

Το πρότυπο συνωστισμού «με ραντεβού» ως λειτουργικό μοντέλο σταθμών αυτοκινήτων εργαζόμενων σε μεγάλες εργασιακές μονάδες

Των Δρος Κων/νου ΚΟΝΤΕΣΗ, Καθηγητού
Δρος Λαζάρου ΒΡΥΖΙΔΗ, Καθηγητού
και Δρος Μιχαήλ ΚΟΝΤΕΣΗ

Του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά,
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Γενικό Τμήμα Μαθηματικών

Περίληψη

Έχει πλέον καταστεί κοινή αντίληψη από την επιστημονική κοινότητα, τους μηχανικούς και τους κατασκευαστές, ότι οι σταθμοί αυτοκινήτων μπορούν λειτουργικά να περιγραφούν ως συστήματα συνωστισμού. Στα πλαίσια αυτής της θεώρησης, η μελέτη της περίπτωσης των σταθμών αυτοκινήτων, που εξυπηρετούν αποκλειστικά τους εργαζόμενους σε μεγάλες εργασιακές μονάδες (π.χ. εργοστάσια, επιχειρήσεις, εργοτάξια, νοσοκομεία κ.ά.) είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα. Η ιδιαιτερότητα των σταθμών αυτού του τύπου είναι, ότι μπορούν να περιγραφούν ως χώροι συνωστισμού, όπου οι πελάτες προσέρχονται υπό μορφή «ραντεβού». Στην παρούσα εργασία, εξετάζεται η εφαρμογή του προτύπου συνωστισμού D/M/n ως το λειτουργικό μοντέλο σε τέτοιου είδους σταθμούς. Ο πρώτος σκοπός της μελέτης είναι να τυποποιήσει ένα κατασκευαστικό μοντέλο, με την εξέταση όλων των μαθηματικών χαρακτηριστικών της συγκεκριμένης ουράς (χρόνος αναμονής στο σύστημα και στην ουρά, μήκος ουράς κ.λ.) και την απόδοσή τους στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (αριθμός εισόδων-εξόδων σταθμού, αριθμός και χωροταξία θέσεων στάθμευσης κ.λ.).

1. Εισαγωγή

Πλειάδα ερευνητών [1, 2] έχει εξετάσει και προσπαθήσει να τυποποιήσει την λειτουργία των σταθμών αυτοκινήτων ως μοντέλα ουρών. Για αρκετά χρόνια, υπήρχε η -σχεδόν

**Πρωτόλειο αυτής της εργασίας παρουσιάστηκε και ανακοινώθηκε στο Διεθνές Συνέδριο INFORMS/KORMS, στη Σεούλ της Νότιας Κορέας, μεταξύ 17-21 Ιουνίου 2000, από τον πρώτο των Συγγραφέων.*

καθεστηκυία- άποψη, ότι οι σταθμοί αυτοκινήτων λειτουργούν βάσει του πρότυπου ουράς Poisson, πεποίθηση η οποία γίνεται εύκολα διαπιστώσιμη από την προϋπάρχουσα τεχνική βιβλιογραφία και τις τεχνικές οδηγίες. Από το 1993 (κυρίως) και ένθεν, όμως, ένας σεβαστός αριθμός διακεκριμένων Ερευνητών, κυρίως από την περιοχή της Εφαρμοσμένης Επιχειρησιακής Έρευνας, προσπάθησε να εφαρμόσει μοντέλα μη-Poisson σε θέματα Συγκοινωνιολογίας. Ως «σκαπανείς» αυτής της προσπάθειας μπορούν να αναφερθούν οι Van der Gout (1992) [3] και Laih Chen-Hsiu (1994).

Οι προσπάθειες αυτές απέδωσαν πραγματικά και μάλιστα με ορισμένα εντυπωσιακά αποτελέσματα. Ως χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την εργασία του Chen-Hsiu σχετικά με τα διόδια της πόλης του Τόκιο [4], όπου το προτεινόμενο μη-Poisson μοντέλο του Ερευνητή απέδωσε καταπληκτικά και καθιερώθηκε ως το λειτουργικό σύστημα ελέγχου των διοδίων. Από τότε, η εφαρμογή μοντέλων Poisson μειώθηκε δίνοντας χώρο σε άλλες προτάσεις μοντέλων, τα οποία προσφέρει γενναιόδωρα η Επιστήμη της Επιχειρησιακής Έρευνας.

Παρ' όλα τα αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα, τα διεθνή κατασκευαστικά πρότυπα δεν έχουν ακόμα υιοθετήσει τέτοιου είδους καινοτομίες. Θα μπορούσε κανείς να πει, ότι οι κατασκευαστές εμφανίζονται αναποφάσιστοι και δεν τολμούν να ενσωματώσουν τα νέα πρότυπα. Ένας πιθανός λόγος αυτής της απροθυμίας είναι και η έλλειψη αρκετών συστημάτων υποστήριξης απόφασης, τα οποία θα μπορούσαν να τους βοηθήσουν στη δοκιμή αυτών των προτύπων και στη πιθανή αποδοχή τους. Η τυποποίησή τους, μετέπειτα, θα ήταν μία απλή υπόθεση.

