

TÌM KIẾM SÁCH LƯỢC VẬN HÀNH HỒ CHỨA NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN BẰNG THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

Tô Thúy Nga

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, Mô hình thuật toán di truyền được phát triển để tìm sách lược tối ưu vận hành hồ chứa nước nhà máy Thủy điện A Vương. Hàm mục tiêu của nghiên cứu này là Maximum điện năng. Các biến quyết định là lưu lượng xả nước từ hồ chứa qua Tuabin. Kết quả vận hành sẽ được xây dựng dựa trên 3 năm điển hình ứng với các tần suất tương ứng $P=10\%$, $P=50\%$ và $P=90\%$. Trong bài báo này tác giả không phân tích độ nhạy trong mô hình thuật toán di truyền, Mô hình thuật toán di truyền lựa chọn số quần thể, xác suất giao phối, xác suất đột biến và số lần phát ra có giá trị tương ứng là 100, 0.75, 0.02, 100.

1. Giới thiệu

Thuật toán di truyền được lập dựa trên cơ sở lý thuyết Darwin và đã được giới thiệu lần đầu tiên bởi Holland (1975), sau đó Goldberg (1989). Các nghiên cứu tiếp theo đã tìm thấy bởi (Wang 1991; Fahmy 1994; Olivera và Loucks 1997; Savic and Waters 1997). Thuật toán di truyền ứng dụng cho bài toán nguồn nước có thể tìm thấy bởi Wardlaw và Sharif (1999). Sharif và Wardlaw (2000) ứng dụng Thuật toán di truyền cho tối ưu hệ thống đa hồ chứa ở Indonesia (Bratas Basin). Liong Shie-Yui, Tariq A. Al-Fayyaz và Lee Kim Sai sử dụng Thuật toán tiến hóa trên hệ thống lưu vực sông Chaliyar ở Kerala State, Ấn Độ với hàm mục tiêu cực đại sản xuất điện năng và lượng xả tưới. Juran Ali Ahmed và Arup Kumar Sarma (2005) vận dụng Thuật toán di truyền để tìm sách lược vận hành tối ưu của hồ chứa đa mục tiêu trên sông Pagladia, phụ lưu chính của sông Brahmaputra. Barani and H. Ebrahimi (2008) ứng dụng Thuật toán di truyền tối ưu vận hành hồ chứa đa mục tiêu Jiroft, hàm mục tiêu và các ràng buộc được chuyển thành bài toán không ràng buộc bằng phương pháp hàm phạt ngoài, sau đó dùng Thuật toán di truyền không ràng buộc để giải.

Mục tiêu của bài báo này là tìm kiếm sách lược vận hành tối ưu hồ chứa có nhà máy thủy

điện A Vương. Vì đây là bài toán vận hành nên kết quả vận hành ở đây sẽ được xây dựng dựa trên 3 năm điển hình ứng với các tần suất tương ứng $P=10\%$, $P=50\%$ và $P=90$. Trong bài báo này tác giả không phân tích độ nhạy trong mô hình thuật toán di truyền, ở đây chọn số lần sinh ra tối ưu là 100. Quần thể được chọn là 100, Xác suất tối ưu giao phối là 0,75 và đột biến là 0,01.

2. Thuật toán di truyền

Thuật toán di truyền xuất phát từ khái niệm lý thuyết Darwin của sự tồn tại thích hợp nhất và được đưa ra đầu tiên năm 1975 bởi John Holland. Thuật toán di truyền là thủ tục tìm kiếm dựa trên cơ sở chọn lọc cơ học tự nhiên và các di truyền tự nhiên, tìm kiếm lời giải tốt nhất từ tập hợp các lời giải. Tổng quát Thuật toán di truyền có 5 thành phần cơ bản sau:

- Di truyền biểu thị các lời giải của bài toán;
- Theo hướng tạo ra quần thể ban đầu của các lời giải;
- Chức năng đánh giá tốc độ các lời giải trong các giới hạn thích hợp của chúng;
- Toán tử di truyền đó biến đổi kết cấu di truyền của con trong suốt quá trình tái sinh;
- Các giá trị cho các tham số của các di truyền.

