázquez-Mata, 2009; Fuchs, 2009; Selmi, 2013). También se reporta el uso de simuladores para el aprendizaje de la movilidad urbana como en el caso de (Poxrucker, 2014) y en el área química como en (Ferro, 2006). La estrategia didáctica que utiliza a los simuladores hacen uso de estrategias constructivistas basadas en la resolución de problemas, los estudios de casos y del aprendizaje cooperativo. Esta estrategia junto con el simulador permite un carácter práctico a la asignatura a la vez que provoca un ambiente de trabajo flexible y colaborativo. En el área ambiental existen un sinnúmero de herramientas que permiten realizar simulaciones de diversos fenómenos físicos, físico-químicos, biológicos y de ecosistemas, o aquellos que permiten evaluar aspectos relacionados con los impactos por el ciclo de vida de un producto; Galavis (2010) presentó un simulador instruccional 3D basado en SCORM (del inglés Sharable Content Object Reference Model), en el cual se busca programar un entorno virtual que simula efectos en el globo terrestre por cambios en algún aspecto en particular, emisiones, deforestación, residuos, entre otros. Superpro Designer ® creado por Petrides D. (s.f) es otro ejemplo de simulador stand alone, para procesos ambientales y bioquímicos donde se plantea un proceso de tratamiento de aguas residuales, emisiones por chimeneas, entre otros y se observan los resultados de forma estática (lote) o dinámica (tiempo). El simulador EUCASIM que ha desarrollado Bosques pro carbono en Chile es un simulador que permite evaluar la capacidad de captación de carbono por especies utilizadas en reforestación, caso específico el Eucalipto, esto con la finalidad de llevar un control sobre los inventarios de emisiones y el balance de aportaciones de este Gas de Invernadero por parte de Chile.

Diseño del sistema computacional

La Universidad Veracruzana en la región Poza Rica-Tuxpan cuenta con la carrera de Ingeniería Ambiental orientada a la definición y puesta en marcha de proyectos ambientales. En este programa de estudios se cuenta con el curso “Contaminación de Suelos y Desarrollo Sustentable” donde se plantean proyectos forestales aplicables en el estado de Veracruz, México. Se busca que los estudiantes de este curso puedan evaluar escenarios ya sean ecológicos como económicos en base a la información que sea requerida para realizar un análisis. Es por ello que se busca que los estudiantes conozcan los tipos de vegetación existentes en el estado pero a la vez puedan contextualizar la información en términos que les permita comprender el grado de deforestación y las estrategias pertinentes para contenerla siempre considerando el presupuesto existente para dicha labor. Además, se pretende que los estudiantes conozcan las especies de árboles ya sean maderables o no maderables o especies de árboles nativos que se pueden plantar para reforestar las extensiones de suelo que son deforestadas o que pueden ser erosionadas debido a la falta de vegetación en la zona. Por otro lado, de acuerdo a lo presentado por (Fuchs, 2009), existen algunas características recomendadas de los simuladores cuando éstos son utilizados para la educación.

Los simuladores deben: (a) Apoyar aprendizaje de tipo experimental, (b) Permitir poner en práctica el aprendizaje. (c) Proveer un entorno de aprendizaje abierto basado en modelos reales. (d) Permitir la interactividad, controlar el experimento. (e) Proveer de situaciones que sirven de contexto del aprendizaje. (f) Mantener al estudiante activo convirtiéndole como constructor de su propio aprendizaje. Con estos requerimientos nos enfocamos al diseño del software.

Escenarios de uso del sistema

Este simulador de proyectos forestales está contemplado como herramienta didáctica a utilizarse por los estudiantes en el laboratorio ambiental para la simulación de proyectos de cuidado del medio ambiente. Este sistema está disponible vía web a través de la red interna de la universidad y en ella se espera que los estudiantes pongan en práctica sus proyectos. A continuación se plantean escenarios de uso del simulador como parte de los proyectos de cuidado ambiental. 1. Consulta de datos. En este escenario se busca que el estudiante pueda consultar el estado actual del área verde existente en un determinado municipio. Por ejemplo, Un estudiante quiere conocer la cantidad de kilómetros cuadrados cubiertos por bosque y cuanto porcentaje corresponde de esta superficie con respecto al total de la superficie. Otro ejemplo sería que un estudiante quiera consultar los municipios que tienen condiciones de deforestación severa para iniciar en ellos proyectos de enseñanza de la población sobre el tema “techos verdes” o “reforestación como estrategia para la sustentabilidad”. 2. Pronóstico de deforestación en caso de incidentes ambientales. Como parte de los proyectos ambientales se busca que el estudiante genere escenarios donde se pueda observar cómo se produce la deforestación en el estado de Veracruz a consecuencia de algunas incidencias ambientales como: incendios, tala de árboles, plagas, huracanes, etc.