Η παρούσα εργασία έρχεται να αυξήσει και να εντατικοποιήσει τα εφόδια σε αυτή την περιεργή διεκκυστίδα, σε μία περιοχή τόσο ευαίσθητη, όπως είναι το ζήτημα της διαχείρισης της στάθμευσης. Εξετάζεται το πρότυπο D/M/n, με χώρο εφαρμογής τους σταθμούς αυτοκινήτων των εργαζομένων μεγάλων μονάδων, ένα πρότυπο, που ήδη έχει ενταχθεί στη βάση γνώσης του QuDeSS [5].

2. Γενικά χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου μοντέλου

Το εξεταζόμενο μοντέλο είναι ένα μη-Poisson μοντέλο, του οποίου τα γενικά χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα:

- Η κατανομή των αφίξεων των αυτοκινήτων λ είναι σταθερή ή εκφυλισμένη (degenerate).
- Η κατανομή των χρόνων εξυπηρέτησης μ ακολουθεί την εκθετική κατανομή.
- Ο σταθμός αυτοκινήτων έχει πεπερασμένο αριθμό εξυπηρετητών.
- Η προτεραιότητα εξυπηρέτησης (service discipline) είναι γενική.
- Ο πληθυσμός των αυτοκινήτων, που σταθμεύουν, είναι πεπερασμένος.

Επομένως, με βάση τη σημειολογία του Kendall, το μοντέλο περιγράφεται ως

D/M/n-GD/N/n1

Με την καθαρά μαθηματική έρευνα του συγκεκριμένου μοντέλου ασχολήθηκαν αρχικά ο D.G. Kendall (1958)[6] και ο Page E. (1972) [7], ενώ -λόγω της μαθηματικής του πολυπλοκότητας- οι Hillier F. και Yu O. [8] εφάρμοσαν μία αλγοριθμική υπολογιστική προσέγγισή του το 1981, με αποτέλεσμα τη παραγωγή πινάκων με τιμές για το χρόνο

αναμονής στην ουρά W_q και τη πιθανότητα ύπαρξης $\sum_{n=i}^{s-1} P_n$ πελατών στο σύστημα. Στην

επόμενη ενότητα ακολουθεί μία περιληπτική περιγραφή των μαθηματικών χαρακτηριστικών του μοντέλου, καθότι αυτά είναι απαραίτητα για την αντιστοίχιση των κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του σταθμού αυτοκινήτων. Επίσης, παρατίθενται και οι όποιες συνθήκες ή παραδοχές απαιτούνται για την εφαρμογή του μοντέλου.

3. Μαθηματικά χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου μοντέλου

Καθώς οι αφίξεις συμβαίνουν σε σταθερά χρονικά διαστήματα, ο υπολογισμός των εξισώσεων πιθανότητας καθοδηγείται από τη μεθοδολογία, που χρησιμοποιείται για σταθερούς χρόνους εξυπηρέτησης. Στη συγκεκριμένη, βέβαια περίπτωση, το χρονικό διάστημα είναι αυτό των σταθερών αφίξεων. Υποθέτουμε, επίσης πως η αρχή του διαστήματος είναι το χρονικό σημείο στο οποίο αφικνείται ο πρώτος πελάτης. Εάν λοιπόν θεωρήσουμε:

$P_i(j)$ = η πιθανότητα να υπάρχουν j -πελάτες στο σύστημα τη χρονική στιγμή t (η στιγμή άφιξης του πελάτη),

$d_j(i)$ = η πιθανότητα αναχώρησης i -πελατών στο σύστημα τη χρονική στιγμή t ,

α = μέσος χρόνος μεταξύ αφίξεων,

s = μέσος χρόνος εξυπηρέτησης,

p = η πιθανότητα ενός εξυπηρετητή να ολοκληρώσει την εξυπηρέτηση, τότε έχουμε τις παρακάτω εξισώσεις για τις πιθανότητες $P_i(j)$, $d_j(i)$.