Thuật toán di truyền duy trì quần thể của các cá thể, $P(t)$ cho số lần phát ra t . Mỗi cá thể biểu

thị khả năng lời giải của bài toán. Mỗi cá thể được ước lượng cho vài đo lường của thích hợp đó. Vài cá thể trải qua sự dịch chuyển ngẫu nhiên thành các toán tử di truyền dạng các cá thể mới. Đây có 2 kiểu biến đổi: Đột biến được tạo ra các cá thể mới bằng cách làm thay đổi cá thể đơn và giao phối, tạo ra các cá thể mới bằng cách tổ hợp bộ phận từ 2 cá thể, gọi là con C(t) được đánh giá. Quần thể mới là mẫu được tạo thành bằng cách lựa chọn nhiều hơn các cá thể thích hợp từ quần thể cha mẹ và quần thể con. Sau vài lần phát ra, thuật toán hội tụ đến cá thể tốt nhất.

Mô hình thuật toán di truyền được giải theo các bước sau:

- Bước đầu tiên trong mô hình thuật toán di truyền là mã hóa các thành phần của khả năng lời giải vào trong nhiễm sắc thể. Mỗi nhiễm sắc thể mã hóa chuỗi nhị phân 0 hoặc 1 biểu thị khả năng lời giải bao gồm các thành phần của các biến ra quyết định (Genes), điều đó có thể sử dụng đánh giá hàm mục tiêu;

- Ước lượng hàm thích hợp: Quần thể ban đầu được phát ra, bước tiếp theo là ước lượng các chuỗi, mỗi chuỗi là đầu tiên mã hóa và sau đó bản đồ mô tả phạm vi cũng như tập hợp các giá trị số của các biến, trong nghiên cứu này hàm thích hợp được đặt là Maximum điện năng từ lượng xả qua tuabin;

- Sau khi ước lượng hàm thích hợp, các chuỗi tốt nhất sẽ có xác suất sao chép cao hơn cho lần phát ra tiếp theo. Theo hướng này, các lời giải yếu sẽ bị khử và các lời giải mạnh sẽ nhận được ở lần phát ra kế tiếp;

- Giao phối: Từ chiều dài chuỗi là cao, đó được giới thiệu lựa chọn giao phối đồng nhất, các toán tử trên các thể Genes lựa chọn giao phối và mỗi gene được xem xét trở lại cho giao phối hoặc trao đổi;

- Đột biến là quá trình quan trọng, cho phép vật chất di truyền mới được giới thiệu đến quần thể. Trong nghiên cứu này, sự thay đổi toán tử đột biến đồng nhất được sử dụng. Sự thay đổi đột

biến đồng nhất cho phép thay đổi gene bằng cách chỉ rõ lượng, có thể khác xác định hoặc không xác định. Sau khi đột biến, trở lại hàm thích hợp là ước lượng tìm kiếm các giá trị tối ưu của các biến ra quyết định và quá trình lặp đến khi hệ thống thực hiện không thay đổi hoặc tốt nhất.

Cấu trúc của Thuật toán di truyền được minh họa như sau:

```

procedure Genetic Algorithms
  begin
     $t \leftarrow 0$ ;
    initialize  $P(t)$ ;
    evaluate  $P(t)$ ;
    while (not termination condition) do
      Begin
        Recombine  $P(t)$  to yield  $C(t)$ ;
        Mutation;
        Evaluate  $C(t)$ ;
        select  $P(t+1)$  from  $P(t)$  and  $C(t)$ ;
         $t \leftarrow t+1$ ;
      end
    end
  
```

3. Mô hình toán vận hành hồ chứa với mục đích phát điện

Hàm mục tiêu được chọn là sản lượng điện năng của nhà máy thủy điện đạt cực đại ứng với trị số mức nước vận hành ở các khoảng thời gian trong năm của hồ chứa làm việc độc lập.

