

# **Algoritmo Genético para la asignación eficiente de recursos en casos de Catástrofes Climáticas**

Marcos Trotti, María Dos Reis, Moisés Bueno, Daniel Xodo

Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada (INTIA) /  
Departamento de Computación y Sistemas / Facultad de Ciencias Exactas /  
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN)  
Paraje Arroyo Seco, Pabellón de Institutos de Sistemas, Campus Universitario, CP 7000, TANDIL,  
Pcia. de Bs. As., Argentina, (54) (0249) 4439680  
marcostrotti@gmail.com, dosreis@econ.unicen.edu.ar, bueno@econ.unicen.edu.ar,  
daniel.xodo@gmail.com

## **Resumen**

La distribución eficiente de recursos alimenticios o materiales en casos de emergencia climática es, generalmente, un problema que conlleva una ardua tarea y consume tiempo crítico de planificación. La disponibilidad de los recursos necesarios en el momento adecuado minimiza el impacto de la emergencia e incluso ayuda, en algunos casos, a preservar vidas.

Se está atravesando un proceso de cambio climático que afecta la población mundial de diversas formas, observándose el incremento de la frecuencia y el impacto de fenómenos meteorológicos extremos. Éstos no sólo tienen injerencia en el momento que ocurren, sino que pueden generar repercusiones a largo plazo.

El presente trabajo contempla el desarrollo de una herramienta informática que, mediante la aplicación de un algoritmo genético, permite realizar una asignación eficiente de recursos en casos de emergencia con el objetivo de minimizar el impacto del evento en cuestión.

**Palabras clave: Asignación de Recursos, Algoritmo Genético, Ayuda Social**

## **Contexto**

El proyecto de investigación se denomina Métodos de Razonamiento Aproximado en Investigación Socio-económica (MERAIS V) y la línea de investigación específica es “ESTUDIO DE APLICABILIDAD DE TÉCNICAS Y ALGORITMOS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA AYUDA SOCIAL”.

Dentro de esta línea, los integrantes Dos Reis, M. y Bueno, M. son voluntarios en la Asociación Civil Proyecto Koinonía y docentes de la cátedra Investigación Operativa de la carrera Ingeniería de Sistemas de la UNICEN. A través de un convenio marco entre Proyecto Koinonía y la UNICEN, se articulan trabajos de alumnos que integran y complementan herramientas informáticas que son ofrecidas gratuitamente por Proyecto Koinonía a otras instituciones de ayuda social.

El presente trabajo tiene la participación del alumno Trotti, M. que, en conjunto con los integrantes docentes de la línea de investigación, desarrollaron un complemento al servicio denominado “Ayudarg” que ofrece Proyecto Koinonía.

## **Introducción**

Desde hace ya varios años, el planeta está atravesando un proceso de cambio climático que afecta a la población a nivel mundial (IPCC, 2007a, b). El proceso de cambio tiene entre sus principales efectos fenómenos meteorológicos extremos, sequías, subidas del nivel del mar, deshielos y pérdida de recursos debido a la reducción de la producción de alimentos en diversos puntos del planeta, lo que dificulta el abastecimiento en muchas regiones del mundo (Craufurd, 2009).

Al ocurrir una catástrofe climática de cualquier índole, con cierto grado de gravedad, resulta necesario disponer de los recursos (alimenticios y materiales, entre otros) que permitan atender las necesidades de los afectados minimizando el impacto de la catástrofe en cuestión.

Generalmente se cuenta con recursos distribuidos geográficamente en distintos centros o sedes, desde los cuales se intentan enviar los recursos al lugar afectado. Esta logística organizacional puede presentar diversos problemas. Se deben implementar las políticas de asignación y distribución que permitan la recolección, envío y entrega efectiva de los recursos. Por otra parte, cada centro debe conocer los recursos que posee para agilizar el proceso, lo cual requiere una adecuada gestión de los stocks en los centros oferentes.

El presente trabajo contempla el desarrollo de una herramienta informática que, por medio de un Algoritmo

Genético, permite a los centros o entidades gestionar los recursos que posee; y por otra parte, en caso de ocurrir una catástrofe, encontrar los recursos necesarios para atender las necesidades de los damnificados de una forma rápida y eficiente.

Se optó por implementar un Algoritmo Genético (Holland, 1975) debido a que la asignación de recursos es un problema de naturaleza combinatorial cuyo costo computacional se incrementa conforme aumenta el número de combinaciones posibles. A su vez, los Algoritmos Genéticos han demostrado lograr soluciones heurísticas a problemas de combinaciones en tiempos de ejecución aceptables (Mitchell, 1996).

