

Utilisation de l'algorithme génétique dans l'ajustement optimal des quadriques

[Use of genetic algorithm in optimal fit of quadrics]

Meni Babakidi Narcisse¹, Kinyoka Kabalumuna God'El², Lubaseko Bansimba Philippe¹, and Maludi Disuekamene Fiston¹

¹Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, Section Electronique, Kinshasa, RD Congo

²Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et Sciences Appliquées, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this article the analysis of implementation of the technique of genetic algorithms for the adjustment of the optimum of the quadrics is carried out. A set of sample points of the quadric, which may possibly contain noise and therefore may represent in the fitting, a different geometric figure from the one from which they come, are defined and will be used to fit the quadric which best represents these points. The purpose of this work is the application of GA (Genetic Algorithms) for an optimization problem, in which this technique has been very appropriate in solving the different problems. We seek to obtain a greater knowledge of GA, as well as a better understanding of what an implementation of this technique entails in any problem.

KEYWORDS: Genetic Algorithm (GA), optimization, adjustment, quadric, Gaussian noise.

RESUME: Dans cet article, l'analyse de la mise en œuvre de la technique des algorithmes génétiques pour l'ajustement de l'optimum des quadriques est effectuée. Un ensemble de points d'échantillonnage de la quadrique, qui peuvent éventuellement contenir du bruit et donc représenter dans l'ajustement, une figure géométrique différente de celle dont ils sont issus, sont définis et serviront à ajuster la quadrique qui représente le mieux ces points. Le but de ce travail est l'application des AG (Algorithmes Génétiques) pour un problème d'optimisation, dans lequel cette technique s'est avérée très appropriée pour résoudre les différents problèmes. Nous cherchons à obtenir une plus grande connaissance de GA, ainsi qu'une meilleure compréhension de ce qu'implique une mise en œuvre de cette technique dans tout problème.

MOTS-CLEFS: Algorithme Génétique (AG), optimisation, ajustement, quadrique, bruit gaussien.

1 INTRODUCTION

La technique AG est classée dans les techniques de l'Informatique évolutive puise son inspiration dans la théorie de l'évolution des espèces de Darwin, dans laquelle il est établi que les êtres vivants qui survivront seront ceux qui, par des modifications du code génétique et donc, du fait à leurs caractéristiques physiques et à leur évolution dans leur environnement, ils parviennent à mieux s'adapter aux changements de celui-ci et à obtenir des avantages par rapport à ceux qui n'ont pas cette évolution [1], [2].

Les AG ont été proposés par John Holland en 1960 [3], [4]. Ils sont basés sur la façon dont le matériel génétique des êtres vivants est modifié pour mieux répondre et s'adapter aux changements de l'environnement. Ils sont généralement utilisés dans les problèmes d'optimisation où il existe un espace de recherche constitué d'un ensemble de solutions codées pour leur fonctionnement et préalablement initialisées avec des valeurs aléatoires, qui sont évaluées selon une fonction d'adéquation

ou de 'fitness', pour effectuer ultérieurement les opérations de sélection, de croisement et de mutation pour obtenir une nouvelle population d'individus ou de solutions qui seront à nouveau évaluées et s'il continue de manière itérative à effectuer les étapes d'évaluation, de sélection-croisement-mutation et de génération d'une nouvelle population jusqu'à atteindre un certain nombre d'itérations spécifié ou atteindre une valeur de fitness spécifiée. Lorsque la fonction de fitness est maximisante, une valeur de fitness élevée sera recherchée, au contraire, si la fonction est de minimisation, la valeur de fitness doit être petite. La structure en étapes d'un AG simple est illustrée à la figure 1.