Por ejemplo, viendo la velocidad de consumo de selva provocado por un incendio, un estudiante busca calcular cuánto será la afectación de selva en 1, 3 y 5 días de retraso en tomar acción de este incidente. La práctica de laboratorio en línea consiste en calcular la cantidad de kilómetros cuadrados perdidos por una respuesta tardía de las brigadas de protección civil del estado. 3. Esfuerzo reforestación. En este escenario, el estudiante tiene la posibilidad de ver el nivel de afectación de la deforestación de los municipios usando el sistema computacional. El sistema le permite conocer los municipios que deben ser reforestados dependiendo del nivel de deforestación. Una vez localizados mediante el software, el estudiante entonces se hace un plan de reforestación que debe contemplar un tope presupuestal y un tiempo límite para la ejecución de esta tarea de reforestación. Con esto el estudiante puede conocer la velocidad de reforestación necesaria para alcanzar la meta propuesta bajo las condiciones económicas planteadas.

Diseño conceptual

Una vez establecidos los escenarios de uso del sistema computacional se tiene ahora el diseño conceptual del mismo, en la Figura 1 se puede observar que el sistema tiene cinco módulos esenciales: (1) Consultar datos municipio. En este módulo se recuperan los datos ambientales de un municipio o de todos ellos, (2) Consultar por tipo de área verde. Los estudiantes pueden consultar los tipos de vegetación existente en el estado de Veracruz. Por ejemplo: el estudiante puede consultar el estado actual de bosque entre los municipios. (3) Consultar por estado forestal. En este módulo, el estudiante busca entre los municipios aquellos que tienen cierta condición ambiental. Por ejemplo, buscar los municipios que tengan condición de área verde entre el 20% y 60% de su territorio. (4) Simular reforestación.

En este módulo del sistema el estudiante tiene la posibilidad de planear su proyecto de reforestación definiendo los parámetros de reforestación como: municipios a reforestar, el tipo de área verde reforestada, kilómetros cuadrados a reforestar por unidad de tiempo de simulación y por municipio. (5) Simular incidente ambiental. En este módulo el estudiante debe registrar los municipios y el tipo de vegetación afectada y los kilómetros cuadrados devastados por unidad de tiempo de simulación.

Figura 1



Figura 1. Diseño conceptual del sistema computacional de proyectos de reforestación

