



ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ

**ΣΩΤΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ
ΑΜ: 9890
ΕΤΟΣ 2015 – 2016
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΚΟΓΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

ΑΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη.....	6
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	7
1.1 Το πρόβλημα του Χρονοπρογραμματισμού	7
1.2 Κατηγορίες προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού	8
1.2.1 Ενότητα 1: Μοντελοποίηση της ζήτησης.....	9
1.2.2 Ενότητα 2: Προγραμματισμός των αδειών.....	10
1.2.3 Ενότητα 3: Χρονοπρογραμματισμός των βαρδιών.....	10
1.2.4 Ενότητα 4: Σχεδιασμός της πορείας εργασιών	11
1.2.5 Ενότητα 5: Ανάθεση εργασιών	11
1.2.6 Ενότητα 6: Ανάθεση προσωπικού	11
1.3 Τυπικές αποσυνθέσεις του προβλήματος του χρονοπρογραμματισμού.....	11
1.4 Κατανομή καθηκόντων	13
1.5 Σχεδιασμός της πορείας εργασιών.....	13
1.6 Ανάθεση.....	15
1.7 Μαθηματικό μοντέλο χρονοπρογραμματισμού προσωπικού.....	16
Κεφάλαιο 2: Κατηγορίες προβλημάτων εφαρμογής χρονοπρογραμματισμού.....	17
2.1 Συστήματα μεταφορών.....	17
2.2 Τηλεφωνικά κέντρα	19
2.3 Συστήματα υγειονομικής περίθαλψης.....	22
2.4 Υπηρεσίες προστασίας και έκτακτης ανάγκης.....	23
2.5 Αστικές υπηρεσίες και υπηρεσίες κοινής ωφέλειας	24
2.6 Διαχείριση χώρων	25
2.7 Οικονομικές υπηρεσίες.....	25
2.8 Φιλοξενία και τουρισμός.....	26
2.9 Λιανική πώληση	26
2.10 Βιομηχανία	27
Κεφάλαιο 3: Κυριότερες τεχνικές επίλυσης προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού	27
3.1 Μαθηματικός προγραμματισμός.....	27
3.1.1 Γραμμικός Προγραμματισμός	28
3.2 Προγραμματισμός με περιορισμούς.....	30
3.3 Μεταερευρητικές τεχνικές.....	32

3.3.1 Γενετικοί Αλγόριθμοι	33
3.3.2 Αναζήτηση Ταμπού	34
3.3.3 Προσομοιωμένη ανόπτηση	36
3.3.4 Νευρωνικά δίκτυα	37
3.3.5 Άπληστη τυχαιοποιημένη προσαρμοστική αναζήτηση	39
Κεφάλαιο 4: Λογισμικά χρονοπρογραμματισμού	40
4.1 Λογιστικά φύλλα (Excel) εργαλείο επιλυτής	40
4.2 Λογισμικό Snap Schedule	50
4.3 Λογισμικό ABC Roster	51
4.4 Λογισμικό Autorota	53
4.4 Λογισμικό ClockIt	55
Κεφάλαιο 5: Περιγραφή του λογισμικού DRoster	56
5.1 Παράδειγμα χρονοπρογραμματισμού προσωπικού σε τηλεφωνικό κέντρο με το λογισμικό DRoster	57
5.1.1 Αντιγραφή - επικόλληση ημερών	61
5.1.2 Θέτοντας περιορισμούς στους υπαλλήλους	63
5.1.3 Εμφάνιση ή εκτύπωση μιας αναφοράς	64
5.1.4 Αυτοματοποιημένος χρονοπρογραμματισμός	65
Κεφάλαιο 6: Επίλογος – Συμπεράσματα	69
Βιβλιογραφία	70
Συντομογραφίες	71

Κατάλογος Πινάκων – Εικόνων

Πίνακας 1: Περιοχές και Παραδείγματα Εφαρμογής MP	28
Πίνακας 2: Τα βασικά στοιχεία μοντέλου LP	29
Πίνακας 3: Εφαρμογές μεθόδου TS	35
Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της TS	36
Πίνακας 5: Λογισμικά χρονοπρογραμματισμού	40
Εικόνα 1: Το Διάγραμμα του παραδείγματος	31
Εικόνα 2: Γενετικοί αλγόριθμοι	33
Εικόνα 3: Μετάλλαξη των χρωμοσωμάτων	34
Εικόνα 4: Ένα πολύ απλό νευρωνικό δίκτυο FFN με δύο εισόδους, ένα κρυφό επίπεδο δύο μονάδων, και μία έξοδο	38
Εικόνα 5: Ένα πολύ απλό νευρωνικό δίκτυο RN με δύο εισόδους, ένα κρυφό επίπεδο δύο μονάδων, και μία έξοδο	38
Εικόνα 6: Ρύθμιση παραμέτρων	41

Εικόνα 7: Πρόσθετο What's best.....	42
Εικόνα 8: Κουμπιά προσδιορισμού ρυθμιζόμενου κελιού	42
Εικόνα 9: Κουμπιά καθορισμός καλύτερου.....	43
Εικόνα 10: Κουμπιά προσδιορισμός περιορισμών.....	43
Εικόνα 11: Κουμπιά επίλυσης προβλήματος.....	43
Εικόνα 12: Εικονίδιο Πρόσθετου Open Solver	44
Εικόνα 13: Επιλογές Open Solver.....	44
Εικόνα 14: Πρόσθετο Προγραμματιστής	44
Εικόνα 15: Περιβάλλον Visual Basic.....	44
Εικόνα 16: Προβολή παραδείγματος	45
Εικόνα 17: Εισαγωγή προτιμήσεων των Υπαλλήλων	46
Εικόνα 18: Δημιουργία πίνακα Αναθέσεων	47
Εικόνα 19: Εικονίδιο Επιλυτή.....	47
Εικόνα 20: Ρυθμίσεις Παραμέτρων Επίλυσης.....	47
Εικόνα 21: Ορισμός ονόματος τετραγώνου σε.....	48
Εικόνα 22: Επιλογή τετραγώνου	48
Εικόνα 23: Ονομασία στήλης ως "Αναθέσεις_ανα_υπάλληλο"	48
Εικόνα 24: Προσθήκη περιορισμών.....	48
Εικόνα 25: Αποτελέσματα Επίλυσης	49
Εικόνα 26: Τελικός Πίνακας αναθέσεων	49
Εικόνα 27: Δημιουργία νέου χρονοπρογραμματισμού με το Snap Schedule	50
Εικόνα 28: Ρύθμιση παραμέτρων επισκόπησης.....	51
Εικόνα 29: Ολοκλήρωση χρονοπρογραμματισμού	51
Εικόνα 30: Interface ABC Roster	52
Εικόνα 31: Εισαγωγή χρονοπρογραμματισμού	52
Εικόνα 32: Εμφανιζόμενος εβδομαδιαίος χρονοπρογραμματισμός.....	53
Εικόνα 33: Εισαγωγή βαρδιών	53
Εικόνα 34: Interface του Autorota	54
Εικόνα 35: Ανάθεση υπαλλήλων.....	54
Εικόνα 36: Ετήσιος χρονοπρογραμματισμός	54
Εικόνα 37: Interface του ClockIt	55
Εικόνα 38: Αυτοματοποιημένος οδηγός δημιουργίας χρονοπρογραμματισμού	55
Εικόνα 39: Ολοκλήρωση χρονοπρογραμματισμού	56
Εικόνα 40: Το λογότυπο της Kappix	56
Εικόνα 41: Το λογότυπο του DRoster	56
Εικόνα 42: Κεντρική οθόνη του λογισμικού	58
Εικόνα 43: Δημιουργία παραδείγματος	58
Εικόνα 44: Εισαγωγή της θέσης εργασίας.....	58
Εικόνα 45: Ονομασία της θέσης εργασίας με την λέξη «Υπάλληλος».....	58
Εικόνα 46: Προσθήκη βαρδιών	59
Εικόνα 47: (1) Όνομα βάρδιας, (2) Ώρα έναρξης της βάρδιας και (3) Ώρες εργασίας	59
Εικόνα 48: Ολοκλήρωση εισαγωγής των πιθανών βαρδιών	59
Εικόνα 49: Εισαγωγή υπαλλήλων.....	59
Εικόνα 50: Ονομασία υπαλλήλων.....	59
Εικόνα 51: Ολοκληρωμένη εισαγωγή υπαλλήλων	60

Εικόνα 52: Εμφάνιση κενού προγράμματος μετά την ολοκλήρωση της εισαγωγής...	60
Εικόνα 53: Κενά κελιά για την εισαγωγή των υπαλλήλων	60
Εικόνα 54: (1) Εισαγωγή ονόματος υπαλλήλου	61
Εικόνα 55: Ολοκληρωμένο πρόγραμμα	61
Εικόνα 56: Αντιγραφή βαρδιών των υπαλλήλων	62
Εικόνα 57: Αντιγραφή των υπαλλήλων της ημερομηνίας	62
Εικόνα 58: Η επιλογή Manage	63
Εικόνα 59: Καρτέλα διαχείρισης υπαλλήλων.....	63
Εικόνα 60: Εισαγωγή πληροφοριών και περιορισμών στην υπάλληλο Αναστασία Λάζου.....	63
Εικόνα 61: Εμφάνιση των στοιχείων στην αρχική καρτέλα διαχείρισης	64
Εικόνα 62: Επιλογή αναφοράς για εμφάνιση	64
Εικόνα 63: Επιλογή είδος αναφοράς «Βάση καθηκόντων ανά μέρα »	64
Εικόνα 64: Ρυθμίσεις εμφάνισης της αναφοράς.	64
Εικόνα 65: Εμφανιζόμενη αναφορά	65
Εικόνα 66: Η επιλογή ROTA	65
Εικόνα 67: Ρύθμιση του ROTA.....	66
Εικόνα 68: Ονομασία του μοτίβου «Καθημερινή»	66
Εικόνα 69: (1) Δημιουργία νέου ωραρίου,	66
Εικόνα 70: Ολοκλήρωση και εμφάνιση.....	67
Εικόνα 71: Ονομασία εβδομάδας.....	67
Εικόνα 72: Πριν την εισαγωγή των μοτίβων	68
Εικόνα 73: Μετά την εισαγωγή των μοτίβων	68
Εικόνα 74: Επιλογή Χαλαρής.....	68
Εικόνα 75: Ορισμός εβδομάδας	68

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον καθηγητή κύριο Γκόγκο Χρήστο για τον χρόνο που αφιέρωσε και τη δυνατότητα που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την πτυχιακή μου εργασία. Οι σημαντικές υποδείξεις και οι συμβουλές του με καθοδήγησαν σε έναν σωστό τρόπο σκέψης και αναζήτησης.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για την σωματική και ψυχολογική στήριξη και την εμπιστοσύνη που έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου. Πέρα όμως από την πολύτιμη αυτή στήριξη, μου έδωσαν όλα τα εφόδια ώστε να γίνω ένας σωστός άνθρωπος και αυτό είναι κάτι που δεν μαθαίνεται, αλλά μεταδίδεται.

Τέλος, θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον αδερφικό μου φίλο Ηλία Καλαμπούκη που με συμβούλευε και μου έδινε κουράγιο σε κάθε δυσκολία μου και την Πολυξένη Ισπόγλου, η οποία με διόρθωνε σε αρκετά λάθη που έκανα στην πτυχιακή μου και μου έδινε δύναμη να προχωρήσω με την σωστή καθοδήγησή της.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μελετά το πρόβλημα του χρονοπρογραμματισμού και παράλληλα την εύρεση βέλτιστων λύσεων για την επίλυσή του.

Στα πρώτα δύο κεφάλαια αναλύεται το σύνολο των προβλημάτων καθώς και τα πεδία εφαρμογής του χρονοπρογραμματισμού. Σημειώνονται οι αξιοσημείωτες διαφορές κατά τον σχεδιασμό του ανάλογα με τον τομέα που εφαρμόζεται. Μέσω της εκτενής ανάλυσης των προβλημάτων που ακολουθεί στο κύριο θέμα της εργασίας προκύπτει η επιτακτική ανάγκη διερεύνησης τεχνικών αντιμετώπισής τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι αντιμετώπισης: Μαθηματικός προγραμματισμός, Προγραμματισμός με περιορισμούς και Μεταεureτικές τεχνικές. Αποδεικνύεται ότι οι μεταεureτικές τεχνικές αποτελούν μία από τις βέλτιστες και σύγχρονες μεθόδους επίλυσης. Στόχος αποτελεί η άρτια υλοποίηση του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού, όπως σημειώνεται στο τέταρτο κεφάλαιο με την εφαρμογή των λογισμικών: Excel, Snap Schedule, ABC Roster, Autorota, ClockIt.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται εκτενώς το λογισμικό DRoster. Μέσω της παρουσίασης ενός παραδείγματος εφαρμογής του στα τηλεφωνικά κέντρα μπορεί να γίνει πιο κατανοητή η χρήση του στον διαχειριστή.

Η πτυχιακή εργασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση του επιλόγου - συμπερασμάτων που προκύπτουν από την ανάλυση των τεχνικών επίλυσης για την εφαρμογή του χρονοπρογραμματισμού.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Το πρόβλημα του Χρονοπρογραμματισμού

Το πρόβλημα του χρονοπρογραμματισμού αφορά ένα σύνολο εργασιών που πρέπει να πραγματοποιηθούν με βέλτιστο τρόπο και για τις οποίες υπάρχουν χρονικοί και άλλοι περιορισμοί. Απλούστερα ο χρονοπρογραμματισμός είναι το πρόγραμμα εργασίας των εργαζομένων της κάθε βιομηχανίας. Στο πέρασμα των χρόνων διάφοροι ερευνητές έδωσαν τον δικό τους ορισμό στο χρονοπρογραμματισμό (στα αγγλικά «scheduling»). Από τη μία ο James Lundy ορίζει στο βιβλίο του «Effective Industrial Management» ότι ο χρονοπρογραμματισμός αποτελείται από την ανάθεση χρονικής στιγμής έναρξης και ολοκλήρωσης για τις διάφορες εργασίες που πρέπει να εκτελεστούν. Από την άλλη ο Leon Alford μαζί με τον Henry Beatty στο άρθρο τους με τίτλο «Principles of Industrial Management» όρισαν ότι ο χρονοπρογραμματισμός είναι η τοποθέτηση συγκεκριμένων θέσεων εργασίας σε ένα γενικό χρονοδιάγραμμα, έτσι ώστε οι παραγγελίες να μπορούν να κατασκευαστούν με συμβατική ευθύνη ή σε μαζική παραγωγή, με αποτέλεσμα κάθε στοιχείο να μπορεί να φτάσει έγκαιρα και να αρχίζει η παραγωγή του στο τμήμα και στον απαιτούμενο χρόνο που χρειάζεται.

Στη συνέχεια θα γίνει ανάλυση του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού. Για τη σωστή μελέτη ενός χρονοπρογραμματισμού προσωπικού χρειάζονται διάφοροι παράμετροι όπως ο αριθμός των υπαλλήλων με συγκεκριμένα καθήκοντα που απαιτούνται για την εκπλήρωση της ζήτησης υπηρεσιών, οι ώρες εργασίας του κάθε υπαλλήλου, οι διάφορες βάρδιες και ακόμα περισσότερα. Είναι πολύ δύσκολο να βρεθούν λύσεις στο θέμα αυτό γιατί υπάρχουν πολλοί περιορισμοί και τα προβλήματα είναι πολλά. Ακόμα πιο δύσκολο το καθιστά η λύση του σε αποδεκτό χρόνο που θα ελαχιστοποιεί το κόστος αλλά και παράλληλα θα ικανοποιεί τις προτιμήσεις των εργαζομένων χωρίς να υπάρχει κάποια αδικία μεταξύ τους.

Κάθε βιομηχανία έχει τον δικό της τομέα που ασχολείται καθαρά και μόνο με αυτό το αντικείμενο. Σε πολλές εταιρείες, τα άτομα που εμπλέκονται στην ανάπτυξη του χρονοπρογραμματισμού έχουν ανάγκη από εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων έτσι ώστε να αποκτούν το κατάλληλο προσωπικό, τη σωστή στιγμή και ταυτόχρονα ένα υψηλό επίπεδο ικανοποίησης της εργασίας του προσωπικού. Φυσικά ένα τέτοιο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων θα αποτελείται από υπολογιστικά φύλλα, μια βάση δεδομένων και εργαλείων που θα έχουν αναπτυχθεί από κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα και αλγορίθμους. Η ανάπτυξη των μοντέλων αυτών που διέπουν ένα εργαλείο χρονοπρογραμματισμού θα περιλαμβάνουν:

α) μια μελέτη μοντελοποίησης της ζήτησης που θα συλλέγει ιστορικά στοιχεία για την πρόβλεψη της ζήτησης για τις υπηρεσίες και θα μετατρέπει αυτά τα επίπεδα προσωπικού που απαιτούνται για να ικανοποιηθούν τα πρότυπα παροχής υπηρεσιών.

β) την εξέταση των τεχνικών λύσεων οι οποίες απαιτούνται για τον χρονοπρογραμματισμό του προσωπικού ώστε να ικανοποιούνται οι περιορισμοί που απορρέουν από τους κανονισμούς του χώρου εργασίας, ενώ θα δέχεται την καλύτερη αντιμετώπιση μιας σειράς στόχων

συμπεριλαμβανομένης της κάλυψης της ζήτησης του προσωπικού, το ελάχιστο κόστος με την μέγιστη ικανοποίηση των εργαζομένων.

γ) τον προσδιορισμό από ένα εργαλείο αναφοράς το οποίο θα απεικονίζει αποτελέσματα, λύσεις και αναφορές απόδοσης.

Παρατηρείται ότι κάθε βιομηχανία ή οργανισμός έχει τα δικά της μαθηματικά μοντέλα και αλγορίθμους για την επίλυση του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού της σε διάφορα πεδία εφαρμογής τους.

Στο εμπόριο υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός πακέτων λογισμικών, διαθέσιμα για να υλοποιηθεί σωστά ο χρονοπρογραμματισμός. Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι τα πακέτα λογισμικού που παρέχουν σημαντικές δυνατότητες βελτιστοποίησης για ένα συγκεκριμένο βιομηχανικό πεδίο, δεν μπορούν εύκολα να εφαρμοσθούν ή να μεταφερθούν σε άλλη βιομηχανία. Σε αντίθεση με άλλα λογισμικά, τα οποία προβλέπονται για πιο ευρεία εφαρμογή και στοχεύουν ως επί το πλείστον στην απόδοση διαχειρίσιμων διεργασιών και εκτενών αναφορών στους τελικούς χρήστες, παρέχοντας περιορισμένη υποστήριξη των αυτοματοποιημένων καταλόγων αναφοράς.

1.2 Κατηγορίες προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού

Έχουν προταθεί διάφορες κατηγοριοποιήσεις για τα προβλήματα χρονοπρογραμματισμού. Για παράδειγμα έχει προταθεί από τους (Tien & Kamiyama, 1982) η κατηγοριοποίηση του γενικού προβλήματος χρονοπρογραμματισμού προσωπικού στα ακόλουθα πέντε υποπροβλήματα:

- Πρόβλημα καθορισμού αναγκών σε προσωπικό σε σχέση με το χρόνο.
- Πρόβλημα προσδιορισμού των συνολικών αναγκών σε προσωπικό.
- Πρόβλημα προσδιορισμού αδειών και διαλειμμάτων από την εργασία.
- Πρόβλημα καθορισμού ωραρίου εργασίας ανά εργαζόμενο.
- Πρόβλημα ενσωμάτωσης αλλαγών στο πρόγραμμα των βαρδιών.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί η κατηγοριοποίηση των προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού έτσι όπως περιγράφεται στο άρθρο (Ernst et al., 2004). Σύμφωνα με αυτή προτείνεται ένα σύνολο από επιμέρους ενότητες που σχετίζονται με τον σχεδιασμό προγραμμάτων εργασίας. Η πρώτη ενότητα είναι ο προσδιορισμός των αναγκών ενώ η τελευταία είναι ο προσδιορισμός των εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν σε κάθε χρονικό διάστημα από κάθε εργαζόμενο. Σε κάποιες περιπτώσεις ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν όλες οι ενότητες ενώ σε κάποιες άλλες μόνο μερικές από αυτές και αυτό εξαρτάται από την συγκεκριμένη περιοχή εφαρμογής στην οποία καλείται να λυθεί κάποιο πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού. Αναλυτικότερα οι ενότητες που προτείνονται από τους (Ernst et al., 2004) είναι: η μοντελοποίηση της ζήτησης, ο καθορισμός των αδειών, ο προγραμματισμός των βαρδιών, ο σχεδιασμός της πορείας εργασιών, η ανάθεση εργασιών και η ανάθεση προσωπικού. Στη συνέχεια θα αναλυθεί καθεμία από τις ενότητες.

1.2.1 Ενότητα 1: Μοντελοποίηση της ζήτησης

Η ενότητα αυτή αφορά την ανάπτυξη ενός προγράμματος στο οποίο θα καθορίζεται ο αριθμός των υπαλλήλων που απαιτούνται σε διάφορες χρονικές στιγμές κατά την διάρκεια μιας περιόδου. Ο ρόλος του προσωπικού είναι η εκπλήρωση καθηκόντων που προκύπτουν από περιστατικά τα οποία συμβαίνουν κατά την διάρκεια μιας καθορισμένης περιόδου. Παραδείγματα περιστατικών είναι οι κλήσεις σε ένα τηλεφωνικό κέντρο, οι ασθενείς που προσέρχονται σε ένα νοσοκομείο ή απλά μια συγκεκριμένη αλληλουχία εργασιών η οποία πρέπει να πραγματοποιηθεί.

Η μοντελοποίηση της ζήτησης είναι η διαδικασία της μετάφρασης κάποιων περιστατικών, που ιστορικά δεδομένα μας επιτρέπουν να τα θεωρούμε ως αναμενόμενα σε καθήκοντα, και κατόπιν ο καθορισμός των απαιτήσεων σε προσωπικό που συνεπάγονται τα συγκεκριμένα καθήκοντα. Υπάρχουν τρεις μεγάλες κατηγορίες περιστατικών στις οποίες μπορεί να βασιστεί η ζήτηση του προσωπικού:

- α) Ζήτηση βασισμένη στις εργασίες
- β) Ευέλικτη ζήτηση
- γ) Βάρδιες βασιζόμενες στην ζήτηση

1.2.1.1 Ζήτηση βασισμένη στις εργασίες

Σε αυτήν την περίπτωση η ζήτηση λαμβάνεται από τους καταλόγους των ατομικών εργασιών. Οι εργασίες ορίζονται συνήθως από τον χρόνο έναρξης και τη διάρκειά τους, ή ακόμα και από το χρονικό περιθώριο εντός του οποίου πρέπει να υλοποιηθούν μέσω των απαιτούμενων δεξιοτήτων. Οι εργασίες συχνά προέρχονται από χρονοδιαγράμματα υπηρεσιών που ανήκουν σε έναν οργανισμό. Το αρχικό βήμα για την μοντελοποίηση της ζήτησης είναι ο συνδυασμός των ατομικών εργασιών με αλληλουχίες εργασιών που έχουν ως στόχο τη διευκόλυνση του προσωπικού. Συνήθως αυτή η κατηγορία χρησιμοποιείται σε εφαρμογές μεταφορών, όπου η μοντελοποίηση της ζήτησης συνδέεται με τη δημιουργία του πληρώματος και την βέλτιστη απόδοσή του.

1.2.1.2 Ευέλικτη ζήτηση

Σε αυτή τη κατηγορία, μελλοντικά περιστατικά είναι λιγότερο γνωστά και για αυτό το λόγο η μοντελοποίηση γίνεται μέσω τεχνικών πρόβλεψης. Τα αιτήματα υπηρεσιών μπορεί να έχουν τυχαίο ρυθμό άφιξης και ενδεχομένως τυχαίο χρόνο εξυπηρέτησης. Ο συνδυασμός μεταξύ των αιτημάτων και των επιπέδων στελέχωσης του προσωπικού αποτελούν ένα πρότυπο παροχής υπηρεσιών με σκοπό την ανάλυση αναμονής των περιστατικών κατά την άφιξή τους. Το αποτέλεσμα είναι ο προσδιορισμός του αριθμού του προσωπικού που απαιτείται για κάθε στιγμή της ημέρας σε καθημερινή βάση στο πλαίσιο του χρονοπρογραμματισμού. Για παράδειγμα, το προσωπικό θα μπορούσε να καθοριστεί για κάθε ωριαίο διάστημα κατά την διάρκεια μιας περιόδου προγραμματισμού τεσσάρων εβδομάδων. Η ευέλικτη ζήτηση του

χρονοπρογραμματισμού του προσωπικού εφαρμόζεται σε τηλεφωνικά κέντρα, αστυνομικές υπηρεσίες και στο πλήρωμα των αεροδρομίων.

Με το πρότυπο μοντέλο της ευέλικτης ζήτησης είναι εφικτή η κατανομή των βαρδιών. Για παράδειγμα, έξι πρωινές βάρδιες μπορεί να χρειαστούν για την κάλυψη της ζήτησης μεταξύ 6 πμ και 2 μμ σε μια δεδομένη ημέρα. Κατόπιν του προσδιορισμού των βαρδιών είναι δυνατός ο χρονοπρογραμματισμός της εργασίας. Εναλλακτικά, η ζήτηση μπορεί να διοχετεύεται απευθείας στις επόμενες φάσεις του χρονοπρογραμματισμού ως περιορισμός του αριθμού του προσωπικού που εργάζεται κάθε χρονική στιγμή.

1.2.1.3 Βάρδιες βασιζόμενες στην ζήτηση

Σε αυτή την κατηγορία η ζήτηση λαμβάνεται από τον προσδιορισμό του αριθμού των υπαλλήλων που απαιτούνται να είναι σε υπηρεσία κατά τη διάρκεια διαφορετικών βαρδιών. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως στον χρονοπρογραμματισμό του νοσηλευτικού προσωπικού και στην παροχή υπηρεσιών του ασθενοφόρου. Στις περιπτώσεις αυτές, το προσωπικό καθορίζεται από τις ανάγκες που προκύπτουν ώστε να δοθούν μέτρα προστασίας. Παραδείγματα αποτελούν οι αναλογίες του νοσηλευτικού προσωπικού / ασθενείς ή του χρόνου απόκρισής του. Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί ως μια απλοποιημένη μορφή στην ζήτηση βασισμένη στις εργασίες ή στην ευέλικτη ζήτηση του χρονοπρογραμματισμού.

1.2.2 Ενότητα 2: Προγραμματισμός των αδειών

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του αριθμού των ημερών αδειών που αντιστοιχούν στο προσωπικό για όλες τις ημέρες εργασίας. Ο χρονοπρογραμματισμός των αδειών βρίσκει εύκολη χρήση στη ζήτηση βασισμένη στις εργασίες σε αντίθεση με τις βάρδιες που είναι βασιζόμενες στη ζήτηση και στην ευέλικτη ζήτηση.

1.2.3 Ενότητα 3: Χρονοπρογραμματισμός των βαρδιών

Το πρόβλημα του χρονοπρογραμματισμού των βαρδιών είναι η διαδικασία της σωστής επιλογής υπαλλήλων από ένα μεγάλο σύνολο. Για την επιτυχή κάλυψη της ζήτησης των βαρδιών χρειάζεται ο αναγκαίος αριθμός υπαλλήλων για την κάθε βάρδια. Στον χρονοπρογραμματισμό με ευέλικτη ζήτηση πρέπει να ληφθούν υπόψη το ωράριο της εργασίας και τα διαλείμματα του προσωπικού, εντός των κανονισμών και των απαιτήσεων που έχει η κάθε εταιρεία. Ο χρονοπρογραμματισμός των βαρδιών με ζήτηση βασισμένη στις εργασίες (χρονοπρογραμματισμός του πληρώματος) έχει κύριο στόχο την επιλογή κατάλληλου προσωπικού με τα απαιτούμενα προσόντα για την κάλυψη των βαρδιών.

1.2.4 Ενότητα 4: Σχεδιασμός της πορείας εργασιών

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει τη δημιουργία της πορείας των εργασιών που αναφέρεται και ως χρονοπρογραμματισμός εργασιών του προσωπικού. Η διαδικασία δόμησης της πορείας των εργασιών εξαρτάται από: τα βασικά δομικά στοιχεία, τις τυπικές βάρδιες, τα καθήκοντα και τους περιορισμούς.

Σε περίπτωση που τα βασικά δομικά στοιχεία είναι οι βάρδιες, τότε οποιαδήποτε βάρδια μπορεί να ανατεθεί σε ημέρες εργασίας ενός ατόμου. Μπορεί να υπάρχουν κάποιοι πρόσθετοι περιορισμοί που να περιορίζουν την εγκυρότητα των πρότυπων βαρδιών. Για παράδειγμα, μπορεί να μην είναι δυνατό να ακολουθηθεί αμέσως μετά από μια αλληλουχία νυχτερινών βαρδιών μια ημερήσια βάρδια. Καθήκοντα προκύπτουν από εργασίες οι οποίες μπορεί να καλύψουν ένα μέρος μιας βάρδιας ή να εκτείνονται σε αρκετές βάρδιες. Κάθε καθήκον μπορεί να συμπεριληφθεί ακριβώς μόνο μία φορά στο χρονοπρογραμματισμό. Οι περιορισμοί είναι προκαθορισμένες αλληλουχίες βαρδιών και αδειών. Μπορεί να είναι το αποτέλεσμα μιας ομαδοποίησης εργασιών κατά τη διάρκεια της ενότητας μοντελοποίησης της ζήτησης ή προκαθορισμένων προτύπων όπου απεικονίζονται οι κανόνες και οι κανονισμοί των χώρων εργασίας.

Αυτή η ενότητα αποτελεί μια θεώρηση των κανόνων που σχετίζονται με τη πορεία των εργασιών και των προτύπων της ζήτησης. Οι κανόνες εξασφαλίζουν τη δυνατότητα προσωπικής πορείας ενώ τα πρότυπα ζήτησης εξασφαλίζουν την ικανοποίηση των απαιτήσεων ανά πάσα στιγμή.

Ο σχεδιασμός της πορείας των εργασιών συνήθως ονομάζεται Tour Scheduling όταν ασχολείται με την ευέλικτη ζήτηση, και χρονοπρογραμματισμός του προσωπικού όταν ασχολείται με την κατανομή του πληρώματος.

1.2.5 Ενότητα 5: Ανάθεση εργασιών

Μπορεί να είναι απαραίτητο να ανατεθούν μία ή περισσότερες εργασίες, οι οποίες πρέπει να πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια κάθε βάρδιας. Αυτές οι εργασίες μπορεί να απαιτούν ιδιαίτερες δεξιότητες του προσωπικού ή επιπέδων ιεραρχίας με αποτέλεσμα να συνδεθούν με τη πορεία των εργασιών.

1.2.6 Ενότητα 6: Ανάθεση προσωπικού

Αυτή η ενότητα περιλαμβάνει την ανάθεση του προσωπικού στη πορεία των εργασιών. Η ανάθεση προσωπικού συχνά γίνεται κατά τον σχεδιασμό της πορείας των εργασιών.