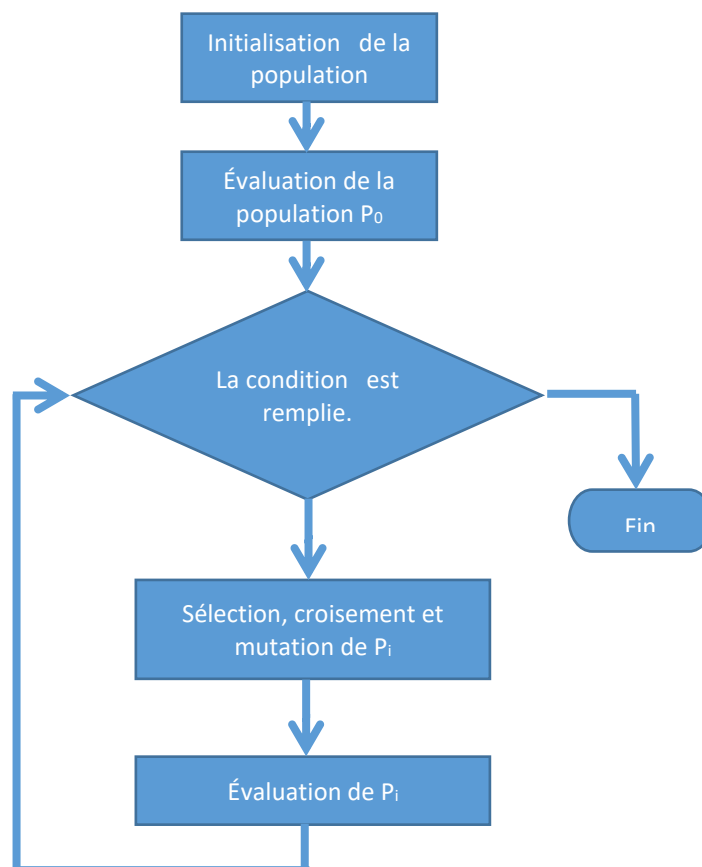


Fig. 1. Structure d'un GA simple

La terminologie utilisée dans les AG est définie ci-dessous.

- *Chromosome*: individu de la population qui est une solution codée du problème d'optimisation considéré. Le chromosome sera composé de gènes. Ils sont généralement codés sous la forme d'un ensemble de bits. Chromosome= (gen1, gen2, gen3, ..., genN).
- *Gène*: est un sous-ensemble de morceaux du chromosome qui représente un paramètre de la solution du problème en question. Par exemple, si le problème consiste à trouver les coefficients d'une fonction, alors le gène sera un coefficient de ladite fonction et le chromosome sera l'ensemble des coefficients.
- *Phénotype*: est le type de chromosome codant pour le problème en question.
- *Génotype*: est un chromosome de population avec une combinaison spécifique de gènes.
- *Population*: est l'ensemble des individus dans une itération donnée.
- *Génération*: la population générée à chaque itération.
- *Sélection*: est l'opération consistant à choisir les individus les mieux adaptés dans chaque population.
- *Croisement*: est la combinaison de gènes de deux chromosomes pour en former un nouveau.

- *Mutation*: est la modification aléatoire du matériel génétique d'un chromosome généralement mieux adapté pour former un nouvel individu.
- *Parent*: chromosomes choisis pour les opérations de sélection, de croisement et de mutation.
- *Fils*: chromosomes résultant des opérations de sélection, de croisement et de mutation.
- *Fonction d'adaptation*: également connue sous le nom de fonction de fitness. C'est la fonction qui évalue le degré d'adaptation ou d'adéquation dont dispose un individu de la population.

Notre article présente l'utilisation de l'algorithme génétique dans l'ajustement optimal des quadriques.

2 MATERIELS ET METHODES

Nous présentons les matériels et la méthodologie utilisée pour le développement de cet article.

2.1 MATERIELS

L'équation quadrique générale est la suivante:

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}xz + 2a_{23}yz + 2a_1x + 2a_2y + 2a_3z + a_0 = 0 \tag{1}$$

Cette expression peut être réduite en complétant des carrés et en réduisant des termes aux expressions que l'on verra ci-dessous pour chacune des quadriques.