Mô hình toán tất định xác định chế độ vận hành tối ưu hồ chứa điều tiết năm của nhà máy thủy điện cho như sau :

Hàm mục tiêu

$$E_i = \int_0^T 9,81 \eta_i \bar{H}_i Q_i dt = \sum_1^N 9,81 \eta_i \Delta t_i \bar{H}_i Q_i \rightarrow \text{Max}^{(1)}$$

Các ràng buộc:

$$V_{i+1} = V_i + W_i - W_{xđ-i} \quad (2)$$

$$\bar{H}_i = \bar{Z}_{TL-i} - \bar{Z}_{HL-i} - \Delta H_i \quad (3)$$

$$\bar{Z}_{TL-i} = f_2[(V_i + V_{i+1})/2] \quad (4)$$

$$\bar{Z}_{HL-i} = f_3[W_{xđ-i}/Ti] \quad (5)$$

$$MNC \leq Z_i \leq MNDBT \quad (6)$$

$$Nmin \leq Ni \leq Ngh_i \quad (7)$$

$$Ngh = f_4(\bar{H}_i) \quad (8)$$

$$Q_{min,i} \leq Qi \leq Q_{max,i} \quad (9)$$

Trong đó :

E_i = Điện lượng trung bình thời đoạn i (kwh);

V_{i+1} = Dung tích hồ cuối thời đoạn i (hay đầu thời đoạn i + 1) (m^3);

V_i = Dung tích hồ đầu thời đoạn i (m^3);

$W_{xá-i}$ = Tổng lượng nước ra khỏi hồ chứa trong thời đoạn i (m^3);

η = Hiệu suất trung bình của trạm thủy điện trong thời đoạn i.

\bar{H}_i = Cột nước phát điện trung bình trong thời đoạn i (m);

\bar{Z}_{TL-i} = Mức nước thượng lưu trung bình trong thời đoạn i (m);

\bar{Z}_{HL-i} = Mức nước hạ lưu trung bình trong thời đoạn i (m);

ΔH_i = Cột nước tổn thất trong thời đoạn i;

MNC = Mức nước chết (m);

MNDBT = Mức nước dâng bình thường (m);

N_{min} = Công suất tối thiểu của trạm thủy điện,

trong trường hợp hồ chứa điều tiết năm thì đây là công suất đảm bảo của trạm thủy điện (kw);

N_{gh-i} = Công suất giới hạn trạm thủy điện trong thời đoạn được xác định tương ứng với các kiểu Tuabin khác nhau (kw);

Q_i = Lưu lượng nước vận hành qua Tuabin trong thời đoạn i (m^3/s);

Q_{min-i} = Lưu lượng tối thiểu phụ thuộc vào yêu cầu đảm bảo mức nước hạ lưu trong thời đoạn i (m^3/s);

Q_{max-i} = Lưu lượng lớn nhất qua Tuabin trong thời đoạn i (m^3/s);

t = Thời gian tính của thời đoạn i (h).

4. Mô tả công trình thủy điện A Vương – Tỉnh Quảng Nam

Công trình thủy điện A Vương xây dựng trên hệ thống sông Vu Gia Thu Bồn, thuộc huyện Đông Giang, tỉnh Quảng Nam, Mục đích của Công trình thủy điện A Vương là tạo nguồn cung cấp cho điện Quốc gia với công suất lắp đặt 210MW, tạo nguồn cung cấp nước cho khu vực hạ du sông Bung và làm giảm lũ cho hạ lưu sông Vu Gia.

Bảng 1. Các thông số công trình thủy điện A Vương như sau

Mô tả các thông số hồ chứa nước A Vương	Giá trị	Đơn vị
Hồ chứa		
Mức nước dâng bình thường (MNDBT)	380,0	M
Dung tích hữu ích	266,5	106m ³
Mức nước chết	340,0	m
Dung tích chết	77,07	106m ³
Diện tích lưu vực	682	Km ²
Đập dâng		
Loại :	Bê tông RCC	
Cao trình đỉnh đập	383,4	m
Chiều cao đập lớn nhất	80,0	m
Chiều dài đỉnh đập	228,1	m
Đập tràn		
Loại : Có cửa van		
Tiết diện cửa van tràn (HxW)	(17,5x14,0)	m
Số khoang tràn	3	cái

Mô tả các thông số hồ chứa nước A Vương	Giá trị	Đơn vị
Nhà máy Thủy điện		
Lưu lượng lớn nhất qua 1 tổ máy	39,2	m
Loại Turbine	Francis	m
Công suất 1 tổ máy	105	m
Số tổ máy	2	MW
Cột nước tính toán	300	m
Cột nước lớn nhất	320	m
Cột nước nhỏ nhất	265	m