Materiales y métodos

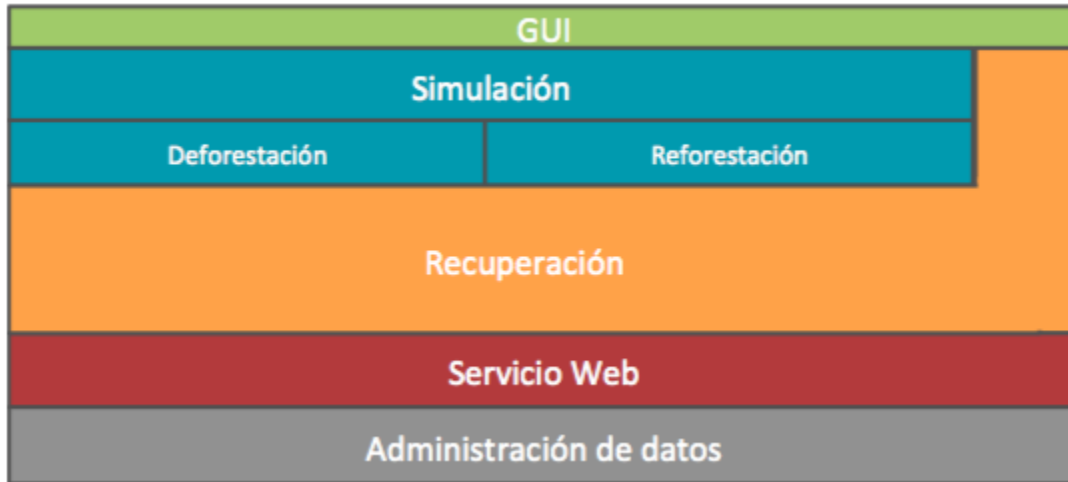
El sistema computacional fue implementado en PHP con javascript y HTML versión 5. Las bases de datos están administradas por MySQL versión 5.6.2. La geoposición de los municipios se hizo con la interfaz de programación aplicaciones de la empresa Google. El sistema se ejecuta en una 8-core MACPRO 2.4Ghz, 12MB cache L3, 8GB SDRAM ECC, DDR2 1024Mhz, GDDR5 1Gb ATI Radeon HD 5870 corriendo sobre el sistema operativo OSX server 10.7. Para la implementación se tiene considerado que el sistema sea del tipo web para permitir a los estudiante tener acceso al software desde el aula, desde el laboratorio o desde cualquier parte de las instalaciones de la universidad. En la Figura 2 se puede analizar la arquitectura del sistema computacional. Este sistema consiste de cinco

capas de software para lograr cumplir los requerimientos esenciales del sistema. A continuación se presentan detalles de cada capa:

Administración de datos. Esta capa es la encargada de administrar todo el concentrado de datos referentes a los municipios y a la situación actual de áreas verdes. Esta capa también administra los datos de simulación por cada usuario.

Servicio web. En esta capa se administran los servicios web e intérpretes para atender las aplicaciones y los usuarios.

Figura 2



Recuperación. En esta capa se encarga de recuperar los datos solicitados por el usuario. En esta capa se organiza la información antes de ser enviada a las interfaces gráficas o antes de enviarlos a la capa de simulación. También, esta capa realiza los cálculos básicos sobre el porcentaje de ocupación de área verde en cada municipio.

Simulación. En esta capa se administran los tipos de simulación: (a) deforestación la cual implica disminución de área verde en un municipio (b) Reforestación.

Graphical user interface - GUI. Esta capa es la interfaz gráfica que los usuarios del sistema podrán observar los datos municipales y de simulación. Esta capa mostrará la información que sea requerida por el usuario o la información resultante de la simulación realizada. En esta capa se presentan los datos en forma geo-referenciada. Esto es, los datos municipales se sitúan en un mapa donde los municipios son localizados en la latitud-longitud reales.

Obtención de datos

La información que será usada en el sistema se tomó de los bancos de información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) la cual se puede acceder a dicha información en la siguiente liga: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/download/>. El archivo descargado posee en su estructura los siguientes campos: clave del Estado, Nombre del Estado, Clave del Municipio, Nombre del Municipio, Temas (Estos se desglosan en: Economía, Medio Ambiente, Población Hogares y Vivienda, Sociedad y Gobierno), Clave del Indicador, Nombre del Indicador, Registro de los años 1895 al 2014.

En la implementación del sistema se utilizó la geoposición la cual se usó estratégicamente en las simulaciones al geoposicionar cada uno de los municipios, con lo cual se puede determinar cuál es la condición del municipio, se podrá ver qué municipios de la zona de selva del estado está siendo afectada, o las zona de bosque que están siendo afectadas o como las zonas de industria en el estado.

Escenarios de prueba del sistema

1. La generación de números aleatorios que generan la disminución del área verde en algunas zonas del estado de Veracruz, a dicho suceso se le dará una fecha de inicio en cierto año, entre las causas pueden ser: enfermedades y plagas en las áreas verdes, deforestación, incendios naturales, incendios provocados.