1.3 Τυπικές αποσυνθέσεις του προβλήματος του χρονοπρογραμματισμού

Συνήθως δεν είναι υπολογιστικά πρακτικό να αντιμετωπιστούν ταυτόχρονα όλες οι ενότητες που απαιτούνται για τη δημιουργία του

χρονοπρογραμματισμού. Η αποσύνθεση του προβλήματος σε επιμέρους ενότητες το καθιστά πιο προσιτό και λογικό από την άποψη των επιχειρηματικών πρακτικών μιας εταιρείας. Για παράδειγμα, αν οι βάρδιες παραμένουν σταθερές, τότε η ανάθεση εργασιών θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί ανά πάσα στιγμή προτού την έναρξη της βάρδιας και χωρίς να αποδιοργανωθεί το προσωπικό. Έτσι, οι βάρδιες είναι προτιμότερο να δημιουργούνται εκ των προτέρων, με περιθώριο καθυστέρησης της ανάθεσης εργασιών μία ή δύο ημέρες πριν από την ημερομηνία της υλοποίησής τους.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η μοντελοποίηση της ζήτησης μπορεί να θεωρηθεί ως μια ξεχωριστή ενότητα. Παραδείγματος χάρη, στον χρονοπρογραμματισμό με ζήτηση βασισμένη στις εργασίες είναι δυνατό να επιλεχθούν λογικοί τρόποι της ομαδοποίησης των εργασιών χωρίς να προκληθεί σημαντική μείωση της ευελιξίας της πορείας τους. Επιπλέον, αν ο αριθμός των εργασιών είναι αρκετά μικρός, τότε αυτή η ομαδοποίηση είναι απαραίτητη προκειμένου να διαχειριστεί το πρόβλημα.

Πολλές φορές, τα καθήκοντα του προσωπικού δεν είναι δυνατό να αντιστοιχιστούν επακριβώς με τη ζήτηση, η οποία μεταβάλλεται διαρκώς σε ωριαία βάση και τις βάρδιες να διαρκούν έξι και οχτώ ώρες. Κατά συνέπεια, κάποιες φορές το προσωπικό που βρίσκεται σε υπηρεσία ενδέχεται να είναι λιγότερο, με αποτέλεσμα την συσσώρευση πελατών. Δημιουργώντας έτσι με τεχνικό τρόπο την αύξηση της ζήτησης σε μεταγενέστερες χρονικές περιόδους. Με λίγα λόγια, η επιλογή του χρονοπρογραμματισμού επηρεάζει την εξέλιξη της ζήτησης. Οι επιπτώσεις αυτές συνήθως είναι μικρές και η αντιμετώπισή τους γίνεται συνδυάζοντας τις ενότητες της ζήτησης και του χρονοπρογραμματισμού. Τέτοιες επιπτώσεις μπορούν να μειωθούν μέσω του χρονοπρογραμματισμού και της κατανομής της ζήτησης.

Στην τελευταία ενότητα, η ανάθεση του προσωπικού γίνεται με μη αυτόματο τρόπο. Η επιλογή του προσωπικού μπορεί να γίνει από την πορεία των εργασιών που βασίζονται στα επίπεδα της ιεραρχίας ή μέσω κάποιας συμβουλευτικής διαδικασίας. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, τότε είναι λογικό να εξεταστούν μεμονωμένα οι υποψήφιοι υπάλληλοι κατά τον σχεδιασμό της πορείας των εργασιών. Συμπερασματικά, υπάρχουν τρεις βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις διαφορές μεταξύ του προβλήματος του χρονοπρογραμματισμού και των ενοτήτων:

α) Ο βαθμός με τον οποίο ο προγραμματισμός των αδειών, ο σχεδιασμός της πορείας των εργασιών και η ανάθεση τους μπορούν να ολοκληρωθούν. Μια κατάλληλη μέθοδος αποσύνθεσης μπορεί να μειώσει την πολυπλοκότητα της μοντελοποίησης.

β) Οι ενότητες που απαιτούνται για το σχεδιασμό ενός προγράμματος. Μερικά προβλήματα δεν έχουν εργασίες, ενώ άλλα απαιτούν μηδαμινής σημασίας μοντελοποίηση της ζήτησης και κάποια άλλα, όπως ο χρονοπρογραμματισμός του πληρώματος, δεν απαιτούν ανάθεση εργασιών.

γ) Ο τύπος της ζήτησης και η θεμελιώδης μονάδα από τις οποίες γίνεται ο σχεδιασμός της πορείας των εργασιών. Παραδείγματος χάρη, οι τεχνικές της μοντελοποίησης που χρησιμοποιούνται για το χρονοπρογραμματισμό του πληρώματος μιας αεροπορικής εταιρείας διαφέρουν σημαντικά από εκείνες που χρησιμοποιούνται για το χρονοπρογραμματισμό των τηλεφωνικών

κέντρων. Η ζήτηση για το πρώτο είναι βασισμένη στις σταθερές εργασίες και για το τελευταίο στις ευέλικτες εργασίες.

1.4 Κατανομή καθηκόντων

Η κατανομή καθηκόντων προκύπτει όταν υπάρχει ενασχόληση με τη ζήτηση βασισμένη στις εργασίες και περιλαμβάνει τον συνυπολογισμό των επιμέρους εργασιών σε μεγαλύτερα τμήματα εργασίας. Στις επόμενες ενότητες του χρονοπρογραμματισμού, αυτά τα τμήματα των εργασιών αντιμετωπίζονται ως αδιαίρετες μονάδες που πρόκειται να εκτελεστούν από το ίδιο άτομο. Ο χρονοπρογραμματισμός του πληρώματος αποτελεί ένα πολύ γνωστό παράδειγμα κατανομής καθηκόντων. Χρησιμοποιείται για τη διευκόλυνση των μετακινήσεων του προσωπικού, δίνοντας τη δυνατότητα συνδυασμού πολλαπλών εργασιών σε ταξίδια μετ' επιστροφής που επιτρέπουν στο προσωπικό την επιστροφή στο τόπο κατοικίας τους. Κύριοι στόχοι αυτής της ενότητας είναι η ελαχιστοποίηση των μετακινήσεων του προσωπικού, του κόστους διανυκτερεύσεων καθώς και της αναβάθμισης της ποιότητας ζωής.

Η κατανομή καθηκόντων συνήθως πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός μεγάλου αριθμού από πιθανές βάρδιες. Το δεύτερο στάδιο την επιλογή ενός κατάλληλου υποσυνόλου από αυτές έτσι ώστε να καλυφθεί αποτελεσματικά η ζήτηση.

Η κατανομή των καθηκόντων μπορεί να θεωρηθεί ως μία ξεχωριστή ενότητα. Ένα μοντέλο βελτιστοποίησης παρέχει τρόπους αποφυγής σύνθετων λεπτομερειών των κανόνων εργασίας. Αυτοί οι κανόνες μπορεί να είναι δύσκολο να συμπεριληφθούν σε ένα πλήρες μοντέλο βελτιστοποίησης, αλλά συνήθως έχουν περιορισμένη επίδραση στην ποιότητα της επίλυσής τους. Για παράδειγμα, σε ένα μοντέλο βελτιστοποίησης οι κανόνες που καθορίζουν τα διαλείμματα εργασίας έχουν μεγαλύτερη σημασία σε αντίθεση με ένα πιθανό σύνολο περιορισμών τους.

1.5 Σχεδιασμός της πορείας εργασιών

Ο σχεδιασμός της πορείας των εργασιών περιλαμβάνει τον προσδιορισμό μιας ακολουθίας καθηκόντων που εκτείνονται σε μια μακροπρόθεσμη χρονική περίοδο, συνήθως ανά δεκαπενθήμερο ή μηνιαία, για να διατεθούν μεμονωμένα στο προσωπικό. Το πρόβλημα του σχεδιασμού αποτελείται από τον αριθμό των αντικρουόμενων στόχων και περιορισμών. Υπάρχει μια σειρά διαφορετικών μοντέλων της πορείας των εργασιών:

α) Κυκλικός και μη κυκλικός χρονοπρογραμματισμός.

Στον κυκλικό χρονοπρογραμματισμό όλοι οι εργαζόμενοι της ίδιας κατηγορίας ακολουθούν ακριβώς την ίδια πορεία εργασίας, αλλά με διαφορετικό χρόνο έναρξης της πρώτης βάρδιας ή με διαφορετικά καθήκοντα. Αυτός ο τύπος εφαρμόζεται σε περιπτώσεις επαναλαμβανόμενων προτύπων ζήτησης. Για παράδειγμα, πολλά δρομολόγια τρένων επαναλαμβάνονται σε εβδομαδιαία βάση και επομένως οι οδηγοί τους έχουν συχνά κυκλικό χρονοπρογραμματισμό.

Στον μη κυκλικό χρονοπρογραμματισμό η πορεία των εργασιών του κάθε εργαζόμενου είναι εντελώς ανεξάρτητη. Αυτή η κατάσταση ισχύει στις περιπτώσεις όπου η ζήτηση παρουσιάζει διακυμάνσεις: με την πάροδο του χρόνου, το χρόνο έναρξης των βαρδιών και τη διάρκειά τους. Αυτό το είδος χρονοπρογραμματισμού χρησιμοποιείται στα τηλεφωνικά κέντρα. Μερικές φορές, ένα πλήρες κυκλικό πρόγραμμα για όλο το προσωπικό μπορεί να μην είναι εφικτό, αλλά εντός των υποομάδων του εργατικού δυναμικού μπορεί να υλοποιηθεί.

β) Χρονοπρογραμματισμός βασισμένος στα όρια.

Σε αρκετές εταιρείες επιτρέπονται μόνο ορισμένες αλληλουχίες βαρδιών, αποκαλούμενες και όρια. Παραδείγματος χάρη, το ΗΗΗ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναφερθεί σε ένα όριο με τρεις διαδοχικές ημερήσιες βάρδιες. Το ΗΝΗ σε ένα όριο που αρχίζει με μία ημερήσια βάρδια, ακολουθείται από μία νυχτερινή και ολοκληρώνεται πάλι με μία ημερήσια βάρδια. Επομένως η πορεία των εργασιών σχεδιάζεται ως μια αλληλουχία ορίων. Στον σχεδιασμό της πορείας των εργασιών, οι κανόνες που δείχνουν τις μεταβάσεις του ορίου πρέπει να ακολουθηθούν πιστά. Ο πίνακας μετάβασης ορίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει ποιό όριο μπορεί να ακολουθήσει ένα συγκεκριμένο όριο. Τα όρια δίνουν τη δυνατότητα σχεδιασμού κυκλικού ή μη κυκλικού χρονοπρογραμματισμού. Ο χρονοπρογραμματισμός βασισμένος στα όρια εφαρμόζεται στον χρονοπρογραμματισμό του νοσηλευτικού προσωπικού.

γ) Περιορισμοί της πορείας εργασιών.

Στις περισσότερες εφαρμογές ο χρονοπρογραμματισμός περιορίζεται από τους κανόνες που διέπουν τα πρότυπα εργασίας για το προσωπικό. Οι κανόνες αυτοί θα μπορούσαν να επιβάλλουν περιορισμούς στον αριθμό των διαδοχικών νυχτερινών βαρδιών που υλοποιούνται ή να καθορίσουν κάποιο ελάχιστο χρονικό διάστημα μεταξύ των διαδοχικών βαρδιών. Θα μπορούσε να γίνει αναφορά σε πιο σύνθετους περιορισμούς προτίμησης, το προσωπικό να μην εργάζεται περισσότερο από δύο διαδοχικές βάρδιες διάρκειας δώδεκα ωρών ανά δεκαπενθήμερο. Συχνά υπάρχει μια διάκριση μεταξύ αυστηρών και ήπιων περιορισμών. Οι αυστηροί ικανοποιούνται ενώ οι ήπιοι μπορούν να παραβιαστούν. Αυτοί οι περιορισμοί πρέπει να εφαρμόζονται ανεξάρτητα σε κάθε πορεία εργασιών. Συνήθως ποικίλουν μεταξύ των διάφορων οργανισμών, οδηγώντας σε πολλά προβλήματα χρονοπρογραμματισμού.

Μια σημαντική πλευρά του χρονοπρογραμματισμού είναι να λαμβάνονται υπόψη οι προτιμήσεις του προσωπικού. Ένας αριθμός τέτοιων προσεγγίσεων χρησιμοποιείται στον χρονοπρογραμματισμό του πληρώματος των αεροπορικών εταιρειών. Μια προσέγγιση είναι η χρήση των συστημάτων προτιμήσεων στα οποία η πορεία των εργασιών παράγεται και προσφέρεται για τα μέλη του πληρώματος. Οι προτιμήσεις συνήθως λαμβάνονται κατά φθίνουσα σειρά αρχαιότητας. Ο παλαιότερος υπάλληλος μπορεί να επιλέξει οποιαδήποτε πορεία εργασιών, έτσι ώστε να ικανοποιήσει καλύτερα τις προτιμήσεις του. Στα νεότερα μέλη του πληρώματος προσφέρονται οι υπόλοιπες πορείες εργασιών. Μια άλλη προσέγγιση είναι να δοκιμαστούν και

να εξυπηρετηθούν οι προτιμήσεις όσο θα γίνεται ο σχεδιασμός της πορείας εργασιών. Σε γενικότερο επίπεδο, τα ισότιμα συστήματα προσπαθούν να διανέμουν το φόρτο εργασίας δίκαια και ομοιόμορφα εντός του πληρώματος. Ο σχεδιασμός κυκλικών χρονοπρογραμματισμών είναι μια τυπική στρατηγική ισότιμων συστημάτων.

1.6 Ανάθεση

Η ανάθεση πραγματοποιείται όταν μια υποκατηγορία προβλημάτων προκύπτει στις διάφορες ενότητες της διαδικασίας του χρονοπρογραμματισμού. Οι πολύ συχνά χρησιμοποιημένες αναθέσεις είναι:

1) Ανάθεση εργασιών.

Η ανάθεση εργασιών απαιτείται για τον καθορισμό των βαρδιών και των εργασιών που δεν έχουν κατανεμηθεί στο προσωπικό. Οι εργασίες ομαδοποιούνται και αναθέτονται σε βάρδιες ή στους υπαλλήλους, με βάση την διάρκεια και την ώρα έναρξής τους. Οι μέθοδοι ανάθεσης εξαρτώνται από το: αν η περίοδος εργασιών είναι σταθερή ή μεταβλητή, αν υπάρχουν διαλείμματα κατά τη διάρκεια των βαρδιών, αν επιτρέπονται υπερωρίες, ειδικές ικανότητες ή τα προσόντα που απαιτούνται για την εκτέλεση ορισμένων εργασιών. Επίσης, η ανάθεση εργασιών μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά το σχεδιασμό της πορείας των εργασιών.

2) Ανάθεση βαρδιών.

Η ανάθεση βαρδιών προκύπτει κατά τον σχεδιασμό της πορείας των εργασιών. Όπως έχει αναφερθεί, ο στόχος του χρονοπρογραμματισμού του πληρώματος είναι ο σχεδιασμός της πορείας των εργασιών από τις αντιστοιχίσεις των βαρδιών και των καθηκόντων. Για τη δημιουργία του χρονοπρογραμματισμού του πληρώματος των αεροπορικών εταιρειών χρησιμοποιούνται διαδοχικοί μέθοδοι ανάθεσης. Παραδείγματα αποτελούν:

- Την ανάθεση των καθηκόντων ύψιστης προτεραιότητας.
- Την ανάθεση αντιστοίχισης των υπαλλήλων ύψιστης προτεραιότητας.
- Την ανάθεση των καθηκόντων.
- Την ανάθεση αντιστοίχισης των υπαλλήλων σε καθημερινή βάση.

3) Ανάθεση χρονοπρογραμματισμού.

Η ανάθεση του χρονοπρογραμματισμού περιλαμβάνει την κατανομή της πορείας των εργασιών στο προσωπικό. Μπορεί να γίνει είτε μετά την ολοκλήρωση της πορείας όλων των εργασιών, όπως και με τα συστήματα υποβολής προτιμήσεων που συζητήθηκε πιο πάνω, είτε κατά την διάρκεια του σχεδιασμού της πορείας των εργασιών. Εάν η

ανάθεση πραγματοποιείται κατά το σχεδιασμό της πορείας των εργασιών, τότε περιλαμβάνονται οι ατομικές προτιμήσεις του προσωπικού, η διαθεσιμότητα και τα προσόντα του ως μέρος της διαδικασίας.

1.7 Μαθηματικό μοντέλο χρονοπρογραμματισμού προσωπικού

Έστω ένα χρονικό διάστημα $[0, T]$ το οποίο χωρίζεται σε περιόδους της μορφής $[t, t + 1]$ για $t = 0, 1, \dots, T - 1$. Έστω m ο αριθμός των εργασιών $j = 1, \dots, m$ που πρέπει να εκτελεστούν και $D_j(t)$ ο αριθμός εργαζομένων που χρειάζονται προκειμένου να εκτελεστεί η εργασία j στη χρονική περίοδο $[t, t + 1] : t \in \{0, T - 1\}$. Έστω επίσης ένα σύνολο E από n εργαζόμενους. Για κάθε εργαζόμενο $e \in E$, Q_e είναι το υποσύνολο των εργασιών που είναι σε θέση να φέρει εις πέρας. Ως πρόγραμμα εργασίας εργαζομένου ορίζεται ένα 0,1 διάνυσμα π για το οποίο ισχύει ότι $\pi_{jt} = 1$ αν η εργασία j γίνει τη χρονική στιγμή t . Αναλυτικότερα μπορεί να οριστεί το διάνυσμα $(w_e(t))_{t=0}^{T-1}$ όπου $w_e(t) = 1$ αν και μόνο αν ο εργαζόμενος e είναι διαθέσιμος τη χρονική περίοδο $[t, t + 1]$ και υπάρχει εργασία που να ανήκει στο Q_e και η οποία να μπορεί να γίνει στην ίδια χρονική περίοδο. Τότε το πρόγραμμα εργασίας του εργαζόμενου e μπορεί να έχει $\pi_{jt} = 1$ μόνο εάν $w_e(t) = 1$.

Το σύνολο των εφικτών προγραμμάτων εργασίας για τον εργαζόμενο e συμβολίζεται ως P_e . Θα πρέπει να ανατεθούν για κάθε υπάλληλο $e \in E$, πρόγραμμα εργασίας $\pi \in P_e$ έτσι ώστε η ζήτηση $D_j(t)$ να ικανοποιείται για κάθε $t \in \{0, \dots, T - 1\}$ και παράλληλα το κόστος των αναθέσεων να ελαχιστοποιείται.

Επιπλέον θα πρέπει να ικανοποιούνται στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό οι λεγόμενοι χαλαροί περιορισμοί οπότε και ορίζεται μια ποινή u που συσχετίζεται με κάθε πιθανό πρόγραμμα εργασίας εργαζομένου $u(\pi)$.

Θεωρώντας ως $x_{e\pi}$ μια δυαδική μεταβλητή που λαμβάνει την τιμή 1 αν το πρόγραμμα εργασίας π ανατεθεί στον εργαζόμενο e , το μαθηματικό μοντέλο του προβλήματος χρονοπρογραμματισμού προσωπικού μπορεί να διατυπωθεί όπως έχουν αναφέρει οι (Brucker, Peter, Rong Qu, Edmund Burke, 2011):

$$\min \sum_{e \in E} \sum_{\pi \in P_e} u(\pi) x_{e\pi}$$

υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{e \in E} x_{e\pi} \leq 1, \quad \forall e \in E$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{\pi \in P_e} \pi(j, t) x_{e\pi} \geq D_j(t), \quad \forall j, t$$

$$x_{e\pi} \in \{0, 1\}, \quad \forall e \in E, \pi \in P_e$$

Κεφάλαιο 2: Κατηγορίες προβλημάτων εφαρμογής χρονοπρογραμματισμού

Ο χρονοπρογραμματισμός του προσωπικού εφαρμόζεται σε:

- 1) συστήματα μεταφορών όπως αεροπορικές εταιρείες και σιδηροδρομικούς σταθμούς,
- 2) συστήματα υγειονομικής περίθαλψης,
- 3) υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης όπως οι υπηρεσίες της αστυνομίας, του ασθενοφόρου, της πυροσβεστικής,
- 4) τηλεφωνικά κέντρα καθώς και σε,
- 5) άλλους οργανισμούς παροχής υπηρεσιών όπως ξενοδοχειακές μονάδες, εστιατόρια και καταστήματα λιανικής πώλησης.

Τα εκτεταμένα μοντέλα και η ανάπτυξη των αλγορίθμων έχουν χρησιμοποιηθεί στην βιβλιογραφία του χρονοπρογραμματισμού του πληρώματος και των συστημάτων μεταφοράς, του χρονοπρογραμματισμού του νοσηλευτικού προσωπικού καθώς και στο Tour Scheduling για την παροχή διάφορων υπηρεσιών.

Στα αποτελέσματα μιας ανασκόπησης τόσο οι εφαρμογές του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού όσο και των οχημάτων μπορούν να βρεθούν όπως αναφέρει και ο (S. Aggarwal, 1982) τα στοιχεία, οι περιορισμοί και οι μεθοδολογίες που ρωτήθηκαν για κάθε τομέα εφαρμογή τους. Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει μια σύντομη περιγραφή των βασικών προβλημάτων του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού στα διάφορα πεδία εφαρμογής του.

2.1 Συστήματα μεταφορών

Ο χρονοπρογραμματισμός προσωπικού είναι γνωστός και ως χρονοπρογραμματισμός πληρώματος στην αγορά των μεταφορών (αεροπορικές εταιρείες, σιδηροδρομικοί σταθμοί, μέσα μαζικής ενημέρωσης, λεωφορεία). Τα κοινά χαρακτηριστικά για όλες αυτές τις εφαρμογές είναι τα εξής:

- α) Οι χρονικές και χωρικές λειτουργίες που εμπλέκονται, δηλαδή κάθε εργασία χαρακτηρίζεται από τον χρόνο έναρξης και λήξης, καθώς και από την αρχική και τελική θέση της.
- β) Όλες οι εργασίες πρέπει να εκτελούνται από εργαζόμενους οι οποίοι καθορίζονται από ένα συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα (είτε πτήσης, τρένου, μετρό ή λεωφορείου). Οι εργασίες αποτελούν τα μικρότερα στοιχεία και λαμβάνονται από την αποσύνθεση των διαδρομών αεροπλάνων, τρένων ή λεωφορείων. Μια εργασία μπορεί να είναι: ένα σκέλος μιας πτήσης στις αεροπορικές εταιρείες, ένα ταξίδι ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες διαδρομές με το τρένο και ένα ταξίδι ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες διαδοχικές στάσεις σε μια γραμμή λεωφορείου.

Λόγω της οικονομικής κλίμακας και των επιδράσεων της, ο χρονοπρογραμματισμός του πληρώματος σε μια αεροπορική εταιρεία είναι ίσως η μεγαλύτερη εφαρμογή του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού. Τα περισσότερα άρθρα έχουν δώσει ιδιαίτερη σημασία στις μεθοδολογίες και στις εφαρμογές πάνω στον τομέα αυτόν, από οποιαδήποτε άλλο τομέα εφαρμογής του χρονοπρογραμματισμού. Πολλές εφαρμογές και μεθοδολογίες έχουν συγκεντρωθεί στο πλαίσιο της διαδικασίας των συνεδριών AGIFORS (Airline Group of the International Federation of Operation Research Societies). Η AGIFORS είναι μια επαγγελματική κοινωνία, ειδική στην προώθηση και την εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στο πλαίσιο των αεροπορικών βιομηχανιών. Ο χρονοπρογραμματισμός του πληρώματος ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων αεροπορικών εταιρειών, ιδίως μεταξύ των αεροπορικών εταιρειών της Βόρειας Αμερικής και της Ευρώπης. Οι κύριες διαφορές που έχουν επισημανθεί είναι οι εξής: οι κατηγορίες του πληρώματος, τα είδη στόλου, οι δομές δικτύου, οι κανόνες, η ομαλότητα των ωραρίων πτήσεων και η διάρθρωση του κόστους. Η πιο διαδεδομένη προσέγγιση για την επίλυση του χρονοπρογραμματισμού πληρώματος των αεροπορικών εταιρειών είναι η γνωστή τεχνική αποσύνθεσης. Στην τεχνική αυτή, το συνολικό πρόβλημα λύνεται σε τρία βασικά στάδια:

- α) Μέσω της δημιουργίας αντιστοίχισης του πληρώματος.
- β) Με την βελτιστοποίηση της αντιστοίχισης του πληρώματος
- γ) Μέσω του χρονοπρογραμματισμού του προσωπικού.

Η δημιουργία αντιστοίχισης του πληρώματος είναι μια διαδικασία συγκρότησης από ένα σύνολο ή μεγάλο αριθμό εφικτών αντιστοιχίσεων / καθηκόντων από το συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Στο πρώτο στάδιο, κάποιες από τις αντιστοιχίσεις του πληρώματος θα πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε όλες οι αντιστοιχίσεις των σκελών πτήσεων / ταξιδιών να καλύπτουν το ελάχιστο κόστος. Στο τελευταίο στάδιο, οι αντιστοιχίσεις του πληρώματος που επιλέγονται από το δεύτερο στάδιο αποτελούν τις αλληλουχίες του χρονοπρογραμματισμού, οι οποίες θα ανατεθούν μεμονωμένα στο προσωπικό. Το λειτουργικό πρόβλημα βελτιστοποίησης του πληρώματος περιλαμβάνει: την τροποποίηση (ανάλογα με τις ανάγκες) και τον προγραμματισμό των μηνιαίων εργασιών των μελών του πληρώματος των αεροπορικών εταιρειών. Έτσι, κατά τη διάρκεια των καθημερινών διαδικασιών μπορούν να εξεταστούν οι περιπτώσεις αδειών για λόγους ασθένειας ή και για κάποιο έκτακτο περιστατικό. Ένα λειτουργικό πρόβλημα πρέπει να σχεδιάζει τον χρονοπρογραμματισμό των διαθέσιμων πιλότων ή αεροσυνοδών, οι οποίοι βρίσκονται σε ετοιμότητα για να εκτελούν τις πτήσεις που τους ανατέθηκαν από πληρώματα που δεν είναι διαθέσιμα για κάποιο λόγο. Ο υποβιβασμός είναι μια έννοια που χρησιμοποιείται για την πλήρωση των θέσεων που απαιτούνται για τις χαμηλότερες θέσεις κατάταξης του πληρώματος σε σχέση με τις υψηλότερες. Ένα μοντέλο που προτείνεται από τους (D. Klabjan, E. Johnson, G. Nemhauser, 2002) έχει σκοπό να βελτιώσει την επανάληψη ή την τακτικότητα των δρομολογίων κατά την διάρκεια μιας εβδομάδας. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το πλήρωμα προτιμά να επαναλάβει τα ίδια δρομολόγια. Προκειμένου να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις

των επιβατών, αρκετές μη προγραμματισμένες πτήσεις που δεν επαναλαμβάνονται καθημερινά μπορούν να προγραμματιστούν.

Στον χρονοπρογραμματισμό του πληρώματος των αεροπορικών εταιρειών και των λεωφορείων, τα δρομολόγια σχεδιάζονται εκ των προτέρων. Σε αντίθεση με τις αεροπορικές εταιρείες η κλίμακα του χρόνου μπορεί να είναι μικρότερη. Δεδομένου ότι η έννοια των κυκλικών δρομολογίων συνήθως αντικαθιστάται από την έννοια των καθηκόντων. Τα περισσότερα καθήκοντα μπορούν να εκτελεστούν από ένα συμπληρωματικό πλήρωμα.

2.2 Τηλεφωνικά κέντρα

Σε αντίθεση με τον χρονοπρογραμματισμό του πληρώματος των αεροπορικών εταιρειών, ο χρονοπρογραμματισμός στα τηλεφωνικά κέντρα δεν περιλαμβάνει κάποιο γεωγραφικό χαρακτηριστικό. Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά τον χρονοπρογραμματισμό λίγο πιο εύκολο. Ωστόσο, σε αντίθεση με τις εφαρμογές του χρονοπρογραμματισμού του πληρώματος των μεταφορών, το περιβάλλον και ο αριθμός των εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν δεν είναι γνωστά εκ των προτέρων. Το μόνο που είναι γνωστό είναι ότι υπάρχει ένα πρότυπο απαιτήσεων σε εργατικό δυναμικό για τον σχεδιασμό. Αυτό το γνώρισμα περιπλέκει τον χρονοπρογραμματισμό στα τηλεφωνικά κέντρα. Οι απαιτήσεις του εργατικού δυναμικού στα τηλεφωνικά κέντρα είναι απαραίτητες μεταβλητές από μέρα σε μέρα και από εβδομάδα σε εβδομάδα. Ο χρόνος έναρξης και η διάρκεια των βάρδιών πρέπει να ποικίλλουν ώστε να επιτευχθεί ένας επιτυχής και χαμηλού κόστους χρονοπρογραμματισμός που να καλύπτει επαρκώς τις απαιτήσεις για εργατικό δυναμικό. Τις περισσότερες φορές, ο χρονοπρογραμματισμός μπορεί να μην χρειάζεται για την κάλυψη της ζήτησης σε ορισμένα χρονικά διαστήματα και βάση του προσωπικού σε άλλα χρονικά διαστήματα. Τα πρότυπα αναμονής και τα πρότυπα προσομοίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την λήψη του σωστού αριθμού του προσωπικού σε κάθε χρονικό διάστημα. Συνεπώς, μπορούν να δώσουν αναλυτικά αποτελέσματα αλλά στην πραγματικότητα πρέπει να γίνουν πολλές απλοποιήσεις. Η προσομοίωση μπορεί να λάβει υπόψη πολλούς πρακτικούς παράγοντες, οι οποίοι ενδέχεται να είναι ακριβές υπολογιστικές λύσεις. Μερικές φορές, τα πρότυπα αναμονής και η προσομοίωση συνδυάζονται για την απόκτηση ιδανικών απαιτήσεων για το προσωπικό.

Τα προϊόντα χαρακτηρίζονται από την ποιότητα και την τιμή. Η ποιότητα ενός προϊόντος μπορεί να έχει πολλές και διαφορετικές εκδοχές. Παραδείγματος χάρη, όταν αναφερόμαστε σε μια τηλεόραση, αυτό θα μπορούσε να σημαίνει το μέγεθος της οθόνης ή την ποιότητα του ήχου. Υπάρχουν όμως και οι εκδοχές που δεν σχετίζονται άμεσα με το ίδιο το προϊόν, όπως οι συνθήκες παράδοσης και η εμπειρία των αγορών. Για παράδειγμα, αν το προϊόν αγοραστεί ηλεκτρονικά (online) ή σε ένα κατάστημα. Στην εξυπηρέτηση ενός πελάτη επικρατεί μια παρόμοια κατάσταση. Υπάρχουν εκδοχές που σχετίζονται με τον ίδιο το πελάτη και άλλες που έχουν σχέση με τον τρόπο που έχει παραδοθεί το προϊόν. Παραδείγματα που σχετίζονται με τον ίδιο το πελάτη είναι η ποιότητα της απάντησης και η ευγένεια του προσωπικού του

τηλεφωνικού κέντρου. Ένα παράδειγμα για τον τρόπο παράδοσης είναι ο χρόνος αναμονής του πελάτη προτού συνδεθεί με έναν υπάλληλο. Μόλις γίνουν γνωστές οι απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό, τότε πρέπει να γίνει ο σχεδιασμός των βαρδιών και ο χρονοπρογραμματισμός. Οι λύσεις του χρονοπρογραμματισμού του προσωπικού των σύγχρονων τηλεφωνικών κέντρων πρέπει να λάβουν υπόψη το γεγονός ότι όλες οι κλήσεις δεν είναι του ίδιου τύπου καθώς και τη διαφορετικότητα των δεξιοτήτων του προσωπικού για τον χειρισμό των κλήσεων. Κατά τη δημιουργία του χρονοπρογραμματισμού με βάση τις παραπάνω δεξιότητες πρέπει παράλληλα να εξεταστούν, εκτός από τους συνηθισμένους περιορισμούς, η μέγιστη διάρκεια βάρδιας, ο χρόνος έναρξης της πρώτης βάρδιας και λήξης της τελευταίας βάρδιας.

