ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΩΡΟΛΟΓΙΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ

Σπυρίδων Καζαρλής

Τ.Ε.Ι. Σερρών, Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών

Βασίλειος Πετρίδης

Α.Π.Θ., Τμήμα Ηλ/γων Μηχ/κών & Μηχ/κών Η/Υ

Παναγιώτης Αδαμίδης

Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πληροφορικής

Παυλίνα Φράγκου

Ε.Κ.Ε.Φ.Ε Δημόκριτος, Ινστιτούτο Πληρ/κής & Τηλ/νιών,

Μιχάλης Σαββόπουλος

Τ.Ε.Ι. Σερρών, Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών

[1] Τ.Ε.Ι. Σερρών, Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνίων, Σέρρες, Τηλ.: 23210-49170, Fax: 23210-49128, e-mail: kazarlis@teiser.gr

(Η εργασία αυτή συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και Εθνικούς Πόρους – ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ - ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αφορά την ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδων Εξελικτικής Υπολογιστικής και ειδικότερα Γενετικών Αλγορίθμων (ΓΑ) για την αυτόματη παραγωγή βέλτιστων ωρολόγιων προγραμμάτων μαθημάτων και εξετάσεων για σχολές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Προτείνεται μία νέα μέθοδος εφαρμογής των ΓΑ σε προβλήματα ωρολόγιου προγράμματος, που χρησιμοποιεί μία έμμεση αναπαράσταση των λύσεων βασιζόμενη σε «προτεραιότητες συμβάντων», καθώς και ένα χρονο-προγραμματιστή ο οποίος «κτίζει» τις τελικές λύσεις με βάση τις έμμεσες αναπαραστάσεις, ικανοποιώντας μεγάλο αριθμό περιορισμών. Η μέθοδος αυτή δοκιμάζεται σε δύο πραγματικά προβλήματα ωρολόγιου προγράμματος από συγκεκριμένα Α.Ε.Ι. και Τ.Ε.Ι. και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις λύσεις που παρήγαγε ο άνθρωπος. Τα συγκριτικά αποτελέσματα είναι πολύ ενθαρρυντικά για την χρήση αυτών των μεθόδων.

Λέξεις Κλειδιά (KeyWords) : Ωρολόγια Προγράμματα, Χρονο-Προγραμματισμός, Γενετικοί Αλγόριθμοι, Εξελικτική Υπολογιστική, Βελτιστοποίηση.

ABSTRACT

This work concerns the development and application of Evolutionary Computation methods, and especially Genetic Algorithms, for the automated production of optimal lecture and exam timetables, for third grade educational institutes. In this work a new method is proposed for applying Genetic Algorithms to timetable problems, that uses an indirect representation of solutions based on "event priorities", and a scheduling algorithm that "builds" the final solutions form indirect representations, satisfying a large number of constraints. This method is tested on two real-world timetable problems from specific institutes and the results are compared with the corresponding man-made solutions. The comparative results are most encouraging for the use of such methods.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τον A. Wren [16]: «η κατασκευή ωρολόγιων προγραμμάτων (timetabling) συνίσταται στην υποκείμενη σε περιορισμούς κατανομή δεδομένων πόρων σε αντικείμενα που τοποθετούνται στον χώρο και στον χρόνο με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούν στο μεγαλύτερο βαθμό μία σειρά επιθυμητών αντικειμενικών στόχων». Με άλλα λόγια απαιτούν την εύρεση μίας κατανομής γεγονότων σε χρονοθυρίδες (time slots), μέσα σε ένα περιορισμένο χρονικό ορίζοντα, καθώς και την ανάθεση πόρων στα γεγονότα (π.χ. προσωπικό, αίθουσες, κ.λ.π.), έτσι ώστε να ικανοποιείται μία σειρά περιορισμών και να βελτιστοποιείται ένας αριθμός στόχων που εξαρτώνται από το εκάστοτε πρόβλημα.

Τα προβλήματα ωρολόγιου προγράμματος εμφανίζονται σε πολλές μορφές όπως: ωρολόγια προγράμματα στην εκπαίδευση (μαθημάτων και εξετάσεων), βάρδιες προσωπικού, προγραμματισμός αθλητικών γεγονότων, δρομολογίων μέσων μεταφοράς κ.λ.π. Ανήκουν στη κατηγορία των προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού (scheduling) και αποτελούν συνδυαστικά προβλήματα (combinatorial problems) δύσκολα προς επίλυση.