2. Hecho esto el software dejará que pase el tiempo hasta finalizar el año en el cual se dio la disminución de las áreas verdes en las zonas señaladas. Entonces el sistema preguntará al usuario al inicio de un nuevo año si desea plantar árboles, el usuario tendrá la opción de decidir si desea plantar más árboles o si no desea hacerlo. En caso de hacerlo, el sistema solicita la cantidad de árboles que se quiere plantar y qué tipos de árboles se quieren plantar. Hecho esto el sistema procede a hacer la sumatoria de los árboles que se sembrarán junto con los que ya existen en el sistema, entonces se seguirá con la simulación viendo si esta medida logra el crecimiento del área verde de la zona afectada. Este proceso se repite durante todos los años que dure la simulación.

3. En este caso se ejecuta la simulación durante un año, iniciando el siguiente año se preguntará al usuario si desea plantar árboles, el usuario tendrá la opción de decidir si planta árboles o no desea plantar árboles. Si seleccionó el no plantar árboles ese año la simulación continuará hasta acabar el año y volverá a preguntar al usuario si desea plantar árboles, y así sucesivamente hasta terminar la simulación. Si se seleccionó la opción de plantar el sistema preguntará al usuario cuantos árboles desea plantar, teniendo en cuenta que en esta ocasión el sistema pondrá una restricción económica tomada del presupuesto que es asignado cada año a cada municipio esta cantidad será destinada a la reforestación, ya que cada árbol tendrá un precio según sea el tipo de árbol que se desee plantar, se realizará el cálculo de cuántos árboles se pueden plantar con la cantidad que se tiene presupuestada. Una vez realizado el cálculo de cuántos árboles y de qué tipo de árboles se desean plantar y para cuantos árboles es suficiente el presupuesto, hecho esto se procede a realizar la suma de los árboles que se plantaran con los que ya existían previamente viendo cómo se comporta la zona de área verde al realizar estas plantaciones, siendo así hasta terminar ese año, al año siguiente el sistema volverá a preguntar si desea plantar más árboles repitiendo así el proceso hasta culminar la simulación.

Resultados

En esta sección se presentan algunas capturas de pantalla del simulador computacional forestal para el estado de Veracruz. En la Figura 3. se muestra la consulta del grado de deforestación (representado por los colores: rojo-severo, naranja-malo, amarillo-regular, verde-bueno) en todos los municipios del estado de Veracruz. Los resultados mostrados en la figura representan el porcentaje de ocupación de áreas verdes de todos los tipos de vegetación seleccionados con respecto al total de la superficie del municipio medido en kilómetros cuadrados. Esta figura es un ejemplo del tipo de consultas que los estudiantes pueden hacer para conocer el nivel de severidad de deforestación por cada tipo de vegetación existente en el estado de Veracruz según los datos del INEGI. Aquí es importante enfatizar que los estudiantes pueden consultar la deforestación por cada uno de los siguientes indicadores: tipo de vegetación, municipio, severidad de deforestación.

Esto es, los estudiantes pueden conocer la vegetación que tiene cada municipio y la proporción de área cubierta por esta vegetación con respecto a la totalidad del territorio. Además, estos resultados permiten al estudiante darse cuenta de las regiones que requieren de acción de reforestación inmediata para equilibrar sus áreas verdes con el crecimiento económico y poblacional por lo que consideramos que hay potencial para que el estudiante sea consciente de la necesidad de reforestar al momento de comparar los municipios.