El algoritmo no sólo tiene en cuenta la satisfacción de las necesidades de los damnificados, sino que también intenta minimizar los costos de transporte de los recursos desde los distintos centros o sedes hasta el área afectada.

Un centro o sede es una entidad que provee, almacena o demanda distintos tipos de recursos; está localizada en un punto geográfico determinado. Los recursos son de tipo alimenticio, por ejemplo: arroz, azúcar, etc., o materiales, como por ejemplo: frazadas, ropa, medicamentos, etc. Los recursos pertenecientes a cada centro o sede son inventariados pudiendo contar con un stock permanentemente actualizado para ser consultado por la herramienta desarrollada.

En caso de ocurrir una emergencia, una sede tomará el rol de demandante, solicitando al resto de las sedes distintas cantidades de diferentes tipos de recursos.

Los recursos varían de acuerdo al tipo de emergencia suscitada. Por ejemplo los recursos demandados en una inundación no son los mismos que para una sequía extrema. A su vez, los recursos demandados pueden no poseer el mismo

nivel de urgencia o relevancia, provocando que ciertas necesidades deban ser satisfechas con mayor nivel de celeridad respecto de otras. Motivo por el cual, es de esperar que la sede demandante establezca prioridades entre los recursos que demanda.

La logística del transporte de los recursos desde las distintas sedes hacia el punto de la emergencia posee costos asociados que deben ser minimizados para hacer económicamente viable el envío.

Un componente fundamental de los algoritmos genéticos es la función de evaluación o fitness la cual determina, en este caso, la eficiencia con la cual son asignados los recursos. La función implementada contempla por un lado en qué grado los recursos solicitados por la sede son otorgados por el resto de las sedes, y por otra parte, la cantidad de kilómetros recorridos durante el proceso de recolección y traslado de los mismos. Es posible asignarle un nivel de importancia a las componentes (grado de recursos satisfechos vs kilómetros recorridos) enfatizando sobre el aspecto que sea más relevante.

Para evaluar la asignación de recursos, una primera aproximación contempló sólo la satisfacción de la demanda:

El primer término, representa la asignación efectiva, el segundo la asignación faltante (se contempla si  $t_i$  es mayor a  $c_i$ ) y el tercero, la penalización por sobre asignación (se evalúa si  $c_i$  es mayor a  $t_i$ ). Donde  $i$  corresponde al recurso solicitado,  $c_i$  la cantidad del recurso  $i$  asignado,  $p_i$  la relevancia normalizada del recurso  $i$  y  $t_i$  la cantidad demandada por la sede.  $A$  dará valor menor a cero si la suma de las penalizaciones son mayores que la suma de las asignaciones alcanzadas. El objetivo es maximizar la asignación de

recursos, por lo tanto los valores óptimos se obtienen a mayores valores de  $A$ .

También se implementó otra versión del algoritmo que contempla las distancias desde la sede demandante a las sedes donde están los recursos.

Al igual que en el caso anterior, se divide el peor recorrido posible entre las sedes sobre el recorrido actual con el objetivo de que; cuanto menor sea el recorrido actual, mayor sea la valoración de la asignación lograda.

## Resultados y Objetivos

La herramienta “Ayudarg” de Proyecto Koinonía tiene por objeto administrar en forma eficiente la asignación de recursos ofrecidos y/o demandados por las sedes, ubicadas sin restricciones geográficas. Actualmente la base de datos de “Ayudarg” cuenta con 4200 recursos clasificados y catalogados.

En las pruebas realizadas se estableció como objetivo de ensayo un caso de baja dificultad para poder evaluarlo paralelamente en forma manual, y de esta forma validar los resultados obtenidos.

En estas pruebas intervinieron 20 recursos, repartidos en 8 sedes de 5 ciudades distintas (las más distantes alejadas entre ellas en 1700 km). Una novena sede es la demandante de recursos con diferentes prioridades. Se simularon dos situaciones hipotéticas: en primera instancia una emergencia por sequía y, en segunda instancia, una situación de inundación.

Sobre ambos casos de prueba, se realizaron 25 simulaciones evaluando el fitness obtenido. Los resultados logrados se resumen a continuación:






Es importante destacar que los casos analizados presentan variaciones en el número de recursos solicitados siendo los recursos solicitados en el Caso II el doble respecto del Caso I aumentando así la complejidad de la solución.

Para el Caso I los tiempos de ejecución promedios son de medio segundo, y aproximadamente un segundo al contemplar la distancia entre las sedes. Por otra parte, para el Caso II los tiempos de ejecución promedio rondan medio segundo, y un segundo y medio en caso de contemplar la distancia entre las sedes.