Αναλυτική μέθοδος επίλυσης των προβλημάτων αυτών, για όλες τις περιπτώσεις προβλημάτων, δεν υπάρχει, άλλη από την πλήρη απαρίθμηση περιπτώσεων (exhaustive search).

Για τα ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης η παραγωγή βέλτιστων ωρολόγιων προγραμμάτων μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση των συνθηκών εργασίας και εκπαίδευσης, στην καλύτερη εκμετάλλευση της υποδομής, στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην επίλυση διενέξεων λόγω αλληλοσυγκρουόμενων απαιτήσεων και τέλος σε βελτίωση της ποιότητας της παρεχόμενης εκπαίδευσης.

Για τον λόγο αυτό έχουν προταθεί στην βιβλιογραφία μία σειρά μεθόδων από διαφορετικούς τομείς, όπως τα Μαθηματικά. η Επιχειρησιακή Έρευνα, η Τεχνητή Νοημοσύνη και η Υπολογιστική Ευφυΐα, για την επίλυση αυτών των προβλημάτων [1], [3], [4], [6], [13], [14], [15].

Μία οικογένεια τέτοιων μεθόδων είναι και οι μέθοδοι της Εξελικτικής Υπολογιστικής (Evolutionary Computation) και ειδικότερα οι Γενετικοί Αλγόριθμοι (Genetic Algorithms) (ΓΑ). Οι ΓΑ αποτελούν εργαλεία γενικής βελτιστοποίησης ευρείας εφαρμογής, που εμπνεύστηκαν από τις αρχές της εξέλιξης των ειδών στην φύση και της επιβίωσης των καλύτερων. Έχουν εφαρμοστεί και στο παρελθόν για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων [2], [5], [10] με επιτυχία.

Η εργασία αυτή προτείνει μία νέα μέθοδο επίλυσης προβλημάτων ωρολόγιου προγράμματος που βασίζεται στους ΓΑ αλλά χρησιμοποιεί μία μέθοδο έμμεσης κωδικοποίησης των λύσεων που βασίζεται σε προτεραιότητες συμβάντων και περιγράφεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο. Επίσης χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο, τον «χρονοπρογραμματιστή» που παίρνει τις έμμεσες λύσεις που παράγει ο ΓΑ και με βάση αυτές κτίζει τις τελικές λύσεις, προσπαθώντας να ικανοποιήσει ένα μεγάλο αριθμό περιορισμών κατά το «κτίσιμο» των τελικών λύσεων. Η προτεινόμενη μέθοδος εφαρμόζεται σε δύο προβλήματα δοκιμών και τα αποτελέσματα είναι άκρως ενθαρρυντικά, συγκρινόμενα με τις ανθρώπινα παραγμένες λύσεις.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία ανάλυση των προβλημάτων εκπαιδευτικών ωρολόγιων προγραμμάτων. Στο κεφάλαιο 3 παρατίθεται η μέθοδος που προτείνεται για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων μέσω ΓΑ. Στο κεφάλαιο 4 περιγράφονται τα προβλήματα των δοκιμών και τα αποτελέσματα της εφαρμογής της προτεινόμενης μεθόδου, καθώς και η σύγκριση με τις ανθρώπινα παραγμένες λύσεις, ενώ τα συμπεράσματα παρατίθενται στο κεφάλαιο 5.

2. ΩΡΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ

Συνίστανται στη εύρεση της ακριβούς χρονικής τοποθέτησης μίας σειράς γεγονότων (μαθήματα-εξετάσεις), μέσα σε ένα περιορισμένο χρονικό ορίζοντα (π.χ. μία εβδομάδα) και την ανάθεση σε αυτά ενός αριθμού πόρων (καθηγητής, αίθουσα, κ.λ.π.), έτσι ώστε να ικανοποιείται ένας αριθμός περιορισμών και να βελτιστοποιείται ένας αριθμός στόχων. Ο αριθμός των γεγονότων (μαθήματα) είναι σαφώς καθορισμένος εξ' αρχής, όπως και η διάρκειά τους, οι απαιτήσεις του καθενός (διαθέσιμοι καθηγητές, διαθέσιμες αίθουσες) όπως και οι λοιποί περιορισμοί που τυχόν θα πρέπει να ικανοποιούνται (π.χ. επίλυση ασκήσεων ή διεξαγωγή εργαστηρίου μετά την παράδοση της θεωρίας και όχι πριν). Μια απλοποιημένη μαθηματική περιγραφή των προβλημάτων αυτών είναι η εξής [13]: Αν Μ είναι το σύνολο των μαθημάτων μ_i, i=1..M, Κ το σύνολο των καθηγητών κ_j, j=1..K, A το σύνολο των αιθουσών α_k, k=1..A, και Θ το σύνολο των χρονοθυρίδων θ_ℓ, ℓ=1..Θ, και τα μαθήματα χωρίζονται σε Ε ενότητες (π.χ. εξάμηνα) ε_r, r=1..E, και κάθε μάθημα μ_i περιλαμβάνει Δ_i διαλέξεις και μπορεί να διεξαχθεί από μία ομάδα καθηγητών $O_i \subseteq \{\kappa_j, j=1..K\}$, τότε το πρόβλημα ανάγεται στην εύρεση των: $x_{ijk\ell} \in \{0,1\}$, (i=1..M; j=1..K; k=1..A; ℓ=1..Θ), έτσι ώστε να ισχύει :

$$\sum_{j=1}^{K}\sum_{k=1}^{A}\sum_{\ell=1}^{\Theta} x_{ijk\ell} = \Delta_i, (i = 1..M) \quad (1) \quad \text{και} \quad \sum_{i=1}^{M}\sum_{k=1}^{A} x_{ijk\ell} \le 1, (j = 1..K, \ell = 1..\Theta) \quad (2) \quad \text{και}$$

$$\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{K} x_{ijk\ell} \le 1, (k = 1..A, \ell = 1..\Theta) \; (3) \quad \text{και} \quad \sum_{i\in\varepsilon_r}\sum_{j=1}^{K}\sum_{k=1}^{A} x_{ijk\ell} \le 1, (r = 1..E, \ell = 1..\Theta) \quad (4) \quad \text{και}$$

$$\sum_{j\notin O_i}\sum_{k=1}^{A}\sum_{\ell=1}^{\Theta} x_{ijk\ell} = 0, (i = 1..M) \quad (5) \quad \text{με ελαχιστοποίηση της:} \quad \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{K}\sum_{k=1}^{A}\sum_{\ell=1}^{\Theta} d_{ijk\ell}x_{ijk\ell} \; (6)$$

όπου $d_{ijk\ell}$ είναι βάρη με μεγάλες τιμές όταν η ανάθεση του μαθήματος μ_i, στον καθηγητή κ_j, στην αίθουσα α_k, κατά την χρονοθυρίδα θ_ℓ, δεν είναι επιθυμητή. Η σχέση (1) διασφαλίζει την διεξαγωγή του σωστού αριθμού διαλέξεων για κάθε μάθημα. Η (2) διασφαλίζει ότι κανένας καθηγητής δεν θα ανατεθεί σε πάνω από μία διαλέξεις ταυτόχρονα. Η (3) διασφαλίζει ότι καμία αίθουσα δεν θα ανατεθεί σε πάνω από μία διαλέξεις ταυτόχρονα. Η (4) διασφαλίζει ότι μαθήματα της ίδιας ενότητας (π.χ. εξαμήνου) δεν θα ανατεθούν ταυτόχρονα, και η (5) διασφαλίζει ότι οι καθηγητές ανατίθενται σε μαθήματα που μπορούν να διδάξουν.

Οι περιορισμοί που συναντώνται σε προβλήματα ωρολόγιου προγράμματος είναι δύο ειδών:

Α. Οι «σκληροί περιορισμοί» (hard constraints) που πρέπει αυστηρά να ικανοποιούνται από μία υποψήφια λύση, όπως η μη ανάθεση του ίδιου πόρου (π.χ. του ίδιου καθηγητή) σε δύο γεγονότα (δύο μαθήματα) την ίδια χρονική στιγμή.