Figura 3



Figura 4

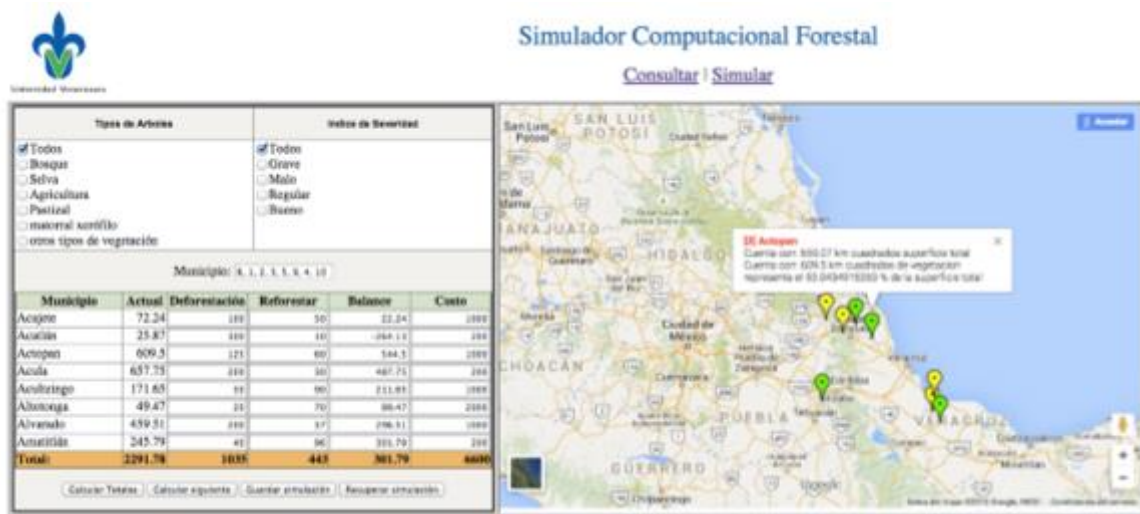


En la Figura 4 se muestra un tipo específico de consulta de datos forestales; en esta consulta se busca conocer el nivel de deforestación de pastizales en todos los municipios del estado dependiendo del porcentaje de ocupación de los pastizales comparado contra la totalidad de superficie del municipio. Se presentan también datos concretos del municipio de Tecolutla, VER como ejemplo de información detallada que se puede obtener.

En la Figura 5 se muestra un ejemplo de simulación donde se obtiene un subconjunto de ocho municipios (de un total de 211 municipios) para los cuales se calcula la cantidad en kilómetros cuadrados que se pueden reforestar y el costo asociado a esa reforestación.

También, se muestra que para cada municipio es posible incluir la cantidad de kilómetros cuadrados que se deforestan por distintas razones. La simulación arroja totales de cada indicador para tener mejor relación del avance de los mismos por periodo. Con este módulo se puede hacer consciencia en el estudiante de la importancia de reforestar de manera constante ya que debido a distintos eventos (por ejemplo: incendios, tala, crecimiento poblacional, etc.), los indicadores de área verde de cada municipio cambian con el tiempo. Así mismo, se busca hacer consciencia en el estudiante del recurso financiero para poder lograr las metas de reforestación y que puede llegar a pasar cuando los recortes presupuestales impiden las acciones de reforestación.

Figura 5



Conclusiones

En este artículo se presenta el diseño, implementación y pruebas técnicas de un simulador computacional que permite la consulta de datos forestales tomados del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Se tienen datos forestales, económicos, poblacionales, financieros, industriales de cada uno de los 211 municipios del estado de Veracruz. Cada uno de los municipios está georeferenciado y es mostrado en un mapa interactivo para permitir al usuario desplegar datos técnicos del municipio.

Este sistema permite consultar la información por severidad de deforestación, por municipio o por tipo de vegetación. Además, el sistema permite hacer simulación del aumento o disminución de la deforestación a lo largo del tiempo; también, permite calcular la reforestación y el costo asociado a ella. Una vez realizada la simulación se observará la supervivencia de las distintas especies de vegetación, con el cual se podrá evaluar el éxito o fracaso de este tipo de proyectos de reforestación de zonas afectadas. En el artículo se muestra las aplicaciones del simulador como herramienta didáctica dentro de la estrategia de aprendizaje basado en proyectos, en este caso, proyectos ambientales. Se considera que este simulador puede ser utilizado en clase desde nivel medio superior hasta posgrado debido a su grado de realismo en los datos mostrados y en base a la flexibilidad de simulación tanto en reforestación como en deforestación. El software desarrollado no solo permite hacer consciencia del nivel de deforestación de cada municipio sino que permite al estudiante tomar acción sobre la manera de equilibrar los indicadores forestales cuando hay un presupuesto limitado para esta acción.

