



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Τ.Θ. 64011, ΤΚ: 157 01 Ζωγράφου, τηλ: 772 3272, fax: 772 1738, e-mail: renes@central.ntua.gr

Δ. ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧ. & ΜΗΧ.
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ/ ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ
73100 ΧΑΝΙΑ
ΚΡΗΤΗ

Αθήνα, 12 Ιανουαρίου 2001

ΘΕΜΑ: " 2o Εθνικό Συνέδριο:

Η Εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - Προτεραιότητες σε Συνθήκες Απελευθερωμένης
Αγοράς"
Αθήνα, 19 – 21 Μαρτίου 2001

Αγαπητή κα Κολοκοτσά,

Θα θέλαμε να σας ευχαριστήσουμε για την ανταπόκρισή σας στην πρόσκληση για υποβολή εργασιών στα πλαίσια του παραπάνω συνεδρίου. Ως αποτέλεσμα της αξιολόγησης των υποψηφίων για παρουσίαση εργασιών, σας πληροφορούμε, ότι η εισήγηση σας με τίτλο:

«Εφαρμογή Γενετικών Αλγορίθμων για την Υποστήριξη Αποφάσεων με Στόχο την Θερμική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Κτίρια»

επιλέχτηκε για παρουσίαση poster στη θεματική ενότητα Γ' και για δημοσίευσή στο βιβλίο των πρακτικών του συνεδρίου. Θα σας παρακαλούσαμε να ενημερώσετε σχετικά και τους άλλους συγγραφείς της εργασίας αυτής, εάν υπάρχουν.

Η εργασία σας θεωρείται σημαντικό μέρος του Συνεδρίου. Θα συμπεριληφθεί στο βιβλίο των πρακτικών μόνο εάν ένας τουλάχιστον από τους συγγραφείς συμμετάσχει στο Συνέδριο και εφόσον αναρτηθεί το poster. Θα θέλαμε να τονίσουμε ότι η αξιολόγηση των εργασιών έγινε βάση του τεχνικού τους περιεχομένου και ότι η κατηγοριοποίηση των παρουσιάσεων σε προφορικές και σε posters δεν αντανακλά σε καμία περίπτωση την ποιότητα των εργασιών. Η απόφαση βασίστηκε αποκλειστικά στο τρόπο με τον οποίο εξασφαλίζεται η βέλτιστη παρουσίαση των εργασιών.

Θα σας παρακαλούσαμε να μας ενημερώσετε για το εάν ακοπεύετε να παρουσιάσετε την εργασία σας συμπληρώνοντας το επισυναπόδειγμα έντυπο και αποστέλλοντας το στα στοιχεία που αναγράφονται. Σε κάθε περίπτωση, εσωκλείστως θα βρείτε οδηγίες για τη δημιουργία του poster σας καθώς και οδηγίες για τη συγγραφή της εισήγησής σας. Παρακαλούμε ακολουθήστε τις οδηγίες προσεκτικά (είναι απαραίτητο για να εξασφαλιστεί η ομοιομορφία στην παρουσίαση του βιβλίου των πρακτικών) και παραδώστε την σε τρία αντίτοπα κατά τη διάρκεια του συνεδρίου στη γραμματεία.

Εκράζουμε τα συγχαρητήρια μας για την ποιότητα της εργασίας σας και είμαστε στη διάθεση σας εάν έχετε οποιαδήποτε ερώτηση σχετικά με την προετοιμασία της παρουσίασης σας.

Για την Οργανωτική Γραμματεία του Συνεδρίου,

Α. Ζερβός
Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Γ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ POSTER

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ, ΤΗΝ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Δ. Κολοκοτσά¹, Κ. Καλαϊτζάκης¹, Γ. Σταυρακάκης¹, Θ. Τσούτσος²

¹ *Πολυτεχνείο Κρήτης*

*Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Τεχνολογίας Συστημάτων*

73100 Χανιά - Πολυτεχνειούπολη

τηλ: 0821 37209-54386

fax: 0821 37202

² *Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας*

19^ο χλμ Α. Μαραθώνος

190 09 Πικέρμι

τηλ: 01 6039900

fax: 01 6039904

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα (κατοικίες και υπηρεσίες) αποτελεί σημαντικό παράγοντα επιβάρυνσης της ενεργειακής ζήτησης. Εκτιμάται ότι ανέρχεται στο 26.4 % της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα (1998). Η παρούσα εργασία στοχεύει στην παρουσίαση ενός εργαλείου υποστήριξης αποφάσεων βασισμένο σε γενετικό αλγόριθμο το οποίο στοχεύει στην ικανοποίηση των προτιμήσεων των χρηστών ενός κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει εξοικονόμηση ενέργειας σε θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με τον τρόπο αυτό συνεισφέρει στη μείωση τόσο των εκπομπών CO₂ όσο και του κόστους ενέργειας.

