

Algoritmos Evolucionarios para la Asignación de Recursos Humanos a Tareas Vinculadas a la Construcción de Cañerías para Fluidos Relacionados con el Petróleo

Luis Osorio¹, María F. Pollo-Cattaneo^{1,2}, Enrique Fernández¹, Paola Britos¹ y Ramón García-Martínez^{3,4}

(1) Centro de Ing del Software e Ing del Conoc. ITBA. Bs.As. Argentina; (2) Facultad Reg La Plata. UTN. Bs.As. Argentina; (3) Lab de Sist Inteligentes. Facultad de Ing. Univ de Buenos Aires. Bs.As. Argentina. (4) Univ Nac de Lanus. Lic en Sist. Area Ing de Software,.e-mail: fcattane@itba.edu.ar

RESUMEN

Los algoritmos Genéticos, y su generalización: los Algoritmos Evolucionarios; presentan una alternativa para solucionar problemas de optimización complejos. Si bien entenderlos es sumamente sencillo, debido a que se asemejan a los procesos naturales que poseen las especies para su supervivencia, aplicarlos a un problema real implica la construcción de un sistema de alta complejidad. El presente trabajo contiene el estudio, desarrollo, implementación y prueba de un sistema que aplica un algoritmo evolucionario para resolver el problema de la asignación de recursos humanos a tareas vinculadas a la construcción de cañerías para fluidos relacionados con el petróleo. El módulo PA02 pudo mantener los mejores individuos y poblaciones completas de una generación a otra. Sin embargo, los operadores de migración y cruza tuvieron mayor incidencia en la solución, que el operador de mutación. Finalmente, el módulo PA02 representa una mejora en cuanto libera a la persona que realiza hoy la asignación de recursos de la cantidad y tipo de recursos humanos que se necesitan para realizar un emprendimiento. Este sistema será implementado en una empresa constructora denominada GLP; ubicada en la ciudad de Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut, en la República Argentina.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en la empresa GLP, el problema de la asignación de recursos comienza con el inicio de un emprendimiento por encargo de un cliente. Luego de la definición del emprendimiento la persona que se encarga de la administración y dirección de proyectos realiza la lista de tareas necesarias. Cada tarea involucra una determinada cantidad y tipos de recursos humanos para ser llevada a cabo. Luego de confeccionada la lista de tareas procede a realizar la búsqueda de los individuos que van a formar parte del emprendimiento; para ello tiene que acceder a un archivo de fichas individuales de personas que pueden ser contratadas. Esta búsqueda consiste en determinar la cantidad y los tipos de individuos que mejor se adaptan a las tareas requeridas; pero a la vez debe tener en cuenta las horas ociosas. Las horas ociosas se producen por tiempos en donde algunos individuos podrían no tener asignada ninguna tarea durante la ejecución del proyecto. Para optimizar el proceso de asignación de recursos a las distintas tareas se desarrolló una aplicación que, utilizando Algoritmos Evolucionarios (García, 2008) optimiza la cantidad de horas ociosas (obteniendo la dotación de personal que menor cantidad de horas ociosas produzca) en función del personal disponible para la obra y la cantidad y tipo de tareas a desarrollar.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

Tareas y Recursos

Hoy día, la empresa GLP organiza sus recursos humanos en función de los proyectos para los cuales los contratan. Para ello tiene en cuenta las tareas que componen los diversos emprendimientos. La persona encargada de la asignación, enumera la lista de tareas necesarias junto con los recursos humanos que cada una de estas tareas necesita. Luego comienza a verificar si, en la lista de personal de empresa, se encuentran las personas que pueden llevar a cabo cada una de las tareas (si existen tareas que no están cubiertas por el personal existente en GLP se inicia el proceso de búsqueda y contratación). Una vez que todos los puestos están asignados puede lanzarse la ejecución del emprendimiento. Este último paso finaliza la tarea de asignación de recursos humanos.