Β. Οι «μαλακοί περιορισμοί» (soft constraints), που μπορούν να θεωρηθούν και ως στόχοι βελτιστοποίησης, είναι καλό να ικανοποιούνται στον μέγιστο δυνατό βαθμό, αλλά η μη πλήρης ικανοποίησή τους δεν εμποδίζει μία λύση από το να θεωρείται αποδεκτή. Παράδειγμα ο προγραμματισμός των μαθημάτων ενός καθηγητή εντός του ωραρίου που θέλει ο ίδιος.

Οι στόχοι βελτιστοποίησης μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν: α) την ελαχιστοποίηση κενών ωρών καθηγητών και φοιτητών, β) την ελαχιστοποίηση των χρόνων μετάβασης μεταξύ αιθουσών, γ) την μικρότερη δυνατή επέκταση του ωραρίου προς τις βραδινές ώρες, κ.λ.π.

Το ωρολόγιο πρόγραμμα αποτελείται από ένα αριθμό γεγονότων που είναι ίσα σε αριθμό με τα ανεξάρτητα μαθήματα ή υπο-τμήματα αυτών που διεξάγονται μέσα στον χρονικό ορίζοντα προγραμματισμού. Σε κάθε γεγονός αντιστοιχίζονται τα εξής: ακριβής χρονοθυρίδα (ημέρα και ώρα), αίθουσα, και καθηγητής ή καθηγητές. Ανάλογα με την περίπτωση ενδέχεται στα γεγονότα να αντιστοιχίζονται και άλλοι πόροι όπως : συμμετέχοντες σπουδαστές ή μέσα διεξαγωγής των μαθημάτων (π.χ. όργανα, προβολικά, κ.λ.π.). Οι χώροι λύσεων αυτών των προβλημάτων ακόμα και για τη περίπτωση του ωρολόγιου προγράμματος ενός μεμονωμένου τμήματος κάποιου τριτοβάθμιου ιδρύματος είναι χαώδεις. Για παράδειγμα σε ένα πρόβλημα ωρολόγιου προγράμματος μαθημάτων με χρονικό ορίζοντα 5 ημερών και 13 χρονοθυρίδων ανά ημέρα, με 200 ανεξάρτητα γεγονότα, 100 καθηγητές και βοηθούς/συνεπικουρούντες με μέγιστο 10 διαθέσιμους καθηγητές ανά μάθημα και 15 αίθουσες, το κάθε γεγονός μπορεί να καθοριστεί σε μία από 5x13x10x15=9750 καταστάσεις (μη υπολογίζοντας τους περιορισμούς), οπότε ο χώρος λύσεων θα έχει $9750^{200} = 6.3 \times 10^{797}$ διαφορετικές λύσεις

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΜΕ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΕΣ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ

Για την εφαρμογή ΓΑ σε οποιοδήποτε πρόβλημα θα πρέπει πρώτα να οριστεί μία αναπαράσταση των λύσεων του προβλήματος σε συμβολοσειρές που προσομοιώνουν το DNA. Η μέθοδος αναπαράστασης των λύσεων είναι κρίσιμη για την επιτυχία των ΓΑ στο πρόβλημα.

Η αναλυτική «άμεση» κωδικοποίηση κωδικοποιεί μία πλήρη λύση σε μία γενετική συμβολοσειρά. Αντίστροφα, η αποκωδικοποίηση αυτής της συμβολοσειράς μας δίνει μία έτοιμη λύση. Σε αυτή την περίπτωση όμως ο ΓΑ καλείται να εξελίξει την αναλυτική λύση του προβλήματος, επιλύοντας και όλους τους περιορισμούς του προβλήματος, και καθιστώντας την εύρεση της βέλτιστης και αποδεκτής λύσης «βελόνα στα άχυρα» [11].

Για τον λόγο αυτό στην εργασία αυτή προτείνεται μία έμμεση κωδικοποίηση η οποία για κάθε ανεξάρτητο γεγονός κωδικοποιεί: α) την αίθουσα, β) τον/τους καθηγητές γ) την ημέρα διεξαγωγής και δ) έναν ακέραιο αριθμό προτεραιότητας. Δεν κωδικοποιεί όμως την ακριβή χρονοθυρίδα του γεγονότος μέσα στην ημέρα. Αυτή καθορίζεται από ένα αλγόριθμο (χρονοπρογραμματιστής) που «κτίζει» την τελική λύση με βάση την προτεραιότητα του κάθε γεγονότος.