1. Εισαγωγή

Η βελτιστοποίηση στον έλεγχο του εσωτερικού περιβάλλοντος ενός κτιρίου απαιτεί την διατήρηση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης και ποιότητας αέρα για τους χρήστες του κτιρίου καθώς και την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης και του κόστους της. Συνεπώς μια ολοκληρωμένη προσέγγιση η οποία

λαμβάνει υπόψη τόσο την άνεση όσο και την ενεργειακή κατανάλωση είναι δυνατό να δώσει βέλτιστα αποτελέσματα τόσο από οικονομικής - περιβαλλοντικής πλευράς, όσο και σε σχέση με τις συνθήκες άνεσης και ποιότητας ζωής των ενοίκων.

Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι (Genetic algorithms) αποτελούν μια μέθοδο βελτιστοποίησης η οποία μιμείται τις αρχές της γενετικής. Βασικές αρχές γενετικής και εξέλιξης

χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αλγορίθμων οι οποίοι χρειάζονται ελάχιστες πληροφορίες για τη φύση του προβλήματος που επιλύουν ή βελτιστοποιούν. [1].

Ένα τυπικό πρόβλημα βελτιστοποίησης παριστάνεται ως εξής:

$$\text{Maximise } f(x) \quad (1.1)$$

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$$

Η χρήση Γενετικών Αλγορίθμων για την επίλυση του ανωτέρω προβλήματος βελτιστοποίησης απαιτεί την κωδικοποίηση της μεταβλητής x σε δυαδική μορφή. Για προβλήματα με παραπάνω από μία μεταβλητή, κάθε μεταβλητή αναπαρίσταται σε δυαδική μορφή. Μετά την κωδικοποίηση οι μεταβλητές τοποθετούνται μαζί σε μια σειρά (string). Για N μεταβλητές, το άνυσμα των μεταβλητών θα έχει την εξής μορφή:

$$\overbrace{\quad \quad \quad}^{100...1100} \overbrace{\quad \quad \quad}^{110...1100} \cdots \overbrace{\quad \quad \quad}^{001...1001} \\ x_1 \quad x_2 \quad \quad \quad x_n$$

2. Χρήση Γενετικών Αλγορίθμων για εξοικονόμηση ενέργειας και άνεση

Η τεχνική βελτιστοποίησης με Γενετικούς Αλγορίθμους για την εξοικονόμηση ενέργειας που προτείνεται συνενώνει τις μεταβλητές άνεσης και εξοικονόμησης ενέργειας στοχεύοντας να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του χρήστη σε άνεση με το μικρότερο ενεργειακό κόστος. Η επίλυση του Γενετικού Αλγόριθμου αναδεικνύει τις βέλτιστες ρυθμίσεις (settings) σε επίπεδο ζώνης κτιρίου για την επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης και ποιότητας αέρα για τους χρήστες.

Οι προτιμήσεις του χρήστη – ενοίκου συγκεντρώνονται για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο με σύστημα έξυπνης κάρτας. Στατιστική ανάλυση των προτιμήσεων αυτών δίνει το ‘προφίλ’ του χρήστη το οποίο ανταποκρίνεται στις προτιμήσεις του σε θερμική και οπτική άνεση και ποιότητα αέρα. Οι μεταβλητές που εκφράζουν τις τρεις αυτές παραμέτρους είναι: (α) ο δείκτης θερμικής άνεσης PMV [2]; (β) τα επίπεδα εσωτερικού φωτισμού ILL [3]; (γ) η συγκέντρωση CO_2 στην υπό μελέτη ζώνη κτιρίου [4].

