



APLICACIÓN DE LA COMPUTACIÓN

Un Algoritmo Genético Especializado en planeamiento de redes de distribución Parte II. Detalles del algoritmo y su aplicación

A specialized Genetic Algorithm in Distribution Network planning. Part II. Algorithm details and application

Raúl Nicolás Carvajal- Pérez

Recibido: julio del 2009

Aprobado: Septiembre del 2009

Resumen/ Abstract

En la Parte I de este artículo, se expusieron las características de la planificación de redes y su influencia en la selección de métodos específicos en cada uno de los procedimientos para desarrollar los pasos del algoritmo genético especializado. Aquí se exponen las interioridades del algoritmo y el trabajo experimental para fijar la magnitud de los parámetros generales de las poblaciones y la cantidad de éstas. Se presentan casos resueltos durante el ajuste del sistema de cálculo.

Palabras claves: redes, planificación, algoritmo genético, redes de distribución

The first section explained the specific characteristics of network planning and the selected method for genetic operators. In this paper, we expose details about the algorithm steps, the mathematical procedures and some applications.

Keywords: networks, planning, genetic algorithm, distribution networks

INTRODUCCIÓN

En este artículo se explica como se instrumentaron los pasos de un algoritmo genético especializado, elaborado por el autor, para la expansión de una red eléctrica de distribución. El interés en ese algoritmo fue de carácter académico; solo se prestó atención a la programación de los procedimientos para lograr la población inicial y el proceso evolutivo. Ver [1]

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Se tomaron los nodos como elemento central de la base genética. Estos pueden ser:

- *Nodos de suministro* a la red o subestaciones. Estos nodos no tienen demanda.
- *Nodos de servicio*. Entregan energía a las cargas de la red. Además pueden servir de enlace a otros nodos distantes de la subestación.

El elemento genético que diferencia una variante de servicio o cromosoma de otro estará dado por los enlaces del nodo y sus manifestaciones.

Red Base. La cantidad de enlaces está limitada por los corredores posibles. La *red base contiene todos los nodos de la red (NN) y las posibilidades de enlace entre ellos (Li)*. Esta red contiene la base genética de la población. *Se pueden incluir dos enlaces entre un par de nodos con doble sentido cuando se estime conveniente.*

La base de datos (BDG) es depositada en la matriz SG11 con L_i filas y 11 columnas. En ellas aparecen los datos de líneas asociadas a nodos de envío, recibo y sus cargas. Ejemplo:

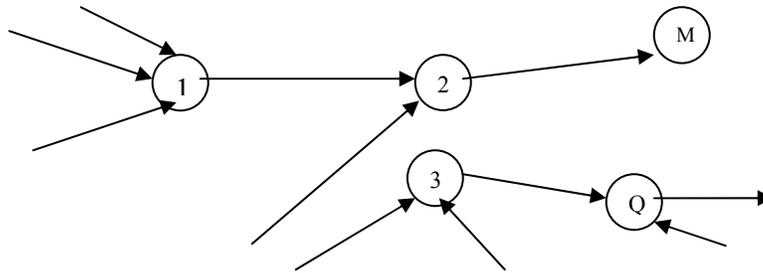


Figura1. Representación de un segmento de red radial.

En este segmento de red, La matriz de cromosomas; C contiene:

Nodo	1	2	3	NR
# entradas	3	2	2	3
C (Columnas)	X X X	X X	X X	X X X >>> Total=Li
Línea #	I1 I2 I3	I4 I5.....	(Referencia de la línea codificada en esa columna).	

Preparación de la información de trabajo. La realizan dos procedimientos:

DatosSG11: Fija la nomenclatura de trabajo y valor de los parámetros de la base genética. NodoSG11. Fija la topología "red base". Su nomenclatura:

Para el nodo i : Cantidad de líneas de entrada $k1(i)$; Numero de referencia $ln1(i, k)$. Cantidad de líneas de salida, $k2(i)$ y sus números de referencia $lout(i, k)$. Para cada línea de referencia $i3$, fija envío ($i3$) y recibo ($i3$).

OBTENCIÓN DE LA POBLACIÓN INICIAL

Comienza fijando los parámetros del AG; tamaño de la población, cantidad de generaciones, puntos de corte etc. Desarrolla un procedimiento llamado *Hradial* de obtención de individuos de forma aleatoria extraídos de la BDG. Los pasos internos del procedimiento son:

Primero: analiza los dobles sentidos excluyendo uno de ellos aleatoriamente. Solo se tiene en cuenta que los nodos queden, al menos, con un enlace de entrada.