Ανάλογα με τις συνθήκες αυτές, ο αριθμός των εφικτών βαρδιών μπορεί να ποικίλλει. Το πρόβλημα του χρονοπρογραμματισμού είναι η κατανομή της πορείας των εργασιών στα άτομα που διαθέτουν τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Για να ολοκληρωθεί η διαμόρφωση ενός σωστού τμήματος εξυπηρέτησης πελατών θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι συμπεριφορές των πελατών, καθώς αυτό αντανάκλα τις προτιμήσεις τους. Για παράδειγμα, εάν οι πελάτες εγκαταλείπουν πολύ γρήγορα τις γραμμές, αυτό σημαίνει ότι οι καλούντες είναι πολύ ανυπόμονοι. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην επιλογή ενός μικρότερου χρόνου αναμονής. Εάν όλοι οι υπάλληλοι που μπορούν να χειριστούν τις κλήσεις είναι απασχολημένοι, τότε οι κλήσεις των πελατών μένουν σε αναμονή (στην ουρά) μέχρι να γίνει διαθέσιμος κάποιος υπάλληλος. Φυσικά, η μακροχρόνια αναμονή οδηγεί σε δυσαρεστημένους πελάτες και απογοήτευση. Επομένως είναι σημαντικό για τα τηλεφωνικά κέντρα να στελεχωθούν, έτσι ώστε ο χρόνος αναμονής να είναι εντός αποδεκτών ορίων. Παράλληλα, οι επιχειρήσεις προτιμούν να αποφεύγουν πλεονάζον προσωπικό (έχοντας τους μη απασχολούμενους υπάλληλους σε ετοιμότητα σε περίπτωση που εκκρεμούν μερικές κλήσεις των πελατών), προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος λειτουργίας του τηλεφωνικού κέντρου και να μεγιστοποιηθεί η συνολική κερδοφορία τους. Ένας τυποποιημένος στόχος για τις λειτουργίες των τηλεφωνικών κέντρων είναι η επίτευξη ενός ορισμένου επιπέδου εξυπηρέτησης, δηλαδή η απάντηση σε X % των κλήσεων εντός των Y δευτερολέπτων, με παράλληλη ελαχιστοποίηση του πλεονάζοντος προσωπικού. Είναι γνωστό ότι η απόκτηση ενός νέου πελάτη είναι αρκετές φορές πιο ακριβή (όσον αφορά τις δαπάνες του μάρκετινγκ / πωλήσεις) σε σχέση με τα έσοδα που προέρχονται από έναν υπάρχοντα πελάτη. Επομένως, η διατήρηση της ικανοποίησης των πελατών με την επίτευξη καλών επιπέδων εξυπηρέτησης έχει σημαντικό αντίκτυπο στα έσοδα των επιχειρήσεων. Καθήκον των υπαλλήλων είναι να εξυπηρετούν όσο το δυνατό περισσότερες κλήσεις πελατών. Στόχος τους είναι να φτάσουν την πληρότητα στο 100 %. Η πληρότητα υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Πληρότητα} = \frac{\text{Το άθροισμα απαιτούμενου χρόνου εξυπηρέτησης}}{\text{Το άθροισμα απαιτούμενου χρόνου εξυπηρέτησης και του συνολικού χρόνου αναμονής}}$$

Παράδειγμα: Ένας υπάλληλος εργάζεται 36 ώρες την εβδομάδα. Κατά μέσο όρο απουσιάζει 4 ώρες για διάφορους λόγους. Κάνει διαλείμματα διάρκειας

230 λεπτών. Βρίσκεται σε αναμονή 265 λεπτά και εξυπηρετεί κλήσεις για 1245 λεπτά. Η πληρότητα του υπαλλήλου είναι η εξής:

$$\text{Πληρότητα} = \frac{1245}{1245+265} = 0,82 * 100 = \mathbf{82 \%}$$

Επιπλέον, οι δαπάνες του προσωπικού αποτελούν το 60 – 70 % του κόστους λειτουργίας ενός τηλεφωνικού κέντρου. Συνεπώς, για μια επιχείρηση είναι σημαντικό ο αποδοτικός χρονοπρογραμματισμός προσωπικού στα τηλεφωνικά κέντρα, τόσο από την προοπτική του εισοδήματος καθώς επίσης και για τα περιθώρια λειτουργικού κέρδους και της κερδοφορίας.

Τα εσωτερικά εταιρικά τηλεφωνικά κέντρα είναι οι συγκεντρωτικές οργανώσεις εξυπηρέτησης πελατών που χρησιμεύουν ως εστίες επαφής με τους πελάτες, για τις επιχειρήσεις. Επίσης, υπάρχει μια μεγάλη βιομηχανία εξωτερικής ανάθεσης των τηλεφωνικών κέντρων. Οι επιχειρήσεις αναθέτουν σε τακτά χρονικά διαστήματα ορισμένες από τις λειτουργίες εξυπηρέτησης πελατών τους σε εξωτερικούς συνεργάτες, οι οποίοι έχουν δεσμευτεί από όρους της συμφωνίας τους για την επίτευξη καθορισμένων στόχων παροχής υπηρεσιών. Παραδείγματος χάρη, η ανάθεση σε Χ εξωτερικούς συνεργάτες, οι οποίοι συμφωνούν να χειριστούν τις έρευνες των πωλήσεων του κατασκευαστή Υ, και δεσμεύονται ότι το 80 % των κλήσεων θα απαντηθούν μέσα σε 20 δευτερόλεπτα. Επομένως, ο αποδοτικός χρονοπρογραμματισμός προσωπικού είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τους εξωτερικούς συνεργάτες, έτσι ώστε να μπορούν να παραδώσουν το επίπεδο υπηρεσιών που έχουν συμφωνήσει ενώ λειτουργούν επικερδώς.

Στις αρχές του 2001, υπήρχαν πάνω από 82.000 τηλεφωνικά κέντρα μόνο στις Η.Π.Α. και πλέον ο αριθμός τους ξεπερνά το ένα εκατομμύριο. Περίπου το 7 % των τηλεφωνικών κέντρων στις Η.Π.Α. χρησιμοποιούν ένα σύστημα διαχείρισης του εργατικού δυναμικού. Σημειώνεται ότι η διείσδυση του λογισμικού της διαχείρισης του εργατικού δυναμικού στην αγορά είναι ακόμα πολύ χαμηλή. Εν μέρει εξαιτίας της διαχείρισης των σύγχρονων συστημάτων του ανθρώπινου δυναμικού με πλήρεις δυνατότητες και της εύκολης χρήσης που απαιτούνται από την αγορά των τηλεφωνικών κέντρων έχουν σχετικά πρόσφατη παρουσία. Ωστόσο, λόγω των σαφών οικονομικών οφελών, η αγορά για το λογισμικό διαχείρισης του εργατικού δυναμικού αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς. Η κάλυψη της ζήτησης που προκύπτει από τις προβλέψεις των εισερχόμενων κλήσεων / επαφές αποτελεί από μόνη της ένα δύσκολο πρόβλημα συνδυαστικής βελτιστοποίησης, ιδίως αν ληφθούν υπόψη ότι οι προβλέψεις είναι πιθανολογικές. Οι παραδοσιακοί μέθοδοι (μη αυτόματου χρονοπρογραμματισμού και οι μαθηματικές προσεγγίσεις του προγραμματισμού) δεν έχουν καταφέρει να συμβαδίσουν με τις ταχέως εξελισσόμενες και τις ολοένα πιο δύσκολες απαιτήσεις του χρονοπρογραμματισμού των σύγχρονων τηλεφωνικών κέντρων.

2.3 Συστήματα υγειονομικής περίθαλψης

Ο κύριος στόχος του χρονοπρογραμματισμού στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης έχει επικεντρωθεί στο νοσηλευτικό προσωπικό. Υπάρχουν τόσο οι κλινικές όσο και οι οικονομικές αναγκαιότητες που σχετίζονται με την παροχή κατάλληλων επιπέδων προσωπικού στους διάφορους ιατρικούς θαλάμους σε ένα νοσοκομείο.

Ο χρονοπρογραμματισμός πρέπει να παρέχει νοσηλευτές με κατάλληλα προσόντα για την κάλυψη της ζήτησης. Αυτό προκύπτει από τον αριθμό των ασθενών στους θαλάμους, τηρώντας, ταυτόχρονα, τους κανόνες εργασίας, με διάκριση μεταξύ του μόνιμου και του εκτάκτου προσωπικού. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζονται οι βάρδιες των νυχτών και των σαββατοκύριακων, οι οποίες είναι κατανεμημένες δίκαια. Επιτρέποντας, έτσι, τη δυνατότητα παροχής άδειών και την εκτίμηση του εύρους των προτιμήσεων των εργαζομένων. Τις περισσότερες φορές, το πρόβλημα του χρονοπρογραμματισμού που προκύπτει είναι ο μεγάλος αριθμός περιορισμών (over-constrained).

Οι προσεγγίσεις στις δεκαετίες του '70 και του '80 ασχολήθηκαν με διάφορα προβλήματα και τις τεχνικές επίλυσής τους. Κύριος στόχος των μελετών αποτελεί η παροχή εργαλείων υποστήριξης έτσι ώστε να μειωθεί η ανάγκη του χειρωνακτικού σχεδιασμού των προγραμμάτων του νοσηλευτικού προσωπικού. Ορισμένες μελέτες ασχολήθηκαν με το πρόβλημα του προσδιορισμού των επιπέδων του προσωπικού και των δεξιοτήτων του, με βάση τον αριθμό των ασθενών και των ιατρικών αναγκών τους. Κάποιες έρευνες υιοθέτησαν τον μαθηματικό προγραμματισμό, τη μέθοδο περιορισμού και διακλάδωσης (Branch and Bound method) και τον προγραμματισμό στόχων. Ο κύριος στόχος στις προσεγγίσεις αυτές, περιλαμβάνει τη σταθμισμένη κάλυψη, την ικανοποίηση του προσωπικού που αφορά τις βάρδιες και τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι αυστηροί κανόνες, όπως η τήρηση της αναλογίας της ιεραρχικής βαθμίδας των νοσηλευτών προς τις βάρδιες. Άλλες έρευνες χρησιμοποιούν τους επαναληπτικούς αλγόριθμους για τη δημιουργία κυκλικών προγραμμάτων. Έτσι, επιτυγχάνεται η αμεροληψία μέσω της τοποθέτησης του κάθε νοσηλευτή να εργάζεται με την ίδια ακριβώς αλληλουχία βαρδιών με μεμονωμένες μόνο αλλαγές. Με αποτέλεσμα, ο νοσηλευτής να παρέχει την απαιτούμενη κάλυψη και τις ικανότητές του μέσα στους θαλάμους. Στην δεκαετία του '90 ένας αριθμός εγγράφων παρείχε τις ταξινομήσεις των συστημάτων χρονοπρογραμματισμού για το νοσηλευτικό προσωπικό και τις αναθεωρημένες μεθόδους για την επίλυση των διαφορετικών κατηγοριών προβλημάτων.

Περαιτέρω πρόοδοι έγιναν στην εφαρμογή των γραμμικών και ακέραιων προγραμματισμών και στις τεχνικές βελτιστοποίησης του δικτύου για την ανάπτυξη του χρονοπρογραμματισμού του νοσηλευτικού προσωπικού. Η μέθοδος του προγραμματισμού με περιορισμούς, επίσης, χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση των περίπλοκων κανόνων που σχετίζονται με τον χρονοπρογραμματισμό του νοσηλευτικού προσωπικού. Εφαρμόστηκε σε προβλήματα που σχετίζονται με το κυκλικό και μη κυκλικό χρονοπρογραμματισμό. Συνήθως, τα προβλήματα περιείχαν κανόνες χρονοπρογραμματισμού που εφαρμόζονταν σε ένα συγκεκριμένο νοσοκομείο. Αυτές οι προσεγγίσεις μπορεί να απαιτούν σημαντικές αναδιατυπώσεις για την χρήση τους σε ένα διαφορετικό νοσοκομείο.

Ένα σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων βασίζεται σε ένα πρότυπο ανάθεσης βαρδιών και χρησιμοποιείται για την παροχή ενός διαλογικού συστήματος (για τον σχεδιασμό των εβδομαδιαίων προγραμμάτων εργασιών). Η προσομοίωση ενός αλγορίθμου χρησιμοποιείται για την επίλυση της μεγάλης ζήτησης που καλύπτει ο ακέραιος προγραμματισμός και για την ανάπτυξη χρονοπρογραμματισμού του μόνιμου και του έκτακτου προσωπικού. Αυτό ορίζεται ανάλογα με τη ζήτηση στο μισό ωριαίο διάστημα κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δέκα ημερών.

Πιο πρόσφατα, ο συνδυασμός της αναζήτησης των περιορισμών (Tabu Search) και των υποπροβλημάτων του προγραμματισμού των ακέραιων αριθμών χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό εβδομαδιαίων προγραμμάτων για τους θαλάμους. Επιτυγχάνοντας, ταυτόχρονα, το σύνολο των κανόνων των βαρδιών, τον περιορισμό του κόστους, το επιθυμητό επίπεδο του νοσηλευτικού προσωπικού και τον περιορισμό των προτιμήσεων των υπαλλήλων. Οι αλγόριθμοι αυτοί έχουν σχεδιαστεί για την αντιμετώπιση των βασικών προβλημάτων που σχετίζονται με τη χρήση των ευρετικών τεχνικών για σύνθετα προβλήματα χρονοπρογραμματισμού του νοσηλευτικού προσωπικού.

2.4 Υπηρεσίες προστασίας και έκτακτης ανάγκης

Μια σημαντική εκδοχή της στελέχωσης της αστυνομίας, των ασθενοφόρων, της πυροσβεστικής και των υπηρεσιών ασφάλειας (Security Services) αποτελεί η ανάγκη να καλυφθούν τα αναμενόμενα πρότυπα υπηρεσιών. Τα πρότυπα αυτά μπορούν να καθοριστούν από τα εξής: τον χρόνο απόκρισης από την παρακολούθηση έκτακτων περιστατικών, τη δυνατότητα αποστολής κατάλληλου αριθμού και άρτια εκπαιδευμένου προσωπικού σε διαφορετικούς τύπους περιστατικών. Επιπλέον, δεδομένης της φύσης των καθηκόντων, οι περισσότερες υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης έχουν πολύ αυστηρούς ελεγχόμενους κανονισμούς που καθορίζουν τα αποδεκτά πρότυπα βαρδιών της εργασίας τους. Η συχνότητα εμφάνισης περιστατικών που απαιτούν την παρέμβαση ανώτερων αξιωματικών των υπηρεσιών ποικίλλει σε διαφορετικές ώρες της ημέρας, της εβδομάδας ή ακόμα και από την εποχή. Παραδείγματος χάρη, μπορεί να υπάρχει υψηλότερη ζήτηση για ασθενοφόρα και αξιωματικούς της αστυνομίας σε τουριστικές περιοχές κατά την περίοδο των διακοπών. Λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη για κάλυψη των προτύπων υπηρεσιών, οι αλλαγές στη συχνότητα εμφάνισης θα επιφέρουν μεταβολές στον αριθμό του προσωπικού που απαιτείται για την παροχή του απαιτούμενου επιπέδου κάλυψης.

Οι βάρδιες σε ένα αστυνομικό τμήμα μπορεί να έχουν διαφορετικό χρόνο έναρξης, όμως το πρότυπο των επιτρεπόμενων βαρδιών είναι αυστηρά καθορισμένο. Παραδείγματος χάρη, οι αξιωματικοί της αστυνομίας εργάζονται δέκα ώρες για τέσσερις ημέρες και οχτώ ώρες για πέντε ημέρες με δικαίωμα τριών συνεχόμενων ημερών άδειας.

Νέοι χρονοπρογραμματισμοί προκύπτουν από την εφαρμογή τοπικών ευρετικών αναζητήσεων με περιορισμούς, ξεκινώντας με το τρέχον χρονοπρογραμματισμό ως αρχική λύση. Ενδιάμεσες λύσεις απαιτούν μη αυτόματου τύπου ρυθμίσεις και περαιτέρω βελτιστοποίηση για την παροχή

ικανοποιητικών λύσεων. Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί η απόκλιση επιθυμητών επιπέδων προσωπικού, δεδομένης κάποιας μεταβλητότητας της ζήτησης. Ο χρονοπρογραμματισμός μιας περιόδου ενός έτους σχεδιάζεται από τα επιτρεπόμενα πρότυπα βαρδιών σε συνδυασμό με τις επιτρεπόμενες ετήσιες άδειες. Αυτά τα πρότυπα βαρδιών ορίζονται και ως όρια. Ένα παράδειγμα αποτελεί το: HHNN και AAA όπου το H αντιπροσωπεύει 10 ώρες ημερήσιας βάρδιας, το N 14 ώρες νυκτερινής βάρδιας και το A την άδεια. Ένας πίνακας μετάβασης χρησιμοποιείται για να προσδιοριστούν ποιά όρια μπορούν να ακολουθήσουν οποιαδήποτε όριο και να δώσουν τις σχετικές προτιμήσεις για τις διαφορετικές διαδοχές των ορίων. Η μέθοδος της επίλυσης χρησιμοποιεί ένα συντομότερο μονοπάτι του αλγορίθμου για τον σχεδιασμό του χρονοπρογραμματισμού, ο οποίος κατατάσσεται ανάλογα με το πόσο καλά θα καλυφθεί η ζήτηση και πως ο φόρτος εργασίας θα κατανεμηθεί ομοιόμορφα.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι στις υπηρεσίες ασφαλειών το πρόβλημα διατυπώνεται ως ένα πρόγραμμα ακεραίων πολλαπλών στόχων. Οι κύριοι στόχοι περιλαμβάνουν την ελαχιστοποίηση της υπό κάλυψη της ζήτησης και την ικανοποίηση των προτιμήσεων των εργαζομένων. Υπάρχει ένας συνδυασμός πλήρους και μερικής απασχόλησης ωραρίου των εργαζομένων στις υπηρεσίες ασφάλειας. Οι περιορισμοί προσδιορίζουν τις επιτρεπόμενες βάρδιες. Καθώς το πρόβλημα που προκύπτει είναι μεγάλο, τα έγγραφα πραγματεύονται τον συνδυασμό της μεθόδου Branch and Bound και της επίλυσης του προβλήματος με ευρετικό τρόπο.

2.5 Αστικές υπηρεσίες και υπηρεσίες κοινής ωφέλειας

Οι κυβερνήσεις σε όλα τα επίπεδα (τοπικό, κρατικό και εθνικό) λειτουργούν σε ένα μεγάλο αριθμό υπηρεσιών υψηλής έντασης εργατικού δυναμικού. Ο βελτιστοποιημένος χρονοπρογραμματισμός προσωπικού για αυτές τις δημόσιες υπηρεσίες παρέχει μια σημαντική ευκαιρία για την βελτίωση των υπηρεσιών που παρέχονται από την κυβέρνηση, περιορίζοντας, συγχρόνως, το κόστος. Ωστόσο, αυτά τα πεδία εφαρμογής παρουσιάζουν μοναδικές προκλήσεις καθώς οι συνθήκες απασχόλησης της κυβέρνησης τείνουν να έχουν πιο ευνοϊκές συνθήκες. Με αποτέλεσμα να περιορίζεται σημαντικά η ευελιξία του χρονοπρογραμματισμού.

Στην συνέχεια της παραγράφου θα παρουσιαστούν κάποιες εφαρμογές στον τομέα των αστικών υπηρεσιών και των υπηρεσιών κοινής ωφελείας. Μια μελέτη περίπτωσης ασχολείται με:

- τα είδη των απαιτήσεων επεξεργασίας που μπορεί να συμβούν σε κυβερνητικές υπηρεσίες,
- τις αιτήσεις για την παροχή συντάξεων καθώς και για το δικαίωμα της κοινωνικής ασφάλισης ή
- τις ασφαλιστικές απαιτήσεις των ιδιωτικών εταιρειών

Ένα σύστημα μοντελοποίησης της ζήτησης επιτρέπει την διαχείριση για την καλύτερη αντιμετώπιση σε μεγάλες διακυμάνσεις του φόρτου εργασίας.

Μια άλλη εφαρμογή που χρησιμοποιείται είναι για την ανάθεση του προσωπικού στις στρατιωτικές υπηρεσίες. Εδώ βέβαια, τα κύρια προβλήματα

σχετίζονται με την αξιολόγηση, δηλαδή το πόσο καλά ένα άτομο ταιριάζει σε μια συγκεκριμένη θέση και την διαχείριση του μεγάλου αριθμού υπαλλήλων. Στο πλαίσιο ενός πανεπιστημίου εφαρμόζεται στη στελέχωση του γραφείου αναφοράς και στη διαδικασία δανεισμού σε μια βιβλιοθήκη και τέλος στον χρονοπρογραμματισμό των επιτηρητών για την επίβλεψη πανεπιστημιακών εξετάσεων. Τα δύο αυτά προβλήματα περιπλέκονται από τη διαθεσιμότητα των περιορισμών. Το πρώτο λόγω των δεσμεύσεων της μελέτης από τους φοιτητές και το δεύτερο λόγω των προσόντων και των προτιμήσεων των επιτηρητών. Μια άλλη εφαρμογή του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού είναι η είσπραξη των διοδίων.

Με τις τάσεις των ιδιωτικοποιήσεων στον τομέα των υπηρεσιών κοινής ωφελείας (νερό, φυσικό αέριο και ηλεκτρική ενέργεια) και την αποτελεσματική κατανομή των πόρων σε αυτόν τον τομέα είναι σημαντική η βελτίωση των επιδόσεων. Ο χρονοπρογραμματισμός του προσωπικού σε βάρδιες και οι φορείς διαχείρισης των υπηρεσιών κοινής ωφελείας γίνονται ένα σημαντικό κομμάτι στο πεδίο εφαρμογής. Ωστόσο δεν υπάρχουν πολλές έρευνες στη βιβλιογραφία σχετικά με το προγραμματισμό του εργατικού δυναμικού.

Παραδείγματα αποτελούν το προσωπικό:

- προμήθειας ή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας,
- σε εγκαταστάσεις φυσικού αερίου και
- σε εγκαταστάσεις πετρελαίου και off-shore εγκαταστάσεις.

2.6 Διαχείριση χώρων

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι λειτουργιών που περιλαμβάνουν την ολοκλήρωση των εργασιών με μια ποικιλία απαιτήσεων σε δεξιότητες, οι οποίες βρίσκονται όλες στην ίδια θέση. Παραδείγματα αποτελούν οι λειτουργίες του εδάφους σε ένα αεροδρόμιο, τερματικούς σταθμούς φορτίων, καζίνο και αθλητικές εγκαταστάσεις. Ο μεγαλύτερος αριθμός των εφαρμογών που δημοσιεύτηκαν σε αυτή την κατηγορία σχετίζονται με τον χρονοπρογραμματισμό προσωπικού των αεροδρόμιων, συμπεριλαμβανομένου των τελωνειακών υπαλλήλων, του προσωπικού ανεφοδιασμού αεροσκαφών και γενικά του προσωπικού εδάφους. Όλα αυτά τα προβλήματα χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι η ζήτηση για τις υπηρεσίες είναι σχετικά γνωστή, καθώς καθοδηγείται από τα τακτικά χρονοδιαγράμματα των αεροπορικών εταιρειών. Ένας διαφορετικός τύπος του προβλήματος του χρονοπρογραμματισμού προκύπτει στον προγραμματισμό του προσωπικού συντήρησης αεροσκαφών, όπου η κύρια δυσκολία είναι η κατανομή διάφορων μικρών εργασιών σε βάρδιες υπό την παρουσία περιορισμών των ικανοτήτων. Τέλος, μια άλλη εφαρμογή αποτελεί ο χρονοπρογραμματισμός προσωπικού των αθλητικών ομάδων και συγκεκριμένα των διαιτητών.

2.7 Οικονομικές υπηρεσίες

Ο χρονοπρογραμματισμός είναι σημαντικός για τη στελέχωση των τραπεζών με ταμίες, υπάλληλους γραφείου και οικονομικούς σύμβουλους. Έχει

παρόμοια χαρακτηριστικά με άλλες δραστηριότητες εξυπηρέτησης πελατών. Η κύρια δυσκολία είναι η μεταβλητότητα της ζήτησης κατά τη διάρκεια της ημέρας όπως αναφέρουν οι (S. Moondra, An L.P., 1976). Αυτή η μεταβλητότητα είναι δυνατό να αντιμετωπιστεί μέσω της ορθολογικής διαχείρισης του προσωπικού μερικής απασχόλησης και των υπερωριών. Ένα άλλο διαφορετικό πρόβλημα προκύπτει στον προγραμματισμό του ελεγκτικού προσωπικού. Η κύρια πολυπλοκότητα οφείλεται στον ανομοιογενή χαρακτήρα της ζήτησης με μια ποικιλία θέσεων εργασίας για το ελεγκτικό προσωπικό, στις οποίες ένας συνδυασμός από απαιτήσεις δεξιοτήτων και διαφορετικών θέσεων είναι αναγκαίος.

2.8 Φιλοξενία και τουρισμός

Ο χρονοπρογραμματισμός προσωπικού διαμορφώνει ένα σημαντικό ποσοστό του γενικού κόστους στα ξενοδοχεία, στα τουριστικά αξιοθέατα και στα εστιατόρια γρήγορου φαγητού. Το κόστος του προσωπικού (συμπεριλαμβανομένης της εκπαίδευσης) αποτελεί τα κύρια έξοδα ενός ξενοδοχείου. Η μισθοδοσία και τα υπόλοιπα έξοδα είναι μερικές φορές πάνω από το 30 % των εξόδων λειτουργίας ενός ξενοδοχείου. Επομένως, μία μείωση ακόμα και κατά 1 % αντιπροσωπεύει σημαντική εξοικονόμηση του κόστους. Τα ξενοδοχεία απασχολούν προσωπικό με πολλές διαφορετικές ικανότητες, όπως στην τροφοδοσία, καθαριότητα, ρεσεψιόν, λογιστική, τιμολόγηση, κράτηση και συντήρηση. Για αυτό και το προσωπικό πρέπει να είναι διαθέσιμο όλο το εικοσιτετράωρο σε ορισμένους τομείς. Κάποια μέλη του προσωπικού είναι καταρτισμένα σχεδόν σε όλους τους τομείς, ενώ άλλα έχουν συγκεκριμένες δεξιότητες για την θέση εργασίας τους.

Η ζήτηση των υπηρεσιών γενικά δεν είναι γνωστή με βεβαιότητα εκ των προτέρων. Η διαχείριση συχνά βασίζεται στον συνδυασμό της διαίσθησης, των συστημάτων λογισμικού και στην τοπική γνώση (ιδιαίτερα στις καμπάνιες της διαφήμισης, στις εκδηλώσεις και στα αξιοθέατα). Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο χρονοπρογραμματισμός προσωπικού αποτελεί βασικό στοιχείο στον σχεδιασμό της διαχείρισης.

2.9 Λιανική πώληση

Μια μαθηματική προσέγγιση χρονοπρογραμματισμού προτείνεται για τον σχεδιασμό ενός εβδομαδιαίου προγράμματος για το προσωπικό των καταστημάτων λιανικής πώλησης. Τα σημαντικά κριτήρια για τη δημιουργία ποιοτικών προγραμμάτων περιλαμβάνουν το συνολικό κόστος και την ποιότητα υπηρεσιών. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στον χρονοπρογραμματισμό προσωπικού των τηλεφωνικών κέντρων. Οι αγορές των πελατών μπορούν να θεωρηθούν ως πομποί και οι υπάλληλοι των καταστημάτων ως δέκτες κλήσεων. Μια ανασκόπηση παρουσιάζει την εξέταση των αποφάσεων για την ανάπτυξη της δύναμης των πωλήσεων που σχετίζονται με το μέγεθος, την κατανομή του χρόνου και την εναρμόνιση του χώρου. Αυτά τα υποπροβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν ξεχωριστά. Οι πρόσφατες ανασκοπήσεις επικεντρώνονται στην ενσωμάτωση ξεχωριστών μοντέλων μέσα σε ένα στάδιο.

2.10 Βιομηχανία

Σε ένα δυναμικό περιβάλλον παραγωγής οι αποφάσεις πρέπει να λαμβάνονται για τον καθορισμό των επιπέδων παραγωγής για πολλά διαφορετικά στοιχεία. Προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση σε μια δεδομένη περίοδο διατηρώντας ταυτόχρονα τα αποθέματα σε αποδεκτά επίπεδα. Ένα σοβαρό πρόβλημα που σχετίζεται με την ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, είναι αναγκαίο να καθορίσει τις σχετικές ανάγκες σε ανθρώπινο δυναμικό για κάθε περίοδο παραγωγής. Ο χρονοπρογραμματισμός του ανθρώπινου δυναμικού και των υλικών λαμβάνονται υπόψη για την επίτευξη των στρατηγικών και στόχων σε μια εταιρεία ηλεκτρονικών ειδών. Οι στόχοι είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους που σχετίζεται με την εργασία, τα υλικά, την απογραφή και τις κυρώσεις για τις καθυστερημένες αποστολές. Τα καθήκοντα των εργαζομένων με μερική απασχόληση περιλαμβάνουν τη φόρτωση και εκφόρτωση των υλικών, τη συσκευασία των εφημερίδων και των διαφημίσεων σε δέματα και τη διανομή τους. Το σύστημα ασχολείται με δύο θέματα:

- α) Τη δημιουργία απαιτήσεων για τους εργαζομένους με μερική απασχόληση για κάθε βάρδια.
- β) Το χρονοπρογραμματισμό των εργαζομένων με βάση συγκεκριμένα κριτήρια.

Στις κατασκευαστικές εταιρείες, το κόστος εργασίας αποτελεί ένα μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους του έργου. Ο χρόνος έναρξης των εργασιών καθορίζει τις καθημερινές απαιτήσεις του προσωπικού. Ο στόχος είναι ο προσδιορισμός του αριθμού των υπαλλήλων που απαιτούνται κάθε ημέρα, με βάση τον κατάλληλο χρονοπρογραμματισμό των εργασιών, έτσι ώστε το ολικό κόστος να ελαχιστοποιείται. Κάθε εργασία χαρακτηρίζεται από το αρχικό και τελικό παράθυρο του χρόνου, τη διάρκεια και τη τοποθεσία. Επίσης, οι εργασίες μπορούν να περιοριστούν για την πραγματοποίηση ιδιαίτερων παραγγελιών. Οι κύριοι στόχοι είναι η μεγιστοποίηση της εκτελούμενης εργασίας και η ελαχιστοποίηση του χρόνου που διαθέτουν οι εργαζόμενοι με τα ταξίδια μεταξύ των διαφόρων τοποθεσιών.

Κεφάλαιο 3: Κυριότερες τεχνικές επίλυσης προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού

3.1 Μαθηματικός προγραμματισμός

Ο Μαθηματικός Προγραμματισμός (MP=Mathematical Programming) είναι ένας νέος σχετικά κλάδος της επιχειρησιακής έρευνας που ασχολείται με τη βελτιστοποίηση (optimization) της απόδοσης ενός συστήματος, που θεμελιώθηκε μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Ο όρος «Προγραμματισμός» στην περιγραφή του νέου κλάδου χρησιμοποιήθηκε με την έννοια του

σχεδιασμού συστημάτων ή δραστηριοτήτων και όχι με την έννοια της ανάπτυξης προγραμμάτων για ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Ο Μαθηματικός Προγραμματισμός αποσκοπεί στην επίλυση προβλημάτων κατανομής περιορισμένων πόρων κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο (βελτιστοποίηση). Μερικές εφαρμογές Μαθηματικού Προγραμματισμού:

- Βιομηχανία. Η Digital Equipment Corporation (DEC) εξοικονόμησε πάνω από 100 εκατομμύρια δολάρια χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο ΜΡ για να καθορίσει την παγκόσμια στρατηγική κατασκευής και κατανομών.
- Μεταφορές. Οι αεροπορικές εταιρείες Lufthansa, KLM, SAS και Alitalia χρησιμοποιούν ένα σύστημα που βασίζεται στο ΜΡ για τον προγραμματισμό των πληρωμάτων τους.
- Υγεία. Η Διεύθυνση Υγείας στην Ανδαλουσία της Ισπανίας αποφασίζει για την κατανομή του προσωπικού και των άλλων πόρων στα νοσοκομεία της περιοχής με βάση ένα μοντέλο ΜΡ το οποίο έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση των παραπόνων των ασθενών.