$$P_{i+\alpha}(1) = \sum_{j=1}^{\infty} P_i(j)d_j(j)$$

$$P_{i+\alpha}(2) = \sum_{j=1}^{\infty} P_i(j)d_j(j-1)$$

$$P_{i+\alpha}(k) = \sum_{j=k-1}^{\infty} P_i(j)d_j(j-k+1)$$

$$k = 2, 3, \dots, \infty$$

Οι πιθανότητες $d_i(i)$, υπολογίζονται ξεχωριστά για $j \leq n$ και για $j > n$. Στη πρώτη περίπτωση, όλοι οι πελάτες θα έχουν εξυπηρετηθεί στην αρχή του χρονικού διαστήματος. Έτσι, όταν ένας εξυπηρετητής τελειώσει τις υπηρεσίες του, δεν θα συνεχίσει να εξυπηρετεί τυχόν άλλους πελάτες. Επομένως, η πιθανότητα να έχει ολοκληρώσει ένας εξυπηρετητής τις υπηρεσίες του είναι:

$$p = \int_0^{\alpha} \mu e^{-\mu t} dt = 1 - e^{-\alpha\mu} = 1 - e^{-\alpha/s}$$

Οι πιθανότητες $d_i(i)$, ακολουθώντας δυωνυμική κατανομή, ισούνται με:

$$d_j(i) = \binom{j}{i} p^i q^{j-i}$$

Για τη δεύτερη περίπτωση, είναι φανερό πως ορισμένοι πελάτες συνωστίζονται και, έτσι μόλις κάποιος εξυπηρετητής τελειώσει τις υπηρεσίες του αναλαμβάνει και νέους πελάτες. Απώτερος σκοπός είναι η μετάπτωση της λειτουργίας του συστήματος στη προηγούμενη περίπτωση, πάντα μέσα στο δεδομένο χρονικό διάστημα. Οι αντίστοιχες πιθανότητες $d_j(i)$ είναι:

$$d_j(i) = \left(\frac{n\alpha}{s} \right) \frac{e^{(-n\alpha)/s}}{i!}, i \leq j - n - 1$$

$$d_j(i) = \int_{t=0}^{\alpha} \frac{n}{s} \left(\frac{nt}{s} \right)^{j-n-1} \frac{e^{(-nt)/s}}{(j-n-1)!} \binom{n}{i-j+n} p(\alpha-t)^{i-j+n} q(\alpha-t)^{j-i} dt$$

για $i \geq j-n$, ενώ η πιθανότητα να έχει ολοκληρώσει ένας εξυπηρετητής τις υπηρεσίες του είναι:

$$p(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - q(t)$$

Όπως έχει ήδη αποδειχθεί [6], οι πιθανότητες $P(j)$ ακολουθούν γεωμετρική πρόοδο για τιμές του $j > n-1$. Έχει ισχύει αντίστοιχα για $j \leq n-1$ και $j > n-1$:

$$P(j) = \mu_j / K$$

$$P(j) = \lambda^{j-n} / K$$

$$K = \sum_{j=1}^{n-1} \mu_j + 1/(1-\lambda)$$

ενώ το λ ισούται με $\lambda = e^{-(1-\lambda)na/s}$. Οι ποσότητες μ_j υπολογίζονται, όπως έχει αποδειχθεί [7], βάσει των πιθανοτήτων $d_j(i)$. Μετά τους παραπάνω υπολογισμούς, είναι εφικτός ο υπολογισμός των μαθηματικών χαρακτηριστικών του μοντέλου:

1. Πιθανότητα ένας πελάτης να μην περιμένει = $\sum_{j=1}^n P(j) = c = (1 + \sum \mu_j) / K$
2. Πιθανότητα να μην υπάρχουν πελάτες σε αναμονή = $\sum_{j=1}^{n+1} P(j) = (\lambda + 1 + \sum \mu_j) / K$
3. Η κατανομή του χρόνου αναμονής = $f(t) = re^{-\lambda t} : r = \frac{n}{s}(1-\lambda)$ και τέλος,
4. Ο μέσος χρόνος αναμονής = $\frac{s(1-c)}{n(1-\lambda)}$

4. Εφαρμογή του μοντέλου στους σταθμούς αυτοκινήτων

Για τους σταθμούς αυτοκινήτων των εργαζομένων σε μεγάλες μονάδες, η διεθνής βιβλιογραφία [8, 9] έχει τυποποιήσει κάποιες παραμέτρους, οι οποίες πρέπει να τηρούνται

και ορισμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά, τα οποία παρατηρούνται αποκλειστικά σε αυτούς. Αυτά τα στοιχεία, η ιδιομορφία και η ιδιαιτερότητά τους αποτέλεσαν και το έναυσμα για τη παρούσα εργασία. Είναι τέτοια η συμπεριφορά τους, που υπαγορεύουν την εφαρμογή του υπό εξέταση μοντέλου. Πραγματικά, στην ακόλουθη λίστα θα αποδειχθεί και πρακτικά το χτίσιμο του παραπάνω μοντέλου από την ίδια τη φύση των συγκεκριμένων σταθμών. [10]