Segundo. Procedimiento corre caminos, conforma sub árboles hasta abarcar todos los nodos de servicio y algunas de las subestaciones o todas.

Tercero. Chequea de conectividad; si forma lazos, trata de arreglarlo y si no puede, desecha al individuo.

Esto ocurre con frecuencia en el proceso aleatorio.

Cuarto: Chequeo de copias. Para no duplicar los individuos contenidos en C.

Quinto. Llena una Matriz C booleana. Cada individuo ocupa una fila i. Cada columna c (i, j)=0 si la línea no fue seleccionada; caso contrario c (i, j)=1. Adicionalmente, crea otra matriz H. Esta contiene: $h(j,3) = i3$; línea de alimenta a j. $h(j,1) = \text{Envío}(i3)$, $h(j,2) = \text{Recibo}(i3)$

Sexto. Control genético: chequea si en la población están todos los enlaces de la red base.

Procedimiento H indicencia: halla la matriz topológica de cada individuo con la matriz H. El *flujo de potencia* por la red (aproximado) se obtiene por multiplicación matricial:

$$PI = Hi \cdot P \quad QI = Hi \cdot Q; \quad PI, QI: \text{potencia por las líneas. } P, Q \text{ demanda de los nodos.}$$

El procedimiento es propio de este algoritmo.

Fitness Radial: El Fitness de cada individuo se calcula por formulas exactas; Valor Presente Neto (VPN), este sirve para realizar la comparación de individuos en los procesos de selección de poblaciones.

Estos dos últimos procedimientos son utilizados por todos los individuos en todas las poblaciones que se formen.

PROCESO EVOLUTIVO

Regla de la ruleta. Le asigna a cada individuo un rango de acuerdo a su "Fitness", el menor rango lo tendrá el de mayor "Fitness". Habrá una proporción X del rango medio que cumple:

$\text{FitMax}/\text{Fitness}(k) * X * 360/NC = \text{Rango}(k)$ y esa X se aplica a todos los individuos según el concepto de la regla de la ruleta.

Aquí:

$$\text{Suma} = \sum 1/\text{Fitness}(k). \quad \text{Rango}(k) = 360/(\text{Fitness}(k) * \text{Suma})$$

El orden de distribución de individuos en la ruleta es :

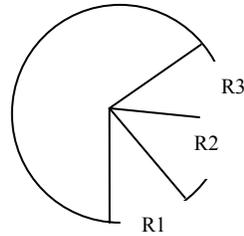


Fig.2. Ubicación de individuos en la ruleta.

Cada individuo tiene un inicio (k) y final (k) en la ruleta.

Creación de nuevos Hijos. Se forman dos hijos por pareja de forma que cada hijo alterna con el segundo los genes que toman de sus padres. Aquí, después de muchas pruebas, se fija la cantidad de 800 hijos.

“Crossover”. En un principio, se utilizó el “crossover” de simple punto, la cantidad de copias obtenidas era excesiva y muy temprana haciendo muy lento el proceso. Se elevó la cantidad de cortes M y con $M=3$ mejoró mucho el proceso.

Búsqueda de dos padres. Se utilizó la regla de la ruleta con el principio establecido antes.

Formación de hijos. Después de repartir los trozos de cromosomas de los padres de forma alterna entre ellos, se chequea si alguno es copia desechándolo; sino, se incorporan a la matriz de los aspirantes C_i . Repite hasta llegar a la cantidad establecida. La matriz C_i contiene C ; asegurando que los mejores genes perduren.

EL PROCESO DE MUTACIÓN

Después de muchas pruebas, se siguió el criterio de iniciar los procesos con un 10 % de mutantes y aumentar hasta un máximo del 15 % en la medida que se observe estatismo en la red. Se tomó el *método de intercambio de bits* explicado antes.

Se comprobó que la mutación es en extremo importante en este algoritmo. Las condiciones de factibilidad provocan *la repetición de bloques de genes de varias generaciones anteriores*.

PROCESO DE SELECCIÓN DE LA NUEVA POBLACIÓN

Para seleccionar la nueva población, se siguen varios procedimientos

Procedimiento restricciones. Se aplica a los hijos contenidos en la matriz C_i .

Primero chequea si la cantidad de bits=1 de ese cromosoma es igual a la cantidad de nodos de servicio. Si es radial y si es conexas; sino, lo desecha.