Ο Μαθηματικός Προγραμματισμός αποτελείται από τις εξής φάσεις:

1. Αναγνώριση και διατύπωση του προβλήματος.
2. Ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου (μοντέλου).
3. Επίλυση του μοντέλου:
 - Μαθηματικές τεχνικές
 - Βέλτιστες λύσεις/ Παραδεκτές λύσεις.
 - Ανάλυση ευαισθησίας: μελετά τις συνέπειες των αλλαγών στις παραμέτρους ενός προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού που υφίστανται η βέλτιστη λύση αυτού.
4. Εφαρμογή και αξιοποίηση της λύσης.

Παραγωγή	Δίκτυα- Μεταφορές- Εφοδιασμός
<ul style="list-style-type: none"> • Προγραμματισμός παραγωγής • Προγραμματισμός εργατικού δυναμικού • Επιλογή τεχνολογίας και εξοπλισμού 	<ul style="list-style-type: none"> • Προγραμματισμός διανομής προϊόντων • Επιλογή μέσων μεταφοράς • Επιλογή προμηθευτών
Marketing	Χρηματοοικονομικά
<ul style="list-style-type: none"> • Πωλήσεις • Σχεδιασμός νέων προϊόντων • Επιλογή δικτύου υποκαταστημάτων 	<ul style="list-style-type: none"> • Αξιολόγηση επενδύσεων • Διαχείριση χαρτοφυλακίου

Πίνακας 1: Περιοχές και Παραδείγματα Εφαρμογής ΜΡ

3.1.1 Γραμμικός Προγραμματισμός

Ο Γραμμικός Προγραμματισμός (LP=Linear Programming) είναι μία μαθηματική τεχνική που βοηθά στο σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις απαραίτητες εξισορροπήσεις για την κατανομή των πόρων. Υπολογίζει τη μικρότερη και τη μεγαλύτερη τιμή του αντικειμενικού στόχου. Ταυτόχρονα εγγυάται την άριστη λύση του διατυπωμένου μοντέλου.

Ο Γραμμικός Προγραμματισμός είναι μία ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική μαθηματικής μοντελοποίησης για τον καθορισμό της βέλτιστης κατανομής των περιορισμένων πόρων μεταξύ ανταγωνιστικών δραστηριοτήτων. Ως ανταγωνιστικές δραστηριότητες θεωρούνται εκείνες που ανταγωνίζονται μεταξύ τους στη κατανάλωση των διαθέσιμων πόρων. Τυπικά οι πόροι συμπεριλαμβάνουν πρώτες ύλες, ανθρώπινο δυναμικό, μηχανήματα, χρόνο, χρήματα και χώρο.

Η τεχνική είναι πολύ δυναμική και θεωρείται εξαιρετικά χρήσιμη εξαιτίας της εφαρμογής της σε πολλούς διαφορετικούς τύπους πραγματικών επαγγελματικών προβλημάτων σε τομείς όπως η βιομηχανία, ο χρηματοπιστωτικός, η διαφήμιση, το προσωπικό και το μάρκετινγκ. Η λύση ενός προβλήματος επιτυγχάνει τη βελτιστοποίηση (μεγιστοποίηση, ελαχιστοποίηση) μιας συνάρτησης που δηλώνει κέρδος, κόστος παραγωγής, μερίδια αγοράς και πωλήσεις προϊόντων. Η βελτιστοποίηση επιτυγχάνεται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και περιορισμούς για κάθε πρόβλημα όπως οι διαθέσιμοι πόροι μιας επιχείρησης (εργασία, κόστος, πρώτες ύλες, δυναμικότητα του εξοπλισμού, διαθέσιμα κεφάλαια, κανόνες ζήτησης προϊόντων). Όπως υποδηλώνει το όνομά του, το μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού αποτελείται από συναρτήσεις και περιορισμούς, οι οποίοι εκφράζονται με γραμμικές σχέσεις (δηλαδή δεν υπάρχουν γινόμενα και δυνάμεις μεταβλητών).

Για μια δεδομένη κατάσταση ενός προβλήματος, υπάρχουν ορισμένες βασικές συνθήκες που πρέπει να επιλυθούν με τη χρήση Γραμμικού Προγραμματισμού.

Περιορισμένοι πόροι:	περιορισμένη ποσότητα εργασίας, υλικός εξοπλισμός και χρηματοδότηση.
Αντικειμενικός στόχος:	αναφέρεται στο στόχο για βελτιστοποίηση (μεγιστοποίηση κέρδους ή ελαχιστοποίηση κόστους).
Γραμμικότητα:	αύξηση του εργατικού δυναμικού θα έχει ως αποτέλεσμα την ανάλογη αύξηση της παραγωγής.
Ομογένεια:	προϊόντα, εργάτες, μηχανές και παραγωγικότητα θεωρούνται ότι είναι πανομοιότυπα μεταξύ τους.

Πίνακας 2: Τα βασικά στοιχεία μοντέλου LP

Ο LP έχει επιλύσει τυπικά προβλήματα μεταφοράς, παραγωγής προϊόντων, προγραμματισμού του ανθρώπινου δυναμικού, κατανομής των περιπολικών της αστυνομίας καθώς και των ταμιών των τραπεζών. Παραδείγματος χάρη, στον τομέα της μεταφοράς ερευνώνται οι συντομότεροι/οικονομικότεροι τρόποι για τη μεταφορά αγαθών μεταξύ του δικτύου παραγωγικών μονάδων, αποθηκών και σημείων πώλησης. Η εφαρμογή του LP στον προγραμματισμό του ανθρώπινου δυναμικού οδήγησε στην βέλτιστη κατανομή προσωπικού (βάρδιες και θέσεις εργασίας) κάτω από συγκεκριμένους περιορισμούς και συνθήκες όπως κατανομή φόρτου εργασίας, απαιτούμενες δεξιότητες ανάθεσης. Η άριστη κατανομή των περιπολικών της αστυνομίας σε περιοχές υψηλής εγκληματικότητας ελαχιστοποίησε το χρόνο απόκρισης των κλήσεων. Στον τομέα των τραπεζών υλοποιείται προγραμματισμός των ταμιών για την

ικανοποίηση των αναγκών κατά τη διάρκεια όλων των ωρών της ημέρας ελαχιστοποιώντας το συνολικό κόστος εργασίας.

3.1.2 ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΚΑΙ ΜΕΙΚΤΟΣ ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

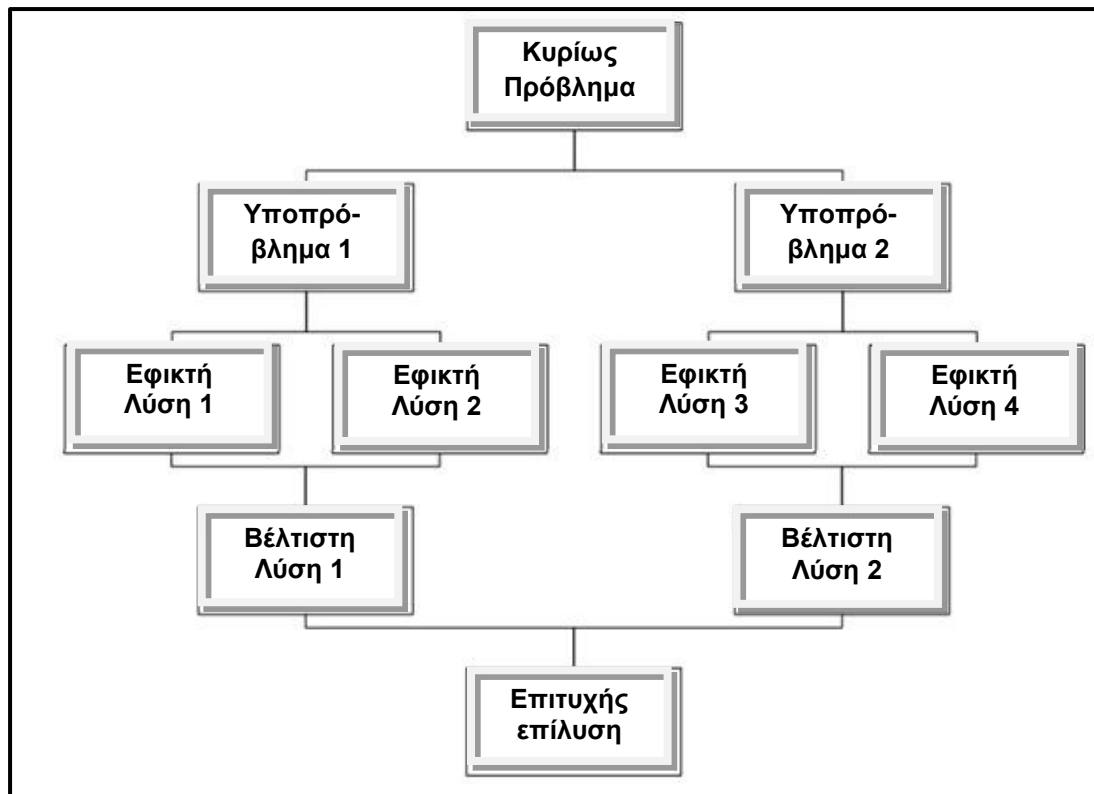
Ο Ακέραιος Προγραμματισμός (Integer Programming) περιλαμβάνει όλα τα προβλήματα στα οποία οι μεταβλητές μπορούν να πάρουν μόνο ακέραιες τιμές. Ένα πρόβλημα ακέραιου προγραμματισμού μπορεί κατ' επέκταση να είναι γραμμικό ή μη γραμμικό. Σε περίπτωση που κάποιες από τις μεταβλητές του προβλήματος είναι ακέραιες και κάποιες όχι, τότε έχουμε ένα πρόβλημα μεικτού ακέραιου προγραμματισμού (Mixed Integer Programming). Ο Ακέραιος Προγραμματισμός έχει καθιερωθεί ως ένας αποδοτικός τρόπος για την επίλυση δύσκολων προβλημάτων συνδυαστικής βελτιστοποίησης που παρουσιάζουν πρακτικό ενδιαφέρον.

Συχνά το ίδιο πρόβλημα μπορεί να διατυπωθεί με διαφορετικά εναλλακτικά μοντέλα ακεραίου προγραμματισμού. Ωστόσο παρατηρείται το φαινόμενο κάποιο μοντέλο να οδηγεί σε λύση μέσα σε αποδεκτά χρονικά πλαίσια ενώ κάποια άλλα μοντέλα να αδυνατούν να επιλύσουν το πρόβλημα ακόμα και για μικρά μεγέθη προβλήματος σε λογικό χρόνο. Συνεπώς η επιλογή του κατάλληλου μοντέλου ισοδυναμεί πολλές φορές και με την ύπαρξη πρακτικής λύσης για ένα πρόβλημα όπως αναφέρει ο (Γκόγκος Χ. , 2009). Τα σύγχρονα λογισμικά βελτιστοποίησης (ILOG CLP, XPRESS-MP) τείνουν να ενσωματώσουν με διάφορες φάσεις προεπεξεργασίας βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν στο μοντέλο με αποτέλεσμα ο δημιουργός του μοντέλου να πρέπει να συλλάβει πραγματικά πρωτότυπες ιδέες για την βελτίωση της ποιότητας του μοντέλου όπως αναφέρει ο (Trick M. , 2005).

3.2 Προγραμματισμός με περιορισμούς

Ο προγραμματισμός με περιορισμούς (CP= Constraint Programming) παρέχει ένα ισχυρό εργαλείο για την εύρεση εφικτών λύσεων σε προβλήματα χρονοπρογραμματισμού. Η τεχνική αυτή είναι χρήσιμη όταν το πρόβλημα έχει πολλούς περιορισμούς ή όταν οποιαδήποτε εφικτή λύση θα επαρκεί, ακόμη και αν δεν είναι η βέλτιστη. Ωστόσο, η τεχνική αυτή είναι λιγότερο πιθανό να παράγει εφικτές λύσεις για τα προβλήματα όπου η κύρια πρόκληση είναι να βρεθεί η βέλτιστη ή κοντά στην βέλτιστη λύση από ένα σύνολο εφικτών λύσεων. Αυτό μπορεί να παρομοιαστεί και με ένα διάγραμμα ιεραρχίας.

Παράδειγμα. Ένα κυρίως πρόβλημα διασπάται σε δύο υποπροβλήματα, τα οποία έχουν από δύο εφικτές λύσεις το καθένα. Από τις εφικτές λύσεις γίνεται επιλογή της βέλτιστης με αποτέλεσμα την επιτυχή επίλυση του προβλήματος. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν εφικτές λύσεις καταλήγουμε άμεσα στην επιτυχή επίλυση. Καταλήγοντας στην επίλυση του προβλήματος ο χώρος των εφικτών λύσεων περιορίζεται περαιτέρω και η βέλτιστη λύση δεν μπορεί να είναι χειρότερη από τις προαναφερθέντες. Για την επιτυχή επίλυση του κυρίως προβλήματος θα διερευνηθεί ο συνολικός χώρος των βέλτιστων λύσεων. Ακολουθεί το διάγραμμα:



Εικόνα 1: Το Διάγραμμα του παραδείγματος

Ορισμένοι συγγραφείς, όπως ο (D. Seitman, 1994) χρησιμοποιούν τους δικούς τους περιορισμούς και αλγορίθμους αναζήτησης με δύσκολους κωδικοποιημένους περιορισμούς. Αντιθέτως, αρκετοί εκμεταλλεύονται τη δυνατότητα και την ευελιξία του λογικού προγραμματισμού με περιορισμούς (CLP= Constraint Logic Programming) για να εκφράσουν τους περιορισμούς του χρονοπρογραμματισμού. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι οι σύνθετοι περιορισμοί και τα σύνθετα προβλήματα μπορούν να εκφραστούν πιο εύκολα. Μια προσέγγιση της μεθόδου CP έχει εφαρμοστεί στον χρονοπρογραμματισμό του νοσηλευτικού προσωπικού. Ο CP λειτουργεί αποτελεσματικά στον χρονοπρογραμματισμό νοσηλευτικού προσωπικού καθώς τα προγράμματα εργασίας των νοσηλευτών τείνουν να είναι σχετικά άκαμπτα και με μεγάλο αριθμό περιορισμών. Ωστόσο, η βελτιστοποίηση με CP δεν δίνει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Αρκετοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να συνδυάσουν την τεχνική CP μαζί με άλλες τεχνικές.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί η χρήση της τεχνικής CP ως μια τεχνική προεπεξεργασίας για την μείωση του μεγέθους του προβλήματος πριν την βελτιστοποίηση του γραμμικού προγραμματισμού (Linear Programming) που βασίζεται στην μέθοδο Branch and Bound. Μια άλλη εναλλακτική εφαρμογή είναι η εκτέλεση της τεχνικής Column Generation για ένα σύνολο κάλυψης των IP (Internet Protocol) διευθύνσεων. Η τεχνική αυτή επιτυγχάνει την βέλτιστη επίλυση προβλημάτων με αυξημένη πολυπλοκότητα μέσω της αποδόμησης του συνολικού προβλήματος σε μικρότερα υποπροβλήματα. Αυτή η υβριδική τεχνική επιτρέπει πολύπλοκους κανόνες εργασίας για να εκπροσωπούνται εύκολα από την Column Generation ενώ ταυτόχρονα γίνεται χρήση των IP για την εξασφάλιση χαμηλότερου κόστους λύσεων. Συνολικά ο τομέας των υβριδικών τεχνικών απαιτεί εκτενέστερη έρευνα για να προσδιοριστεί ο

καλύτερος τρόπος. Συνδυάζοντας την ευελιξία της CLP με άλλες τεχνικές βελτιστοποίησης.

3.3 Μεταερευνητικές τεχνικές

Μεταερευνητικές τεχνικές αποτελούν μια σημαντική κατηγορία μεθόδων που επιλύουν δύσκολα και συνήθως συνδυαστικά/διακριτά προβλήματα βελτιστοποίησης. Τυπικά αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων που δεν μπορούν να επιλυθούν με την κλασική ευρετική όπως η μέθοδος της απότομης καθόδου (Steepest Descent) και της άπληστης τοπικής αναζήτησης (Greedy Local Search). Στην μέθοδο της απότομης καθόδου γίνεται αναζήτηση σε όλη την γειτονιά της τρέχουσας λύσης και επιλέγεται η βέλτιστη λύση. Στην άπληστη μέθοδο προσπαθούμε να βρούμε μία βέλτιστη λύση κατά στάδια. Σε κάθε στάδιο λαμβάνουμε μία απόφαση που μοιάζει να είναι η καλύτερη εκείνη τη στιγμή (με βάση κάποια κριτήρια). Μία απόφαση που λαμβάνεται σε ένα στάδιο δεν αλλάζει σε κάποιο επόμενο, επομένως κάθε απόφαση θα πρέπει να εξασφαλίζει το ότι θα είναι εφικτή.

Οι ευρετικές και μεταερευνητικές μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί για την επίλυση προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού του προσωπικού. Η δημοτικότητα των μεθόδων αυτών για την επίλυση προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού οφείλεται σε έναν αριθμό παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

- Τείνουν να είναι σχετικά ισχυροί. Δεν μπορούν να εγγυηθούν την παραγωγή βέλτιστης λύσης. Οι μέθοδοι αυτοί συνήθως παράγουν μια ικανοποιητική λύση ενός ευρέος φάσματος δεδομένων εισόδου, σε ένα περιορισμένο χρόνο λειτουργίας. Σε σύγκριση, με άλλες προσεγγίσεις ακεραίου προγραμματισμού κινδυνεύουν με τη μη επιστροφή τυχόν εφικτών λύσεων για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Οι περισσότερες μεταερευνητικές είναι απλές στην εφαρμογή τους και επιτρέπουν στο πρόβλημα ειδικές πληροφορίες, οι οποίες πρέπει να ενσωματωθούν και να αξιοποιηθούν.
- Οι ευρετικές ασχολούνται με σύνθετους στόχους, είτε πρόκειται για πραγματικές δαπάνες προσωπικού είτε για κυρώσεις για την παραβίαση των περιορισμών.

Γενικά, οι ευρετικές τεχνικές είναι μέθοδοι επιλογής για τον χρονοπρογραμματισμό λογισμικού. Έχουν σχεδιαστεί για πολύπλοκα προβλήματα που δεν είναι εύκολα να επιλυθούν με τη χρήση μαθηματικών προγραμματισμών. Παρόλα αυτά, δεν λειτουργούν πολύ καλά αν το πρόβλημα του χρονοπρογραμματισμού έχει πολλούς περιορισμούς, εκτός αν οι περιορισμοί μπορούν να κατασκευαστούν άμεσα μέσα στο ευρετικό πλαίσιο. Για τέτοιες περιπτώσεις εξαιρετικών περιορισμένων προβλημάτων η καλύτερη αντιμετώπισή τους είναι με τον προγραμματισμό με περιορισμούς. Η ανταλλαγή ευρετικών τεχνικών αναζήτησης συνήθως χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού προσωπικού σε αεροπορικές εταιρείες. Μια γενικευμένη τοπική αναζήτηση (LS= Local Search) και οι προσαρμοστικές/τυχαιοποιημένες παραλλαγές αυτής της μεθόδου έχουν χρησιμοποιηθεί για τον χρονοπρογραμματισμό προσωπικού όπως

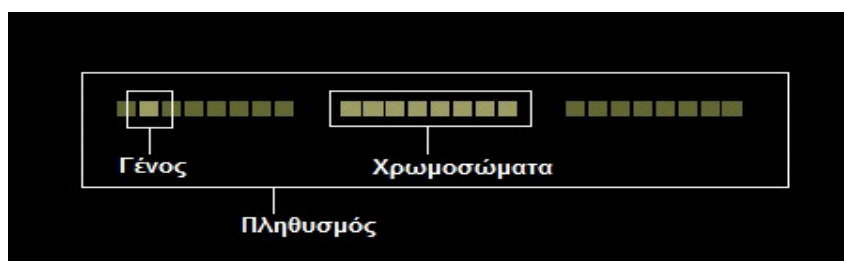
επεξηγούν οι (A. Schaerf, A. Meisels, 1999). Η LS έχει χρησιμοποιηθεί για τον χρονοπρογραμματισμό των οδηγών σε λεωφορεία. Οι μεταερευτικές τεχνικές είναι συνήθως υβρίδια των ευρετικών αλγορίθμων. Οι αλγόριθμοι συνδυάζουν διαφορετικές μεθόδους βάσης κάτω από ένα συγκεκριμένο πλαίσιο. Διαφορετικές μεθόδους βάσης προέρχονται από διάφορους τομείς, όπως την κλασσική ευρετική, την τεχνητή νοημοσύνη, την βιολογική εξέλιξη και την στατιστική μηχανική. Τυπικά παραδείγματα σύγχρονων μεταερευτικών τεχνικών αποτελούν τα εξής:

- Γενετικοί αλγόριθμοι (GA= Genetic Algorithm)
- Αναζήτηση Ταμπού (TS= Tabu ή Taboo Search)
- Προσομοιωμένη απόπτωση (SA= Simulated Annealing)
- Νευρωνικά δίκτυα (NN= Neural Networks)
- Άπληστη τυχαία προσαρμοστική διαδικασία αναζήτησης (GRASP= Greedy Random Adaptive Search Procedure)
- Το πρόβλημα αναζήτησης του χώρου
- Μηχανική μάθηση

Στη συνέχεια θα γίνει εκτενέστερη ανάλυση των πέντε πρώτων προαναφερθέντων μεταερευτικών τεχνικών.

3.3.1 Γενετικοί Αλγόριθμοι

Οι Γενετικοί αλγόριθμοι (GA= Genetic Algorithm) είναι οι προσαρμοστικοί ευρετικοί αλγόριθμοι αναζήτησης που βασίζονται στις εξελικτικές ιδέες της φυσικής επιλογής και της γενετικής. Αποτελούν μια έξυπνη αξιοποίηση μιας τυχαίας αναζήτησης που χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης. Εκμεταλλεύονται ιστορικές πληροφορίες για την κατεύθυνση της αναζήτησης στην περιοχή με την καλύτερη απόδοση εντός του διαστήματος αναζήτησης. Οι βασικές τεχνικές των GA έχουν σχεδιαστεί για την προσομοίωση διεργασιών στα συστήματα που είναι απαραίτητα για την εξέλιξη. Οι γενετικοί αλγόριθμοι ακολουθούν την αρχή της επιβίωσης του ισχυρότερου για την επίλυση του προβλήματος. Κάθε γενιά αποτελείται από ένα σύνολο ακολουθιών χαρακτήρων οι οποίες είναι ανάλογες με το χρωμόσωμα που βλέπουμε στο DNA ενός ανθρώπου. Κάθε άτομο αντιπροσωπεύει ένα σημείο σε ένα χώρο αναζήτησης και μια πιθανή λύση. Στη συνέχεια, τα άτομα του πληθυσμού κατασκευάζονται, ώστε να περάσουν από μια διαδικασία εξέλιξης.

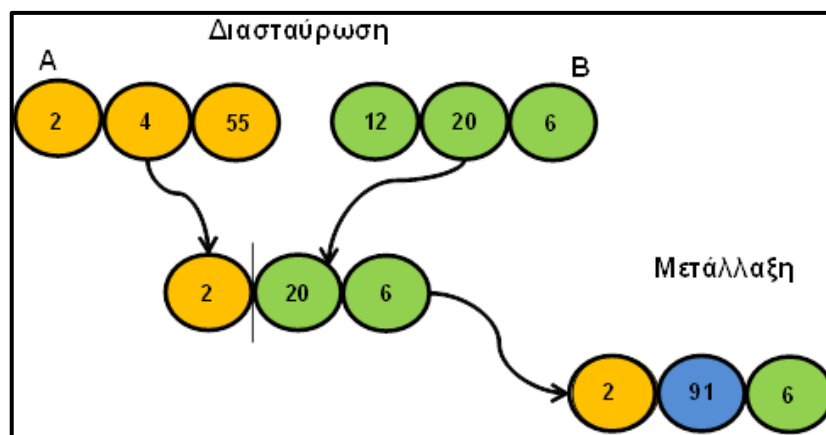


Εικόνα 2: Γενετικοί αλγόριθμοι

Οι γενετικοί αλγόριθμοι βασίζονται σε μια αναλογία προς τη γενετική δομή και τη συμπεριφορά των χρωμοσωμάτων μέσα σε έναν πληθυσμό ατόμων που χρησιμοποιούν τις ακόλουθες βάσεις:

- Τα άτομα σε έναν πληθυσμό «ανταγωνίζονται» για τους πόρους.
- Εκείνα τα άτομα που είναι πιο επιτυχημένα σε κάθε «ανταγωνισμό» θα παράγουν περισσότερους απογόνους από εκείνα που έχουν χαμηλή απόδοση.
- Γονίδια από «καλά» άτομα διαδίδονται σε όλο τον πληθυσμό.
- Έτσι, κάθε επόμενη γενιά θα είναι πιο προσαρμοσμένη στο περιβάλλον τους.

Κατά τη διάρκεια κάθε γενιάς, κάθε χρωμόσωμα αξιολογείται, χρησιμοποιώντας κάποια μέτρα καταλληλότητας. Για τη δημιουργία μιας νέας γενιάς τα νέα χρωμοσώματα ονομάζονται απογόνοι. Σχηματίζονται είτε από τη συγχώνευση δύο χρωμοσωμάτων χρησιμοποιώντας ένα φορέα διασταύρωσης είτε από τη τροποποίηση ενός χρωμοσώματος με την χρήση ενός φορέα μετάλλαξης.



Εικόνα 3: Μετάλλαξη των χρωμοσωμάτων

Μια νέα γενιά σχηματίζεται από την επιλογή, σύμφωνα με τις τιμές της καταλληλότητας έτσι ώστε να διατηρείται το μέγεθος του πληθυσμού σταθερό. Τα κατάλληλα χρωμοσώματα έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να επιλεγθούν. Μετά από αρκετές γενιές, οι αλγόριθμοι καταλήγουν στο καλύτερο χρωμόσωμα, το οποίο αντιπροσωπεύει την βέλτιστη λύση για το πρόβλημα, όπως αναφέρουν οι (Frank Neumann, Carsten Witt, 2010). Η διαδικασία των GA αναλύεται στα επόμενα βήματα:

1. Δημιουργία αρχικού πληθυσμού.
2. Αξιολόγηση πληθυσμού.
3. Εφαρμογή διασταύρωσης για τη δημιουργία απογόνων.
4. Εφαρμογή μετάλλαξης στους απογόνους.
5. Επιλογή γονέων και απογόνων για το σχηματισμό νέου πληθυσμού της επόμενης γενιάς.
6. Αν η κατάσταση τερματισμού ικανοποιείται τότε η διαδικασία ολοκληρώνεται, αλλιώς γίνεται επιστροφή στο βήμα δύο.

3.3.2 Αναζήτηση Ταμπού

Η Αναζήτηση Ταμπού (TS= Tabu ή Taboo Search) αποτελεί μια μεταερευτική τεχνική που καθοδηγεί μια τοπική ευρετική διαδικασία αναζήτησης για τη

διερεύνηση του χώρου των λύσεων πέρα από τις τοπικές βέλτιστες. Ένα κύριο χαρακτηριστικό της είναι η χρήση της προσαρμοστικής μνήμης, η οποία δημιουργεί μια πιο ευέλικτη συμπεριφορά αναζήτησης. Οι επιτυχίες σε πρακτικές εφαρμογές της βελτιστοποίησης έχουν ωθήσει μια ταχεία ανάπτυξη της TS για τον προσδιορισμό αποτελεσματικών λύσεων. Επίσης, η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία υβριδικών διαδικασιών με άλλες ευρετικές και αλγοριθμικές μεθόδους. Οι διαδικασίες αυτές παρέχουν βελτιωμένες λύσεις για τα προβλήματα του χρονοπρογραμματισμού, την κατανομή πόρων, τον προγραμματισμό των επενδύσεων, των τηλεπικοινωνιών και σε άλλους τομείς.

Ορισμένες από τις εφαρμογές της TS φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

Ενδεικτικές εφαρμογές της αναζήτησης Ταμπού	
Στον χρονοπρογραμματισμό:	<ul style="list-style-type: none"> • Χρονοπρογραμματισμός του επεξεργαστή • Σχεδιασμός εργατικού δυναμικού • Χρονοπρογραμματισμός σε σχολεία • Μηχανικός χρονοπρογραμματισμός • Χρονοπρογραμματισμός στην ροή του καταστήματος
Στις τηλεπικοινωνίες:	<ul style="list-style-type: none"> • Δρομολόγηση κλήσεων • Διαδρομή ανάθεσης (path assignment) • Σχεδιασμός δικτύου υπηρεσιών • Σύγχρονα οπτικά δίκτυα
Στο σχέδιο:	<ul style="list-style-type: none"> • Σχεδιασμός δικτύου μεταφορών • Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός χώρου
Στην δρομολόγηση:	<ul style="list-style-type: none"> • Δρομολόγηση οχημάτων • Χρονικό παράθυρο δρομολόγησης

Πίνακας 3: Εφαρμογές μεθόδου TS

Η τεχνική TS είναι βασισμένη, όπως αναφέρουν οι (F. Glover, M. Laguna, R.Marti, 2007), στην προϋπόθεση ότι η επίλυση προβλημάτων πρέπει να ενσωματώνει την προσαρμοστική μνήμη και να ανταποκρίνεται στην εξερεύνηση, προκειμένου να χαρακτηριστεί κατάλληλη. Η λειτουργία της προσαρμοστικής μνήμης επιτρέπει την εφαρμογή διαδικασιών, οι οποίες είναι ικανές για την αναζήτηση οικονομικών και αποτελεσματικών λύσεων. Η έμφαση στην ανταπόκριση εξερεύνησης προέρχεται από την υπόθεση ότι μια αποτυχημένη στρατηγική επιλογής μπορεί να αποφέρει περισσότερες πληροφορίες από ότι μια ικανή και τυχαία επιλογή. Η τεχνική TS ενοποιεί μια κατάλληλη ολική στρατηγική αναζήτησης με ειδικές δομές βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης μνήμης. Επιτυγχάνει το στόχο μίας ικανοποιητικής αναζήτησης, δηλαδή την πλήρη αλληλεπίδραση μνήμης και πορείας αναζήτησης. Η μνήμη ενημερώνεται από το ιστορικό της πορείας της αναζήτησης που με τη σειρά της καθοδηγείται από την επεξεργασία πληροφοριών μνήμης όπως αναφέρει ο (Κ. Σπηλιόπουλος, 2000). Στον κάτωθι πίνακα αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της τεχνικής TS:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Έξυπνη διότι δεν περιλαμβάνει τυχαία στοιχεία	Σχετικά αργή, διότι μια σειρά από επιλογές πρέπει να αξιολογηθούν πριν την τελική επιλογή τους.
Αιτιοκρατική γιατί επιλέγει την καλύτερη διαθέσιμη επιλογή για την βελτίωση της λύσης	Μπορεί να κάνει κύκλο κατά τη διάρκεια της αναζήτησης για την επιλογή της βέλτιστης λύσης.

Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της TS

Η διαδικασία της τεχνικής TS αναλύεται στα επόμενα βήματα:

1. Δημιουργία μιας αρχικής λύσης A.
2. Εκκίνηση της λίστας ταμπού.
3. Αν το σύνολο των υποψήφιων λύσεων Σ δεν είναι πλήρης τότε:
 - 3.1 Δημιουργία υποψήφιας λύσης B από την τρέχουσα λύση A.
 - 3.2 Προσθήκη της B στο σύνολο Σ μόνο αν η B δεν είναι ταμπού ή εάν τουλάχιστον ένα ιδανικό κριτήριο ικανοποιείται.
4. Επιλογή της καλύτερης υποψήφιας λύσης T από το Σ .
5. Αν η καταλληλότητα $T >$ καταλληλότητα A τότε $A=T$.
6. Ενημέρωση της λίστας Ταμπού και των ιδανικών κριτηρίων.
7. Αν η κατάσταση τερματισμού ικανοποιείται τότε η διαδικασία ολοκληρώνεται, αλλιώς γίνεται επιστροφή στο βήμα τρία.

3.3.3 Προσομοιωμένη ανόπτηση

Η μεταερευνητική αυτή μέθοδος (SA= Simulated Annealing) είναι μια τεχνική τυχαίας αναζήτησης. Είναι εμπνευσμένη από την στατιστική μηχανική, η οποία επικεντρώνεται στην ανάλυση συγκεντρωτικών ιδιοτήτων μεγάλου πλήθους ατόμων που βρίσκονται σε δείγματα υγρής ή στερεάς ύλης. Η τεχνική αυτή θα μπορούσε να παρομοιαστεί με την ανόπτηση των μετάλλων. Είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται στη μεταλλουργία για να μαλακώσουμε ή να σκληρύνουμε μέταλλα και γυαλί θερμαίνοντάς τα σε υψηλή θερμοκρασία και στη συνέχεια ψύχοντάς τα σταδιακά, επιτρέποντας έτσι στο υλικό να στερεοποιηθεί σε μια κρυσταλλική κατάσταση χαμηλής ενέργειας. Αυτό αποτελεί τη βάση μιας συνδυαστικής τεχνικής βελτιστοποίησης και άλλων προβλημάτων. Η SA χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία ως σαφή στρατηγική για την καθοδήγηση της αναζήτησης. Ο χώρος λύσεων συνήθως διερευνάται από τη λήψη τυχαίων προσπαθειών. Δημιουργεί τυχαία ένα μεγάλο σύνολο πιθανών λύσεων, διατηρώντας τις ικανοποιητικές και μη ικανοποιητικές λύσεις. Η προσομοιωμένη ανόπτηση αναπτύχθηκε το 1983 για την αντιμετώπιση μη γραμμικών προβλημάτων. Προσεγγίζει το παγκόσμιο πρόβλημα της μεγιστοποίησης. Μπορεί να παρομοιαστεί με τη χρήση μιας μπάλας που μπορεί να αναπηδήσει πάνω από τα βουνά, από κοιλάδα σε κοιλάδα. Ξεκινά σε υψηλή θερμοκρασία και επιτρέπει στην μπάλα να κάνει πολύ υψηλές αναπηδήσεις, που της δίνει τη

δυνατότητα να αναπηδήσει πάνω από οποιοδήποτε βουνό για να έχει πρόσβαση σε οποιαδήποτε κοιλάδα. Καθώς η θερμοκρασία μειώνεται, η μπάλα δεν μπορεί να αναπηδήσει τόσο ψηλά με αποτέλεσμα να παγιδευτεί σε σχετικά μικρότερες κοιλάδες. Έχει αποδειχθεί ότι με προσεκτικό έλεγχο του ρυθμού ψύξεως της θερμοκρασίας, η SA μπορεί να βρει την βέλτιστη λύση. Ωστόσο, αυτό απαιτεί πολύ χρόνο. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκαν βελτιστοποιημένες μέθοδοι, η γρήγορη ανόπτωση και η πολύ γρήγορη προσομοιωμένη επανασύνδεση (Very Fast Simulated Reannealing) ή προσαρμοστική προσομοιωμένη ανόπτωση (Adaptive Simulated Annealing). Η καθεμία με τη σειρά τους είναι εκθετικά γρηγορότερη και ξεπερνά αυτό το πρόβλημα. Η διαδικασία της τεχνικής SA αναλύεται στα ακόλουθα βήματα:

1. Τυχαίος υπολογισμός επόμενης θέσης.
2. Καθορισμός της διαφοράς μεταξύ της επόμενης θέσης και της τρέχουσας, η οποία ονομάζεται Δέλτα.
3. Αν $\Delta < 0$, γίνεται ανάθεση της επόμενης θέσης στην τρέχουσα.
4. Αν $\Delta > 0$, τότε υπολογίζεται η πιθανότητα αποδοχής της τυχαίας επόμενης θέσης.
5. Εάν η πιθανότητα είναι $< e^{\left(\frac{-\Delta}{\text{θερμοκρασία}}\right)}$, αναθέτει την επόμενη θέση στην τρέχουσα.
6. Μείωση της θερμοκρασίας κατά έναν παράγοντα Άλφα.
7. Επιστροφή στο βήμα ένα έως ότου η θερμοκρασία δεν είναι μεγαλύτερη από το e .

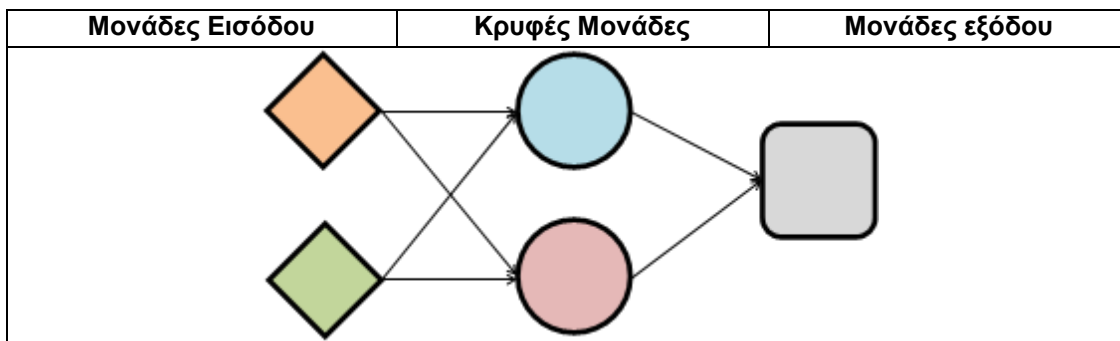
3.3.4 Νευρωνικά δίκτυα

Τα Νευρωνικά δίκτυα (NN= Neural Networks) είναι αρχιτεκτονικές αποτελούμενες από πλήθος διασυνδεδεμένων νευρώνων. Κάθε νευρώνας δέχεται στην είσοδό του σήματα, από το περιβάλλον αν είναι νευρώνας εισόδου, ή από τις εξόδους των άλλων νευρώνων. Περιλαμβάνει μια συνάρτηση ενεργοποίησης, μέσω της οποίας παράγει ένα σήμα, με το οποίο τροφοδοτεί τους άλλους νευρώνες ή την έξοδο του δικτύου. Οι πλέον συνήθεις μορφές της συνάρτησης ενεργοποίησης είναι η βηματική, η συνάρτηση πρόσημου, η ταυτοτική συνάρτηση (γραμμικοί νευρώνες) και η σιγμοειδής συνάρτηση. Κάθε σύναψη μεταξύ δύο νευρώνων χαρακτηρίζεται από μια τιμή βάρους. Οι τιμές των βαρών των συνάψεων αποτελούν τη γνώση που είναι αποθηκευμένη στο δίκτυο και καθορίζουν τη λειτουργία του. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες δομών νευρωνικών δικτύων:

- Τα μη κυκλικά ή δίκτυα με προς τα εμπρός τροφοδότηση του σήματος (FFN= Feed Forward Networks), και
- Τα κυκλικά ή αναδρομικά δίκτυα (RN= Recurrent Networks).

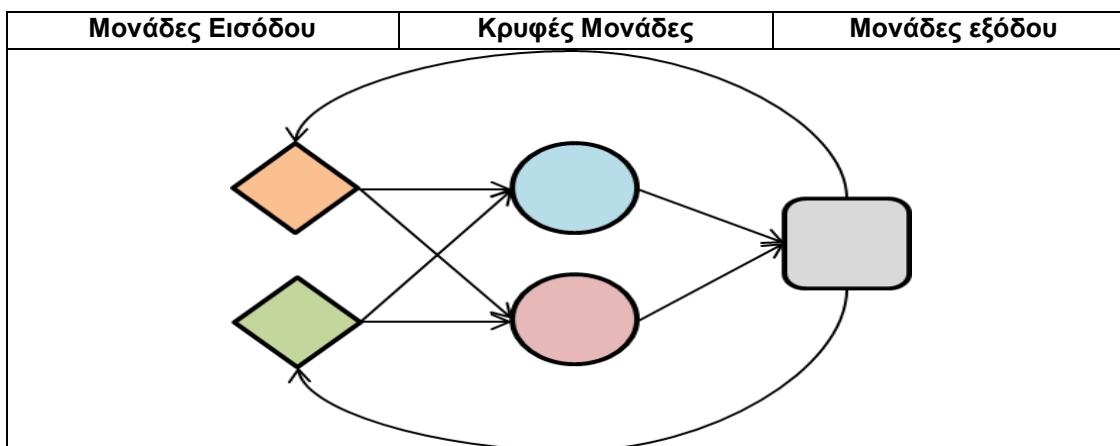
Ένα δίκτυο με προς τα εμπρός τροφοδότηση του σήματος αναπαριστά μια συνάρτηση των τρεχουσών εισόδων του. Κατά συνέπεια δεν έχει άλλη εσωτερική κατάσταση από τα ίδια τα βάρη. Τα δίκτυα με προς τα εμπρός τροφοδότηση του σήματος είναι συνήθως διατεταγμένα σε επίπεδα (Layers), έτσι ώστε κάθε μονάδα να λαμβάνει είσοδο μόνο από μονάδες στο αμέσως προηγούμενο επίπεδο. Από την άλλη πλευρά, ένα αναδρομικό δίκτυο τροφοδοτεί τις εξόδους του πίσω στις εισόδους του. Αυτό σημαίνει ότι τα

επίπεδα ενεργοποίησης του δικτύου σχηματίζουν δυναμικό σύστημα, το οποίο μπορεί να φτάσει σε μια σταθερή κατάσταση ή να παρουσιάσει ταλαντώσεις ή ακόμα και χαοτική συμπεριφορά. Επιπλέον, η απόκριση του δικτύου σε μια συγκεκριμένη είσοδο εξαρτάται από την αρχική του κατάσταση, η οποία μπορεί να εξαρτάται από τις προηγούμενες εισόδους του. Άρα, τα αναδρομικά δίκτυα (αντίθετα με τα FFN) μπορούν να υποστηρίξουν βραχυπρόθεσμη μνήμη. Αυτό τα καθιστά πιο ενδιαφέροντα ως μοντέλα του εγκεφάλου, αλλά και πιο δύσκολα στην κατανόηση. Ας εξετάσουμε πιο λεπτομερώς τον ισχυρισμό ότι ένα δίκτυο με προς τα εμπρός τροφοδότηση του σήματος αναπαριστά μια συνάρτηση εισόδων του. Στη συνέχεια ακολουθεί το απλό δίκτυο, το οποίο έχει δύο μονάδες εισόδου, δύο κρυφές μονάδες (Hidden Units), και μια μονάδα εξόδου.



Εικόνα 4: Ένα πολύ απλό νευρωνικό δίκτυο FFN με δύο εισόδους, ένα κρυφό επίπεδο δύο μονάδων, και μία έξοδο.

Ένα αναδρομικό δίκτυο μας επιτρέπει τότε θα επιστρέψουμε στις μονάδες εισόδου του και τότε θα ξεκινήσουμε πάλι.



Εικόνα 5: Ένα πολύ απλό νευρωνικό δίκτυο RN με δύο εισόδους, ένα κρυφό επίπεδο δύο μονάδων, και μία έξοδο.

Τα πλεονεκτήματα των νευρωνικών δικτύων είναι τα εξής:

- Δυνατότητα αντιπροσώπευσης των γραμμικών και των μη γραμμικών σχέσεων και γνώση αυτών των σχέσεων άμεσα από τα στοιχεία που διαμορφώνονται.
- Δυνατότητα προσαρμοστικής εκμάθησης. Το δίκτυο είναι σε θέση να μάθει την εκτέλεση διαδικασιών οι οποίες είναι βασισμένες στα δεδομένα που του δίνονται.

- Αυτόματη οργάνωση. Ένα νευρωνικό δίκτυο είναι σε θέση να οργανώνεται με βάση τα δεδομένα που δέχεται από τις διάφορες εισόδους του και με την πάροδο του χρόνου.
- Επεξεργασία σε συνθήκες πραγματικού χρόνου. Οι υπολογισμοί ενός NN γίνονται ιδιαίτερα γρήγορα, αφού η σχεδίασή τους είναι βασισμένη σε παράλληλη αρχιτεκτονική των επεξεργαστών του συστήματος.
- Δυνατότητα διόρθωσης λαθών. Υπάρχει ανοχή σφάλματος μέσω της περιττής κωδικοποίησης πληροφοριών.

Τα NN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για: ικανότητα ανίχνευσης, επεξεργασία εικόνας, φωνητική ανάλυση, προβλήματα βελτιστοποίησης, πρόβλεψη καιρού, προσομοίωση και σε άλλους τομείς εφαρμογής.

3.3.5 Άπληστη τυχαιοποιημένη προσαρμοστική αναζήτηση

Η διαδικασία Άπληστης τυχαιοποιημένης προσαρμοστικής αναζήτησης (GRASP= Greedy Random Adaptive Search Procedure) είναι μια επαναληπτική διαδικασία για την εύρεση προσεγγιστικών λύσεων σε προβλήματα συνδυαστικής βελτιστοποίησης. Αυτή η τεχνική παρέχει μια εφικτή λύση σε κάθε επανάληψη. Οι επαναλήψεις της GRASP σταματούν όταν κάποιο κριτήριο τερματισμού ικανοποιείται. Αποτελείται από δύο φάσεις: μια κατασκευαστική και μια φάση τοπικής αναζήτησης. Η κατασκευαστική φάση έχει σαν αποτέλεσμα μια εφικτή λύση της οποίας η γειτονιά εξερευνάται από την φάση τοπικής αναζήτησης μέχρι να βρεθεί ένα τοπικά βέλτιστο σημείο. Οι δυο αυτές φάσεις εκτελούνται επαναληπτικά για έναν προκαθορισμένο αριθμό επαναλήψεων μέχρι να ικανοποιηθεί η συνθήκη τερματισμού του αλγορίθμου. Η καλύτερη λύση που έχει προκύψει από τις διάφορες επαναλήψεις αποθηκεύεται σαν η καλύτερη λύση του αλγορίθμου. Η GRASP προσπαθεί να συνδυάσει μαζί τα πλεονεκτήματα τόσο της τυχαιάς όσο και της άπληστης κατασκευής. Η κατασκευαστική φάση παρουσιάζει τρία βασικά χαρακτηριστικά:

1. Μια συνάρτηση απληστίας για τον καθορισμό του κατάλληλου στοιχείου που απαιτείται στην μη ολοκληρωμένη λύση κάθε φορά.
2. Μια τυχαία επιλογή από ένα σύνολο περιορισμού υποψηφίων όπου περιλαμβάνονται οι καλύτεροι υποψήφιοι.
3. Η συνάρτηση επιλογής προσαρμόζεται για να προσμετρήσει τα στοιχεία που έχουν ήδη επιλεγεί (χαρακτηριστικό της προσαρμοστικότητας).







Πολλές φορές για να βελτιωθεί η απόδοση της GRASP μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα μία φάση όπου η καλύτερη ή κάποιες από τις καλύτερες λύσεις συνδυάζονται με την καινούργια λύση με στόχο να επιτευχθούν ακόμα καλύτερες λύσεις. Σημαντικά πλεονεκτήματα της μεθόδου GRASP όπως αναφέρει ο (Χ. Γκόγκος, 2009) είναι η ευκολία υλοποίησης της και η έλλειψη μεγάλου αριθμού παραμέτρων που πρέπει να προσδιοριστούν έτσι ώστε να εφαρμοστεί αποδοτικά σε διάφορα προβλήματα βελτιστοποίησης. Είναι μια διαδικασία βελτιστοποίησης η οποία έχει γνωρίσει πολλές εφαρμογές σε διάφορες επιστημονικές περιοχές όπως: η

βελτιστοποίηση γράφων, η δρομολόγηση οχημάτων, η επίλυση προβλημάτων μεταφορών, σε συστήματα ενέργειας και ο προγραμματισμός παραγωγής.

Ένα πεδίο εφαρμογής της τεχνικής αυτής είναι ο χώρος των ανώτατων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων. Συγκεκριμένα προσπαθεί να κατανέμει τους υπάρχοντες καθηγητές σε διαφορετικές αίθουσες έτσι ώστε οι σπουδαστές να μην λαμβάνουν ταυτόχρονα διαλέξεις του ίδιου μαθήματος την ίδια ημέρα. Επιπλέον, προγραμματίζει με τέτοιο τρόπο τις διαλέξεις για να υπάρχουν διαλείμματα τόσο για τους σπουδαστές όσο και για τους καθηγητές.

Κεφάλαιο 4: Λογισμικά χρονοπρογραμματισμού

Υπάρχουν διάφορα λογισμικά στην αγορά με τα οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί ο χρονοπρογραμματισμός. Υπάρχουν διαθέσιμες διάφορες free εκδόσεις, open source, επί πληρωμής και λογισμικά τα οποία είναι εγκατεστημένα στον οικιακό υπολογιστή κάθε χρήστη. Λόγω του γεγονότος ότι όλα τα λογισμικά τα οποία είναι εγκατεστημένα στον υπολογιστή δεν χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση είναι λογικό να μην υπάρχει γνώση όλων των λειτουργιών ενός λογισμικού. Μερικά λογισμικά χρονοπρογραμματισμού είναι τα εξής:

➤ Λογιστικά φύλλα (Excel) εργαλείο επιλυτής	
➤ Snap Schedule	
➤ ABC Roster	
➤ Autorota	
➤ ClockIt: Easy Schedule Creator	
➤ DRoster	

Πίνακας 5: Λογισμικά χρονοπρογραμματισμού

4.1 Λογιστικά φύλλα (Excel) εργαλείο επιλυτής

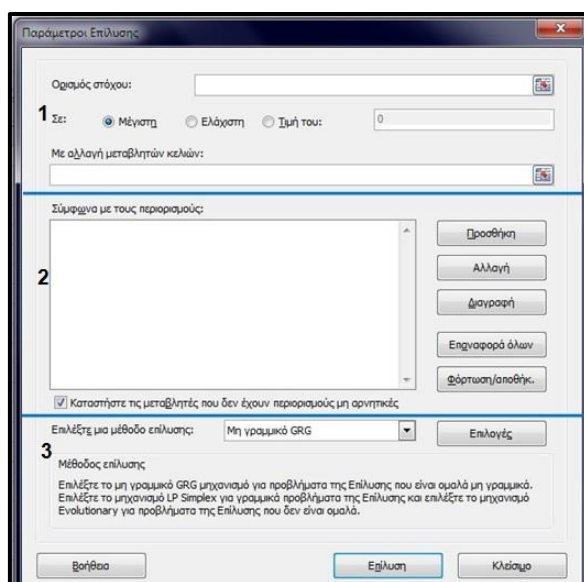
Σε κάθε οικιακό υπολογιστή υπάρχει εγκατεστημένη η οικογένεια του Microsoft Office. Συγκεκριμένα η πλειονότητα των χρηστών χρησιμοποιούν στην καθημερινότητά τους πέρα από το τμήμα του Word από το πακέτο Microsoft Office και το Excel. Δίνει τη δυνατότητα αριθμητικών υπολογισμών, γραφικών, διαγραμμάτων αλλά και τη λειτουργία επίλυσης προβλημάτων χρονοπρογραμματισμού. Εγκαθιστώντας και ενεργοποιώντας δύο επιπλέον πρόσθετα παρέχεται η δυνατότητα υλοποίησης του χρονοπρογραμματισμού. Το πρώτο πρόσθετο που επιλέγουμε μέσα από την επιλογή «Επιλογές» ονομάζεται «Πακέτο εργαλείων ανάλυσης» και το δεύτερο «Πρόσθετο επίλυσης». Ακολουθεί ένα παράδειγμα χρονοπρογραμματισμού για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του Excel.

Ο επιλυτής (Solver) είναι μέρος μιας σειράς εντολών που ονομάζεται και εργαλείο ανάλυσης what if. Με τον επιλυτή μπορεί να βρεθεί η βέλτιστη τιμή (μέγιστη ή ελάχιστη) σε ένα κελί που έχουν τεθεί κάποιοι περιορισμοί. Συνεργάζεται με ομάδες άλλων κελιών που ονομάζονται μεταβλητές απόφασης, οι οποίες συμμετέχουν στον υπολογισμό των περιορισμών και των κελιών. Ρυθμίζει τις τιμές στα κελιά των μεταβλητών απόφασης για να πραγματοποιηθούν οι περιορισμοί με στόχο την επίλυση του προβλήματος. Το είδος της λύσης που προκύπτει και ο χρόνος που απαιτείται για την εύρεσή της, εξαρτάται κυρίως από τρία χαρακτηριστικά του προβλήματος:

- 1) Το μέγεθος του προβλήματος (ο συνολικός αριθμός των τύπων, ο αριθμός των μεταβλητών απόφασης και των περιορισμών).
- 2) Οι μαθηματικές σχέσεις (γραμμικές και μη γραμμικές) μεταξύ του στόχου, των περιορισμών και των μεταβλητών απόφασης.
- 3) Η χρήση ακέραιων περιορισμένων μεταβλητών.

Ο επιλυτής χρησιμοποιείται συχνά για προβλήματα βελτιστοποίησης. Τα προβλήματα βελτιστοποίησης είναι προβλήματα που αντιμετωπίζονται σε πολλούς τομείς όπως τα μαθηματικά, η μηχανική, η επιστήμη, στις επιχειρήσεις και στην οικονομία. Σε αυτά τα προβλήματα είναι αναγκαία η εύρεση της καλύτερης ή της βέλτιστης λύσης. Με την επίλυσή τους είναι δυνατό να μεγιστοποιηθεί το κέρδος και ταυτόχρονα να ελαχιστοποιηθεί το κόστος, μειώνοντας τη συνολική απόσταση που έχει διανυθεί ή το συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης ενός έργου.

Πατώντας στο εικονίδιο του επιλυτή υπάρχουν διάφοροι παράμετροι για ρύθμιση.



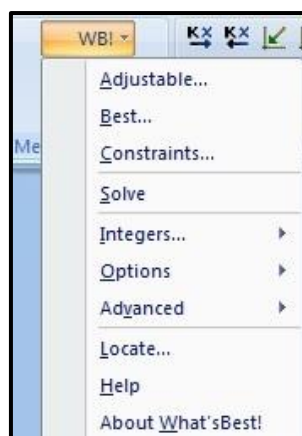
Εικόνα 6: Ρύθμιση παραμέτρων

Όπως φαίνεται στην εικόνα υπάρχουν τρία τμήματα ρύθμισης των παραμέτρων. Στο πρώτο τμήμα (1) ρυθμίζεται το κελί ή τα κελιά που θέτει ο χρήστης ως στόχο. Ταυτόχρονα ο χρήστης καθορίζει την ελάχιστη ή την μέγιστη ή την τιμή που ισούται με έναν αριθμό καθώς και τα κελιά αλλαγής των μεταβλητών. Στο δεύτερο τμήμα (2) θέτουμε τους περιορισμούς όπως η μεταβλητή $A \geq 0$, $B < A$ ή και κάποια δυαδική και ακέραια μεταβλητή. Στο τρίτο

τμήμα (3) επιλέγεται η μέθοδος επίλυσης. Υπάρχει ο μη γραμμικός GRG μηχανισμός που είναι για ομαλά μη γραμμικά προβλήματα επίλυσης, ο μηχανισμός LP Simplex για γραμμικά προβλήματα και ο μηχανισμός Evolutionary για την επίλυση μη ομαλών προβλημάτων.

Άλλα πρόσθετα του Excel που χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό είναι τα εργαλεία What's best, το Open Solver και άλλα.

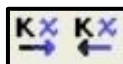
Το **What's best** θεωρείται ένα από τα πιο ικανοποιητικά πρόσθετα δημιουργίας και επίλυσης μεγάλων προβλημάτων βελτιστοποίησης σε υπολογιστικά φύλλα. Μέσω του Excel συνδυάζει τη βελτιστοποίηση: γραμμικών και μη γραμμικών, τετραγωνικών και περιορισμένων τετραγωνικών, στοχαστικών και ακέραιων. Πρόσφατα κυκλοφόρησε η νέα έκδοσή του στην ιστοσελίδα <http://www.lindo.com/>. Στην ιστοσελίδα παρέχεται και το εγχειρίδιο χρήσης του.



Εικόνα 7: Πρόσθετο What's best

Η ανάπτυξη ενός μοντέλου ακολουθεί τα τρία στάδια του ABC (ABC= Adjustable, **B**est and **C**onstraints):

1. Προσδιορισμός ρυθμιζόμενων κελιών (Identify **A**adjustable Cells). Τα κελιά αυτά προσαρμόζονται στην πορεία για την λύση του προβλήματος. Σε μαθηματικούς όρους προγραμματισμού τα κελιά αυτά ονομάζονται μεταβλητές. Ορίζονται είτε με την εντολή από το την επιλογή της καρτέλας (Adjustable) είτε από τα εικονίδια:



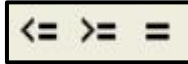
Εικόνα 8: Κουμπιά προσδιορισμού ρυθμιζόμενου κελιού

2. Καθορισμός καλύτερου (Define **B**est). Το καλύτερο κελί είναι ο στόχος, δηλαδή η καλύτερη λύση. Συνήθως αυτό είναι για να μεγιστοποιείται ή να ελαχιστοποιείται ένα ρυθμιζόμενο κελί ή κάποια λειτουργία των ρυθμιζόμενων κελιών. Το What's best επιτρέπει μόνο μία ικανοποιητική λύση στο μοντέλο. Κελιά με μη ικανοποιητική λύση είναι απαραίτητα όταν πρόκειται για επίλυση εξίσωσης ή για την αναζήτηση στόχου. Ορίζονται είτε με την εντολή από την επιλογή της καρτέλας (Best) είτε από τα εικονίδια:



Εικόνα 9: Κουμπιά καθορισμός καλύτερου

3. Προσδιορισμός περιορισμών (Specify Constraints). Τα περιορισμένα κελιά εντοπίζουν τυχόν περιορισμούς στο μοντέλο και είναι δυνατό να επιβληθούν σε αυτό. Ορίζονται είτε με την εντολή από την επιλογή της καρτέλας (Constraints) είτε από τα εικονίδια:



Εικόνα 10: Κουμπιά προσδιορισμός περιορισμών

Μόλις προσδιοριστεί το ABC, τότε είναι εφικτό να επιλυθεί το μοντέλο του υπολογιστικού φύλλου εργασίας με το εικονίδιο:



Εικόνα 11: Κουμπί επίλυσης προβλήματος

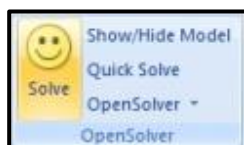
Το **Open Solver** είναι ένα πρόσθετο του Excel VBA (Visual Basic for Applications) που ενσωματώνεται στον επιλυτή για πιο σύνθετα προβλήματα. Έχει αναπτυχθεί και συντηρείται από τον Andrew Mason και τους φοιτητές από το Τμήμα Μηχανικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Auckland στην Νέα Ζηλανδία. Υπάρχει διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://opensolver.org/>. Το Open Solver παρέχει τις ακόλουθες δυνατότητες:

- Προσφέρει μια σειρά επιλυτών για χρήση του Excel όπως το Open Source, που μπορεί να επιλύσει μεγάλα γραμμικά και ακέραια προβλήματα.
- Είναι συμβατό με τα υπάρχοντα υπολογιστικά φύλλα του Excel.
- Είναι ένα δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα.

Επίσης παρέχει:

- Ένα ενσωματωμένο μοντέλο οπτικοποίησης που αναδεικνύει μεταβλητές απόφασης, στόχων και περιορισμών απευθείας στο υπολογιστικό φύλλο.
- Μια γρήγορη μέθοδο Quick Solve για γρήγορες αλλαγές του προβλήματος.
- Έναν αλγόριθμό για την κατασκευή και την ενημέρωση του προβλήματος χρησιμοποιώντας μόνο πληροφορίες από το υπάρχον υπολογιστικό φύλλο.
- Ένα εργαλείο μοντελοποίησης που βελτιώνει το ενσωματωμένο παράθυρο επίλυσης.

Το ακόλουθο εικονίδιο εμφανίζεται μετά την εγκατάστασή του στο Excel.



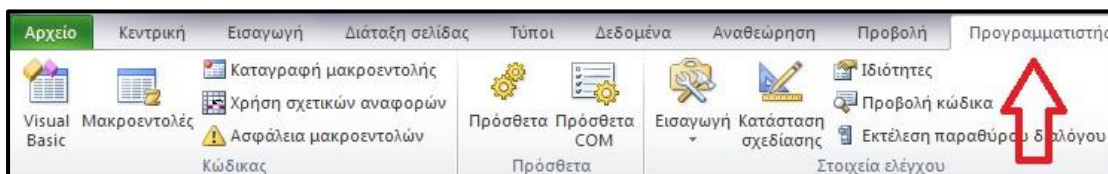
Εικόνα 12: Εικονίδιο Πρόσθετου Open Solver



Εικόνα 13: Επιλογές Open Solver

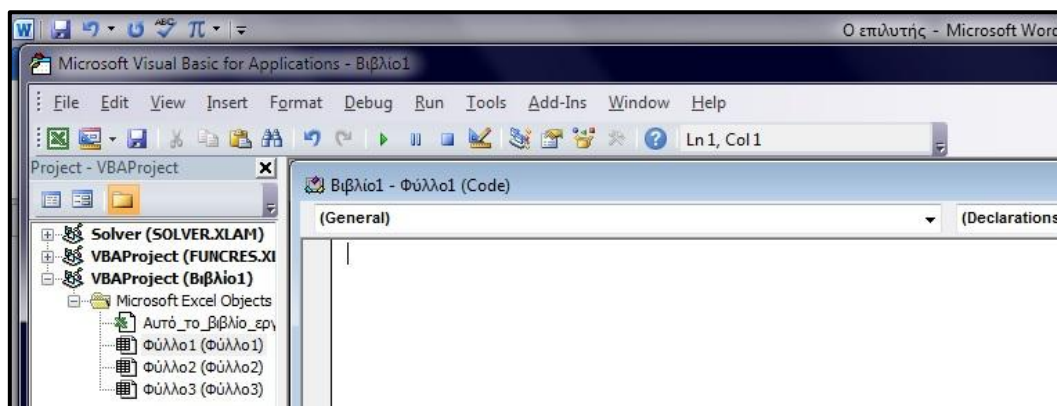
Οι ρυθμίσεις των παραμέτρων είναι ίδιες με αυτές του επιλυτή που φαίνονται στην εικόνα 6.

Ο επιλυτής Excel μέσω **VBA** (VBA=Visual Basic for Application) βοηθά τον χρήστη για την εξαγωγή ικανοποιητικών αποτελεσμάτων. Μέσω του VBA αυτοματοποιείται η επίλυση πολλαπλών μοντέλων που χρησιμοποιούν διαφορετικές παραμέτρους εισόδου και περιορισμούς. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με εντολές προγραμματισμού Excel, με την προϋπόθεση της εγκατάστασης του πρόσθετου να εμφανίζεται σε μία νέα καρτέλα «Προγραμματιστής».