Ο χρονοπρογραμματιστής λειτουργεί ως εξής : α) Εκτελεί επανάληψη για όλες τις ημέρες, β) για κάθε ημέρα λαμβάνει τα γεγονότα με τη σειρά της προτεραιότητας που καθόρισε για το καθένα ο ΓΑ, γ) για κάθε γεγονός επιχειρεί τον καθορισμό χρονοθυρίδας ξεκινώντας από την πρώτη (π.χ. 8:00 το πρωί) όπου και τοποθετεί εικονικά το γεγονός, δ) ελέγχει αν παραβιάζεται ο περιορισμός ταυτόχρονης χρήσης αίθουσας με άλλο γεγονός που έχει ήδη προγραμματιστεί, ε) αν ναι τότε η χρονοθυριδα μετατοπίζεται μετά τη λήξη του προγραμματισμένου γεγονότος, στ) αν όχι τότε η χρονοθυρίδα διατηρείται, ζ) τα βήματα (δ)..(στ) επαναλαμβάνονται για την παραβίαση ταυτόχρονης ανάθεσης καθηγητή, για την σύμπτωση μαθημάτων του ί-διου εξαμήνου, και μπορεί να γίνει έλεγχος και για άλλους περιορισμούς.

Με τη μέθοδο αυτή ο ΓΑ κωδικοποιεί και εξελίσσει «αφηρημένες» μορφές λύσεων ενός εν-διάμεσου επιπέδου, που συγκεκριμενοποιούνται από τον χρονοπρογραμματιστή, ο οποίος στην πορεία ικανοποιεί μεγάλο αριθμό περιορισμών στο στάδιο του κτισίματος της λύσης. Έτσι ο χώρος λύσεων απλουστεύεται για τον ΓΑ με αποτέλεσμα την αυξημένη απόδοση.

4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ως προβλήματα δοκιμών χρησιμοποιήθηκαν τα ωρολόγια προγράμματα από δύο τριτοβάθμια ιδρύματα της χώρας, που είναι α) το Τμήμα Ηλ/γων Μηχ/κών και Μηχ/κών Η/Υ του Α.Π.Θ. και β) το Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών του ΤΕΙ Σερρών. Τα χαρακτηριστικά των δύο αυτών προβλημάτων φαίνονται στον Πίνακα 1.

Α/Α	Χαρακτηριστικό	ΤΗΜΜΥ Α.Π.Θ.	ΤΠΕ ΤΕΙ Σερρών
1	Αρ.Μαθημάτων	79	71
2	Αρ. Τμημάτων	104	187
3	Αρ. Γεγονότων	161	192
4	Αρ. Εξαμήνων	5	7
5	Τύποι Μαθημάτων	7	2
6	Αρ. Καθηγητών	110	82
7	Αρ. Αιθουσών	14	17
8	Αρ. Ημερών	5	5
9	Χρονοθυρίδες/ημ.	12	13
10	Μήκος κωδικ. λύσης	4347 bits	3456 bits

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά των δύο προβλημάτων δοκιμών

Το πρόγραμμα του ΤΕΙ Σερρών έχει μόνο δύο τύπους μαθημάτων : Θεωρία και Εργαστήριο, ενώ αυτό του Α.Π.Θ. έχει 7 τύπους μαθημάτων : Θεωρία μη επικαλυπτόμενη ή κοινή μεταξύ τομέων, Εργαστήριο πολλαπλών τμημάτων, Μάθημα Τομέα 1, Μάθημα Τομέα 2, Μάθημα Τομέα 3, Επικαλυπτόμενο μάθημα επιλογής, Ειδικές Περιπτώσεις. Η κωδικοποιημένη λύση για το Α.Π.Θ. είναι 4347 bits (3-ημέρα, 4x4-καθηγητές, 4-αίθουσα, 4-προτεραιότητα=27 bits x 161 γεγονότα) επειδή κωδικοποιεί μέχρι και 4 καθηγητές ανά μάθημα, με 4 bit ανά καθηγη-τή επειδή ο καθένας επιλέγεται από 10 το μέγιστο δυνητικούς καθηγητές. Ενώ αυτό του ΤΕΙ Σερρών έχει μόλις 3456 bits (3-ημέρα, 2x3-καθηγητές, 5-αίθουσα, 4-προτεραιότητα=18 bits x

192 γεγονότα) με μέγιστο τους δύο καθηγητές ανά μάθημα, που ο καθένας επιλέγεται από 8 το μέγιστο υποψήφιους καθηγητές..