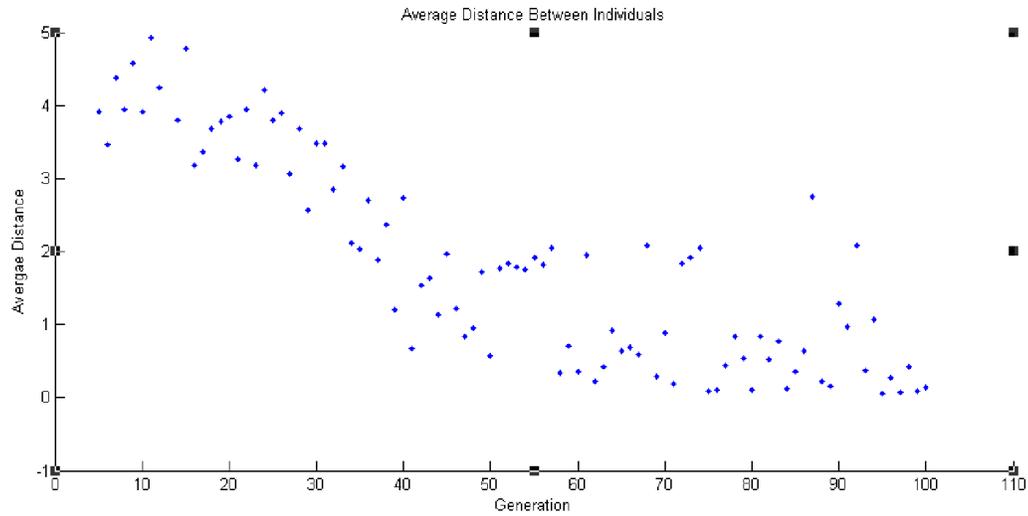
Với dòng chảy đến 30 năm, từ năm 1978 đến năm 2007, sau đó được mô phỏng kéo dài bằng phương pháp Monte Carlo với hàm phân phối xác suất là dạng hàm phân bố đều, ta được kết quả lưu lượng dòng chảy đến theo tần suất như sau:

Bảng 2. Lưu lượng dòng chảy đến theo tần suất

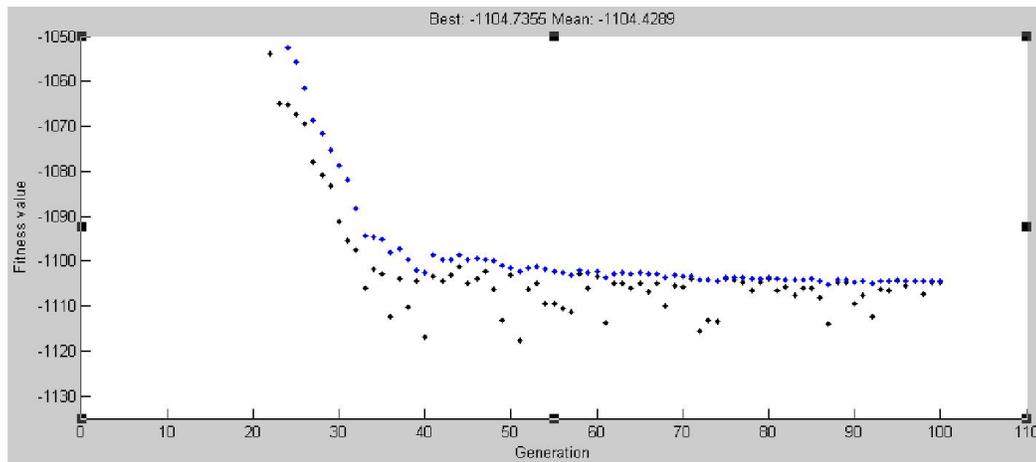
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
95%	17.07	11.49	9.14	7.88	10.03	10.30	9.78	11.71	14.29	27.36	36.31	22.96
90%	19.62	13.15	10.28	9.04	11.79	12.54	11.01	13.98	17.70	38.38	48.03	31.61
85%	22.51	14.77	11.49	10.19	13.59	14.72	12.32	16.31	21.12	47.82	60.16	39.64
80%	25.18	16.26	12.65	11.40	15.46	16.78	13.55	18.52	24.27	57.54	73.71	48.06
75%	27.89	17.88	13.75	12.50	17.23	18.98	14.82	20.91	28.04	67.26	86.13	56.34
70%	30.50	19.45	14.98	13.66	19.00	21.13	16.11	23.04	31.41	77.14	99.34	64.33
65%	33.01	21.06	16.11	14.74	20.86	23.27	17.42	25.26	34.61	86.98	112.40	72.74
60%	35.75	22.75	17.28	15.84	22.61	25.40	18.77	27.53	38.08	96.73	125.83	80.68
55%	38.41	24.33	18.49	17.11	24.37	27.62	20.09	29.80	41.51	106.06	138.83	89.06
50%	41.27	25.98	19.74	18.25	26.30	29.78	21.42	32.12	44.93	115.76	152.26	97.17
45%	43.83	27.53	20.92	19.46	28.03	32.05	22.77	34.35	48.46	125.65	165.72	104.96
40%	46.48	29.12	22.15	20.56	29.73	34.22	24.06	36.71	52.04	135.33	178.88	113.18
35%	49.04	30.72	23.36	21.60	31.62	36.44	25.33	38.91	55.64	145.02	190.93	122.20
30%	51.85	32.34	24.55	22.84	33.45	38.52	26.59	41.20	59.03	154.13	203.73	130.68
25%	54.40	34.03	25.69	24.02	35.26	40.47	27.91	43.51	62.41	164.04	216.03	138.47
20%	57.05	35.73	26.87	25.10	37.02	42.64	29.19	46.01	65.75	173.77	227.86	146.74
15%	59.68	37.40	28.08	26.24	38.76	44.85	30.46	48.31	69.04	183.66	240.39	154.97
10%	62.54	38.98	29.24	27.39	40.50	47.07	31.67	50.54	72.29	192.75	252.50	162.95
5%	65.23	40.46	30.43	28.50	42.16	49.19	32.92	52.82	75.81	202.35	265.12	170.86