Εικόνα 14: Πρόσθετο Προγραμματιστής

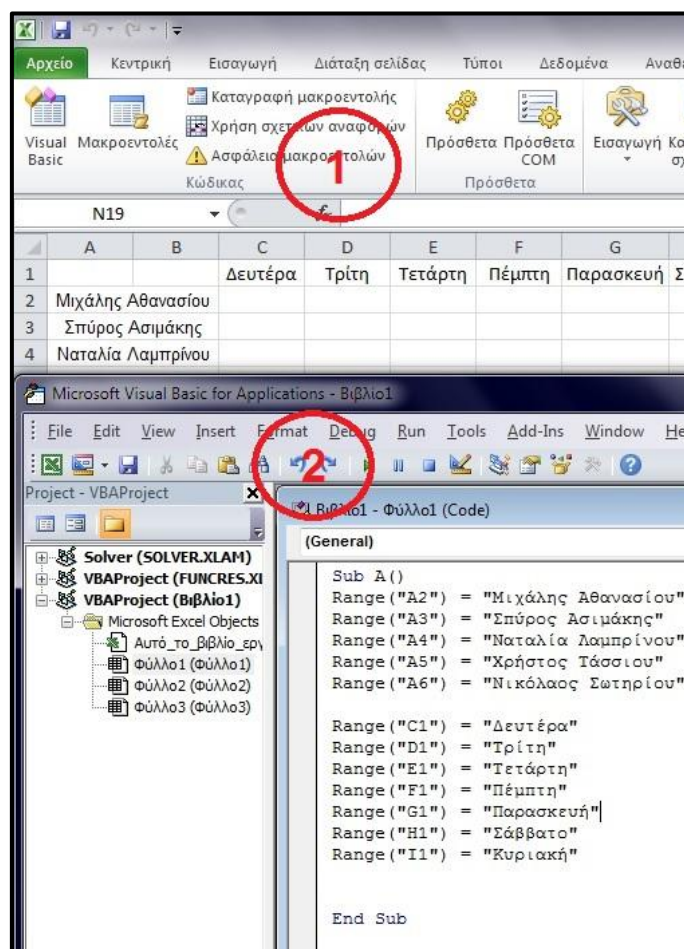
Αριστερά υπάρχει ένα εικονίδιο Visual Basic και επιλέγοντάς το μεταφερόμαστε στο νέο παράθυρο εργασίας.



Εικόνα 15: Περιβάλλον Visual Basic

Τα υπολογιστικά φύλλα υπάρχουν πίσω από το παράθυρο αυτό. Με κάποιες τροποποιήσεις δίνεται η δυνατότητα πρόσβασης στα δύο παράθυρα. Στο Visual Basic γράφεται ο κώδικας και στη συνέχεια εμφανίζεται το αποτέλεσμα

στα φύλλα του Excel όπως στην εικόνα. Ακολουθεί ένα σύντομο παράδειγμα εισαγωγής υπαλλήλων με τα ονόματά τους και τις μέρες της εβδομάδας.



Εικόνα 16: Προβολή παραδείγματος

Στο παράθυρο (1) εμφανίζονται τα αποτελέσματα του κώδικα και στο παράθυρο (2) ο κώδικας. Με την εντολή Sub ξεκινάει ο κώδικας και το A είναι η ονομασία του. Η εντολή Range ("Κελί") = "Όνομα" εισάγει στο συγκεκριμένο κελί το ακόλουθο όνομα. Ο κώδικας ολοκληρώνεται με την εντολή End Sub. Υπάρχουν εγχειρίδια με τις εντολές του κώδικα για επαγγελματική χρήση στο διαδίκτυο.

Παράδειγμα εφαρμογής επιλυτή σε Excel 2010.

Πρόβλημα: Απαιτείται η υλοποίηση του χρονοπρογραμματισμού για την ανάθεση υπαλλήλων σε γραφεία. Μία εταιρεία επιθυμεί να κατανέμει 14 υπαλλήλους σε 10 γραφεία. Κάθε εργαζόμενος έχει μια προτίμηση για ένα συγκεκριμένο γραφείο. Ο αριθμός ένα (1) σημαίνει τη πρώτη επιλογή, ο αριθμός δύο (2) τη δεύτερη και ούτω καθεξής. Υπάρχουν τέσσερα γραφεία που απαιτούν δύο άτομα. Χρησιμοποιώντας το Excel γίνεται επίλυση του προβλήματος έτσι ώστε η εταιρεία να κατανέμει τους υπαλλήλους στα γραφεία ανάλογα με τις κοντινές τους προτιμήσεις.

Επίλυση προβλήματος:

- 1) Οι μεταβλητές είναι οι αναθέσεις των υπαλλήλων σε διαφορετικά γραφεία. Στο φύλλο εργασίας του Excel αυτό ονομάζεται *Αναθέσεις*.
- 2) Υπάρχουν οι ακόλουθοι λογικοί περιορισμοί :
 - Αναθέσεις = δυαδικό σύστημα,
 - Αναθέσεις ανά υπάλληλο = 1 και
 - Σύνολο υπαλλήλων = Απαιτούμενοι υπάλληλοι.
- 3) Στόχος είναι η βελτιστοποίηση των προτιμήσεων των υπαλλήλων. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα του συνόλου των προτιμήσεων που έχουν δοθεί στα γραφεία ανάθεσης και ορίζεται ως *Σύνολο προτιμήσεων*.

Παρατηρήσεις :

Όταν όλοι οι υπάλληλοι προτιμούν ένα διαφορετικό γραφείο, τότε δεν υπάρχει πρόβλημα. Εάν όλοι προτιμούν το ίδιο γραφείο (που είναι και πολύ πιθανό) το πρόβλημα γίνεται πιο δύσκολο και θα είναι αναγκαίο να δοθεί η έβδομη ή η όγδοη επιλογή των υπαλλήλων. Για παράδειγμα, κατά την προσθήκη ενός περιορισμού αναφέρεται ότι καμία ανάθεση δεν είναι χειρότερη από τη δεδομένη πέμπτη επιλογή. Αυτό μπορεί να καθιστά το πρόβλημα αδύνατο, δηλαδή, χωρίς καμία πιθανή λύση. Στην περίπτωση που συμβεί κάτι τέτοιο, θα είναι αναγκαίο οι περιορισμοί να γίνουν πιο ελαστικοί κατά την ανάθεση. Παραδείγματος χάρη, καμία επιλογή δεν θα είναι χειρότερη από ότι η έκτη ή έβδομη δεδομένη επιλογή.

Γίνεται εκχώρηση των τιμών (προτιμήσεις των υπαλλήλων) σε έναν πίνακα:

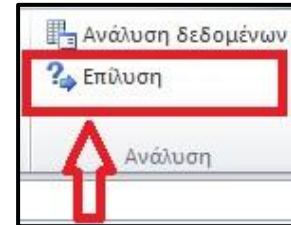
	Γραφ. 1	Γραφ. 2	Γραφ. 3	Γραφ. 4	Γραφ. 5	Γραφ. 6	Γραφ. 7	Γραφ. 8	Γραφ. 9	Γραφ. 10
Υπάλλ. 1	3	2	1	4	6	5	8	9	10	7
Υπάλλ. 2	5	3	2	6	1	7	9	8	4	10
Υπάλλ. 3	10	8	1	9	7	4	3	6	2	5
Υπάλλ. 4	7	3	2	9	5	4	8	6	1	10
Υπάλλ. 5	1	3	6	8	5	2	9	10	7	4
Υπάλλ. 6	4	9	1	5	6	8	2	7	10	3
Υπάλλ. 7	2	1	10	9	5	3	6	8	4	7
Υπάλλ. 8	6	5	1	3	2	4	7	8	9	10
Υπάλλ. 9	8	9	10	5	4	3	2	1	6	7
Υπάλλ. 10	9	10	3	2	5	4	1	7	8	6
Υπάλλ. 11	7	3	5	2	9	8	1	10	4	6
Υπάλλ. 12	6	5	1	9	10	2	3	4	7	8
Υπάλλ. 13	6	8	10	9	1	2	3	4	5	7
Υπάλλ. 14	6	3	5	9	1	2	10	4	8	7

Εικόνα 17: Εισαγωγή προτιμήσεων των Υπαλλήλων

Ο χρήστης δημιουργεί τον επόμενο πίνακα Αναθέσεων. Δηλαδή σε αυτόν θα εμφανίζονται οι αναθέσεις των υπαλλήλων λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις τους για το κάθε γραφείο καθώς και τις απαιτήσεις των γραφείων σε υπαλλήλους (όπως στο Γραφείο 5 απαιτούνται 2 Υπάλληλοι).

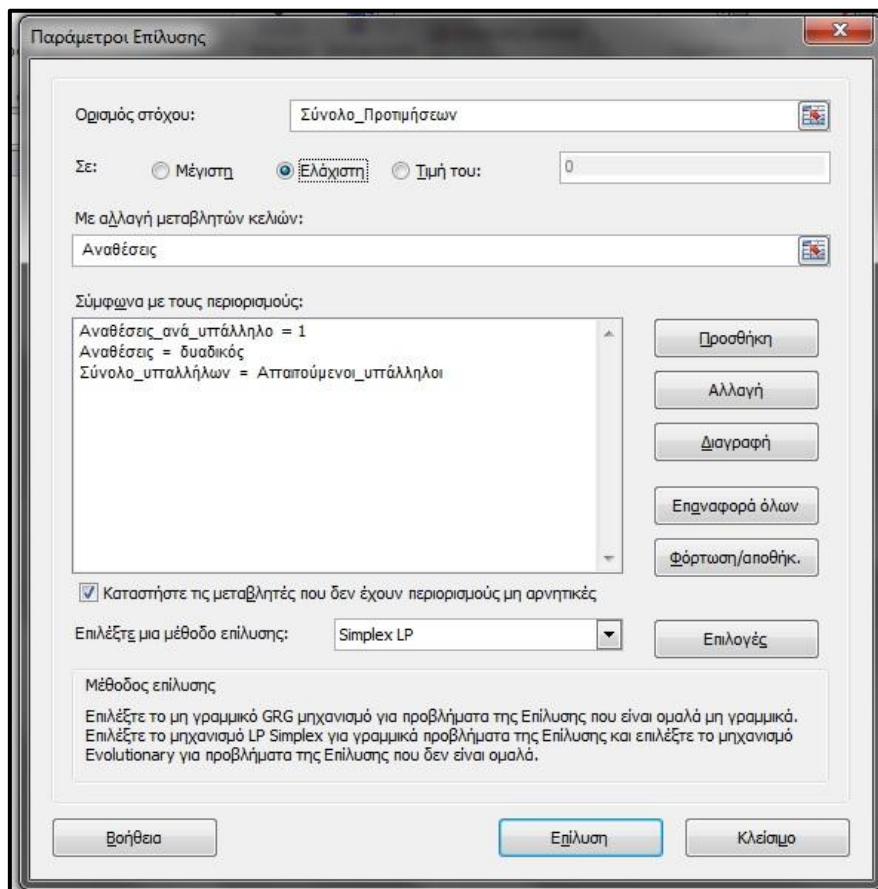
	Γραφ. 1	Γραφ. 2	Γραφ. 3	Γραφ. 4	Γραφ. 5	Γραφ. 6	Γραφ. 7	Γραφ. 8	Γραφ. 9	Γραφ. 10	Σύνολο	Προτιμήσεις
Υπάλ. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υπάλ. 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σύνολο	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Απαιτήσεις	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1		

Εικόνα 18: Δημιουργία πίνακα Αναθέσεων



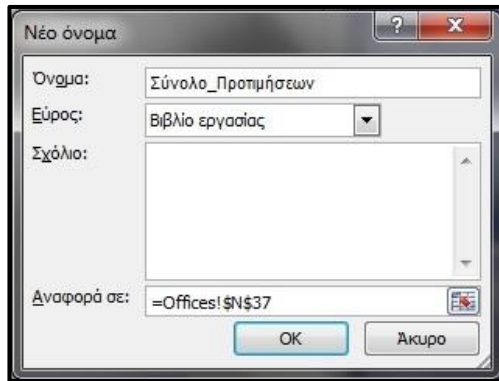
Εικόνα 19: Εικονίδιο Επιλυτή

Το επόμενο βήμα είναι η χρήση του επιλυτή ώστε να λυθεί το πρόβλημα. Για την εκτέλεση του πρέπει να γίνει ένα κλικ στο εικονίδιο «Επίλυση» (Εικόνα 19). Εδώ πρέπει να επιλεχθούν οι κατάλληλες ρυθμίσεις των παραμέτρων και να καθοριστούν οι αναγκαίοι περιορισμοί που αναφέρθηκαν πιο πάνω.



Εικόνα 20: Ρυθμίσεις Παραμέτρων Επίλυσης

Δηλαδή, ως «Ορισμός Στόχου» επιλέγεται το τετράγωνο στον πίνακα (Εικόνα 22) του οποίου έχει δοθεί η ονομασία Σύνολο_Προτιμήσεων (Εικόνα 21). Επειδή εδώ πρέπει όσο το δυνατόν η επιλογή να είναι στις κοντινές προτιμήσεις των υπαλλήλων θα χρειαστεί να γίνει ένα κλικ στην επιλογή «Ελάχιστο».

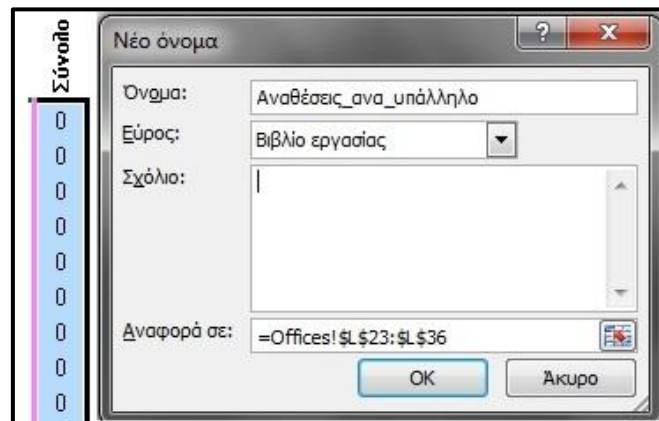


Εικόνα 21: Ορισμός ονόματος τετραγώνου σε "Σύνολο_Προτιμήσεων"

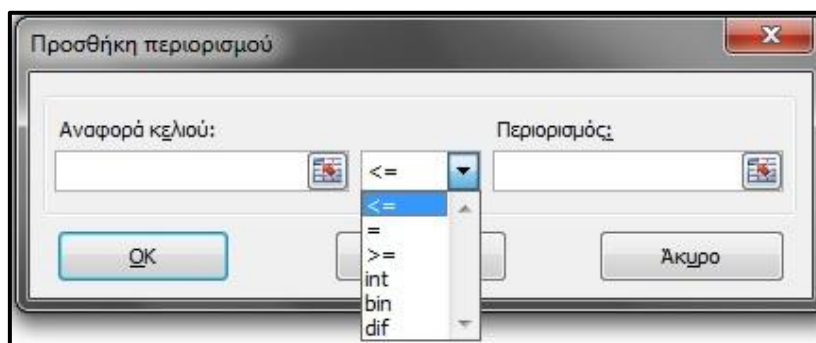
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
2	2	1		

Εικόνα 22: Επιλογή τετραγώνου για το πεδίο "Ορισμός στόχου"

Ακολουθεί το πεδίο «Με αλλαγή μεταβλητών κελιών», όπου εδώ γίνεται επιλογή των τιμών (προτιμήσεις των υπαλλήλων από 1-10) οι οποίες αλλάζουν κάθε φορά. Για την περίπτωση του παραδείγματος ορίζουμε όλες τις προτιμήσεις των υπαλλήλων, δηλαδή όλα τα δεδομένα εντός του πράσινου τετραγώνου. Φτάνοντας στο πεδίο όπου καθορίζονται οι περιορισμοί, δηλαδή στο πεδίο «Σύμφωνα με τους περιορισμούς» προσθέτονται όλοι οι περιορισμοί που αναφέρθηκαν στην εκφώνηση του παραδείγματος. Όπως παραδείγματος χάρη: η Ανάθεση_ανα_υπάλληλο = 1.

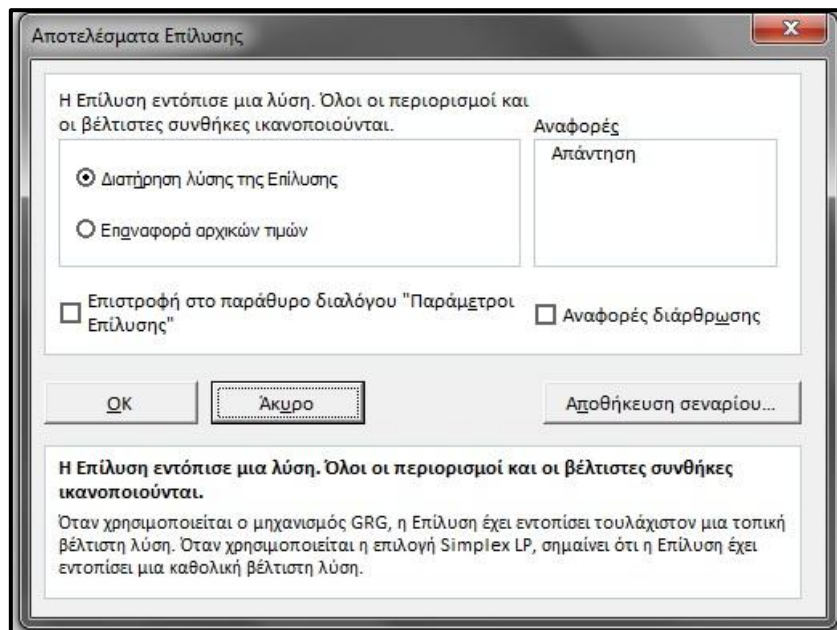


Εικόνα 23: Ονομασία στήλης ως "Αναθέσεις_ανα_υπάλληλο"



Εικόνα 24: Προσθήκη περιορισμών

Στην συνέχεια γίνεται η επιλογή της μεθόδου επίλυσης. Για την περίπτωση του παραδείγματος που είναι γραμμικό πρόβλημα επιλέγεται η μέθοδος «Simplex LP». Τέλος γίνεται κλικ στην επιλογή «Επίλυση». Έτσι προκύπτει ο τελικός πίνακας με τον κάθε υπάλληλο καταχωρημένο στο κάθε γραφείο και ένα παράθυρο που εμφανίζεται «Αποτελέσματα Επίλυσης». Δίνοντας την επιλογή στο χρήστη «Διατήρησης λύσης της Επίλυσης» ή «Επιαναφορά Αρχικών τιμών». Σε περίπτωση λάθους εισαγωγής παραμέτρων ή μη ικανοποίησης των συνθηκών θα εμφανιζόταν στο παράθυρο «Αποτελέσματα Επίλυσης» ότι δεν ικανοποιούνται οι περιορισμοί.



Εικόνα 25: Αποτελέσματα Επίλυσης

Αναθέσεις	Γραφ. 1	Γραφ. 2	Γραφ. 3	Γραφ. 4	Γραφ. 5	Γραφ. 6	Γραφ. 7	Γραφ. 8	Γραφ. 9	Γραφ. 10	Σύνολο	Προτιμήσεις
Υπάλλ. 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Υπάλλ. 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Υπάλλ. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Υπάλλ. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Υπάλλ. 5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Υπάλλ. 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
Υπάλλ. 7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Υπάλλ. 8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3
Υπάλλ. 9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Υπάλλ. 10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Υπάλλ. 11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Υπάλλ. 12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4
Υπάλλ. 13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Υπάλλ. 14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Σύνολο	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1		23
Απαιτήσεις	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1		

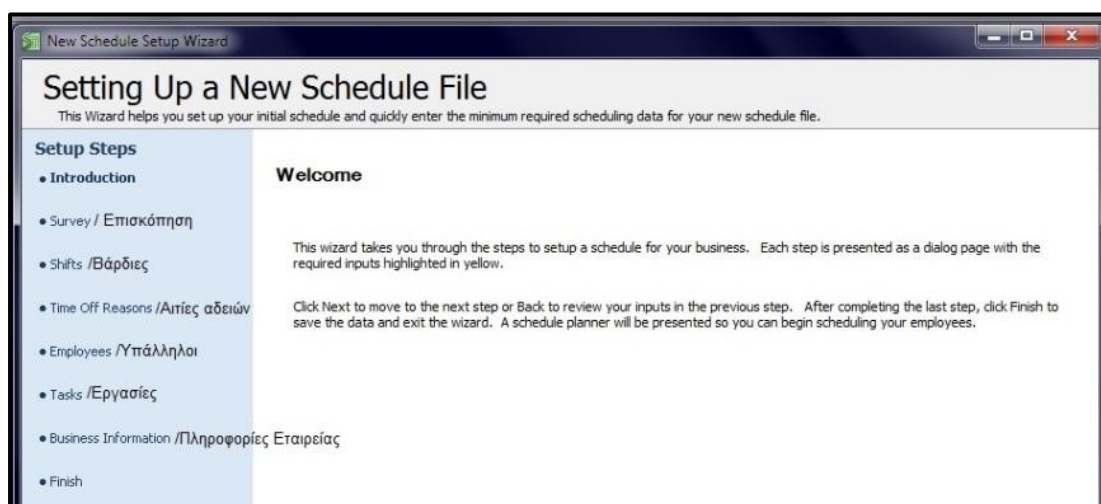
Εικόνα 26: Τελικός Πίνακας αναθέσεων

4.2 Λογισμικό Snap Schedule

Το Snap Schedule είναι ένα λογισμικό χρονοπρογραμματισμού προσωπικού. Δίνει τη δυνατότητα εξοικονόμησης χρόνου κατά τον σχεδιασμό του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού. Το λογισμικό στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του χρόνου που δαπανείται για τη δημιουργία και τη διατήρηση κυκλικών φύλλων εργασίας του προσωπικού, των βαρδιών και της εναλλαγής των θέσεων εργασίας του χρονοπρογραμματισμού. Το περιβάλλον (interface) της εφαρμογής διευκολύνει τις πολλαπλές προβολές της. Δίνοντας τη δυνατότητα προβολής των καθημερινών εργασιών, το οργανωμένο ημερολόγιο και τις βάρδιες του προσωπικού.

Έτσι, το Snap Schedule παρέχει τις πληροφορίες και τις εφαρμογές που είναι απαραίτητες για την ανάθεση, τις βάρδιες, την εύρεση νέων υπαλλήλων (σε περίπτωση ανάγκης), την παροχή στοιχείων και την αξιολόγηση των βαρδιών. Επίσης, το λογισμικό αυτό μπορεί να οργανώνει τον χρονοπρογραμματισμό για την εναλλαγή και τον καθορισμό των βαρδιών. Ταυτόχρονα, οι βάρδιες του προσωπικού αποθηκεύονται σε αρχεία για την διασφάλισή τους.

Ωστόσο, το λογισμικό αυτό επιτρέπει την παρακολούθηση των υπαλλήλων κατά το πρόγραμμα των εργασιών τους με αποτέλεσμα την πρόβλεψη της παραγωγικότητάς τους, την απουσία τους και την απαιτούμενη στελέχωση. Η εφαρμογή επιλύει την υπερστελέχωση ή τις συγκρούσεις του χρονοπρογραμματισμού και ελαχιστοποιεί το κόστος του προσωπικού. Κατά τον σχεδιασμό του προγραμματισμού των βαρδιών, το Snap Schedule υπολογίζει αυτόματα τις υπερωρίες των υπαλλήλων, τις ώρες εργασίας, τις άδειες και τις πληρωμές των βαρδιών, σε συνδυασμό με την παροχή του πλήρους κόστους έτσι ώστε να γίνεται ενημέρωση στον προϋπολογισμό.



Εικόνα 27: Δημιουργία νέου χρονοπρογραμματισμού με το Snap Schedule

This wizard will populate the schedule with the information derived from your answers to the questions in the survey below. Simply select the answer that best fits your business needs.

Organization Information _____

How many different locations (work sites) will be included?

How many employees will be scheduled? (Enter 0 if you plan to import employee data later)

Which of the following most accurately describes your organization's shifts?

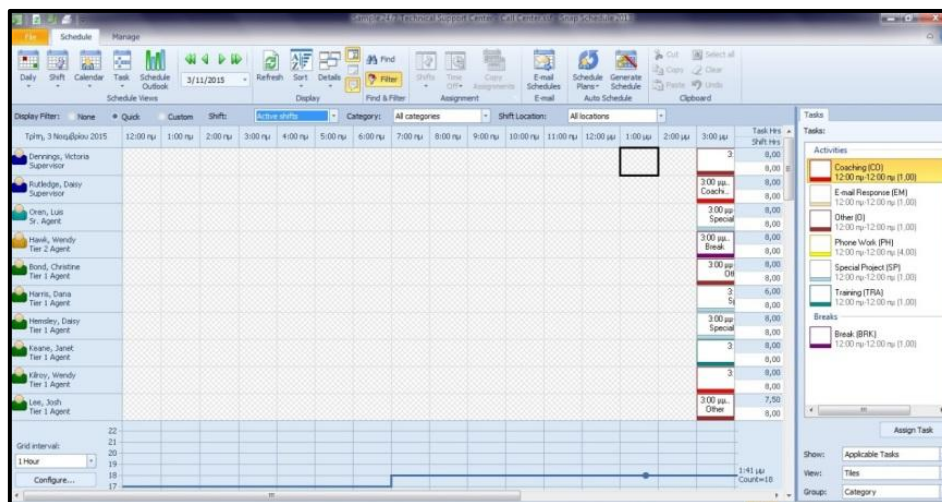
Which of the following most accurately describes your organization's break policy?

Check all time off reasons that your organization tracks. You can always add other time off reasons later.

Paid Time Off Reasons _____ Unpaid Time Off Reasons _____

Vacation Paid bereavement leave Personal leave Unpaid bereavement leave
 Sick leave Paid military leave Unpaid medical leave Unpaid military leave
 Training Other paid time off Unpaid jury duty Other unpaid time off
 Paid jury duty

Εικόνα 28: Ρύθμιση παραμέτρων επισκόπησης



Εικόνα 29: Ολοκλήρωση χρονοπρογραμματισμού

4.3 Λογισμικό ABC Roster

Το ABC Roster είναι ένα λογισμικό χρονοπρογραμματισμού προσωπικού το οποίο βοηθά στην ανάθεση εργασιών και στον χρονοπρογραμματισμό των βαρδιών του προσωπικού. Είναι κατάλληλο για μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Η αυτοματοποιημένη λειτουργία του χρονοπρογραμματισμού εξοικονομεί χρόνο, λαμβάνοντας υπόψη τους διαθέσιμους πόρους και τους περιορισμούς. Λειτουργεί με τη διερεύνηση διαφόρων πιθανών χρονοπρογραμματισμών, μέχρι να βρεθεί το καλύτερο αποτέλεσμα σύμφωνα με τα κριτήρια του χρήστη.

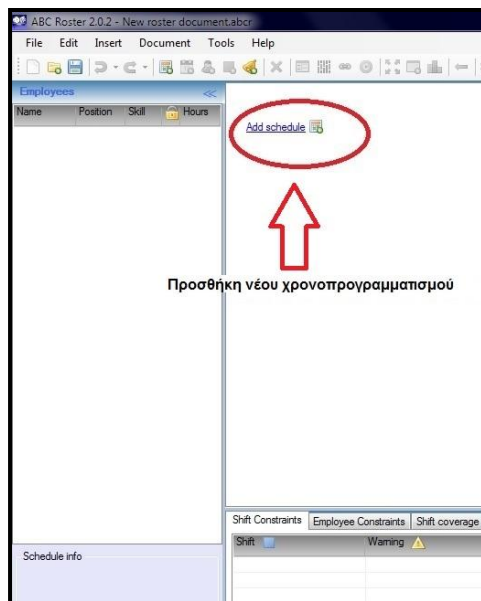
Κύρια χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

- Είναι απλό στην λειτουργία και εύκολο στην χρήση του με αποτελεσματικό και αποδοτικό περιβάλλον.
- Ο χρήστης διαχειρίζεται και παρακολουθεί τους υπαλλήλους για τη διαθεσιμότητα τους, τις άδειές τους, τις εκδηλώσεις και άλλων

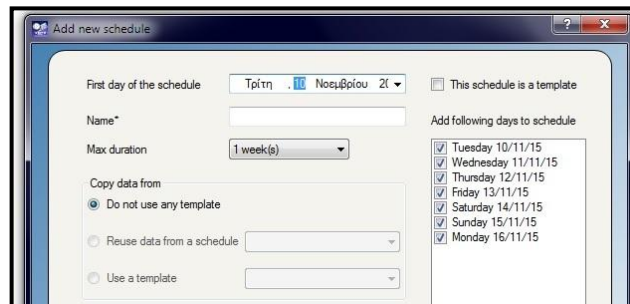
χαρακτηριστικών. Έτσι ώστε να γίνει ο χρονοπρογραμματισμός πιο ικανοποιητικός.

- Προσφέρει την ιδιότητα του αυτοματοποιημένου σχεδιασμού, ώστε να πραγματοποιείται γρήγορα και εύκολα ο χρονοπρογραμματισμός του προσωπικού.
- Υπάρχει η δυνατότητα άμεσης αποστολής E-mail, ώστε να αποσταλεί άμεσα ο χρονοπρογραμματισμός στους υπαλλήλους.
- Δίνεται η επιλογή σχεδιασμού χρονοπρογραμματισμού έως και πέντε εβδομάδες εκ των προτέρων.
- Είναι δυνατή η εξαγωγή του χρονοπρογραμματισμού σε MS Excel, HTML και σε αρχεία PDF.

Το interface της εφαρμογής είναι απλό, αποτελεσματικό και σχεδιασμένο με ακρίβεια. Υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου των υπαλλήλων σε ξεχωριστό παράθυρο. Εκεί παρατηρείται η εμφάνιση γενικών πληροφοριών σχετικά με τα στοιχεία των υπαλλήλων (το όνομα και την θέση τους) καθώς επίσης και στοιχεία που αφορούν την τρέχουσα εβδομάδα. Στην τρέχουσα εβδομάδα τα στοιχεία σχετίζονται με την ένδειξη αν κάποιος υπάλληλος δεν είναι διαθέσιμος για τον χρονοπρογραμματισμό των βαρδιών. Παράλληλα, η δυνατότητα εμφάνισης των στοιχείων σε γραφικές παραστάσεις και διαγράμματα είναι σημαντική διότι δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα άμεσης επέμβασης για αλλαγές.



Εικόνα 30: Interface ABC Roster



Εικόνα 31: Εισαγωγή χρονοπρογραμματισμού



Εικόνα 32: Εμφανιζόμενος εβδομαδιαίος χρονοπρογραμματισμός

Εικόνα 33: Εισαγωγή βαρδιών

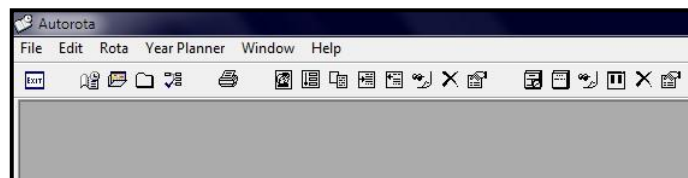
4.4 Λογισμικό Autorota

Η εταιρεία Splinterware ειδικεύεται στη παροχή λογισμικών από τις αρχές του 1997, αναπτύσσοντας καινοτόμες λύσεις λογισμικών. Στόχος της είναι να καταστήσουν τους υπολογιστές χρήσιμα εργαλεία. Οι κύριες εφαρμογές της είναι ικανοποιητικές για το λόγο που έχουν σχεδιαστεί, αλλά συχνά δεν εξασφαλίζουν τρόπους για την επίτευξη των καθημερινών καθηκόντων. Η Splinterware παρέχει εργαλεία και πρόσθετα προγράμματα που έχουν σχεδιαστεί για τη καθημερινότητα του χρήστη. Το λογισμικό Autorota αποτελεί ένα μέλος της οικογένειας Splinterware. Έχει σχεδιαστεί για την αυτοματοποιημένη δημιουργία χρονοπρογραμματισμού προσωπικού. Χρησιμοποιώντας ένα σύνολο καθορισμένων περιορισμών από τον χρήστη πραγματοποιείται η κατανομή βαρδιών, των καθηκόντων και το ωράριο εργασίας του προσωπικού. Παρέχεται η δυνατότητα εναλλαγής των βαρδιών ή καθηκόντων ανάμεσα στους υπαλλήλους. Ταυτόχρονα μπορεί να προσδιοριστεί ένα συγκεκριμένο επαναλαμβανόμενο μοτίβο εναλλαγής, το οποίο εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια αρκετών εβδομάδων.