Referencias

- Andersson, J.; Skoogh, A. & Johansson, B., . (2011). Environmental activity based cost using discrete event simulation. Simulation Conference (WSC), , 891, 902.
- Ebeid, E. & Fummi, F.; Quaglia, D.. (2013). UML-Based Modeling and Simulation of Environmental Effects in Networked Embedded Systems, Digital System Design (DSD). 2013 Euromicro Conference, 1, 787, 794.
- Gayoso J. . CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO. (2015), de Bosques PROcarbono UACH Sitio web: http://www.uach.cl/procarbono/cuantificacion_del_carbono.html
- Ferro, V.R, Gómez, J.O, Palomar, J.F & Gómez, L.M. (2006). Estrategia didáctica tipo ECTS basada en el uso de simuladores de proceso en la titulación de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Química Industrial.. CUIEET 2006.
- Frisch, J., Mundani, R. & Rank, E.. (2011). Communication Schemes of a Parallel Fluid Solver for Multi-scale Environmental Simulations. Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC), , 391,397.
- Fuchs, O.L & Ruiz-Velasco, E.,. (2009). Ventajas del aprendizaje virtual en el área médica. Utilización de un simulador de control pulmonar del PH sanguíneo. Memoria Electrónica del X Congreso Nacional de Investigación Educativa ISBN 968-7542-18-7.
- Galavis B., F. I.,(2010), Simulador ecológico 3D, Tesis licenciatura, UDLAP, Puebla, México.
- Guoqiang, L., Shoji Y. & Adachi, M. . (2009). Environmental Simulation of Real-Time Systems with Nested Interrupts. TASE 2009. Third IEEE International Symposium, , 21,28.
- Jeffries, P.R. (2007) Simulation in nursing education. New York: National League for Nursing.
- Kaakinen, J. & Arwood, E. . (2009). Systematic review of nursing simulation literature for use of learning theory. International Journal of Nursing Education Scholarship, 16, 1-20..
- Ke L. & Wangkai L.. (2009). System Model Simulation and Low-Temperature Control Strategy in Environmental Simulation Cabins of Airliner. ICIECS 2009. International Conference, , 1,4.
- Lasater, K. (2007). Simulation and Practice Learning Project: Outcome of a pilot study to test the principles for auditing simulated practice learning environments in the pre-registration nursing programme.. NETNEP 2012 Nurse Educators Conference.
- Petrides, D, (2015), The Role of Process Simulation in Evaluating Water Recycling Opportunities at a Semiconductor Fabrication Facility, disponible en : <http://www.intelligen.com/literature.html>,
- Poxrucker, A.; Bahle, G.; Lukowicz, P.. (2014). Towards a Real-World Simulator for Collaborative Distributed Learning in the Scenario of Urban Mobility. Self-Adaptive and Self- Organizing Systems Workshops (SASOW), 2014 IEEE Eighth International Conference, , 44,48.

Roque, R., Fernández, M. A., Martínez, M. Á., Torres, R., López, A. B., Barrios O. I., (2011). Entrenamiento basado en la simulación para la formación en cirugía mínimamente invasiva. *Educ Med Super*, 320-325.

Self-Organizing Systems Workshops (SASOW), 2014 IEEE Eighth International Conference on , vol., no., pp.44,48, 8-12 Sept. 2014.

Selmi, S.-Y.; Fiard, G.; Promayon, E.; Vadcard, L.; Troccaz, J.. (2013). A virtual reality simulator combining a learning environment and clinical case database for image-guided prostate biopsy. *Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, 2013 IEEE 26th International Symposium, , 179,184.

Soulie, J.-C.; Marcenac, P., (1999) Environmental simulations using multiagent systems, *Information Intelligence and Systems*, 1999, , 668,673.

Takada, T.; Kashiyama, K., (2008) Development of an accurate urban modeling system using CAD/GIS data for atmosphere environmental simulation, *Tsinghua Science and Technology*, 13, 412,417.

Unger, S.; Asselmeyer, T., (2000) Architectures for distributed information systems supporting environmental simulation, *Proceedings. XX International Conference of the Chilean*, , 210,214.

Vázquez-Mata, G.. (2009). *Guillamet-Lloveras. SL: EDUC MED 2009*; 12 (3): 149-155.

Warland, J. (2011) Using simulation to promote nursing students' learning of work organization and people management skills: A case study. *Nurse Education in Practice*. 11, 3, 186-191.

Wolstencroft, M.; Rana, O.F.; Davies, J.H., (2006) Distributed Storage of High-Volume Environmental Simulation Data: Mantle Modelling, *WI 2006. IEEE/WIC/ACM International Conference*, 991,996.