Η λειτουργία του συστήματος διαχείρισης παρακολουθείται από μια κατάλληλη συνάρτηση κόστους η οποία στοχεύει:

- Στην ικανοποίηση των προτιμήσεων του χρήστη.
- Στην ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση/ψύξη και ηλεκτρικό φωτισμό.

Η πολυκριτήρια βελτιστοποίηση επιτυγχάνεται από την ελαχιστοποίηση της συνάρτησης κόστους εφόσον ικανοποιούνται οι παρακάτω περιορισμοί:

$$-3 < \text{PMV} < 3 \quad (1.2)$$

$$400 \text{ ppm} < [\text{CO}_2] < 800 \text{ ppm}$$

$$500 \text{ lux} < \text{ILL} < 1000 \text{ lux}$$

όπου τιμές των PMV, $[\text{CO}_2]$ και ILL είναι οι τιμές των ρυθμίσεων που ικανοποιούν και τις προτιμήσεις του χρήστη σε θερμική άνεση αλλά και τις απαιτήσεις για εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι τιμές αυτές είναι τα σήματα αναφοράς στη ζώνη του κτιρίου την οποία μελετάμε.

Η συνάρτηση κόστους ορίζεται ως εξής:

$$\text{costF} = +(\text{PMV}_{\text{user}} - \text{PMV})^2 +$$

$$+([\text{CO}_2]_{\text{user}} - [\text{CO}_2])^2 +$$

$$+(\text{ILL}_{\text{user}} - \text{ILL})^2 + \quad (1.3)$$

$$+\text{Energy}_{\text{heat cool}}^2 +$$

$$+\text{Energy}_{\text{light}}^2$$

όπου PMV_{user} , $[\text{CO}_2]_{\text{user}}$ και ILL_{user} είναι οι τιμές που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του χρήστη όπως αυτές καταγράφονται από το σύστημα έξυπνης κάρτας.

Οι όροι της costF είναι κανονικοποιημένοι σε κλίμακα [0-1] και είναι πάντα θετικοί.

Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι εισάγονται για την εύρεση της βέλτιστης λύσης της συνάρτησης κόστους με βάση το μηχανισμό της φυσικής επιλογής και με τις αρχές της γενετικής. Το κάθε ‘χρωμόσωμα’ του συγκεκριμένου προβλήματος αποτελείται από τρία ‘γονίδια’ τα οποία αντιστοιχούν στον δείκτη PMV, την συγκέντρωση CO_2 και το επίπεδο φωτισμού ILL στο εσωτερικό της υπό μελέτη ζώνης αντίστοιχα. Τα γονίδια στο συγκεκριμένο πρόβλημα δεν αναπαρίστανται σε δυαδική μορφή αλλά σε πραγματική (real coded Genetic Algorithms).

Αρχικός πληθυσμός 100 χρωμοσωμάτων δημιουργείται με γεννήτρια τυχαίων αριθμών. Η συνάρτηση βελτιστοποίησης (fitness function) του κάθε χρωμοσώματος έχει την εξής μορφή [5]:

$$\text{fitF} = \frac{1}{\text{costF}} \quad (1.4)$$

Ο Γενετικός Αλγόριθμος τείνει να μεγιστοποιήσει την συνάρτηση βελτιστοποίησης και επομένως να ελαχιστοποιήσει την συνάρτηση κόστους του συστήματος. Η αξιολόγηση του κάθε χρωμοσώματος γίνεται με τη βοήθεια της συνάρτησης βελτιστοποίησης.

Από τον αρχικό πληθυσμό γίνεται η επιλογή γονέων που θα προχωρήσουν σε αναπαραγωγή. Η επιλογή γονέων πραγματοποιείται με τη μέθοδο της ρουλέτας [1.5]. Η μέθοδος της ρουλέτας εξασφαλίζει ότι τα χρωμοσώματα με μεγαλύτερη τιμή συνάρτησης βελτιστοποίησης θα έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να επιλεγούν. Η πιθανότητα αναπαραγωγής (pcross) ορίζεται ίση με 0.6 ενώ η πιθανότητα μετάλλαξης ίση με 0.1. Ο φευδοκώδικας βελτιστοποίησης έχει την εξής μορφή:

(Start) Εκκίνηση κώδικα

Επιλογή κωδικοποίησης γονιδίων:

Δημιουργία πληθυσμού
Αξιολόγηση πληθυσμού

Επανάληψη

Αναπαραγωγή

Μετάλλαξη

Αξιολόγηση πληθυσμού

Τέλος

Η μέθοδος αναπαραγωγής που χρησιμοποιείται για το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι η heuristic crossover. Ένας τυχαίος αριθμός λ παράγεται με γεννήτρια τυχαίων αριθμών. Ο λ παίρνει τιμές από 0 ως 1. Κάθε νέο γονίδιο δημιουργείται από τους γονείς-χρωμοσώματα με βάση την παρακάτω εξίσωση [1]:

$$\begin{aligned} \text{gene_new}_{\text{cross}} &= +\lambda \cdot \text{cross_parent}(i) \\ &+ (1-\lambda) \cdot \text{cross_parent}(j) \end{aligned} \quad (1.5)$$

όπου $\text{cross_parent}(i)$ και $\text{cross_parent}(j)$

είναι οι γονείς που επιλέχθηκαν για αναπαραγωγή και $\text{gene_new}_{\text{cross}}$ το γονίδιο που προκύπτει από την αναπαραγωγή.

Τα γονίδια αφού περάσουν από την διαδικασία επιλογής για μετάλλαξη, υπόκεινται σε μετάλλαξη σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση [6]:

$$\text{gene_new}_{\text{mutate}} = \text{gene_old} + N(\mu, \sigma) \quad (1.6)$$

Οπου $N(\mu, \sigma)$ είναι η κανονική κατανομή με κέντρο μ και τυπική απόκλιση σ . Τρεις κανονικές κατανομές, για τον δείκτη PMV, την συγκέντρωση CO_2 και το επίπεδο φωτισμού ILL χρησιμοποιούνται στη φάση της μετάλλαξης. Το κέντρο και η τυπική απόκλιση ορίζονται για κάθε κανονική κατανομή ανάλογα με το εύρος των τιμών της κάθε μεταβλητής.

Η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση/ψύξη και ηλεκτρικό φωτισμό, που απαιτείται για να ικανοποιηθούν τα σήματα αναφοράς για το δείκτη PMV, τη συγκέντρωση CO_2 και το επίπεδο φωτισμού που προκύπτουν από τον Γενετικό Αλγόριθμο, υπολογίζεται με τη βοήθεια του μοντέλου Sibil Tool το οποίο αναπτύχθηκε από την Ομάδα Μελετών Κτιριακού Περιβάλλοντος του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου της Αθήνας στα πλαίσια του προγράμματος BUILDTECH CT-97-0044. Το μοντέλο Sibil Tool [6] αναπτύχθηκε σε περιβάλλον MATLAB/SIMULINK.

3. Αποτελέσματα

Ο Γενετικός Αλγόριθμος αναπτύχθηκε σε περιβάλλον MATLAB. Στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω, χρησιμοποιήθηκε μία ζώνη κτιρίου 15 m^2 που βρίσκεται στην Αθήνα και οι προσομοιώσεις αφορούν μια συγκεκριμένη χειμερινή μέρα. Οι απαιτήσεις των χρηστών θεωρήθηκαν πως είναι οι παρακάτω:

$$\text{PMV}_{\text{user}} = -0.5$$

$$[\text{CO}_2]_{\text{user}} = 700 \text{ ppm}$$

$$\text{ILL}_{\text{user}} = 600 \text{ lux}$$

Ο Γενετικός Αλγόριθμος συγκλίνει περίπου μετά από 40 γενεές. Η μέγιστη συνάρτηση βελτιστοποίησης αυξάνεται από γενεά σε γενεά όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.

