

TUGlabWeb: Interfaz web para juegos TU

Rubén P. Grande Cougil¹, Manuel A. Mosquera Rodríguez² y David Ramos Valcarcel³

¹ ELOGIA. Marketing singular.

² Dpto. Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Vigo

³ Dpto. Informática. Universidad de Vigo.

RESUMEN

La investigación en Teoría de Juegos ha crecido enormemente en las últimas décadas. Sin embargo, las herramientas utilizadas para su enseñanza no siempre han ido acordes con la evolución de las redes y las nuevas tecnologías. Recientemente Estela Sánchez y Miguel Ángel Mirás, profesores de la Universidad de Vigo han desarrollado una extensión de Mathworks Matlab® dedicada a la realización de cálculos sobre juegos cooperativos con utilidad transferible denominado TUGlab. Para utilizarlo es necesario poseer una licencia de uso de Mathworks Matlab®, conocimientos de su lenguaje de programación propio (M) y de su IDE, la extensión TUGlab instalada y además, conocimientos sobre la sintaxis particular para el uso de las funciones de dicho paquete. El coste y esfuerzo técnico necesarios para poder empezar a interactuar con TUGlab es bastante elevado. El objetivo de este trabajo es dar a conocer una herramienta que ha sido diseñada como una solución distribuida que abstrae del conocimiento técnico y se centra en la propia materia de estudio. TUGlabWeb es por tanto, una aplicación web que permite interactuar con TUGlab de una manera intuitiva y sencilla. Una interfaz didáctica con potencial para la investigación que ofrece ventajas de usabilidad y que está pensada para ser ampliada por los propios usuarios a medida que el paquete TUGlab crezca en el futuro.

Palabras y frases clave: Teoría de Juegos Cooperativos TU, Aplicaciones web, TUGlab, TUGlabWeb.

1. INTRODUCCIÓN

La Teoría de Juegos es un área de la matemática aplicada que se encarga de crear modelos para situaciones conflictivas entre dos o más agentes racionales. A cada situación de conflicto se le denomina juego y el objetivo principal es la búsqueda de soluciones que describan lo que cada jugador debería hacer y cuáles son los resultados de sus acciones. Un juego cooperativo con utilidad transferible (o juego TU) es aquel en el que dos o más jugadores disponen de mecanismos que les permiten tomar acuerdos vinculantes (formar coaliciones) y además, el resultado de sus acciones puede transferirse de cualquier modo entre ellos. El principal objetivo es analizar las posibilidades de formar coaliciones y las reglas de reparto del beneficio resultante entre los miembros de la coalición. Para obtener más información acerca de la Teoría de Juegos puede consultarse González-Díaz et al. (2010).

Uno de los grupos de investigación punteros en dicha materia es el SaGaTh (Santiago Game Theory Group). Cuenta con la participación activa de diez miembros de las tres universidades gallegas (UVIGO - Universidad de Vigo, USC - Universidad de Santiago de Compostela y UDC - Universidad de A Coruña) y su actividad está financiada por la Xunta de Galicia, el Ministerio de Ciencia e Innovación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Han aportado artículos para numerosas publicaciones, realizan conferencias, cursos, seminarios, y supervisan y dirigen tesis.

El paquete de software oficial TUGlab (Transferable Utility Game Laboratory) y TUGlab Extended para Mathworks Matlab®¹ es fruto de su trabajo. Desarrollado por *Estela Sánchez Rodríguez* y *Miguel Ángel Mirás Calvo*, está compuesto por un conjunto de scripts en lenguaje M² capaz de procesar y visualizar funciones básicas TU³ aplicadas a juegos de tres y cuatro jugadores. La ampliación a n jugadores se haya actualmente en desarrollo. Este paquete permite al usuario (alumno, profesor, investigador...) experimentar con juegos sin preocuparse por la complejidad de los procesos matemáticos empleados en su cálculo, centrándose en el resultado y en su posterior interpretación (más información en Mirás Calvo y Sánchez Rodríguez, 2008).