Μερικά χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

- Είναι συμβατό με MS Windows 9x, ME, 2000, XP, 2003, Vista και νεότερες εκδόσεις των Windows.

- Εύκολη δημιουργία και διατήρηση των εβδομαδιαίων χρονοπρογραμματισμών.
- Διαμόρφωση βασικής ορολογίας ανάλογα με την επιχείρηση του χρήστη.
- Αυτόματη κατανομή αναθέσεων (βάρδιες / καθήκοντα) βασισμένη στους κανόνες που ορίζει ο χρήστης.
- Κατανομή εξ αρχής καθιερωμένων ετήσιων ημερών όπως διακοπές και εκπαίδευση.
- Παρακολούθηση αδειών ασθενείας για τυχόν έκτακτες ελλείψεις των υπαλλήλων.
- Εξαγωγή χρονοπρογραμματισμών σε HTML για ανάγνωση και προβολή στους υπαλλήλους.
- Παροχή βοήθηματος για την κατανόηση των οδηγιών.
- Παροχή αλλαγής της ημέρας έναρξης της εβδομάδας.



Εικόνα 34: Interface του Autorota

 A screenshot of the Autorota software interface showing the "x-Assignment Rotation" table. The window title is "Autorota - [Weekly Rota - x-Assignment Rotation]". The menu bar includes "File", "Edit", "Rota", "Year Planner", "Window", and "Help". Below the menu bar is a toolbar. The main area shows a table with the following structure:

Name	Assignment	Δευ 02 Νοε	Τρι 03 Νοε	Τετ 04 Νοε	Περ 05 Νοε	Παρ 06 Νοε
Supervisor 1						
Supervisor 2						
Supervisor 3						
Supervisor 4						
Supervisor 5						

Εικόνα 35: Ανάθεση υπαλλήλων

 A screenshot of the Autorota software interface showing the "Year Planner" for "x-Assignment Rotation". The window title is "Autorota - [Year Planner - x-Assignment Rotation]". The menu bar includes "File", "Edit", "Rota", "Year Planner", "Window", and "Help". Below the menu bar is a toolbar. The main area shows a calendar for the year 2015, with the days of the week (Δε, Τρ, Τε, Πε, Πα, Σα, Κυ) and the months (Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος) listed. The calendar cells are shaded to indicate the rotation schedule for Supervisor 1.

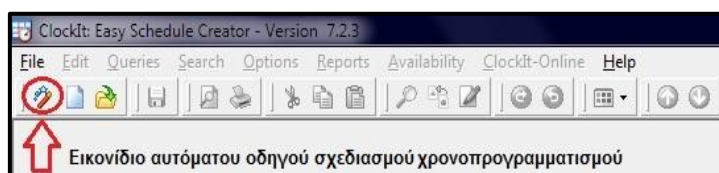
2015	Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ	Δε	Τρ	Τε	Πε	Πα	Σα	Κυ
Ιανουάριος				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Φεβρουάριος							1	2	3	4	5	6	7	8
Μάρτιος							1	2	3	4	5	6	7	8
Απρίλιος			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Μάιος					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Εικόνα 36: Ετήσιος χρονοπρογραμματισμός

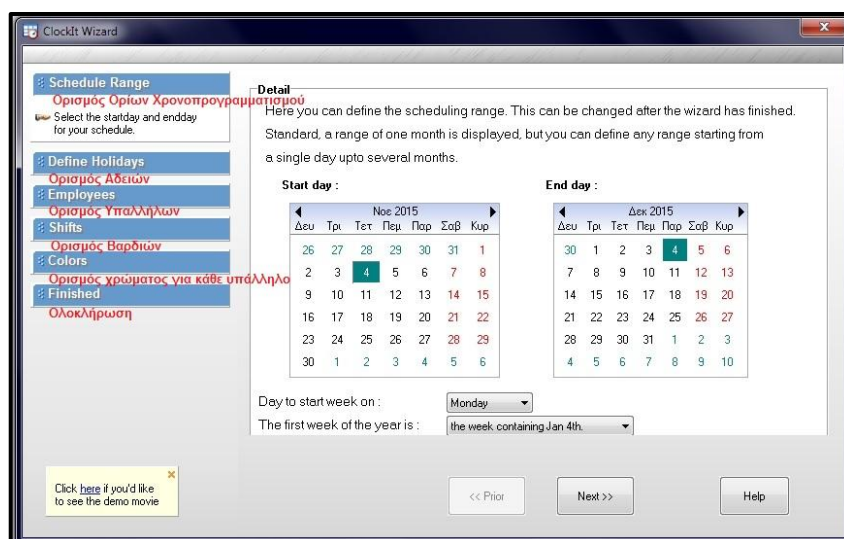
4.4 Λογισμικό ClockIt

Το 2001 ξεκίνησε η δημιουργία του λογισμικού χρονοπρογραμματισμού ClockIt: Easy Schedule Creator. Το 2008 επεκτάθηκε και δόθηκε η δυνατότητα δημιουργίας χρονοπρογραμματισμού από τον ίδιο το χρήστη. Στη συνέχεια, ο χρήστης κάνει upload του χρονοπρογραμματισμού στη Online σελίδα του ClockIt και δίνει στους υπαλλήλους τη δυνατότητα αναζήτησης του χρονοπρογραμματισμού τους. Η πορεία του στην αγορά επεκτάθηκε στην Ευρώπη και μετέπειτα στη Βόρεια Αμερική. Σήμερα, το λογισμικό χρησιμοποιείται παγκοσμίως.

Το ClockIt είναι ένα λογισμικό χρονοπρογραμματισμού προσωπικού που παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη πλήρες ελέγχου των στοιχείων των υπαλλήλων. Η επεξεργασία των στοιχείων, όπως η οργάνωση εργασίας και η αλλαγή βαρδιών υλοποιούνται με το εργαλείο του αυτοματοποιημένου χρονοπρογραμματισμού. Παράλληλα γίνεται η προβολή των εβδομαδιαίων χρονοπρογραμματισμών σε μια ενιαία οθόνη και τα στοιχεία των υπαλλήλων. Στο ίδιο παράθυρο του λογισμικού πραγματοποιείται και η καταχώρηση των υπαλλήλων, η εναλλαγή τους καθώς και ο έλεγχος της διαθεσιμότητάς και παραγωγικότητάς τους. Επίσης, τα μοτίβα αποθηκεύονται ως πρότυπα έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικούς χρονοπρογραμματισμούς.



Εικόνα 37: Interface του ClockIt



Εικόνα 38: Αυτοματοποιημένος οδηγός δημιουργίας χρονοπρογραμματισμού

		November 2015																					
		Week 45							Week 46							Week 47							
Employee / Days	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
Kostas Anastasiadis																							
Dimitris Tassiou																							
Vaggelis Nikosimos																							

Εικόνα 39: Ολοκλήρωση χρονοπρογραμματισμού

Ένα άλλο λογισμικό χρονοπρογραμματισμού είναι το DRoster. Το συγκεκριμένο λογισμικό έχει εξεταστεί και αναλυθεί στο πέμπτο κεφάλαιο εκτενώς.

Κεφάλαιο 5: Περιγραφή του λογισμικού DRoster

Το λογισμικό DRoster έχει κατασκευαστεί από την εταιρεία Karpix. Η εταιρεία ιδρύθηκε το 2004 από μια ομάδα προγραμματιστών με άριστη γνώση και εμπειρία στην έρευνα και την ανάπτυξη διαφόρων λογισμικών για βιομηχανίες και οργανισμούς.



Εικόνα 40: Το λογότυπο της Karpix



Εικόνα 41: Το λογότυπο του DRoster

Η κατασκευή του DRoster στηρίχθηκε στην προσπάθεια να κατασκευαστεί ένα λογισμικό χρονοπρογραμματισμού που θα μπορούσε να καλύψει ένα ευρύ φάσμα απαιτήσεων και ταυτόχρονα να είναι επεκτάσιμο. Το DRoster είναι μιν ένα εξειδικευμένο λογισμικό αλλά παρέχει δυνατότητες σύνδεσης με άλλα λογισμικά όπως το λογισμικό μισθοδοσίας. Ένα σημαντικό πλεονέκτημά του σε σχέση με άλλα ανταγωνιστικά λογισμικά είναι το σημαντικά χαμηλότερο κόστος του. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε επιχείρησης. Παράλληλα ο διαχειριστής μπορεί να αλλάξει την μορφή εμφάνισης του ημερολογίου και της ώρας, να ορίσει την μέρα έναρξης του χρονοπρογραμματισμού και διάφορα άλλα. Το λειτουργικό δίνεται δωρεάν σε μια πλήρες έκδοση με ελάχιστους περιορισμούς στο σύνολο εισαγωγής των υπαλλήλων. Οι ρυθμίσεις για τον χρονοπρογραμματισμό γίνονται είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα. Οι ώρες εργασίας των υπαλλήλων ορίζονται από τον διαχειριστή και ποικίλλουν. Δίνεται η δυνατότητα δηλαδή να οριστούν οι βάρδιες ως σταθερές, επικαλυπτόμενες ή και εναλλασσόμενες. Για έναν πλήρη και σωστό έλεγχο των υπαλλήλων υπάρχουν τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά που εξυπηρετούν επαρκώς τον διαχειριστή:

- Γνώση για το εάν είναι μερικώς διαθέσιμοι
- Πότε και γιατί δεν είναι διαθέσιμοι
- Ποίες θέσεις και βάρδιες μπορούν να καλύψουν

- Εμφάνιση συγκεκριμένων ωρών και θέσεων

Το προσωπικό ενημερώνεται άμεσα μέσω e-mail για την κάθε τροποποίηση που αφορά τον καθένα αυτόματα μέσω του DRoster. Με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή στέλνοντας ένα E-mail, μπορούν και οι υπάλληλοι να επικοινωνούν με το διαχειριστή απευθείας για κάποια διαφοροποίηση ή απορία. Περιπτώσεις επιχειρήσεων και οργανισμών στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί το λογισμικό DRoster είναι: ξενοδοχεία, τηλεφωνικά κέντρα, πανεπιστήμια, σχολεία, ταξιδιωτικά γραφεία και σε άλλους τομείς.

Η χρήση του λογισμικού DRoster είναι σχετικά απλή και δεν χρειάζονται οι γνώσεις τεχνικών λεπτομερειών. Ακολουθούν δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα:

- Σε περίπτωση που έχουν ήδη εισαχθεί τα δεδομένα του προβλήματος που αφορούν έστω την πρώτη εβδομάδα μιας χρονικής περιόδου και στόχος είναι η διατήρηση των ίδιων απαιτήσεων και για τις επόμενες εβδομάδες της χρονικής περιόδου. Αυτό μπορεί να γίνει με απλή αντιγραφή και επικόλληση.
- Μπορεί να γίνει εύκολα εισαγωγή στοιχείων υπαλλήλων πραγματοποιώντας εισαγωγή (import) δεδομένων που ενδεχόμενα υπάρχουν σε μορφή αρχείου Microsoft Excel.

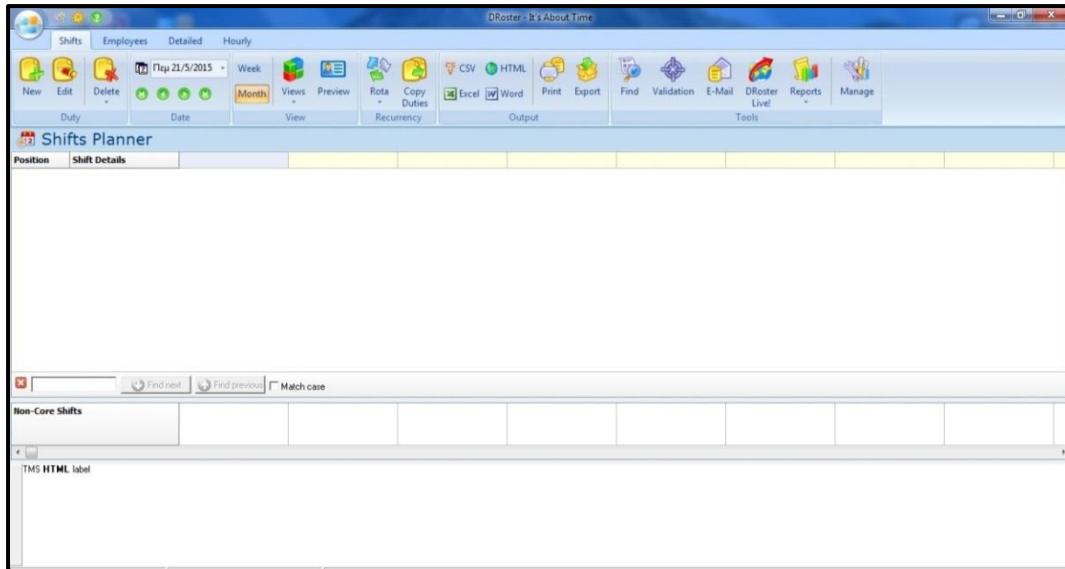
Το DRoster είναι ένα λογισμικό χρονοπρογραμματισμού που έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να αποτρέπει τις συγκρούσεις στις ώρες εργασίας των υπαλλήλων, να διαχειρίζεται τις υπερωρίες και να προειδοποιεί για την ανάθεση εργασιών με υπερβολικό φόρτο στους εργαζόμενους. Ανά πάσα στιγμή μπορεί να εκτυπωθεί ο χρονοπρογραμματισμός που έχει σχεδιαστεί ή κάποια άλλη αναφορά σχετικά με αυτόν. Συγκεκριμένα υπάρχουν διαθέσιμες 11 διαφορετικές αναφορές, όπου εμφανίζεται αναλυτικά το ημερολόγιο, οι γραφικές παραστάσεις και τα διαγράμματα αλλά και σχετικές πληροφορίες των υπαλλήλων. Επιπλέον γίνεται εξαγωγή των αναφορών σε διάφορες μορφές αρχείων όπως: CSV, HTML, JPEG, BMP, TIFF, PDF αλλά και σε WORD, EXCEL. Οποιαδήποτε στιγμή επιτρέπεται η πρόσβαση στην βάση δεδομένων μέσω ODBC (Open Data Base Connectivity) σύνδεσης.

Για οποιαδήποτε απορία σχετικά με το λογισμικό DRoster υπάρχει μια φόρμα συμπλήρωσης όπου μπορούν να γραφτούν οι απορίες και να αποσταλούν στην ιστοσελίδα www.kappix.com της εταιρείας Kappix.

Με τις δωρεάν εκδόσεις των λογισμικών έχουν ακόμα και οι μικρές βιομηχανίες ή οργανισμοί τη δυνατότητα διευκόλυνσης των εργασιών χρονοπρογραμματισμού που πρέπει να πραγματοποιήσουν.

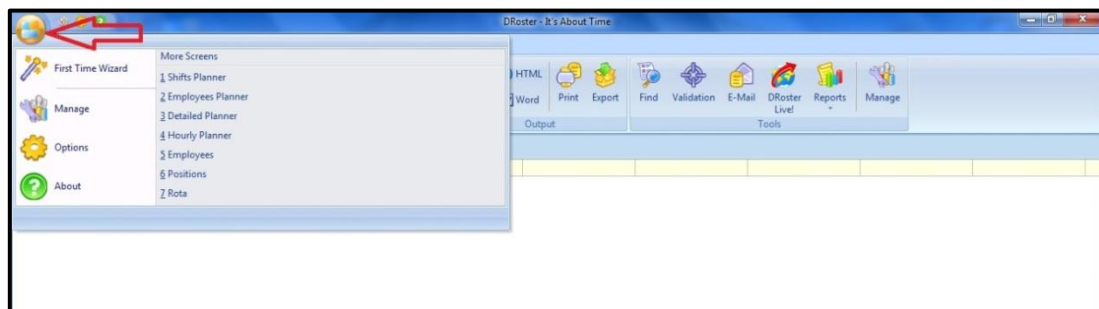
5.1 Παράδειγμα χρονοπρογραμματισμού προσωπικού σε τηλεφωνικό κέντρο με το λογισμικό DRoster

Αφού το λογισμικό έχει κατέβει από την ιστοσελίδα www.kappix.com τότε ακολουθεί η εγκατάστασή του και είναι έτοιμο για χρήση. Ανοίγοντας το πρόγραμμα εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:



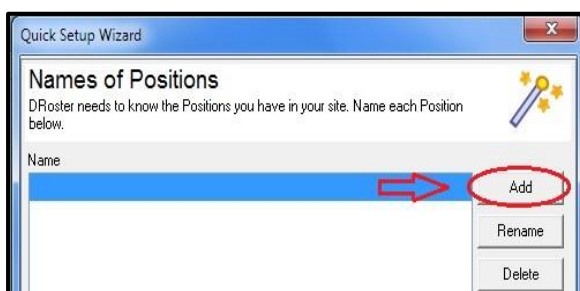
Εικόνα 42: Κεντρική οθόνη του λογισμικού

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα χρονοπρογραμματισμού που αφορά ένα υποθετικό τηλεφωνικό κέντρο. Πατώντας το λογότυπο του DRoster πάνω αριστερά εμφανίζεται η παρακάτω καρτέλα.

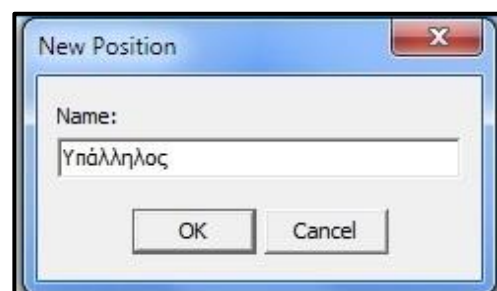


Εικόνα 43: Δημιουργία παραδείγματος

Εκεί γίνεται επιλογή του «**First Time Wizard**» και εν συνεχεία πατάμε το **Next** για να προχωρήσουμε παρακάτω όπου και δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής των θέσεων εργασίας. Για την εισαγωγή του ονόματος της θέσης πατάμε στο **Add**. Έτσι, γίνεται η έναρξη της εισαγωγής της θέσης εργασίας που απαιτείται. Στην περίπτωση του τηλεφωνικού κέντρου θέτουμε την λέξη «Υπάλληλος» .

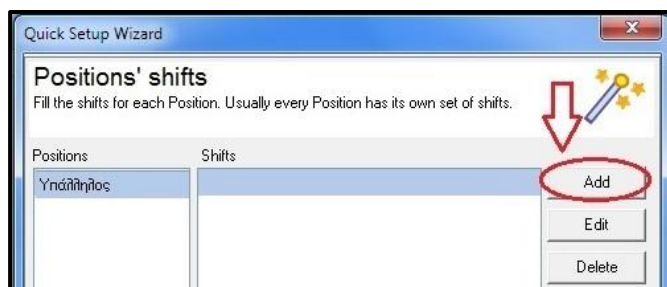


Εικόνα 44: Εισαγωγή της θέσης εργασίας

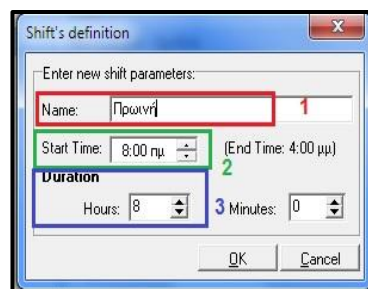


Εικόνα 45: Ονομασία της θέσης εργασίας με την λέξη «Υπάλληλος»

Αφού ολοκληρωθεί το προηγούμενο βήμα μεταβαίνουμε στο επόμενο βήμα, όπου θα οριστούν οι βάρδιες των υπαλλήλων. Δηλαδή, κάθε υπάλληλος σε ποιές βάρδιες είναι πιθανό να εργαστεί. Το τηλεφωνικό κέντρο θα έχει δύο ομάδες, Ομάδα Α και Β. Θεωρώντας ότι υπάρχουν πέντε βάρδιες οχτάωρης απασχόλησης. Η πρωινή βάρδια της Α-Ομάδας θα είναι από τις 08:00 πμ έως τις 04:00 μμ και της Β-Ομάδας από τις 09:00 πμ έως τις 05:00 μμ, η απογευματινή της Α-Ομάδας θα είναι από τις 04:00 μμ έως τις 12:00 μμ και της Β-Ομάδας από τις 05:00 μμ έως τις 01:00 πμ και η νυχτερινή της Α-Ομάδας από τις 12:00 πμ έως τις 08:00 πμ. Η νυχτερινή θα έχει μόνο έναν υπάλληλο διότι τη νύχτα ο εργασιακός φόρτος μειώνεται.

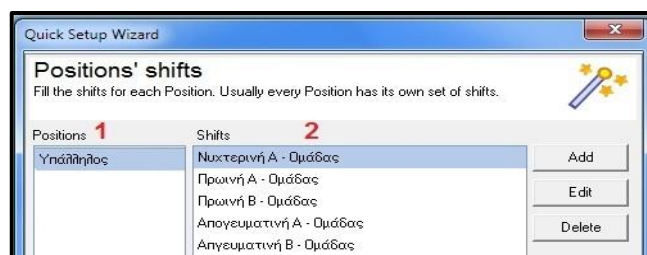


Εικόνα 46: Προσθήκη βαρδιών



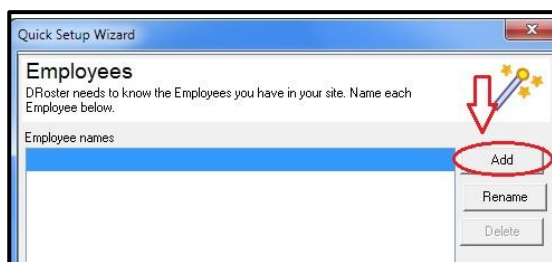
Εικόνα 47: (1) Όνομα βάρδιας, (2) Ωρα έναρξης της βάρδιας και (3) Ωρες εργασίας

Με αυτόν τον τρόπο εισάγονται και οι πέντε βάρδιες σε κάθε υπάλληλο. Στην πρώτη στήλη φαίνεται ο υπάλληλος και στην δεύτερη οι πιθανές βάρδιες.

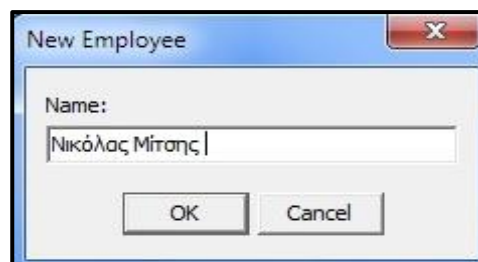


Εικόνα 48: Ολοκλήρωση εισαγωγής των πιθανών βαρδιών

Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή των ονομάτων των υπαλλήλων.

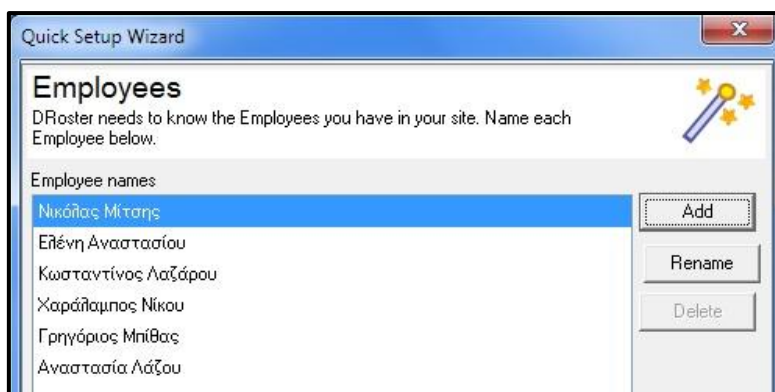


Εικόνα 49: Εισαγωγή υπαλλήλων



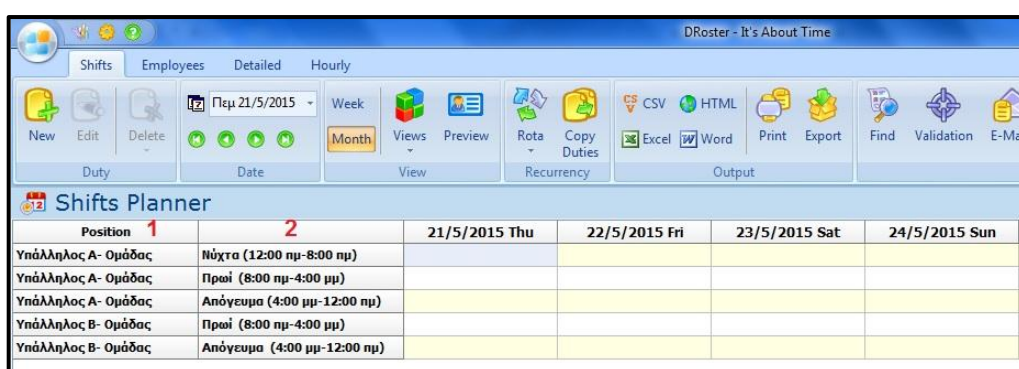
Εικόνα 50: Ονομασία υπαλλήλων

Στη συνέχεια, γίνεται προσθήκη και των υπόλοιπων πέντε υπαλλήλων και έτσι ολοκληρώνεται η διαδικασία.



Εικόνα 51: Ολοκληρωμένη εισαγωγή υπαλλήλων

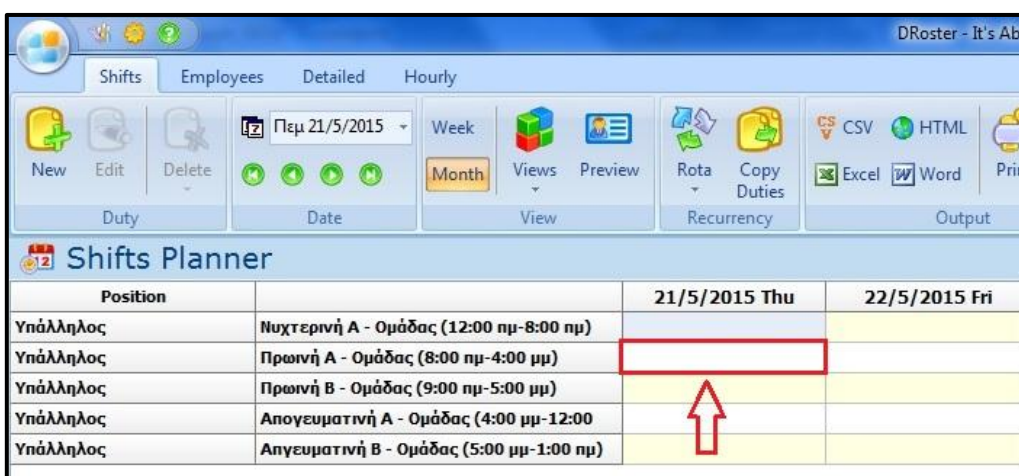
Τα παρακάτω αποτελέσματα εμφανίζονται μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας που περιγράψαμε πιο πάνω.



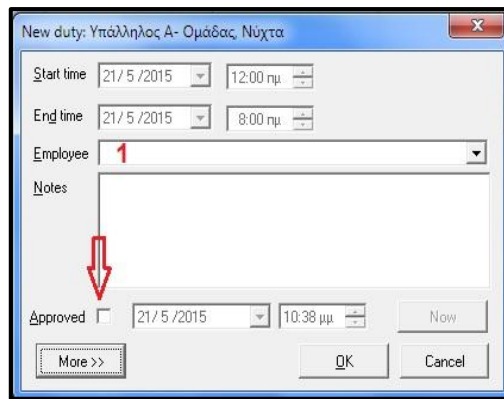
Εικόνα 52: Εμφάνιση κενού προγράμματος μετά την ολοκλήρωση της εισαγωγής

Από την παραπάνω εικόνα, στην στήλη ένα (1) βλέπουμε τις δύο ομάδες και στην στήλη δύο (2) τις πιθανές βάρδιες. Ακριβώς δεξιά από αυτές είναι οι ημερομηνίες της τρέχουσας εβδομάδας. Τη δεδομένη στιγμή είναι αναγκαία η εισαγωγή όλων των υπαλλήλων πατώντας στις κενές γραμμές.

Στην εικόνα 48 γίνεται εισαγωγή του υπαλλήλου στην ημερομηνία που γράφει στο πεδίο ακριβώς από πάνω από το όνομα, δηλαδή στο **Start time** και στο **End time** και τέλος τσεκάρουμε το κουτάκι αριστερά κάτω για την έγκρισή του.



Εικόνα 53: Κενά κελιά για την εισαγωγή των υπαλλήλων



Εικόνα 54: (1) Εισαγωγή ονόματος υπαλλήλου

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία, το αποτέλεσμα θα είναι το εξής:

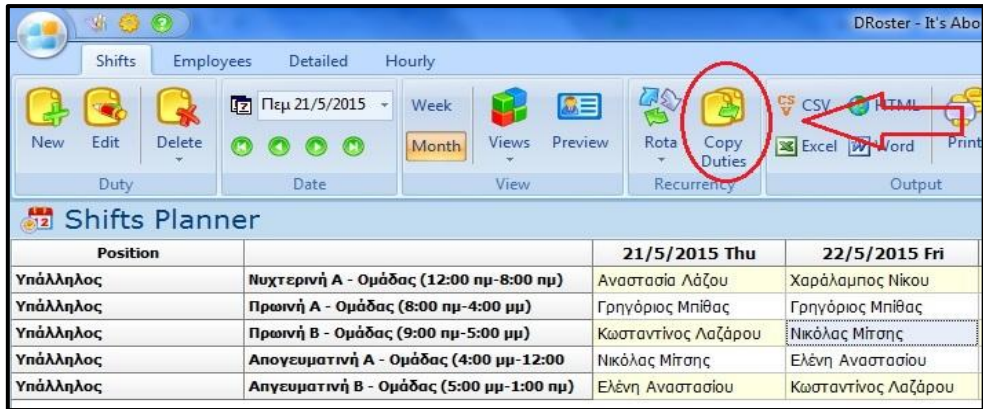
Position		21/5/2015 Thu	22/5/2015 Fri
Υπάλληλος	Νυχτερινή Α - Ομάδας (12:00 πμ-8:00 πμ)	Αναστασία Λάζου	Χαράλαμπος Νίκου
Υπάλληλος	Πρωινή Α - Ομάδας (8:00 πμ-4:00 μμ)	Γρηγόριος Μπίθας	Γρηγόριος Μπίθας
Υπάλληλος	Πρωινή Β - Ομάδας (9:00 πμ-5:00 μμ)	Κωσταντίνος Λαζάρου	Νικόλας Μίσης
Υπάλληλος	Απογευματινή Α - Ομάδας (4:00 μμ-12:00)	Νικόλας Μίσης	Ελένη Αναστασίου
Υπάλληλος	Απογευματινή Β - Ομάδας (5:00 μμ-1:00 πμ)	Ελένη Αναστασίου	Κωσταντίνος Λαζάρου

Εικόνα 55: Ολοκληρωμένο πρόγραμμα

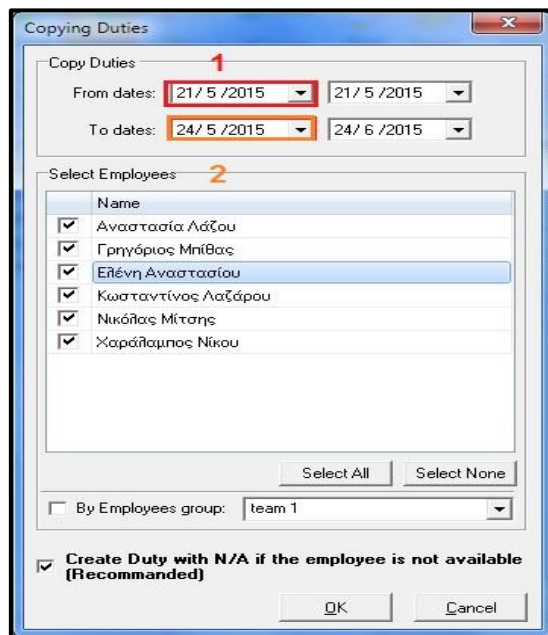
Εφόσον η εισαγωγή των δεδομένων του προγράμματος έχει ολοκληρωθεί στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα από τα πλεονεκτήματα του προγράμματος. Όπως η δυνατότητα αντιγραφής - επικόλλησης, η εμφάνιση και η εκτύπωση αναφορών, ο καθορισμός επιπλέον περιορισμών για τους υπαλλήλους καθώς και η επιλογή του αυτοματοποιημένου προγραμματισμού.