Ο ΓΑ που χρησιμοποιήθηκε είχε πληθυσμό 100 ατόμων, όριο εκτέλεσης τις 5000 γενιές, επιλογή γονέων με την μέθοδο του τροχού της ρουλέτας, δυαδική διασταύρωση (crossover) πολλαπλών σημείων και μετάλλαξη (mutation) με μεταβαλλόμενες πιθανότητες εφαρμογής, ελιτισμό, πλήρη αντικατάσταση των γονέων από τους απογόνους, και μία σειρά ανασυνδυαστικών τελεστών που διευρύνουν την απόδοση του ΓΑ [8], [12]. Επίσης χρησιμοποιήθηκε μία σειρά ειδικών-για-το-πρόβλημα τελεστών με δυνατότητα επίλυσης επιμέρους περιορισμών και χαρακτηριστικά τελεστών αναρρίχησης [7], [9], [10].

Για κάθε πρόβλημα εκτελέστηκε ένας μεγάλος αριθμός πειραμάτων από τα οποία τα καλύτερα εμφανίζονται στον Πίνακα 2, μαζί με τις αντίστοιχες λύσεις που παρήγαγε ο άνθρωπος. Να σημειωθεί ότι τα προβλήματα έχουν κωδικοποιηθεί ως προβλήματα ελαχιστοποίησης.

Α/Α	Χαρακτηριστικό	Α.Π.Θ.	Ανθρ.Λύση	ΤΕΙ Σερρών	Ανθρ.Λύση
1	Ολική Ποιότητα	672	799	1104	1294
2	Ποιότητα Στόχων	672	799	1104	1294
3	Ποινές Περιορισμών	0	0	0	0
4	Αρ.παραβ.περιορισμώ	0	0	0	0
5	Κενά Αιθουσών	0	63	1	94
6	Κενά Καθηγητών	0	58	3	102