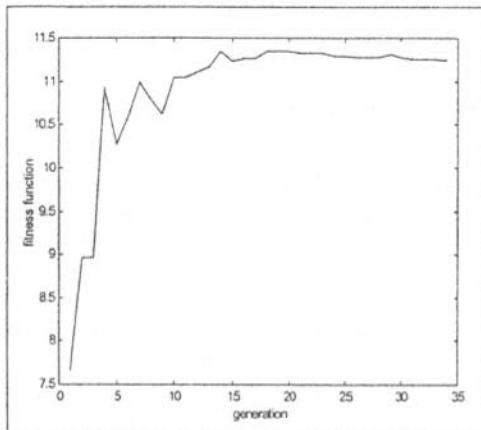


Figure 1. The maximum fitness function versus generation

Οι τιμές των σημάτων αναφοράς των μεταβλητών ελέγχου που προκύπτουν μετά την εφαρμογή του Γενετικού Αλγόριθμου και αντιστοιχούν σε ελάχιστη συνάρτηση κόστους είναι οι παρακάτω:

$$\begin{aligned} \text{PMV} &= -1.7 \\ [\text{CO}_2] &= 723 \text{ ppm} \\ \text{ILL} &= 519 \text{ lux} \end{aligned} \quad (1.7)$$

Τα αποτελέσματα του Γενετικού Αλγόριθμου είναι ικανοποιητικά και πλησίον των προτιμήσεων του χρήστη για την συγκέντρωση CO_2 και το επίπεδο φωτισμού. Το αποτέλεσμα του Γενετικού Αλγόριθμου για τον δείκτη PMV είναι ίσο με -1.7 (Εξ. 1.7), και αντιστοιχεί σε θερμοκρασία εσωτερικού χώρου ίση με 16.8°C . Δηλαδή ο Γενετικός Αλγόριθμος προτείνει σήματα αναφοράς για τον δείκτη PMV που βρίσκεται εκτός περιοχής άνεσης σύμφωνα με τον δείκτη PPD (Percentage of People Dissatisfied) [2].

Επιπλέον η συνάρτηση βελτιστοποίησης που αντιστοιχεί στις προτιμήσεις του χρήστη είναι ίση με 2.63 ενώ η μέγιστη συνάρτηση βελτιστοποίησης που προήλθε από τον Γενετικό Αλγόριθμο είναι ίση με 11.35. Η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για να ικανοποιηθούν οι προτιμήσεις του χρήστη για θερμική και οπτική άνεση και ποιότητα αέρα είναι ίση με 27.6 kWh (1.84 kWh/m^2) για θέρμανση και ίση με -1.07 kWh (0.071 kWh/m^2) για ηλεκτρικό φωτισμό. Τα σήματα αναφοράς που προκύπτουν από τον Γενετικό Αλγόριθμο απαιτούν ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση 3.5 kWh (0.23 kWh/m^2) ξεκινώντας από τις ίδιες

αρχικές συνθήκες για να ικανοποιηθούν οι προτιμήσεις του χρήστη. Επίσης η ενεργειακή κατανάλωση για ηλεκτρικό φωτισμό είναι ίση με 0.9 kWh (0.06 kWh/m^2). Επομένως η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυχάνεται με τον Γενετικό Αλγόριθμο είναι της τάξης του 87% για θέρμανση και 15% για ηλεκτρικό φωτισμό. Όμως, εφόσον η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση που επιτυχάνεται με τον Γενετικό Αλγόριθμο προϋποθέτει σήμα αναφοράς για τον δείκτη PMV εκτός περιοχής θερμικής άνεσης, κρίνεται αναγκαίο ότι πρέπει να γίνουν επιπλέον βελτιώσεις στον Γενετικό Αλγόριθμο.

Οι βελτιώσεις αυτές αφορούν την εισαγωγή βαρών στους επιμέρους όρους της συνάρτησης κόστους και βελτιστοποίησης. Με την εισαγωγή βαρών, η εξοικονόμηση ενέργειας και η άνεση δεν θα έχουν την ίδια σημασία στην διαδικασία της βελτιστοποίησης, με αποτέλεσμα να πλησιάσουμε περισσότερο τις προτιμήσεις του χρήστη. Αυξάνοντας διαδοχικά το βάρος του όρου της θερμικής άνεσης και μειώνοντας το βάρος του όρου της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση, η συνάρτηση κόστους που έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα από πλευράς θερμικής άνεσης έχει τη μορφή:

$$\begin{aligned} \text{costF} = & +0.9 \left(\text{PMV}_{\text{user}} - \text{PMV} \right)^2 + \\ & +0.5 \left([\text{CO}_2]_{\text{user}} - [\text{CO}_2] \right)^2 + \\ & +0.5 \left(\text{ILL}_{\text{user}} - \text{ILL} \right)^2 + \\ & -0.1 \text{ Energy}_{\text{heat/cool}}^2 - \\ & -0.5 \text{ Energy}_{\text{light}}^2 \end{aligned} \quad (1.8)$$