5.1.1 Αντιγραφή - επικόλληση ημερών

Κάποιες μέρες μπορεί να είναι απαραίτητο να τις αντιγράψουμε στον εβδομαδιαίο ή και στον μηνιαίο προγραμματισμό. Παραδείγματος χάρη, οι υπάλληλοι που εργάζονται στις 21/05/2015 απαιτούνται να εργαστούν στις ίδιες βάρδιες ακόμα και κάποια άλλη μέρα ή ακόμα και κάποιες άλλες εβδομάδες. Πατώντας την επιλογή «**Copy Duties**» εμφανίζεται μια νέα καρτέλα στην οποία δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης αντιγραφής και επικόλλησης για τον καθορισμό των συγκεκριμένων ημερομηνιών.

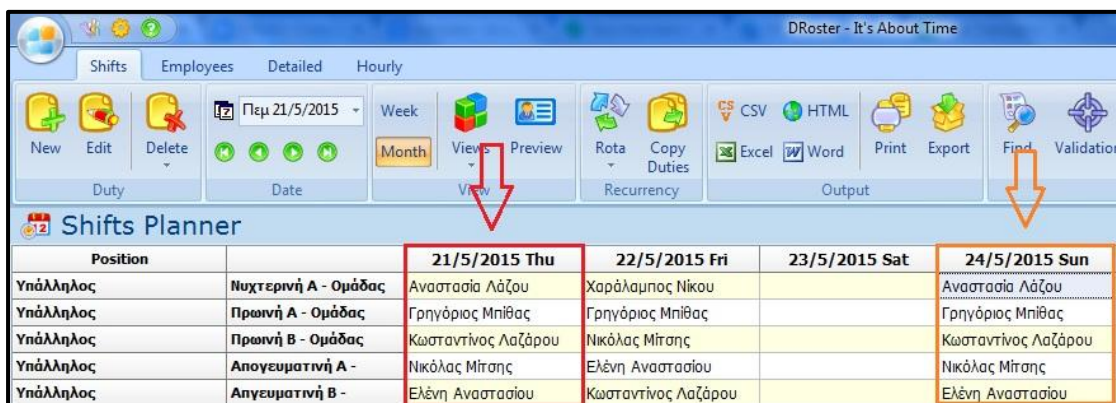


Εικόνα 56: Αντιγραφή βαρδιών των υπαλλήλων



Εικόνα 57: Αντιγραφή των υπαλλήλων της ημερομηνίας (1) 21/5/2015 και επικόλληση στις (2) 24/5/2015

Εφαρμόζοντας τα βήματα αυτά προκύπτει η παρακάτω αλλαγή στο πρόγραμμα:



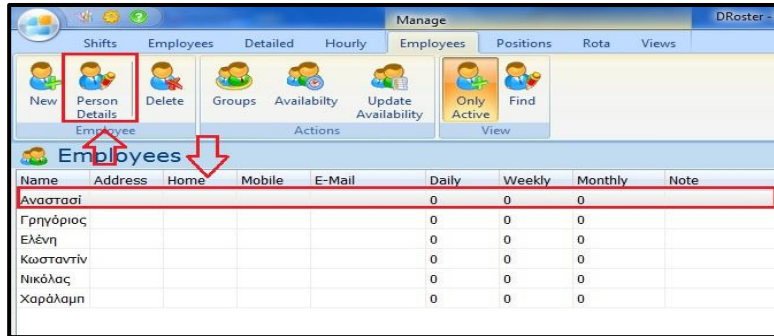
Εικόνα 48: Πραγματοποίηση της αντιγραφής - επικόλλησης

5.1.2 Θέτοντας περιορισμούς στους υπαλλήλους

Με την επιλογή «**Manage**» που βρίσκεται δεξιά πάνω γίνεται μεταφορά στην καρτέλα διαχείρισης του προσωπικού.



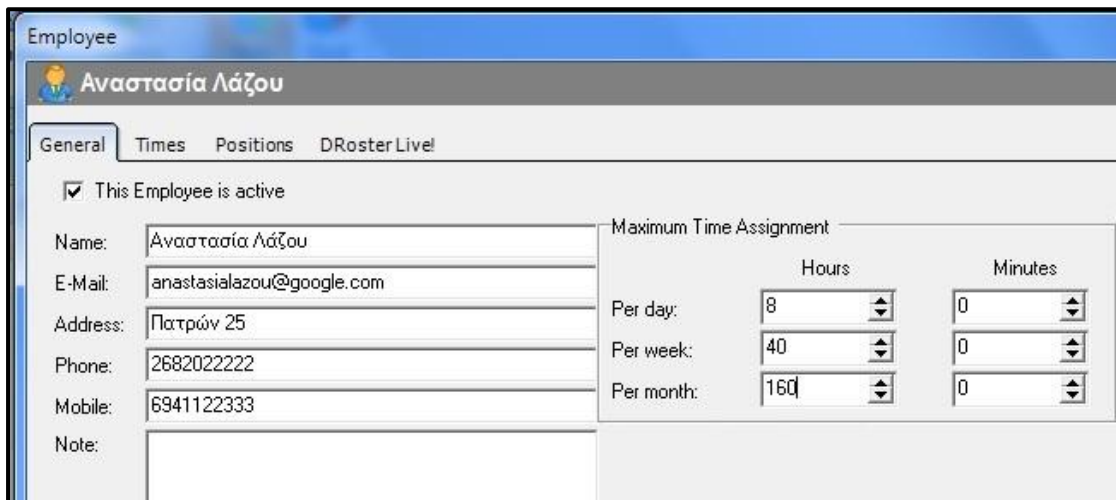
Εικόνα 58: Η επιλογή Manage



Εικόνα 59: Καρτέλα διαχείρισης υπαλλήλων

Εδώ μπορούν να τεθούν περιορισμοί λόγω χάρη στις ώρες εργασίας ανά μέρα, εβδομάδα ή μήνα, έτσι ώστε να συμπληρώνονται τα επιπλέον στοιχεία των υπαλλήλων (διεύθυνση, τηλέφωνο επικοινωνίας και άλλα). Για να πραγματοποιηθεί αυτό χρειάζεται ένα κλικ είτε στην γραμμή με το όνομα του υπαλλήλου είτε στην επιλογή «**Person Details**», όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα. Εκτός αυτής της επιλογής όμως δίνονται και άλλες, όπως ο διαχωρισμός των υπαλλήλων ανά ομάδες, ο ορισμός της διαθεσιμότητάς τους, η γνώση του πότε κάποιος απουσιάζει, η εισαγωγή των νέων υπαλλήλων ακόμα και η διαγραφή κάποιου.

Στο παράδειγμα θέτουμε τους περιορισμούς και τα επιπλέον στοιχεία για την υπάλληλο Αναστασία Λάζου. Η συγκεκριμένη υπάλληλος εργάζεται σε οχτάωρο, με δύο ρεπό την εβδομάδα άρα με οχτώ ρεπό τον μήνα. Δηλαδή, 8 ώρες επί 5 μέρες, $8 \times 5 = 40$ ώρες την εβδομάδα και 40 ώρες επί 4 εβδομάδες, $40 \times 4 = 160$ ώρες τον μήνα.

A screenshot of the 'Employee' details form for Anastasia Lazou. The form has tabs for 'General', 'Times', 'Positions', and 'DRosterLive!'. The 'General' tab is active, showing fields for Name, E-Mail, Address, Phone, Mobile, and Note. There is a checkbox for 'This Employee is active' which is checked. To the right, there is a section for 'Maximum Time Assignment' with dropdown menus for Hours and Minutes for 'Per day', 'Per week', and 'Per month'.

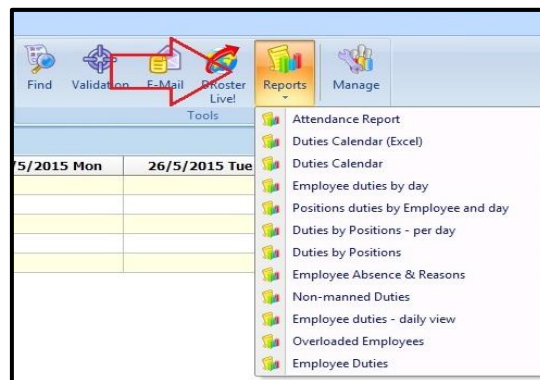
Εικόνα 60: Εισαγωγή πληροφοριών και περιορισμών στην υπάλληλο Αναστασία Λάζου



Εικόνα 61: Εμφάνιση των στοιχείων στην αρχική καρτέλα διαχείρισης

5.1.3 Εμφάνιση ή εκτύπωση μιας αναφοράς

Δίνεται η δυνατότητα προβολής σε γράφημα ή σε διάγραμμα της κατάστασης των υπαλλήλων. Η διαδικασία εμφάνισης μιας αναφοράς γίνεται πατώντας την επιλογή «**Reports**» και οπότε εμφανίζεται μια λίστα σχετικά με το ποιά αναφορά ακριβώς επιδιώκουμε.

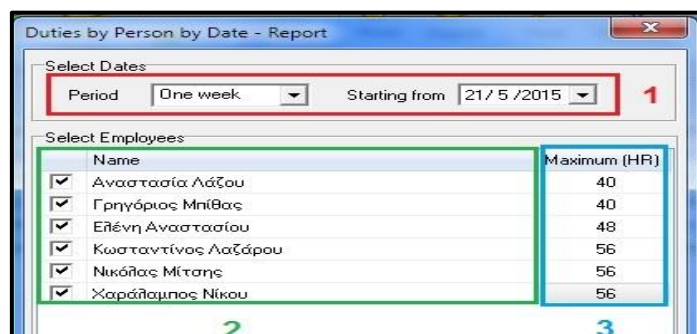


Εικόνα 62: Επιλογή αναφοράς για εμφάνιση

Τυχαία γίνεται επιλογή του «**Employee duties by day**» δηλαδή μιας επιδιωκόμενης αναφοράς με βάση τα καθήκοντα και τις ώρες εργασίας των εργαζομένων ανά ημέρα.



Εικόνα 63: Επιλογή είδος αναφοράς «Βάση καθηκόντων ανά μέρα»



Εικόνα 64: Ρυθμίσεις εμφάνισης της αναφοράς. Παραδείγματα χάρη (1) Ορισμός περιόδου, (2) Επιλογή υπαλλήλων και (3) Περιορισμός ωρών εργασίας

Έτσι ρυθμίζεται τι ακριβώς θα εμφανίσει η αναφορά. Αρχικά (βλέπε Εικόνα 58) ρυθμίζεται στο ένα (1) η ημερομηνία εμφάνισης. Εδώ ορίστηκε η εμφάνιση μιας εβδομάδας από τις 21/05/2015. Στο δύο (2) επιλέγονται ποιά ονόματα, δηλαδή ποιοι υπάλληλοι θα εμφανιστούν και στο τρία (3) ρυθμίζεται ο περιορισμός των ωρών ανά εβδομάδα του κάθε υπαλλήλου. Άλλοι εργάζονται πέντε φορές την εβδομάδα (δηλαδή 8 ώρες επί 5 μέρες = 40 ώρες), άλλοι έξι (δηλαδή 8 ώρες επί 6 μέρες = 48 ώρες) και άλλοι όλες τις ημέρες της εβδομάδας (δηλαδή 8 ώρες επί 7 μέρες = 56 ώρες). Η αναφορά που θα εμφανιστεί έχει αναλυτικά κάθε υπάλληλο ξεχωριστά, σε τι βάρδια εργάζεται καθημερινά, τη θέση εργασίας του, τις ώρες εργασίας ανά ημέρα αλλά και το σύνολο ωρών ανά εβδομάδα στην κάτω δεξιά πλευρά της αναφοράς. Σε περίπτωση που ένας υπάλληλος έχει ξεπεράσει τις ώρες εργασίας που έχουν περιοριστεί εκ των προτέρων εμφανίζεται το σύνολο ωρών με κόκκινο χρώμα. Ανά πάσα στιγμή δίνεται η δυνατότητα εκτυπώσιμης μορφής της αναφοράς.

DRoster Time has arrived		Employee Duties by Day						
Date	21-Μαΐ	22-Μαΐ	23-Μαΐ	24-Μαΐ	25-Μαΐ	26-Μαΐ	27-Μαΐ	
Day	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	
Αναστασία Λάζου								
12:00 πμ-8:00 πμ	12:00 πμ 8:00 πμ Υπάλληλος			12:00 πμ 8:00 πμ Υπάλληλος				
8:00 πμ-4:00 μμ			8:00 πμ 4:00 μμ Υπάλληλος					
4:00 μμ-12:00 πμ								
Total	8:00	0:00	8:00	8:00	0:00	0:00	24:00	
Γρηγόριος Μπίθας								
12:00 πμ-8:00 πμ								
8:00 πμ-4:00 μμ	8:00 πμ 4:00 μμ Υπάλληλος	8:00 πμ 4:00 μμ Υπάλληλος		8:00 πμ 4:00 μμ Υπάλληλος	8:00 πμ 4:00 μμ Υπάλληλος	8:00 πμ 4:00 μμ Υπάλληλος		
4:00 μμ-12:00 πμ			4:00 μμ 12:00 πμ Υπάλληλος					
Total	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	0:00	
							47:60	
Ελένη Αναστασίου								
12:00 πμ-8:00 πμ								
8:00 πμ-4:00 μμ			9:00 πμ 5:00 μμ Υπάλληλος					
4:00 μμ-12:00 πμ	5:00 μμ 1:00 πμ Υπάλληλος	4:00 μμ 12:00 πμ Υπάλληλος		5:00 μμ 1:00 πμ Υπάλληλος	4:00 μμ 12:00 πμ Υπάλληλος	4:00 μμ 12:00 πμ Υπάλληλος		
Total	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	0:00	
							47:60	

Εικόνα 65: Εμφανιζόμενη αναφορά

5.1.4 Αυτοματοποιημένος χρονοπρογραμματισμός

Μια επίσης σημαντική δυνατότητα του λογισμικού ονομάζεται «**ROTA**» (Rotation of Task) και εμφανίζεται με το εξής εικονίδιο:

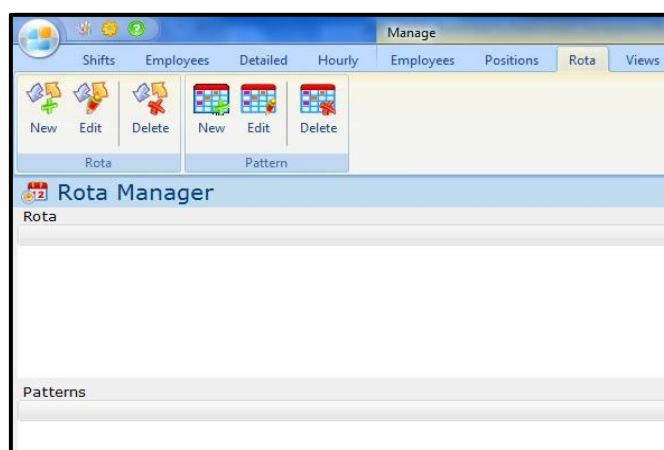


Εικόνα 66: Η επιλογή ROTA

Πριν την χρήση του απαιτούνται οι κατάλληλες ρυθμίσεις. Γίνεται αναφορά στην εναλλαγή ή στον κύκλο καθηκόντων, το οποίο αποτελεί ένα χαρακτηριστικό του λογισμικού που χρησιμοποιείται για τον αυτοματοποιημένο χρονοπρογραμματισμό. Έτσι, το λογισμικό δημιουργεί τον δικό του αυτοματοποιημένο χρονοπρογραμματισμό και το εμφανίζει. Είναι

εφικτός ο προγραμματισμός μιας εβδομάδας πιο «χαλαρής» ή μιας άλλης που να είναι κάτω από «λιγότερη πίεση» ο κάθε υπάλληλος. Στην «χαλαρή εβδομάδα» το όνομα της εβδομάδας προσδιορίζεται από τον διαχειριστή. Μπορεί λόγω χάρη ο κάθε υπάλληλος να έχει συγκεκριμένα καθήκοντα ή ακόμα να του δίνεται η δυνατότητα ολοκλήρωσης της εργασίας του πιο νωρίς από το σύνηθες του ωράριο. Παράλληλα, όμως, στην «πιεσμένη εβδομάδα» ο υπάλληλος θα έχει περισσότερα καθήκοντα και θα πρέπει να κάνει υπερωρίες για την κάλυψη της θέσης εργασίας του. Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και για περισσότερους μήνες.

Για την ρύθμιση «**ROTA**» πρέπει πρώτα να πατήσουμε κλικ στην καρτέλα «**Manage**» και να γίνουν οι κατάλληλες διαμορφώσεις.

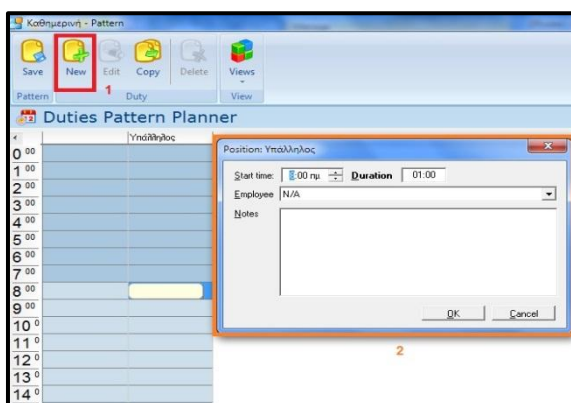


Εικόνα 67: Ρύθμιση του ROTA

Υπάρχει η επιλογή «**New Pattern**» όπου δημιουργεί ένα μοτίβο. Για το παράδειγμα αυτό θα ονομάσουμε το μοτίβο «Καθημερινή» διότι πρόκειται για μια καθημερινή ημέρα της εβδομάδας. Επίσης για το Σαββατοκύριακο θα χρειαστεί η δημιουργία άλλου ένα μοτίβου με το όνομα «Σαββατοκύριακο». Με τη δημιουργία του μοτίβου εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο όπου ορίζεται ένα νέο ωράριο ή καθήκον. Διάφορα και απεριόριστα μοτίβα μπορούν να δημιουργηθούν ανάλογα με τις ανάγκες της επιχείρησης. Είναι στην επιλογή του διαχειριστή να ορίσει ένα συγκεκριμένο υπάλληλο για ένα συγκεκριμένο καθήκον. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί και μέσω του αυτοματοποιημένου προγραμματισμού.



Εικόνα 68: Ονομασία του μοτίβου «Καθημερινή»



Εικόνα 69: (1) Δημιουργία νέου ωραρίου, (2) Ορισμός νέου ωραρίου

4 ⁰⁰		
5 ⁰⁰		
6 ⁰⁰		
7 ⁰⁰		
8 ⁰⁰		
9 ⁰⁰		
10 ⁰⁰		
11 ⁰⁰		
12 ⁰⁰		
13 ⁰⁰		
14 ⁰⁰		
15 ⁰⁰		
16 ⁰⁰		

Εικόνα 70: Ολοκλήρωση και εμφάνιση των παραπάνω βημάτων

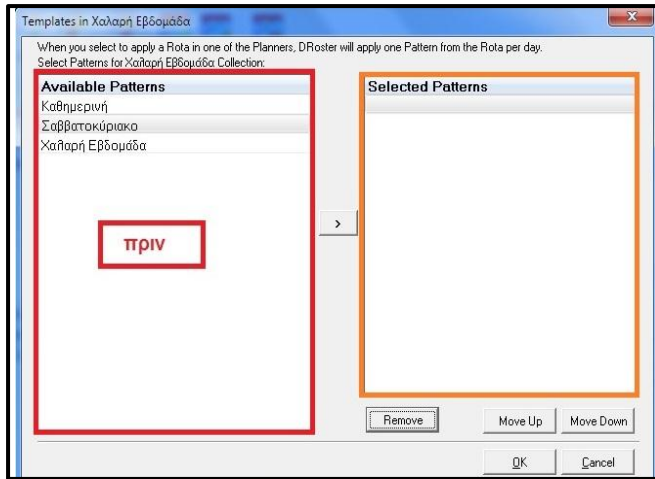
Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω μπορεί να δημιουργηθεί το **ROTA**. Πατώντας στο «**New ROTA**» δίνεται ένα όνομα για την εβδομάδα που ορίζεται να γίνει ο αυτοματοποιημένος χρονοπρογραμματισμός. Θέτουμε λόγου χάρη ως όνομα «Χαλαρή Εβδομάδα».



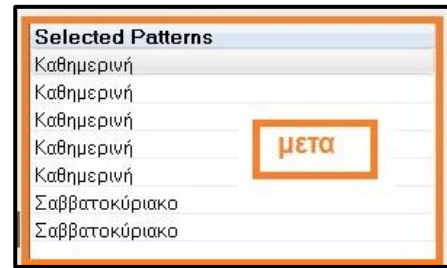
Εικόνα 71: Ονομασία εβδομάδας «Χαλαρή Εβδομάδα»

Αφού δημιουργήθηκε και ονομάστηκε η εβδομάδα πρέπει να προστεθούν τα μοτίβα που δημιουργήθηκαν.

Πατώντας στην εβδομάδα «Χαλαρή Εβδομάδα» εμφανίζεται ένα παράθυρο με δύο στήλες. Στην αριστερή είναι τα διαθέσιμα μοτίβα που δημιουργήθηκαν και η δεξιά είναι κενή. Η εβδομάδα έχει επτά ημέρες από τις οποίες οι πέντε είναι καθημερινές και οι άλλες δύο είναι το Σαββατοκύριακο. Άρα εισάγουμε από την αριστερή στήλη στην δεξιά πέντε φορές το μοτίβο «Καθημερινή» που αντιπροσωπεύουν τις ημέρες: Δευτέρα, Τρίτη, Τετάρτη, Πέμπτη και Παρασκευή και δύο φορές το μοτίβο «Σαββατοκύριακο» για τις μέρες Σάββατο και Κυριακή.

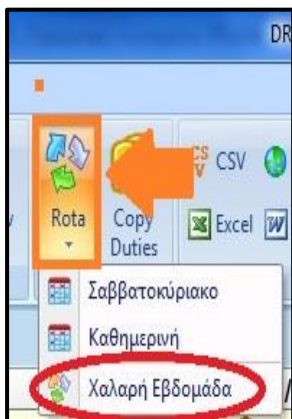


Εικόνα 72: Πριν την εισαγωγή των μοτίβων

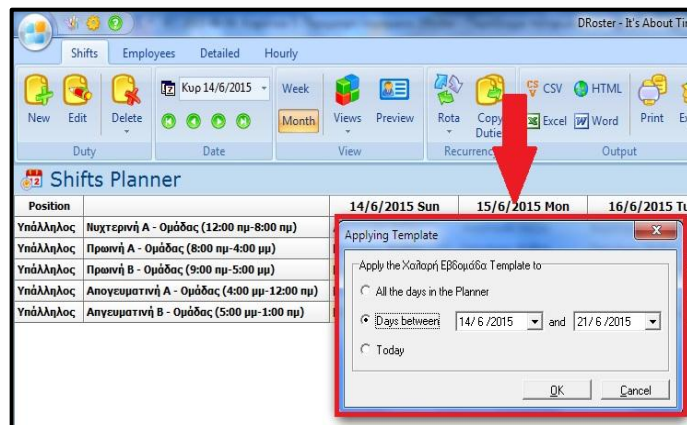


Εικόνα 73: Μετά την εισαγωγή των μοτίβων

Μετά την ολοκλήρωση της ανωτέρω διαδικασίας γίνεται αποθήκευση και οδηγούμαστε στο αρχικό περιβάλλον του DRoster. Εκεί υπάρχει το εικονίδιο «Rota» και πατώντας το εμφανίζονται τα δύο μοτίβα των ημερών και η εβδομάδα που δημιουργήθηκαν. Για την εφαρμογή της εβδομάδας, γίνεται επιλογή και ρύθμιση σε ποιές ημερομηνίες πρόκειται να εφαρμοστούν. Υπάρχουν τρεις επιλογές εφαρμογής σε αυτό το στάδιο: η πρώτη είναι για όλες τις μέρες του χρονοπρογραμματισμού, η δεύτερη μεταξύ συγκεκριμένων ημερομηνιών που ορίζεται από τον χρήστη και η τρίτη είναι μόνο για την σημερινή ημέρα.



Εικόνα 74: Επιλογή Χαλαρής



Εικόνα 75: Ορισμός εβδομάδας

Κεφάλαιο 6: Επίλογος – Συμπεράσματα

Η βασική ιδέα στην οποία στηρίχθηκε η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι οι μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού. Οι μέθοδοι αντιμετώπισης (μαθηματικός προγραμματισμός, προγραμματισμός με περιορισμούς και μεταερευτικές τεχνικές) στοχεύουν στη κάλυψη της ζήτησης και αντιστοίχησης σε θέσεις εργασίας του απαιτούμενου προσωπικού ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες της κάθε εταιρείας. Με αυτό τον τρόπο, είναι εφικτός ο σχεδιασμός του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού για την εκπλήρωση της πορείας και της ανάθεσης των εργασιών, του καθορισμού των αδειών, διαλλειμάτων και του ωραρίου εργασίας, του προσδιορισμού άρτια εξειδικευμένου προσωπικού για την κάλυψη των βαρδιών.

Ο χρονοπρογραμματισμός βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας. Ωστόσο, αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα στην εφαρμογή του. Πιο πάνω έγινε αναφορά στους διάφορους τομείς εφαρμογής του χρονοπρογραμματισμού. Τα τηλεφωνικά κέντρα αποτελούν ένα σημαντικό τομέα από το σύνολο εφαρμογής του χρονοπρογραμματισμού. Έτσι, μέσα από την εύρεση της βέλτιστης λύσης για την επίλυση του χρονοπρογραμματισμού προσωπικού, οι εταιρείες των τηλεφωνικών κέντρων επιτυγχάνουν υψηλά επίπεδα παροχής υπηρεσιών (εξυπηρέτηση πελατών).

Τέλος, η επιλογή κάποιου από τα διαθέσιμα λογισμικά δίνει τη δυνατότητα στον διαχειριστή τη βέλτιστη υλοποίηση χρονοπρογραμματισμού. Το DRoster αποτελεί ένα από τα λογισμικά, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιαδήποτε εταιρεία ή οργανισμό αλλά και από έναν απλό χρήστη που δεν έχει εξειδικευμένες γνώσεις χρονοπρογραμματισμού.

Βιβλιογραφία

- A.T. Ernst, H. Jiang, M. Krishnamoorthy, D. Sier, Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models, 2004.
- Brucker, Peter, Rong Qu, and Edmund Burke. "Personnel scheduling: Models and complexity." *European Journal of Operational Research* 210.3 (2011): 467-473.
- Canny, J., Edwards, D., Malik, J., Thrun, S., (2003), Τεχνητή Νοημοσύνη Μια Σύγχρονη Προσέγγιση, (Μτφρ. Αλβας, Τ., Καρτσακλής, Δ., Σκουλαρικής, Φ.), Αθήνα, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- D. Klabjan, E. Johnson, G. Nemhauser, Airline crew scheduling with regularity, *Transportation Science* 35 (4) (2002) 359–374.
- J. Tien, A. Kamiyama, On manpower scheduling algorithms, *SIAM Review* 24 (3) (1982) 275–287.
- S. Aggarwal, A focused review of scheduling in services, *European Journal of Operational Research* 9 (2) (1982) 114–121.
- S. Lavoie, M. Minoux, E. Odier, A new approach for crew pairing problems by column generation with an application to air transportation, *European Journal of Operational Research* 35 (1) (1988) 45–58.
- S. Moondra, An L.P. model for work force scheduling for banks, *Journal of Bank Research* 6 (Winter 1976) 299–301.
- Sahni, S., (1998), Δομές Δεδομένων Αλγόριθμοι, και Εφαρμογές στη C++, (Μτφρ Θεοδωρίδης, Γ.), Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζιόλα.
- Trick M. (2005). Formulations and Reformulations in Integer Programming. Integration of AI and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems, pp. 366-379.
- Δ. Κόλλιας, Διπλωματική Εργασία με θέμα: Τεχνικές Βαθιάς Μηχανικής Μάθησης και Γνώσης για Ανάλυση Συναισθήματος στην Αλληλεπίδραση Ανθρώπου Μηχανής, 2015.
- Κ. Γκιόκα, Ο. Γκιόκα, Διπλωματική Εργασία με θέμα: Εφαρμογή μηχανικής μάθησης στην ανάλυση άποψης κειμένων στο θεματικό τομέα των τουριστικών επιχειρήσεων, 2015.
- Κ. Σπηλιόπουλος, Διδακτορική διατριβή με θέμα: Σχεδιασμός Βιομηχανικών κυττάρων με τη χρήση μεθόδων μαθηματικού προγραμματισμού, 2000.
- Χρήστος Γ. Γκόγκος, Διδακτορική Διατριβή με θέμα: Αλγόριθμοι συνδυαστικής βελτιστοποίησης με έμφαση σε μεταερευτικές τεχνικές, 2009.

Ιστοσελίδες

- Optimization Solutions – Human Resources and Scheduling examples, <http://bit.ly/1MV10LI>
- ABC Roster, <http://www.abc-roster.com>
- 5 free Scheduling Softwares, <http://bit.ly/1NbSpDM>
- Snap Schedule Employee Scheduling Software, <http://www.bmscentral.com/products/schedule/overview.aspx>
- Autorota, <http://www.splinterware.com/products/autorota.htm>

- ClockIt-Online, <http://www.es-software.net/clockit-online/>
- Define and solve a problem by using Solver, <http://bit.ly/1Ok0BqM>
- LINDO™ Software for Integer Programming, Linear Programming, Nonlinear Programming, Stochastic Programming, Global Optimization, <http://www.lindo.com/>
- The Branch and Bound Method, <http://bit.ly/1HrVFP6>
- Linear Programming, <http://bit.ly/1XkzEJg>
- Mathematical Programming, <http://bit.ly/1Ok3hVd>
- Genetic Algorithms, http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol1/hmw/article1.html

Συντομογραφίες

AGIFORS	Airline Group of the International Federation of Operation Research Societies
CLP	Constraint Logic Programming
CP	Constraint Programming
FFN	Feed Forward Networks
GA	Genetic Algorithm
GRASP	Greedy Random Adaptive Search Procedure
LS	Local Search
NN	Neural Networks
ODBC	Open Data Base Connectivity
RN	Recurrent Networks
ROTA	Rotation of Task
SA	Simulated Annealing
TS	Tabu ή Taboo Search
VBA	Visual Basic for Application