Πίνακας 2. Αποτελέσματα εφαρμογής του ΓΑ στα προβλήματα δοκιμών και συγκρίσεις

Από τον Πίνακα 2 φαίνεται ότι ο ΓΑ βρίσκει λύσεις σαφώς καλύτερες από τις ανθρώπινες. Στο πρόβλημα του Α.Π.Θ. βρήκε την βέλτιστη λύση με μηδενική παραβίαση περιορισμών και μηδενικά κενά στο πρόγραμμα αιθουσών και καθηγητών, σε αντίθεση με την ανθρώπινη που εμφανίζει 63 και 58 συνολικά κενά αντίστοιχα. Στο πρόβλημα του ΤΕΙ Σερρών βρήκε λύση πολύ κοντά στην βέλτιστη με μηδενική παραβίαση περιορισμών και κενά αιθουσών-καθηγητών 1 και 3 αντίστοιχα. Συγκριτικά η ανθρώπινη λύση εμφανίζει 94 συνολικά κενές ώρες αιθουσών και 102 καθηγητών.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε μία νέα μέθοδος εφαρμογής Γενετικών Αλγορίθμων για την επίλυση προβλημάτων εκπαιδευτικών ωρολόγιων προγραμμάτων για τριτοβάθμια ιδρύματα. Η μέθοδος χρησιμοποιεί έμμεσες κωδικοποιήσεις των λύσεων σε μερικώς αφηρημένες μορφές που παίρνουν τη τελική τους μορφή με την εκτέλεση ενός αλγορίθμου ανάθεσης γεγονότων σε χρονοθυρίδες, που ταυτόχρονα ικανοποιεί μεγάλο αριθμό περιορισμών. Η μέθοδος δοκιμάστηκε σε δύο πραγματικά προβλήματα τμημάτων ΑΕΙ και ΤΕΙ της χώρας. Οι λύσεις που παράγει ο ΓΑ δεν παραβιάζουν κανένα περιορισμό, είναι βέλτιστες ή κοντά στο βέλτιστο και συντριπτικά καλύτερες από τις αντίστοιχες λύσεις που παρήγαγε ο άνθρωπος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. D. Abramson, "Constructing school timetables using simulated annealing: sequential and parallel algorithms," Management Science, 37(1), January 1991, pp. 98-113
2. P. Adamidis and P. Arapakis, "Evolutionary Algorithms in Lecture Timetabling," *Proc. of the 1999 IEEE Congr. on Evolutionary Computation (CEC '99)*, IEEE, pp. 1145-1151.
3. M.W. Carter, "A Survey of Practical Applications of Examination Timetabling Algorithms," *Operations Research* vol. 34, 1986, pp. 193-202.
4. M.W. Carter and G. Laporte, "Recent Developments in Practical Course Timetabling," In: Burke, E., Carter, M. (Eds.), *The Practice and Theory of Automated Timetabling II: Selected Papers from the 2nd Int'l Conf. on the Practice and Theory of Automated Timetabling*, Springer Lecture Notes in Computer Science Series, Vol. 1408, 1998, pp. 3-19.
5. A. Colorni, M. Dorigo, and V. Maniezzo. "Genetic algorithms - A new approach to the timetable problem," In *Lecture Notes in Computer Science - NATO ASI Series*, Vol. F 82, Combinatorial Optimization, (Akgul et al eds), Springer-Verlag, 1990, pp. 235-239.
6. A. Hertz, "Tabu search for large scale timetabling problems," *European journal of operations research*, vol. 54, 1991, pp. 39-47.
7. S.A. Kazarlis, "Micro-Genetic Algorithms As Generalized Hill-Climbing Operators for GA Optimization of Combinatorial Problems – Application to Power Systems Scheduling", *Proc. of the the 4th Conference on Technology and Automation*, Oct. 2002, Thessaloniki, Greece (Dept.of Automation, A.T.E.I. of Thessaloniki, Greece), pp. 300-305.
8. S.A. Kazarlis, A.G. Bakirtzis, V. Petridis, "A Genetic Algorithm Solution to the Unit Commitment Problem," *IEEE Trans. on Power Systems*, V.11, No.1, Feb.'96, pp. 83-92.
9. S.Kazarlis, S.Papadakis, J.Theocharis and V.Petridis, "Micro-Genetic Algorithms as Generalized Hill Climbing Operators for GA Optimization," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 5, No. 3, June 2001, pp. 204-217.
10. S. Kazarlis, V. Petridis and P. Fragkou, "Solving University Timetabling Problems Using Advanced Genetic Algorithms," Proc. of the 5th International Conference on Technology and Automation (ICTA'05), Thessaloniki, Greece, 15-16 Oct, 2005, pp. 131-136.
11. B. Paechter, A. Cumming, M.G.Norman, and H. Luchian, "Extensions to a memetic timetabling system," In E.K. Burke and P.M. Ross, eds., *Proceedings of the 1st International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling*, 1995.
12. V. Petridis, S. Kazarlis and A. Bakirtzis, "Varying Fitness Functions in Genetic Algorithm Constrained Optimization: The Cutting Stock and Unit Commitment Problems," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, v.28, Part B, No.5, Oct.'98, pp. 629-640.
13. A. Schaerf, "A Survey of Automated Timetabling," *Artificial Intelligence Review*, vol 13 (2), 1999, 87-127.
14. Arabinda Tripathy, "A lagrangian relaxation approach to course timetabling," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 31, 1980, pp. 599-603
15. G.M. White and P.W. Chan, "Towards the Construction of Optimal Examination Timetables," *INFOR 17*, 1979, p.p. 219-229.
16. A. Wren, "Scheduling, Timetabling and Rostering – A Special Relationship?,", in The Practice and Theory of Automated Timetabling: Selected Papers from the 1st Int'l Conf. on the Practice and Theory of Automated Timetabling, Burke, E., Ross, P. (Eds.) Springer Lecture Notes in Computer Science Series, Vol. 1153, 1996, pp. 46-75.