La potencia de TUGlab permite que su ámbito de utilización sea muy amplio. Puede ser útil tanto para estudiantes que se inicien en la Teoría de Juegos como para usuarios que quieran realizar cálculos en situaciones reales. Funciona en cualquier arquitectura en la que se pueda integrar MathWorks Matlab® (PC, Unix y Macintosh actualmente).

2. MOTIVACIÓN

Si bien el paquete TUGlab supone una gran ayuda práctica en el cálculo y visualización de diversos parámetros para juegos TU, existen también algunos inconvenientes que dificultan su uso, destacando entre ellos que es necesario adquirir una licencia del software original⁴ y poseer conocimientos previos sobre un subconjunto de instrucciones del lenguaje M para poder utilizar las funciones del paquete (su sintaxis y semántica⁵). Por otro lado, TUGlab está en constante crecimiento, aportando nuevas funcionalidades y haciendo necesarias constantes actualizaciones. Sin embargo, el proceso de actualización no es automático para el usuario final, tendrá que descargar e instalar cada nueva función (en forma de archivos ".m") que se incluya en el proyecto.

Todas estas razones impulsan la creación de un sistema, TUGlabWeb, que resuelve este tipo de cuestiones y que facilite el uso de TUGlab abstrayendo el cómo se construyen las llamadas a las funciones o cuáles son los comandos y procedimientos necesarios para hacer funcionar el paquete. TUGlabWeb permite que el usuario se centre en la interpretación e importancia de los resultados, alejándose del aprendizaje técnico del programa. Se presenta en forma de interfaz web intuitiva, sencilla y didáctica. Con una potente herramienta de gestión integrada para ampliar o modificar su funcionalidad de forma paralela al proyecto original. Es capaz de generar las llamadas adecuadas, procesar las peticiones y presentar los resultados de forma clara y con varias posibilidades de interacción con los mismos.

TUGlab no es el único paquete capaz de realizar este tipo de cálculos. Existen soluciones como *TUgames*⁶ de *Holger Ingmar Meinhardt* cuyo funcionamiento es muy similar pero escrito para el software propietario *Mathematica*. Al igual que TUGlab dispone de extensión gráfica para representar soluciones. Y en un ámbito más amplio de la propia Teoría de Juegos (fundamentalmente centrado en juegos no cooperativos) se puede encontrar el software multi-plataforma y con licencia GNU⁷, *Gambit*⁸, escrito en C++, con una API pública en Python para el desarrollo de scripts y con una completa interfaz gráfica de usuario. Ninguna de estas soluciones está orientada a la web, es decir, es necesario instalar y mantener el software para su utilización *stand alone*. En el sitio *gametheory.net*⁹ sí se pueden utilizar *applets* Java para navegador web, pero su funcionalidad es muy limitada, dispersa y de carácter exclusivamente didáctico.

¹ Transferable utility game theory Matlab toolboxes

http://webs.uvigo.es/matematicas/campus_vigo/profesores/mmiras/TUGlabWeb/TUGlab.html

² El lenguaje M es un lenguaje de script. Un script o guión es una serie de órdenes que se pasan a un intérprete para que las ejecute. No cumplen la definición de programa porque no son ejecutables por ellos mismos. Un programa se comunica directamente con el sistema operativo mientras que un script lo hace con un intérprete que a su vez envía comandos al sistema operativo.

³ TU: eng. *Transferable Utility* (Utilidad Transferible).