5. Kết quả và thảo luận

Vì đây là bài toán vận hành, nên bài toán ở đây tính cho 3 trường hợp dòng chảy đến với năm nước ít, nước trung bình và năm nhiều nước ứng với 3 tần suất như sau P=90%, P=50% và P=10%.

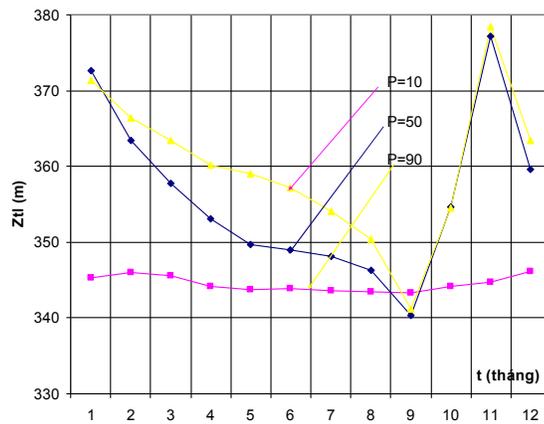


Hình 1: Khoảng cách trung bình giữa các cá thể (với $P=50\%$)



Hình 2: Giá trị trung bình và giá trị lớn nhất của hàm thích hợp (với $P=50\%$)

QUY TRÌNH VẬN HÀNH MỨC NƯỚC HỒ CHỨA



Hình 3: Quy trình vận hành mực nước hồ chứa theo phương pháp thuật toán di truyền

Bảng 3: Biểu đồ mực nước vận hành hồ chứa theo phương pháp thuật toán di truyền (TTDT)

Tháng		Mực nước hồ cuối tháng											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P=90%	Z (90%)	345,36	345,94	345,61	344,22	343,70	343,89	343,60	343,51	343,36	344,23	344,75	346,09
	$Q_d \geq$	19.62	13.15	10.28	9.04	11.79	12.54	11.01	13.98	17.70	38.38	48.03	31.61
P=50%	Z (50%)	372,60	363,37	357,79	353,15	349,66	349,05	348,13	346,33	340,32	354,69	377,13	359,66
	$Q \geq$	41.27	25.98	19.74	18.25	26.30	29.78	21.42	32.12	44.93	115.76	152.26	97.17
P=10%	Z (10%)	371,38	366,42	363,44	360,11	359,06	357,19	354,03	350,35	341,21	354,48	378,50	363,42
	$Q \geq$	62.54	38.98	29.24	27.39	40.50	47.07	31.67	50.54	72.29	192.75	252.50	162.95