A continuación se definen los tipos de tareas, los tipos de recursos humanos y las características que hacen a los diversos recursos humanos aptos para realizar las tareas.

Existen diversos tipos de tareas, como por ejemplo: T1AT - análisis de terreno; T2AR - asignación de recursos, etc. cada una de las cuales se encuentra identificada con un único código. Por otro lado, se definieron los diversos tipos de recursos humanos que pueden ser contratados por GLP, a saber: H01JH - Jefe de obra; H02SM - Supervisor de movimientos de suelo, etc. cada uno posee su código de identificación.

En la Tabla 1 se enumeran las diferentes características que pueden tener los recursos humanos contratados por GLP.

Tabla 1: Lista de características de los individuos

Código	Descripción	Sub categorías
Capacidad	Es la experiencia que posee el individuo para realizar la tarea asignada.	excelente
		muy capaz
		capaz
		nuevo
Edad	Es la edad que posee el individuo.	senior
		semi senior
		junior
Antigüedad	Es el tiempo que posee el individuo trabajando en la empresa; o es conocido por la persona que realiza la asignación. La antigüedad se subdivide hasta 10 años.	Más de 10 años
		Entre 8 y 10 años
		Entre 6 y 8 años
		Entre 4 y 6 años
		Entre 2 y 4 años
Liderazgo	Es la capacidad que posee el individuo de liderar un grupo de personas.	Hasta 2 años
		Líder natural
		Líder natural en cambio
		Líder en pequeños grupos
		Líder en tiempo de prueba
		No está definido como líder
No es líder		

Algoritmos Evolucionarios

Los Algoritmos Evolucionarios son especialmente adecuados para resolver problemas de optimización. Según la definición (García, 2008; Cantú-Paz, 1995; De Jong, 1992; Goldberg, 1989), los algoritmos evolutivos son un concepto general adaptable para la resolución de problemas, y no una colección de algoritmos relacionados y listos para ser usados. Los Algoritmos Evolucionarios tienden a lograr soluciones cada vez más eficientes debido a dos acciones: la primera es que selecciona las mejores poblaciones para la siguiente generación. La segunda acción es la combinación (o migración) de las mejores poblaciones para crear otras poblaciones.

Estos algoritmos en general, datan de 1950, pero en las últimas décadas emergieron las tres variantes más importantes: Programación Evolucionaria (PE), Estrategia Evolucionaria (EE) y Algoritmos Genéticos (AG). Estas variantes implementan algoritmos evolucionarios de diferente manera. La estructura de un algoritmo evolucionario (Goldberg, 1994; Goldberg, 1995), se observa en la Figura 1. Este algoritmo mantiene una población de estructuras que renueva de acuerdo a las reglas de selección, migración, re combinación y mutación. El ciclo repetitivo finaliza cuando se cumple la condición de parada.