Segundo. El cálculo de caída de tensión desde los nodos extremos a la subestación. Si supera a la admisible, aumenta el calibre en la trayectoria. Utiliza Hincidencia y Flujo radial. Chequea la capacidad de las líneas y si es necesario aumenta su calibre del enlace.

Tercero: Evalúa el “Fitness” de los individuos contenidos en C_i factibles y ajustados.

Selección de la Nueva Población. Llama primero a la selección de la Élite que coloca en C , el 30 % de mejor “Fitness” de la población anterior. Completa la matriz C con los mejores individuos contenidos en C_i , no elegidos por Élite

EJEMPLOS UTILIZADOS EN EL AJUSTE DEL ALGORITMO GENÉTICO ESPECIALIZADO

Se utilizaron tres ejemplos para la puesta a punto del algoritmo. En los dos primeros se fueron ajustando los parámetros generales del algoritmo que se han expuesto. El paso final de puesta a punto se realizó a partir del estudio de un caso de 4 Subestaciones, 45 nodos de servicio y 116 enlaces en la red base.

El esquema de la red es el siguiente:

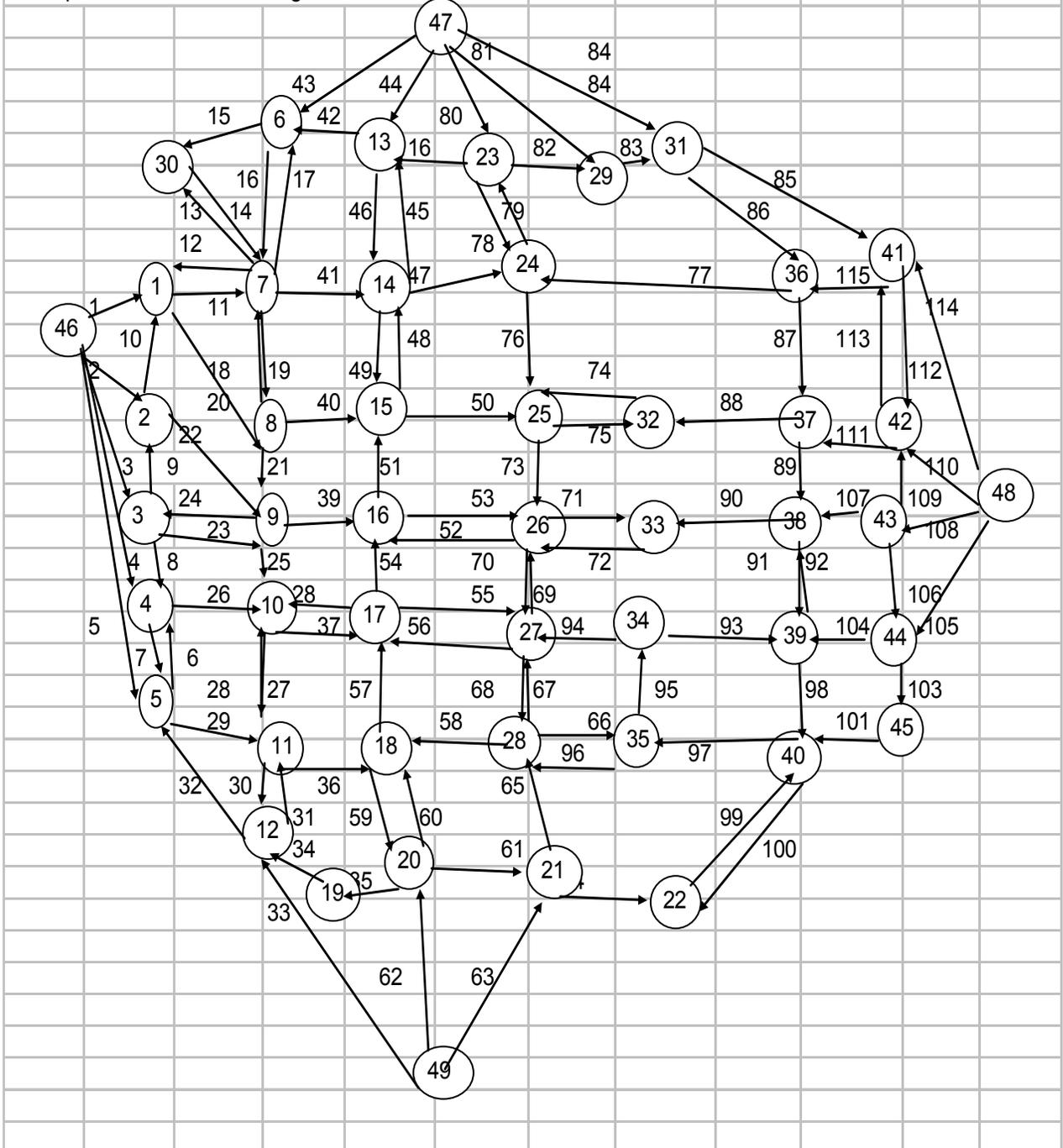


Fig3. Representación de la red base del ejemplo resuelto.