⁴ Relación de precios de los productos de MathWorks en Abril 2011 para uso académico (no comercial) <http://www-h.eng.cam.ac.uk/help/amb/programs/matlab.current.price.list.pdf>

⁵ Detallado en la completa documentación que acompaña al software, la cual es posible consultar online en la siguiente dirección: http://webs.uvigo.es/matematicas/campus_vigo/profesores/mmiras/TUGlabWeb/TUGlabGUIDE.pdf

⁶ El paquete *TUgames* es una extensión del paquete *CooperativeGames* escrito para *Mathematica* por Michael Carter. Útil para modelar, calcular soluciones y estudiar propiedades de juegos cooperativos con utilidad transferible. Proporciona una herramienta gráfica la cual funciona solamente bajo sistema UNIX/LINUX y que en este momento se encuentran portado a sistema Windows. <http://library.wolfram.com/infocenter/MathSource/5709/>

⁷ La Licencia Pública General de GNU (GNU GPL) es una licencia creada por la *Free Software Foundation* y protege la libre distribución, modificación y uso del software. El software cubierto por esta licencia es software libre y protege de intentos de apropiación que restringen libertades a los usuarios.

⁸ Más información sobre el proyecto *Gambit: Software Tools for Game Theory* en su página web <http://www.gambit-project.org>

⁹ Applets Java en <http://www.gametheory.net/applets/>

3. TUGLABWEB

3.1. FUNCIONALIDAD

Desde el punto de vista informático, un juego cooperativo TU se representa por un vector de 2^n elementos (también conocido como función característica), siendo n el número de jugadores. Los objetivos serán comprobar si este vector cumple determinadas condiciones matemáticas y/o buscar vectores de n elementos (o conjuntos de vectores) que nos indicarán la parte del coste/beneficio total que pagará/recibirá cada uno de los jugadores.

Se implementan juegos para 3 y 4 jugadores. Aunque ya se está trabajando para versiones de n jugadores, con lo que el sistema estará preparado para incluirlas cuando su desarrollo haya finalizado. Se pueden utilizar clases de juegos estudiadas en la literatura que reciben distintos parámetros de entrada para generar una función característica (juegos de bancarrota, juegos de inventario,...). Tanto estos juegos como las funciones básicas (propiedades, conjuntos de soluciones, soluciones puntuales,...) pueden ser ampliadas con un sencillo proceso semi-automático en el que el sistema decidirá cómo se construyen las llamadas. Lanzar un juego es la acción de ejecutar un proceso de análisis sobre las propiedades de una función característica que hemos introducido directamente o que hemos obtenido de alguna otra forma de las que facilita la aplicación. Comprende las siguientes fases: a) aceptación y validación de una función característica, b) selección de propiedades, conjunto de soluciones, solución gráfica, etc. c) ejecución de los cálculos gracias a las funciones aportadas por el paquete TUGlab y, por último d) devolver y mostrar los resultados al usuario. El lanzamiento de un juego puede dar lugar a un resultado que permitirá retroalimentar otro lanzamiento diferente que derive del primero.

El sistema permite la ejecución simultánea de múltiples instancias derivadas del lanzamiento de juegos por parte de los usuarios, sin importar su ubicación. Aunque se puede restringir el número de usuarios conectados al mismo tiempo por cuestiones de limitaciones hardware para asegurar un tiempo de respuesta razonable.

Se identifican dos perfiles de usuario: el *Administrador* que podrá configurar el sistema modificando características importantes del mismo: gestionar funciones, juegos, usuarios registrados, ejemplos,... y el *Usuario* (sin privilegios), que tendrá acceso a la ejecución de funciones y a gestionar los resultados almacenados de sus juegos.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

La decisión de implementar el sistema como una aplicación Web, se debe a la necesidad de

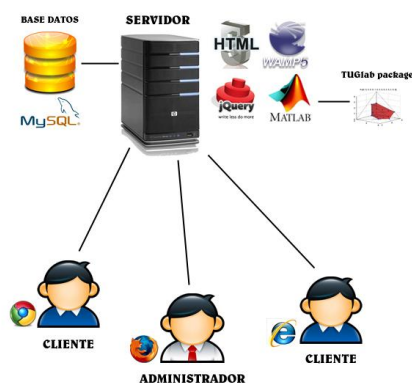


Figura 1: Arquitectura del sistema. La parte del Servidor se basa en arquitectura AMP (Servidor de páginas Web Apache con el módulo correspondiente para PHP versión 5.0 o superior, un Sistema Gestor de Bases de Datos MySQL). Además, es necesaria una instalación completa del software MathWorks Matlab® en su versión 6.5 o superior con el plug-in TUGlab.