Ellipsoïde

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \tag{2}$$

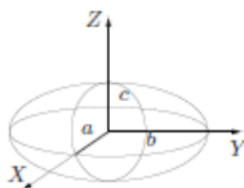


Fig. 2. Ellipsoïde

Hyperboloïde hyperbolique

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1 \tag{3}$$

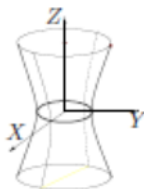


Fig. 3. Hyperboloïde hyperbolique

Hyperboloïde elliptique

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \tag{4}$$

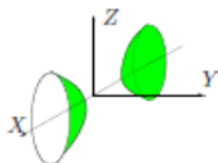


Fig. 4. Hyperboloïde elliptique

Cône

$$z^2 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \tag{5}$$

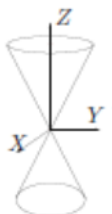


Fig. 5. Cône

Paraboloïde elliptique

$$z = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \tag{6}$$

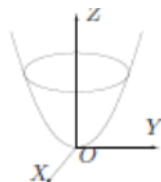


Fig. 6. Paraboloïde elliptique

Paraboloïde hyperbolique

$$z = -\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \tag{7}$$

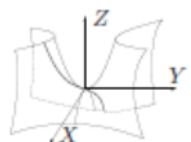


Fig. 7. Paraboloïde hyperbolique

2.2 METHODES

La méthodologie à suivre est la suivante.

1. Tout d'abord, des ensembles de points obtenus aléatoirement à partir de différents types de quadriques générés dans le logiciel Matlab seront générés, ces ensembles seront stockés dans un fichier texte avec l'extension 'txt'. Un ensemble de 100 points sera généré pour chaque quadrique généré. Pour ce point, les scripts sont utilisés:

`GenQuadricData.m`

`ObtainPointsFromData.m`.

2. Une fois les fichiers de points obtenus. Nous procédons à la génération du code qui sera le cœur du AG. Ce code sera généré en langage C. Un fichier d'en-tête sera généré avec la spécification suivante comme support pour le code source du fichier qui sera le principal pour la solution du problème proposé. Les fichiers sont les suivants.

En tête de fichier:

`Genetic_Algorithms_f.h`

Fichier principal:

`Quadric_Fitting_b.c`

Le fichier principal utilisera la bibliothèque de fonctions du fichier d'en-tête pour la solution du problème AG. Ce fichier prendra le fichier texte avec les données ponctuelles, le traitera et en sortie, il générera un fichier texte avec les informations suivantes pour chaque itération, dans cet ordre:

Nombre de génération, meilleur chromosome.

Fitness (fin de 1ère ligne).

Type de quadrique: Coefficients: a= b= c=.

(Fin de la 2e ligne).

3. Une fois les fichiers et les ensembles de données générés, ils sont testés. Des jeux de données avec bruit gaussien [4] seront générés afin de vérifier la robustesse de la méthode.
4. Enfin, les résultats, l'analyse et la conclusion des tests effectués sont présentés.

La fonction de fitness à utiliser dans ce cas sera une fonction de minimisation. Ce qui se fait est d'effacer les expressions en laissant égales à zéro afin que les valeurs AG des paramètres a, b, c de la quadrique minimisent la fonction.

Fonction fitness = Min Z

Où Z est:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} + 1 = 0$$

La valeur de c peut être zéro, tout comme le terme indépendant peut être un ou zéro.

Donc le chromosome est:

$C_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij});$

Le tableau 1 suivant montre l'encodage du résultat du programme en c avec le type de quadrique qui lui correspond.

Tableau 1. Encodage du résultat du programme en c avec le type de quadrique

Numéro	Type de quadrique
1	Ellipsoïde
2	Hyperboloïde hyperbolique
3	Hyperboloïde elliptique
4	Cône
5	Paraboloïde elliptique
6	Paraboloïde hyperbolique

Les paramètres de contrôle de l'AG pour le problème proposé sont:

- Taille de la population = 20.
- Probabilité de croisement = 0,3.
- Probabilité de mutation = 0,3.
- Membres Élite = 2.

3 RESULTATS

Les résultats générés dans les ensembles de points générés et leur application dans l'ajustement des quadriques sont présentés ci-dessous.

Deux critères d'arrêt sont établis en premier lieu:

- Nombre maximum d'itérations = 50.
- Fonction fitness inférieure à 0,005.

Ellipsoïde

Les données sont générées pour l'ellipsoïde illustré dans le graphique de la figure 8 suivante avec les paramètres $a=1$, $b=3$, $c=5$.