Concluyendo, la herramienta desarrollada permite realizar una asignación eficiente de los recursos en tiempos de ejecución muy cortos, disminuyendo significativamente el tiempo empleado en la logística asociada a la obtención de los recursos. Estas pruebas que desde el punto de vista computacional son de baja complejidad, no lo son así en el caso de una asignación manual. Obviamente los tiempos de ejecución manuales de estas simulaciones serían mucho mayores, además de que no es posible tener en cuenta cierta multiplicidad de factores sin incrementar los costos operativos al momento de efectuar la asignación.

## **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

Este trabajo es un ejemplo de énfasis en la transferencia que realiza la universidad a la sociedad en casos reales y de aplicación concreta.

A través de la interacción y trabajo en conjunto con organizaciones civiles, los investigadores, docentes y alumnos se abocan a desarrollar soluciones a problemas reales. En este caso se atiende a la demanda y asignación de recursos en situaciones de catástrofes.

En estas situaciones la solidaridad y el rol de las organizaciones civiles es de suma importancia; y la gestión de estas organizaciones suele ser pobre desde el punto de vista de la “informática de gestión”. El aporte del presente trabajo se aboca a mejorar los procesos de gestión en las redes sociales, entendiéndose éstas como grupo de instituciones trabajando en red para el bien social; las cuales administrando de forma eficiente la asignación y distribución de recursos, lograrían atenuar el impacto de atención de necesidades a personas en situación de riesgo.

## **Formación de Recursos Humanos**

Los docentes autores del presente trabajo forman parte del equipo de trabajo del área de Gestión de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro. Xodo, D. es Ingeniero Industrial, Magíster en Administración de Negocios y actual director de carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional Trenque Lauquen de la UTN; además de ser Profesor de la cátedra Investigación Operativa de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNICEN.

Dos Reis, M. es Ingeniera de Sistemas, Magíster en Administración de Negocios y actualmente cursa el Doctorado en Administración de Negocios, dedicando su investigación doctoral a temas

relacionados con Gestión del Conocimiento y Capital Social en Redes Inter-Organizacionales de Ayuda Social. Es JTP en la cátedra Investigación Operativa de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNICEN y complementa su dedicación exclusiva en el departamento de Economía y Métodos Cuantitativos de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNICEN.

Bueno, M. es Ingeniero de Sistemas, Magíster en Administración de Negocios y cuenta con una Especialización en Gestión Universitaria. Se desempeña como JTP en la cátedra Investigación Operativa de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNICEN y colabora en otras materias del área de gestión, de la misma manera que sus colegas.

Trotti, M. es alumno avanzado de la carrera Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ciencias Exactas y provee soporte técnico especializado al Programa de Desarrollo Profesional de la Facultad de Económicas.

Las metas referidas a la formación de recursos humanos se resumen en lograr i) capacitación permanente a través de la investigación, concurrencia a congresos, publicaciones y postgrados ii) transferencia de tecnología y conocimiento a través de la docencia, dirección de tesis y solución de problemas concretos a Organizaciones iii) la interacción con otros grupos de la Universidad y iv) el crecimiento de nuestro grupo Informática de Gestión de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNICEN.

Cabe mencionar que como resultado del vínculo con Proyecto Koinonía se han generado numerosas publicaciones académicas con referato, se están

desarrollando dos tesis de grados y una tesis doctoral; además del trabajo de transferencia generado con las organizaciones civiles de la ciudad de Tandil (Dos Reis, Xodo & Bueno, 2014). Se prevé también un crecimiento importante para los próximos años debido fundamentalmente a la implementación de las herramientas desarrolladas.

## Referencias

Craufurd, P. Q., & Wheeler, T. R. (2009). Climate change and the flowering time of annual crops. *Journal of Experimental Botany*, 60(9), 2529–2539.

Dos Reis, M.; Xodo, D.; Bueno, M. (2014). Transferencia de conocimientos a la sociedad: una experiencia de Ingeniería en proyectos de carácter social. Proyecto Koinonía. VII Congreso de Ingeniería Industrial COINI 2014 UTN FRCH, Puerto Madryn, CHUBUT. ISBN en trámite.

Holland, J.H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor: University of Michigan Press

IPCC (2007a). *Climate change 2007: the physical science basis. Summary for policymakers*. Paris: WMO/UNEP, 21.

IPCC (2007b). *Summary for policymakers*. In: Parry M, Canziani O, Palutikof J, van der Linden P, Hanson C, eds. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 7–22

Mitchell, Melanie (1996). *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press. ISBN 9780585030944.