conseguir el mayor número de usuarios, que participen activamente y que mejoren así, los resultados de las pruebas realizadas. Para el desarrollo de TUGlabWeb se ha elegido una arquitectura clásica de tres capas, separando la lógica de negocio con la lógica de diseño; la capa de presentación consiste en la interfaz gráfica del paquete TUGlab vía web. El usuario se comunica con esta capa a través de la interfaz web. A través de ella se recibe y envía información, siendo compatible con los navegadores web más comunes. En la capa de negocio es donde reside Matlab®: el software matemático que será el encargado de ejecutar las peticiones recogidas en la capa de presentación. El paquete TUGlab es una extensión del propio Matlab®. También se encuentra aquí el servidor Apache que atenderá las conexiones vía web y servirá las páginas HTML. Por último, la capa de datos es donde reside la información y es la encargada de acceder a la misma. Los datos que se almacenan serán relativos a usuarios, funciones

disponibles junto con sus prototipos y demás contenido que necesite tener carácter persistente. Es

necesario aclarar que el sistema también almacenará información sobre los juegos en archivos distribuidos en carpetas personales de cada usuario para recoger la información guardada de varios tipos (texto, imágenes,...) de una manera eficaz.

Matlab® es una aplicación *stand-alone* que se puede ejecutar en modo *batch*¹⁰ (o procesamiento por lotes). Los programas que se ejecutan por lotes suelen especificar su funcionamiento mediante scripts o guiones (procedimientos) en los que se indica qué se quiere ejecutar y, frecuentemente, qué tipo de recursos necesita reservar. La ventaja es que es posible especificar una serie de parámetros en dicha llamada que serán de gran utilidad para ejecutar los scripts del paquete TUGlab, recogiendo valores para variables externas y exportando los resultados en archivos de *logs* en el formato apropiado.

El modo *batch* implica que por cada lanzamiento del juego se cree una ejecución de Matlab® lo que provoca que, al incrementarse el número de lanzamientos simultáneos, el tiempo de respuesta se vea claramente afectado.

3.3. EJEMPLO DE USO

En esta sección mostraré un ejemplo de uso de TUGlabWeb para comprender mejor su funcionamiento. Para poder trabajar con TUGlabWeb es necesario registrarse y obtener una cuenta de usuario. Una vez el usuario se haya identificado podrá utilizar la funcionalidad diseñada en función de los permisos asignados. En este ejemplo, se utilizará un juego de bancarrota para cuatro jugadores el cuál se encuentra almacenado en el sistema y se puede recuperar de la lista de ejemplos (*Figura 2*).



Figura 2: El primer paso es introducir la función característica del juego. Además de los ejemplos (gestionados por los propios Administradores) existen dos formas más para introducir los valores: la entrada directa y la entrada de valores por coaliciones.

El siguiente paso es seleccionar las propiedades que se desean estudiar, las soluciones puntuales o los conjuntos de soluciones que se desean obtener en una lista que refleja las funciones TUGlab que se han desarrollado y que un administrador de TUGlabWeb ha incluido en la plataforma. La *Figura 3* muestra los valores de la función característica para cuatro jugadores correspondiente al ejemplo “*juego de bancarrota*” y debajo la lista de funciones disponibles (con una marca en las que se han seleccionado para este ejemplo concreto).

¹⁰ Se conoce como procesamiento por lotes a la ejecución de un programa sin el control o supervisión directa del usuario (que se denomina procesamiento interactivo). Este tipo de programas se caracterizan porque su ejecución no precisa ningún tipo de interacción con el usuario.