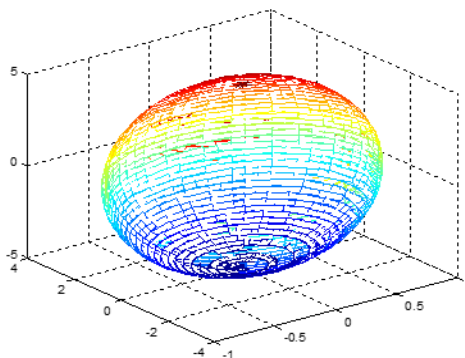


Fig. 8. Ellipsoïde

Les données obtenues après 10 essais ou générations sont les suivantes (Tab. 2):

Tableau 2. Résumé d'Ellipsoïde

Essai	Gen.	Fit Min.	Type de quadrique	a	b	c
1	3	0.0029	1	16.01	7.71	1.19
2	1	0.0043	2	15.39	10.3	0.77
3	3	0.0043	2	15.50	11.8	8.3
4	50	0.1459	1	2.49	8.89	10.8
5	50	0.0940	1	4.66	2.47	1.66
6	50	0.2592	1	12.95	11.2	4.66
7	50	0.0655	6	15.45	6.15	1.46
8	50	0.0940	1	14.19	9.30	10.8
9	50	0.1459	1	16.14	5.67	5.39
10	50	0.02983	1	14.34	11.4	9.84

Hyperboloïde hyperbolique

Les données sont générées pour cette quadrique illustrée dans le graphique suivant avec les paramètres $a=2$, $b=4$, $c=5$.

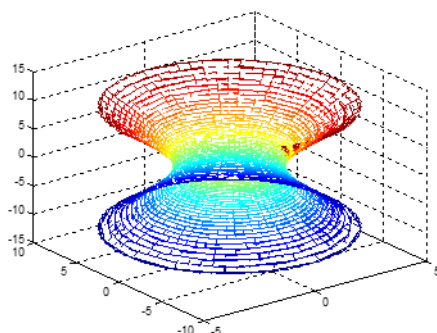


Fig. 9. Hyperboloïde hyperbolique

Les données obtenues après 10 essais ou générations sont les suivantes (Tab. 3):

Tableau 3. Résumé d'Hyperboloïde hyperbolique

Essai	Gen.	Fit Min.	Type de quadrique	a	b	c
1	2	0.0035	3	4.29	14.0	3.32
2	4	0.0029	2	2.035	3.59	7.46
3	50	0.1456	2	2.013	6.75	3.03
4	50	0.0284	2	8.42	6.09	13.2
5	50	0.2389	4	12.37	5.48	4.20
6	50	0.0133	2	1,77	1.58	16.1
7	4	0.2363	3	8.27	1.02	12.4
8	50	0.0535	4	15.50	11.8	8.30
9	50	0.0569	2	12.99	4.66	8.82
10	50	0.0535	4	3.82	3.45	5.15

Paraboloïde elliptique

Les données sont générées pour le paraboloïde elliptique illustré dans le graphique suivant avec les paramètres $a=2$, $b=4$, $c=5$.

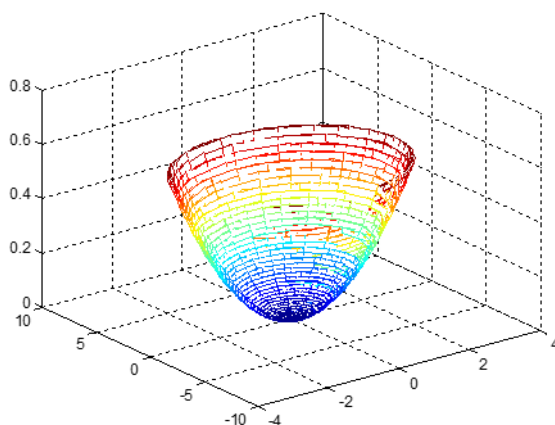


Fig. 10. Paraboloïde elliptique

Les données obtenues après 5 essais ou générations sont les suivantes:

Tableau 4. Résumé Paraboloïde elliptique

Essai	Gen	Fit Min.	Type de quadrique	a	b	c
1	1	0.0014	3	11.34	8.32	1.69
2	50	0.0655	1	11.89	13.9	14.4
3	50	0.0305	6	0.753	13.1	6.90
4	50	0.0558	3	12.97	6.90	8.05
5	50	0.0319	6	4.52	11.7	1.22

On trouver ci-dessous les résultats d'exécutions dans lesquelles du bruit est ajouté aux points de données. Le bruit ajouté est gaussien avec une moyenne nulle et un écart type = 0,05. Ceci est fait pour le cas de l'ellipsoïde.