Η συνάρτηση κόστους (1.8) δίνει ως βέλτιστη λύση το χρωμόσωμα που αποτελείται από τα εξής γονίδια:

$$\begin{aligned} \text{PMV} &= -1.0 \\ [\text{CO}_2] &= 771.3 \text{ ppm} \\ \text{ILL} &= 400 \text{ lux} \end{aligned} \quad (1.9)$$

Το χρωμόσωμα (σήματα αναφοράς για το κτίριο) της Εξ. 1.9. απαιτεί ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση ίση με 16.9 kWh (1.13 kWh/m^2) που αντιστοιχεί σε 38% εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για την κάλυψη των απαιτήσεων του χρήστη πρίν την εφαρμογή βελτιστοποίησης με το Γενετικό Αλγόριθμο.

Επομένως η χρήση βαρών δύναται να αλλάξει σημαντικά τα αποτελέσματα του Γενετικού Αλγορίθμου. Βέλτιστες τιμές βαρών για τις τρεις μεταβλητές άνεσης μπορούν να εξαχθούν με τη χρήση μεθόδου Principal Components Analysis (PCA) [7] όπου η πιο σημαντική μεταβλητή για το χρήστη να έχει και το μέγαλύτερο βάρος σε σχέση με τις άλλες μεταβλητές.

4. Συμπεράσματα

Ο Γενετικός Αλγόριθμος αποτελεί μια μέθοδο εύρεσης βέλτιστων λύσεων για το πρόβλημα της ταυτόχρονης ικανοποίησης των απαιτήσεων του ενοίκου του κτιρίου και της εξοικονόμησης ενέργειας χωρίς να απαιτείται η μοντελοποίηση του συστήματος σε βάθος. Η μέθοδος βελτιστοποίησης, βασιζόμενη σε αρχές γενετικής, προτείνει τη βέλτιστη λύση για το πρόβλημα. Μικρές ρυθμίσεις απαιτούνται στη συνάρτηση κόστους ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα υπερβολικής εξοικονόμησης ενέργειας σε βάρος της άνεσης. Το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο χρόνος που απαιτείται για να επιτευχθεί σύγκλιση στην συνάρτηση κόστους ή βελτιστοποίησης.

Με δεδομένη την πολλαπλή χρησιμότητα και των δυνατοτήτων αξιοποίησης του εργαλείου στην εξοικονόμηση ενέργειας, τόσο των νοικοκυριών όσο και των κτιρίων του τριτογενούς τομέα, το εργαλείο αυτό προσφέρει δυνατότητες για την υποστήριξη πολιτικών (όπως ο ΚΟΧΕΕ), που εξυπηρετούν τις προτιμήσεις του πιθανού χρήστη κάθε φορά.

Το εργαλείο εφαρμόστηκε με προσομοιώσεις σε κτίριο της Αθήνας όπου και επέδειξε πάνω από 25% εξοικονόμηση ενέργειας.

5. Βιβλιογραφία

- [1] F. Herrera, J.L.Verdegay, Genetic Algorithms and Soft Computing, Physica-Verlag, ISBN 3-7908-0956-X, 1996.
- [2] P.O. Fanger, Thermal comfort, Mc Graw-Hill, New York (1972).
- [3] CIBSE Code for interior lighting, ISBN 0 900953 64 0 (1994).
- [4] Francis Allard, Natural Ventilation in Buildings, James & James, ISBN 1 873936729.

[5] Z. Michalewicz, Genetic Algorithms and Data Structures Evolution Programs, Springer-Verlag ISBN 3-540-580090-5.

[6] G. Eftaxias, G. Sutherland, M. Santamouris, A building simulation toolbox for MATLAB/SIMULINK, Installation guide and user manual, Group Building Environmental Studies, Department of Applied Physics, University of Athens (1999).

[7] K.I. Diamantaras,S.Y. Kung, *Principal Components Neural Networks*, John Wiley and Sons Inc.