Bảng 4: Biểu đồ Lưu lượng qua Tua bin từng tháng ứng với các tần suất

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Qpđ (p=90%)	19.57	12.09	10.67	11.55	12.60	12.09	11.45	14.07	17.90	36.77	47.00	31.47
Qpđ (p=50%)	78,4	55,18	33,95	29,36	33,78	31,14	23,33	35,69	55,95	78,4	78,4	78,4
Qpđ (p=10%)	78,4	56,01	51,39	49,45	56,54	66,84	51,91	70,07	78,40	78,84	78,84	78,4

- Theo phương pháp Thuật toán di truyền, sản lượng điện năng Maximum ứng với các tần suất như sau

Tần suất P=90% thì $Ep_{=10\%}=421.74.10^6$ Kwh

Tần suất P=50% thì $Ep_{=50\%}=1104.40.10^6$ Kwh

Tần suất P=10% thì $Ep_{=90\%}=1454.7.10^6$ Kwh

- Trong nghiên cứu này tác giả chỉ mới tiếp cận về 1 giải thuật mới trong bài toán vận hành hồ chứa mà chưa đi sâu phân tích độ nhạy của các quá trình giao phối, đột biến.

6. Kết luận

- Để giải được bài toán này theo phương pháp tối ưu truyền thống thường thì ta phải biết được quỹ đạo ban đầu; trong khi đó phương pháp Thuật toán di truyền cho phép tìm được lời giải tối ưu mà không cần quỹ đạo ban đầu.

Thuật toán di truyền có ưu điểm là có thể dàng tìm được kết quả lời giải tối ưu khi hàm mục tiêu là phức tạp, không gian tìm kiếm lời giải rộng và có thể khi giải các bài toán lớn.

- Để giải bài toán vận hành hồ chứa theo

Thuật toán di truyền thì ta phải đưa các quan hệ xấp xỉ như mực nước thượng lưu và dung tích hồ chứa, lưu lượng qua Tuabin và tổn thất, quan hệ lưu lượng và mực nước hạ lưu, giữa hiệu suất với cột nước và lưu lượng về hàm giải tích, tuy nhiên khi đưa về hàm giải tích sẽ gặp nhiều khó khăn và mắc phải sai số.

- Công trình A Vương là 1 công trình thủy điện lớn ở miền trung do đó việc tìm ra 1 Quy trình vận hành tối ưu là rất cần thiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thế Hùng, Lê Hùng (2009), “Ứng dụng Quy hoạch động xây dựng chương trình tính toán điều tiết năm theo mô hình tất định của hồ chứa nhà máy thủy điện làm việc độc lập”, Tuyển tập Công trình Hội nghị Khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc năm 2008, pp 205-213.
- [2] Phạm Phú (1975), “Cơ sở năng lượng của trạm thủy điện”, NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.
- [3] M.S. Hashemi, G.A. Barani and H. Ebrahimi (2008), “Optimization of reservoir operation by genetic algorithm considering inflow probabilities”, *Journal of Applied Sciences*, pp 2173-2177.
- [4] Larry W. Mays Yeou-Koung Tung (1992), *Hydrosystems engineering & management*, McGraw- Hill, United States.
- [5] S. N. Sivanandam, S. N. Deepa (2008), *Introduction to Genetic Algorithms*, Springer, New York.

Abstract

SEARCH RESERVOIR OPERATING POLICIES WITH PURPOSE HYDROELECTRIC POWER PLANT BY GENETIC ALGORITHMS

To Thuy Nga

In this study, Genetic Algorithms model is developed for optimal operation policy reservoir hydropower plant A Vung. The objective for the optimal operation of the reservoir is to maximize the annual energy. The decision variables are release for energy produced from the reservoir. The results of operations will be based on three years with the typical frequency of $P = 10\%$, respectively, $P = 50\%$ and $P = 90\%$. In this article the authors did not analyze the sensitivity of the model Genetic Algorithms, the Genetic Algorithms model in selecting optimal population, optimal crossover probability, optimal mutation probability and the optimal number of generations showed the values of 100, 0.75, 0.01 and 100 respectively.