0 0 0 0 0 3000 0 2000 5000 2000 5000 8000 7000 10000

	{1}	{2}	{3}	{4}	{12}	{13}	{14}	{23}	{24}	{34}	{123}	{124}	{134}	{234}	{1234}
	0	0	0	0	0	0	3000	0	2000	5000	2000	5000	8000	7000	10000

You must select at least one of the following checkboxes

Properties ↑↓

- ☒ Additivity
- ☐ Compromise Admissibility
- ☐ Balancedness
- ☐ Convexity
- ☐ Essentiality
- ☐ Exactness
- ☒ Monotonicity
- ☐ Superadditivity
- ☐ Totally Balancedness
- ☐ Zero Monotonicity

Point Solutions ↑↓

- ☐ Core Center
- ☐ Nucleolus
- ☐ Shapley value
- ☐ Tau-value
- ☒ Utopia Payoffs

Set Solutions ↑↓

- ☐ Belong to Core
- ☐ Core Cover Set (4 players)
- ☐ Cover Cover Vertices (4 players)
- ☒ Core Set
- ☐ Core Vertices
- ☐ Harsanyi Set
- ☐ Imputation Vertices
- ☐ Weber Set
- ☐ Weber Vertices

Others ↑↓

- ☐ Centroid Game (3 Players)
- ☐ Convex Structure of the Core Cover
- ☐ Convex Structure of the core
- ☒ Dual Game
- ☐ Excesses
- ☐ Face Games
- ☐ Harsanyi Dividends
- ☐ Harsanyi (mingame and maxgame)
- ☐ Multi-linear extension
- ☐ Normalized
- ☐ Convex Structure of the Weber set

Figura 3: Para este ejemplo se han seleccionado las propiedades *Additivity* y *Monotonicity*, la solución puntual *Utopia Payoffs*, el conjunto de soluciones *Core Set* y una función adicional *Dual Game*.

Una vez validada la selección el navegador del usuario envía una petición al servidor dónde está ubicado Matlab® para que resuelva el problema y nos devuelva los resultados reflejados en la *Figura 4*.

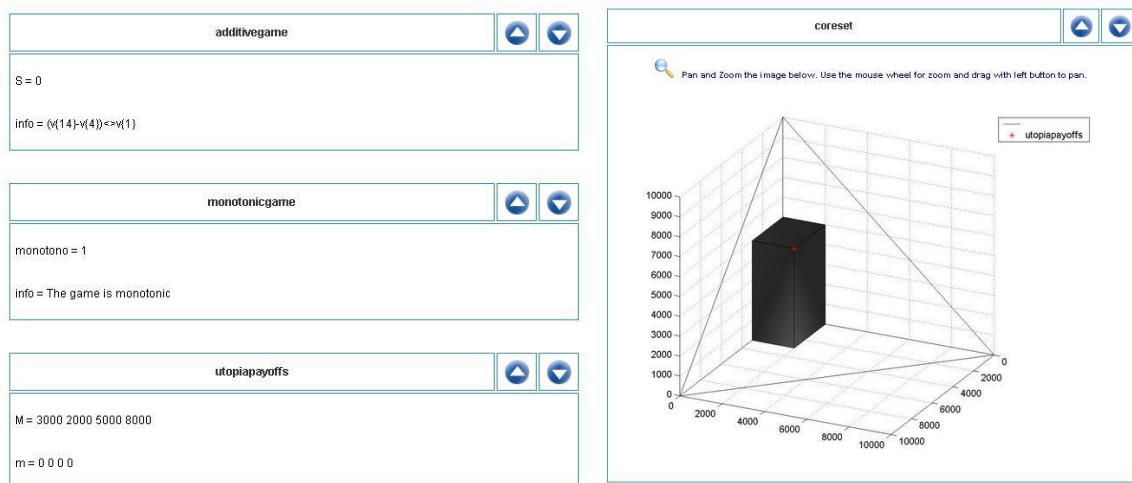


Figura 4: En cada caja se obtiene el resultado de aplicar la función TUGlab a la función característica del ejemplo