El Proceso evolutivo con los líderes de cada generación se encuentra en la tabla1.

Tabla1. Evolución genética de las poblaciones.

Referencia de las líneas de alimentación a los nodos del "leader" en 31generaciones

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	10												12														
2	9																										
3	3																										
4	4						8														4						
5	32												7														
6	43																										
7	18												16								14	16		14			
8	20												19														
9	21														22												
10	28																										
11	29																										
12	34																										
13	116																										
14	48																										
15	51																										
16	52							54					52														
17	57																										
18	58																									60	
19	35																										
20	62																										
21	61																										
22	100																										
23	80																										
24	47																										
25	74																										
26	73																										
27	67																										
28	96																										
29	81																										
30	13																										
31	83																										
32	88																										
33	90																										
34	95																										
35	97																										
36	86							115																			
37	111							87																			
38	107							89																			
39	93							91																			
40	101																										
41	114																										
42	113																										
43	108																										
44	106																										
45	102																										

La función económica expresada en 10^3 \$/a del "leader" de las generaciones que cambiaron aparece en la tabla2.

Tabla2. Mejores "Fitness" obtenidos en el proceso evolutivo.																			
Generación	1	7	9	13	14	15	17	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31
Fitness	56,3	55,7	54,9	54,4	54,3	54,1	53,3	53,2	52,9	52,8	52,7	52,6	52,3	52,3	52,3	52,2	52,2	52,2	52,2

La distribución de costos generales y de las subestaciones en 10^3 \$/a. "Leaders" de varias generaciones se encuentra en la tabla3 y tabla 4.

Tabla3. Distribución de costos de capital y de operación en varias generaciones (\$/a).										
Generación	1	7	12	13	15	17	19	20	23	28
Perdidas	46,3	45,8	45,0	45,3	44,3	44,2	44,3	44,5	44,2	43,8
Capital	10	9,9	9,9	9,1	9,8	9,1	8,9	8,4	8,4	8,4

Tabla4. Comportamiento de las 4 subestaciones.												
Generaciones	Nodo nr. 46			Nodo Nr. 47			Nodo Nr.48			Nodo Nr. 49		
	Demanda kVA	KFc \$/a	KΔP \$/a	Demanda	K F c	KΔP	Demanda	KFc	KΔP	Demanda	KFc	KΔP
1 a 8	800	-	6958	600	-	4087	2300	4723	2637 5	700	-	53 81
9 a 13	800	-	6958	700	-	5381	2200	4723	2459 0	700	-	53 81
14	600	-	4087	1000	-	1111 2	2100	4723	2286 5	700	-	53 81
15 a 31	700	-	5381	900	-	8858	2100	4723	2286 5	700	-	53 81

El mejor esquema se obtuvo en las últimas cuatro generaciones. Este se representa en la figura 4. Se destaca que en varias corridas, hubo evolución, al menos, en las primeras 25 generaciones.