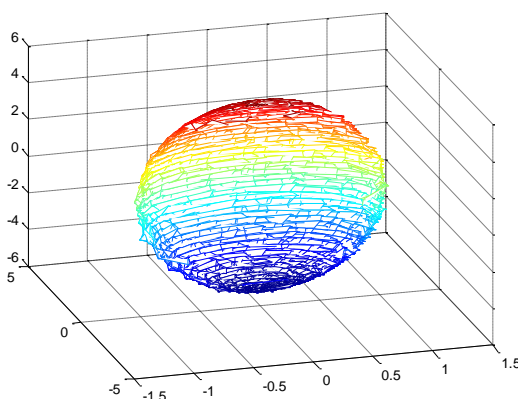


Fig. 11. Ellipsoïde avec bruit gaussien

Les données obtenues après 5 essais ou générations sont les suivantes.

Tableau 5. Ellipsoïde avec bruit gaussien

Essai	Gen.	Fit Min.	Type de quadrique	a	b	c
1	50	0.00977	1	8.009	12.7	6.55
2	50	0.1523	1	15.45	6.15	1.46
3	4	0.0027	2	10.22	13.9	9.95
4	1	0.1523	1	8.32	16.1	1.27
5	50	0.1117	2	10.91	0.23	8.36

4 ANALYSE

Lors de l'exécution des différentes générations ou essais sur les quadriques analysées dans cet article, il a été constaté que le système était capable de classer adéquatement la première quadrique, même avec le bruit ajouté dans le cas de l'ellipsoïde avec bruit. Aussi dans le cas de l'hyperboloïde hyperbolique, il se classe correctement dans les deux cas. Ce n'est pas le cas dans les autres cas examinés, où l'algorithme n'a pas réussi à classer correctement le type de quadrique dans la plupart des cas.

En ce qui concerne la question de l'ajustement de la quadrique, compte tenu du fait que nous disposons des coefficients initiaux qui ont généré la quadrique à partir de laquelle les points ont été obtenus, l'algorithme a pu ajuster les paramètres de la quadrique à leurs valeurs réelles à quelques reprises, ce qui indique que certaines améliorations sont nécessaires soit dans la fonction de fitness, soit dans les opérations de croisement et de mutation.

5 CONCLUSION

En conclusion de ce travail, on peut retenir que les algorithmes génétiques sont un outil utile dans les problèmes d'optimisation, où l'un des points clés pour une implémentation AG est la définition de la fonction de fitness, qui conduira à trouver la meilleure solution au problème. Une autre partie essentielle est la manière dont la mise en œuvre sera implémentée, ce qui implique de définir la plate-forme et la manière dont elle sera utilisée. Ce problème d'ajustement des quadriques, a été facilité avec l'utilisation de gènes à valeur réelle positive. Cependant, ce qui prenait le plus de temps était la recherche nécessaire pour trouver la fonction de fitness pour ce problème.

REMERCIEMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] Roth, Gerhard, and Martin D. Levine., "Geometric primitive extraction using a genetic algorithm", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 16, no 9, pp. 901-905, 1994.
- [2] TANG, Xue-song; WEI, Hui., "A segment-wise prediction based on genetic algorithm for object recognition", Neural Computing and Applications, vol. 31, no 7, pp. 2295-2309, 2019.
- [3] CHEN, Y. H.; LIU, C. Y., "Quadric surface extraction using genetic algorithms", Computer-Aided Design, vol. 31, no 2, pp. 101-110, 1999.
- [4] HOLLAND, John H., Iterative circuit computers. En Papers presented at the May 3-5, 1960, western joint IRE-AIEE-ACM computer conference, 1960, pp. 259-265.
- [5] Meni Babakidi Narcisse, "Development of a gaussian filter for noise reduction in medical images", International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 36, no. 2, pp. 594-599, May 2022.