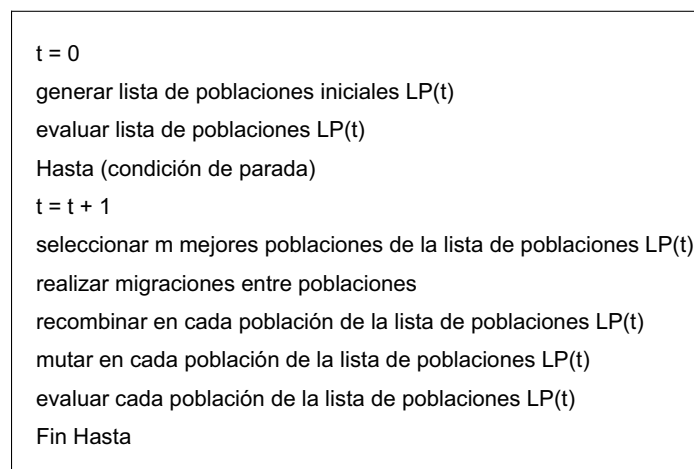


Fig. 1: Estructura genérica de un Algoritmo Evolucionario

PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA

Actualmente la asignación de recursos humanos a tareas, en la empresa GLP, se realiza en forma manual. Esta forma de trabajar insume una gran cantidad de tiempo y la optimización de los costos no es la ideal. Es complejo optimizar de forma manual la cantidad de horas ociosas cuando la asignación de individuos a las distintas tareas no sólo se hacen en función de su especialidad, sino, que se debe analizar cuán idóneo es, cuantos tipos diferentes de tareas puede realizar (por ejemplo un “ayudante” puede también ser “chofer”) y cómo se vincula esto con las tareas factibles de ser desarrolladas en paralelo.

Definición del Sistema

El objetivo principal de esta solución es crear diferentes poblaciones de individuos disponibles para realizar las tareas de un emprendimiento específico. El proceso comienza tomando poblaciones iniciales para luego aplicarles operadores de selección, migración, cruza y mutación; durante un ciclo determinado de iteraciones, con el fin de crear nuevas poblaciones que mejor se ajusten a dichas tareas. La arquitectura del sistema, ver Figura 2, está compuesta por dos módulos: PA01 (se encarga de la administración de las tareas y poblaciones) y PA02 (es el encargado de hacer correr las diferentes poblaciones); dos bases de datos poblaciones y tareas; más un reporte de salida asignación.

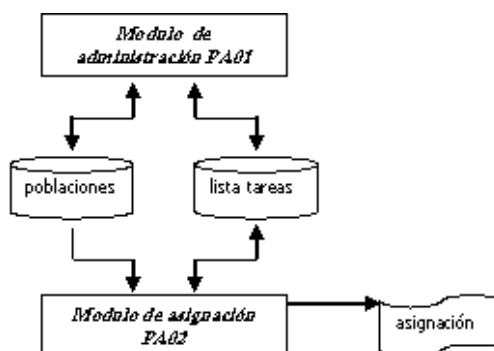


Fig. 2: Arquitectura del sistema

En la Figura 3 se describe el esquema de funcionamiento del sistema, en la misma se pueden observar dos ciclos anidados; el primer ciclo es el que se encarga de tomar una población de individuos, ejecutar la asignación de tareas y hacer correr el tiempo para ver si con dicha población se pueden ejecutar todas las tareas del emprendimiento; el segundo ciclo es el que posee el Algoritmo Evolucionario, este último ciclo contiene los operadores, función de aptitud y condición de parada.

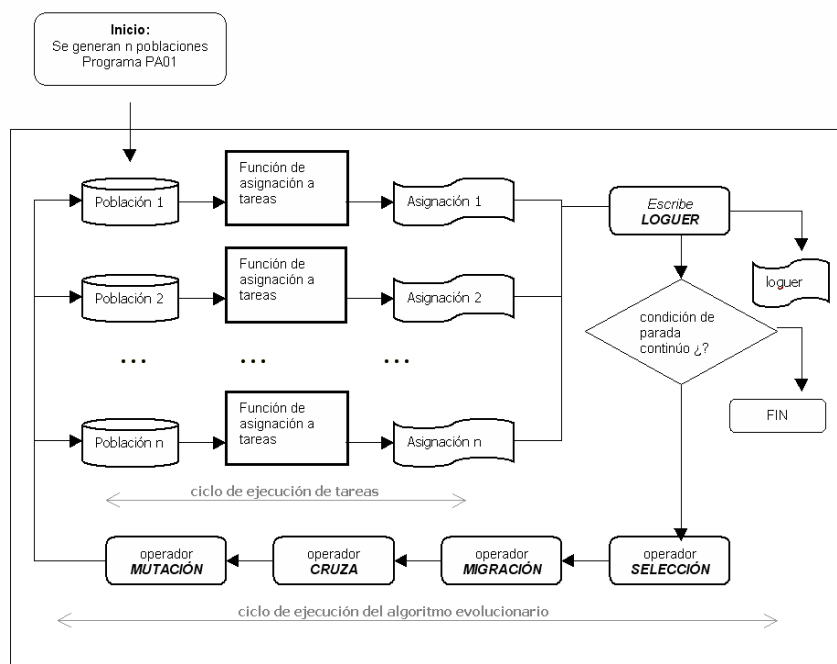


Fig. 3: Esquema de funcionamiento del programa de asignación

Para optimizar las diferentes poblaciones, se utilizará la siguiente función de aptitud basada en horas ociosas:

$$total_horas_ociosas(p) = \sum_{i=1}^m horas_ociosas(R_i) \quad (1)$$

Donde: p: población, m: cantidad de individuos de la población p, R_i : individuo i de la población P y $horas_ociosas(R_i)$: es la cantidad de horas ociosas que obtuvo el individuo R_i en la ejecución de las tareas.

DEMOSTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La Figura 4 muestra una porción del informe generado por el sistema, en el mismo se observan la segunda y tercera generación. En la segunda generación las poblaciones po0002 y po0007 obtuvieron la menor cantidad de horas ociosas y se observa que las mismas aparecen en la tercera generación; es decir el algoritmo del programa las reservó para la generación siguiente. En otras palabras, el algoritmo evolutivo una vez que encuentra una mejor solución trata de preservarla para la siguiente generación; es decir trata cada vez de generar, al menos, iguales o mejores soluciones.

En la misma figura 4, en la tercer generación, aparece una nueva población p05.01 que obtuvo la menor cantidad de horas ociosas; esta población fue creada por el algoritmo combinando las poblaciones po0001 y po0002, de la generación anterior. De esta forma el algoritmo genético presupone que si combina de alguna las mejores poblaciones va a encontrar mejores soluciones.

generación	población	individuos	horas	costo	riesgo	días	orden
02	P00002	100/063	0761	1055	011	35	(01)
02	P00007	100/064	0761	1088	009	35	(02)
02	P00003	100/058	0761	1070	007	35	(03)
02	P04.05	100/060	0761	1176	007	30	(09)
02	P00008	100/057	1257	1141	003	38	(04)
02	P00001	100/052	1342	1206	008	34	(05)
02	P03.04	100/054	1698	1147	009	38	(08)
02	P01.02	100/059	4358	1039	011	00	(06)
02	P02.03	100/063	4182	1118	009	00	(07)
02	P05.01	100/061	4598	1086	008	00	(10)
03	P05.01	100/072	0418	1066	008	23	(10)
03	P00002	100/063	0749	1055	011	35	(01)
03	P00003	100/058	0761	1070	007	35	(03)
03	P04.05	100/060	0761	1176	007	30	(04)
03	P02.03	100/068	0761	1088	009	30	(07)
03	P04.05	100/062	0761	1173	006	30	(09)
03	P00007	100/064	0761	1088	009	35	(02)
03	P01.02	100/071	1039	1098	009	35	(06)
03	P00008	100/059	1257	1125	012	38	(05)
03	P03.04	100/061	1342	1140	007	34	(08)

Fig. 4: Loguer de prueba de Validación

Desde otro punto de vista el programa de asignación también podría seleccionar los mejores individuos y presévalos debido a que puede distinguir entre individuos que mejor se ajusten a las diferentes tareas y, en función a ello, seleccionarlos para el procesamiento de cruce. Esta capacidad no fue explotada en la presente versión; sólo se utilizaron dos indicadores que calificaban de alguna forma a los individuos: su costo y su riesgo. El costo es una función aritmética que da mayor peso si el individuo tiene mejores calificaciones en su perfil; el riesgo es otra función aritmética que mide cuánto se acerca el individuo al perfil de la tarea (cuanto más se ajuste el riesgo es menor). En la Figura 5 se presenta un gráfico que describe cómo varía la cantidad de horas ociosas de una generación a otra, dentro del proceso de asignación. Al inicio del proceso, la cantidad de horas ociosas alcanza casi las 100 horas y, al finalizar el proceso, este valor desciende casi al 50%.