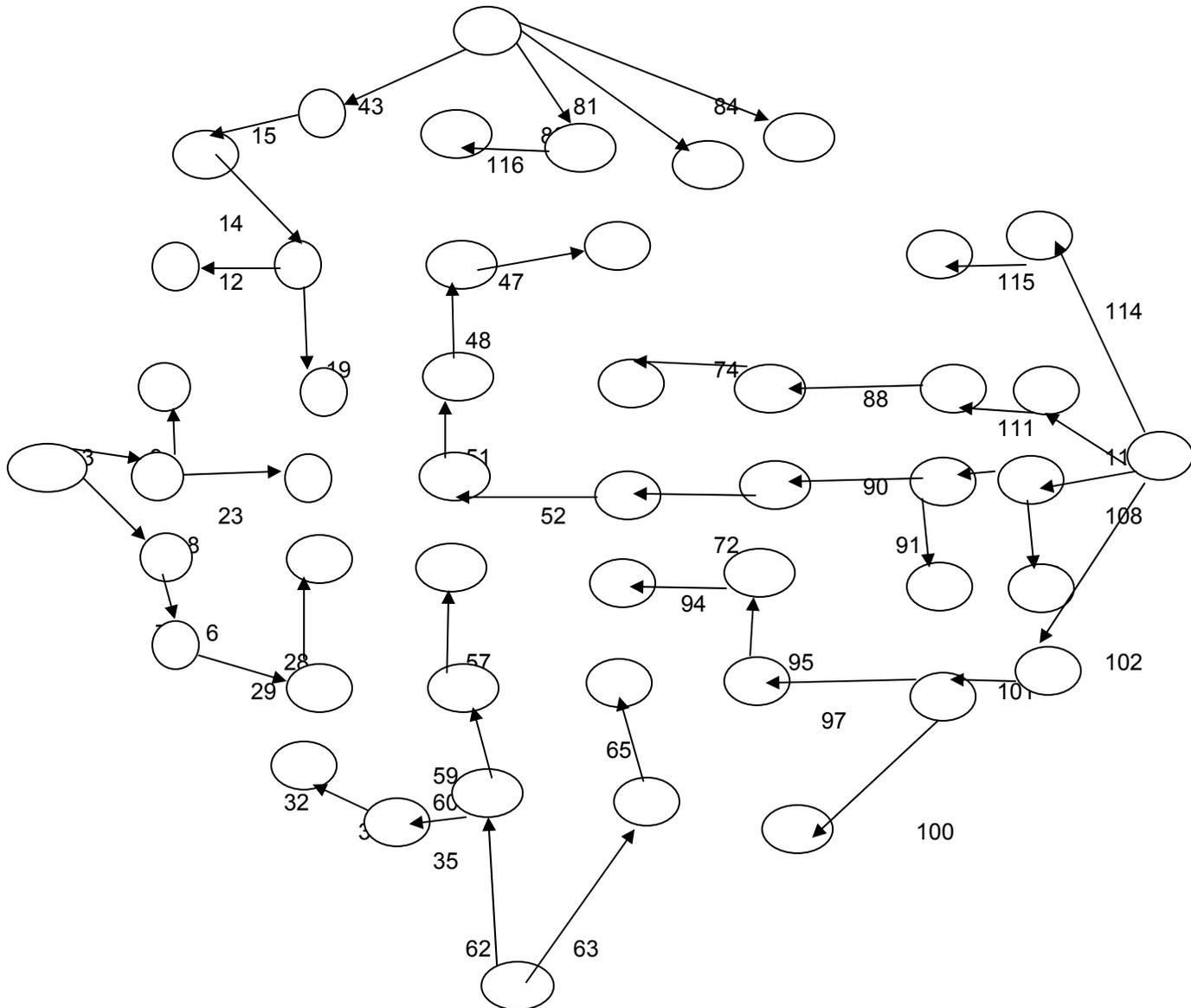


Fig. 4. Mejor esquema obtenido en el proceso evolutivo.

La decisión de repartir la carga de la forma mostrada esta influenciada por la existencia de cuatro subestaciones con capacidades de 1000 kVA instalados con anterioridad. La mayoría de las líneas no existían originalmente.

Se señala que cada vez que se corra el algoritmo, este sigue caminos diferentes y llega a soluciones que pueden ser iguales o diferentes a las mostradas pero todas son buenas soluciones. Los valores de “Fitness” aún no han sido validados; pero esto no afecta los procesos de selección de individuos que realiza el algoritmo.

CONCLUSIONES

El algoritmo genético especializado elaborado resulta eficiente para el trabajo de planeamiento de redes eléctricas de distribución. Se destaca que el cálculo de flujo aproximado utilizando la matriz topológica para redes radiales, permite calcular el “Fitness” de cada individuo con mayor rapidez sin alterar los resultados en la selección de las mejores soluciones.

REFERENCIAS

1. CARVAJAL, PÉREZ, Raúl N. “Un Algoritmo Genético Especializado en Planeamiento de Redes de Distribución”. Revista Energética, 2011, vol 32, núm.1, p.72 – 76.

AUTOR

Raúl Nicolás Carvajal Pérez

Ing. Electricista, Universidad de la Habana, 1968, Dr. Ciencias Técnicas, Polonia, 1983
Profesor Auxiliar, Cipel, Centro de Investigaciones y Pruebas Eléctricas, Facultad de Eléctrica, CUJAE, La Habana, Cuba.
e-mail: rncp @electrica.cujae.edu.cu