Los resultados obtenidos pueden ser almacenados para su consulta posterior en la “biblioteca de juegos”, de la que todo usuario dispone. En esta biblioteca podemos consultar aquellos juegos que se han decidido conservar. Esto evita que la próxima vez que se desee realizar el mismo análisis sobre esa función característica se tenga que repetir el proceso de lanzar un juego ya que los resultados serán los mismos.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Ejecutar Matlab® en un servidor, procesar complejas funciones matemáticas y devolver el resultado constituye una nueva capa de abstracción que aísla al usuario de las cuestiones técnicas relacionadas con la tecnología (lenguajes de programación, instalación y configuración de nuevo software,...) y centra toda su atención en sus objetivos principales en materia de Teoría de Juegos. Los

usuarios pueden hacer cálculos sobre sus juegos sin saber que existe una herramienta detrás con la extensión TUGlab que está trabajando para obtener los resultados.

La herramienta de gestión de la plataforma ofrece además, características adicionales enfocadas a la docencia y a la investigación y puede ser controlada por los propios usuarios sin intervención del programador. El hecho de poder almacenar los resultados es un aspecto muy importante a la hora de medir la eficacia y rendimiento. Un usuario que haya guardado un juego y quiera volver a consultar los resultados obtenidos tras su lanzamiento no tendrá que volver a realizar la ejecución del mismo, lo que incrementaría el tiempo de obtención de dichos resultados y además reduciría la capacidad de proceso en el servidor.

Se prevé que el paquete TUGlab siga creciendo aportando nuevas funcionalidades. Las personas que integran los diferentes departamentos que han participado en este proyecto trabajan actualmente en mejorar sus capacidades para permitir una configuración más dinámica y eficiente. El sistema TUGlabWeb se ha planteado desde un principio como un sistema evolutivo y abierto a posibles mejoras en el paquete. Esto permite que las funciones que se desarrollen y se incluyan en el paquete TUGlab en un futuro se puedan integrar con poco esfuerzo en TUGlabWeb.

El principal problema de trabajar con software propietario es la limitación de la licencia. No posee una API (*Application Programming Interface*) pública y ello dificulta la comunicación con la aplicación que ejecuta los scripts que componen el paquete TUGlab. Una posible solución es utilizar software libre para realizar estos cálculos, en algunos casos, hasta es probable que la traducción del código de las funciones se realice de manera muy sencilla. Por ejemplo, existe para Linux el software GNU Octave¹¹, el cual se considera su equivalente no comercial y cuya sintaxis es muy similar a la de Matlab®. Se trata de una aplicación *Open Source* y con licencia GNU, dos ventajas excepcionales.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto TUGlabWeb surge de la colaboración entre el *Santiago Game Theory Group* (SaGaTh), el Grupo Web de Agentes Inteligentes de la Escuela de Ingeniería Informática de Ourense (GWAI), el Departamento de Matemáticas de la Universidad de Vigo y el Statistical Inference Decisions and Operations Research Group (SIDOR). Este trabajo ha sido realizado con la financiación de la Xunta de Galicia (INCITE09-207-064-PR) y del Ministerio de Ciencia e Innovación y FEDER (ECO2008-03484-C02-02).

REFERENCIAS

González-Díaz, J., García-Jurado, I. y Fiestras-Janeiro, M. G. (2010) An introductory course on mathematical game theory. Graduate Studies in Mathematics vol. 115. American Mathematical Society.

Mirás Calvo, M. A., Sánchez Rodríguez, E. (2008) Juegos Cooperativos con Utilidad Transferible usando MATLAB: TUGlab. Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo.

¹¹ Octave Project Webpage <http://www.gnu.org/software/octave/>