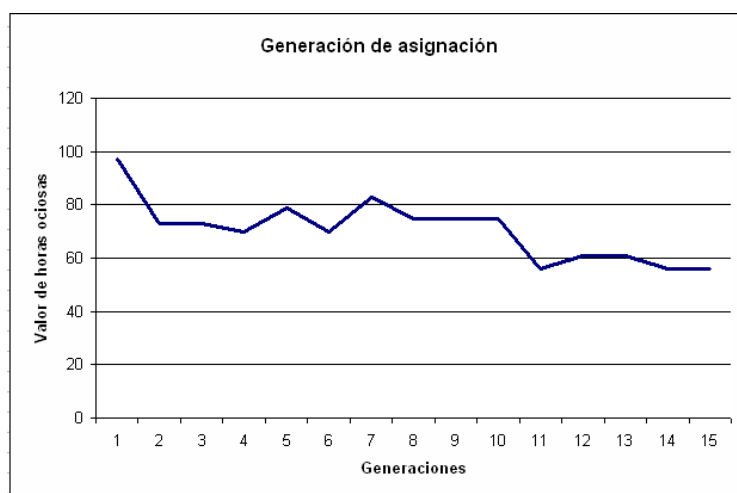


Fig. 5: Medición de la cantidad de horas ociosas por generación

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Utilización de operadores dinámicos: implica que los operadores se modifiquen durante la ejecución del proceso (por ejemplo, el operador de mutación podría incrementar o reducir su porcentaje de incidencia en función al resultado que va obteniendo durante la corrida del sistema). Modificación de la función de aptitud: el sistema podría tener otros componentes y funcionar en base a otras variables (por ejemplo la función de aptitud podría tener en cuenta horas ociosas y tiempo de ejecución total del emprendimiento). Modificación del operador de selección: actualmente cuando encuentra dos individuos que cumplen con el perfil, decide con cual quedarse en función al costo del individuo (podría modificarse incorporando un valor de riesgo que es la medida de ajuste de un individuo al perfil de la tarea). Expansión de la utilización del sistema a otras áreas, por ejemplo en la construcción de viviendas, organización de eventos sociales o construcción e implementación de sistemas de información.

CONCLUSIONES

Mediante este proyecto se ha podido corroborar la potencia de los algoritmos evolutivos para resolver problemas de optimización de asignación de recursos humanos a tareas: Se ha verificado que los Algoritmos Evolucionarios del módulo PA02 logra optimizar las poblaciones iniciales. Además se ha comprobado que los algoritmos evolutivos logran mejores soluciones porque en ellos predominan los mejores individuos. Por otro lado, el módulo PA02 pudo mantener los mejores individuos y poblaciones completas de una generación a otra. Sin embargo, los operadores de migración y cruza tuvieron mayor incidencia en la solución, que el operador de mutación. Finalmente, el módulo PA02 representa una mejora en cuanto libera a la persona que realiza hoy la asignación de recursos de la cantidad y tipo de recursos humanos que se necesitan para realizar un emprendimiento.

REFERENCIAS

Cantú-Paz, Erik A.; *Summary of Research on Parallel Genetic Algorithms*. IlliGAL Report No. 95007, University of Illinois (1995)

De Jong, Kenneth A.; *A Formal Analysis of the Role of Multi-Point Crossover in Genetic Algorithms*. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence Journal*: 5(1), (1992).

García Martínez, R; *Algoritmos Genéticos*. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. Instituto Tecnológico Buenos Aires (2008)

Goldberg, David E.; *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley Publishing Company (1989)

Goldberg, David E.; *Genetic and Evolutionary Algorithms Come of Age Communications of the ACM*: 37(3), (1994)

Goldberg, David E.; *Genetic Algorithms, Selection Schemes, and the Varying Effects of Noise*. IlliGAL Report No. 95009, University of Illinois (1995).