Κατασκευαστικές νόρμες

Κάθε σταθμός έχει είτε κοινές ή ξεχωριστές εισόδους και εξόδους.	Πεπερασμένος αριθμός εξυπηρετητών.
Η είσοδος των οχημάτων των εργαζομένων είναι ελεγχόμενη και αποκλειστικά μόνο για τους ίδιους. Ο έλεγχος γίνεται είτε από υπαλλήλους, είτε από συστήματα αυτομάτου ελέγχου.	α. Πεπερασμένος πληθυσμός των πελατών β. Μέγιστος πιθανός αριθμός πελατών σε αναμονή ή /και στο σύστημα.
Στη πλειονότητα των περιπτώσεων, η είσοδος και η έξοδος του εργαζομένου από το σταθμό είναι και τα όρια του ωραρίου του.	Είναι γνωστοί ο ακριβής χρόνος άφιξης και αναχώρησης κάθε εργαζομένου, επομένως γνωστοί και οι χρόνοι εξυπηρέτησης.
Οι σταθμοί πρέπει να είναι έτσι χωροθετημένοι, ώστε κάθε εργαζόμενος να έχει τον προσωπικό του χώρο στάθμευσης ή, εναλλακτικά, το δικό του τομέα στάθμευσης.	Μόλις εξυπηρετηθεί η είσοδος κάθε οχήματος, το όχημα ουσιαστικά εξέρχεται του συστήματος εξυπηρέτησης.

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, όμως, είναι αυτά, που ουσιαστικά υπαγορεύουν την εφαρμογή του μοντέλου D/M/n. Μία ενδελεχής ενατένιση της βιβλιογραφίας [11] και του ωραρίου σε τέτοιους σταθμούς οδηγεί σε μία απλή διαπίστωση. Οι αφίξεις των εργαζομένων γίνονται σε σταθερά χρονικά διαστήματα και δίνουν την εντύπωση της ύπαρξης ενός τύπου ραντεβού. Πραγματικά, ο παρακάτω πίνακας αποτελεί μία τυποποιημένη ροή αφίξεων ή χρονοδιάγραμμα εργασίας σε μία τυπική εργασιακή μονάδα:

Τάξη άφιξης	Χαρακτηριστικά αφικνούμενης ομάδας εργαζομένων
1	Εργαζόμενοι, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την λειτουργία του σταθμού
2	Απλοί εργαζόμενοι και διοικητικό προσωπικό
3	Μεσαία στελέχη
4	Υψηλά στελέχη

Στην ουσία, ο παραπάνω πίνακας δεν αποτελεί χρονοδιάγραμμα εργασίας (από την άποψη της απουσίας του χρονικού στοιχείου). Περισσότερο αποτελεί ένα πίνακα οργάνωσης αφίξεων, ο οποίος περιγράφει τις ομάδες των αφίξεων και τη σειρά εμφάνισής τους. Μία ομαδοποίηση και οργάνωση των εργαζομένων με κοινό γνώμονα τη θέση και το είδος της εργασίας τους μέσα στην επιχείρηση ήταν το εργαλείο για την κατασκευή του πίνακα. Κάθε μία από αυτές τις ομάδες αφικνείται και αναχωρεί σε σταθερά χρονικά διαστήματα και μάλιστα απολύτως προκαθορισμένα. Κάθε μέλος των ομάδων υποχρεούται να ακολουθεί αυστηρά το παραπάνω χρονοδιάγραμμα, αφού αυτό αποτελεί και τον κανονισμό εργασίας της επιχείρησης.

Είναι λοιπόν φανερό, ότι οι αφίξεις και αναχωρήσεις των ομάδων εργασίας δεν είναι ανεξάρτητες (κατανομή Poisson) αλλά ακολουθούν ένα γενικό κανόνα, που περιγράφεται στον πίνακα. Μπορεί η άφιξη/αναχώρηση κάθε μέλους της ομάδας να είναι ανεξάρτητη από αυτή ενός άλλου μέλους, όμως οι αντίστοιχες των ομάδων είναι δεδομένες και ακολουθούν εκφυλισμένη κατανομή, η οποία υπαγορεύεται από τη Διοίκηση της επιχείρησης. Επομένως, το ιδιόμορφο μαθηματικό χαρακτηριστικό του μοντέλου επαληθεύεται. Οι αφίξεις πραγματοποιούνται υπό τύπον ραντεβού: σταθερός χρόνος άφιξης και αναχώρησης.

Απτή απόδειξη της παραπάνω θεώρησης αποτελεί και ένα απλό αριθμητικό παράδειγμα. Για ένα σταθμό μίας επιχείρησης που διαθέτει δύο εισόδους και ένα ρυθμό αφίξεων $\rho=0.10$, η εφαρμογή του μοντέλου Poisson δίνει πιθανότητα να μην υπάρξει όχημα στο σύστημα $P(0)=0.68$ ενώ το μοντέλο D/M/n, αντίστοιχα $P(0)=0,001$ [12]. Είναι προφανής η ορθή εφαρμογή του μοντέλου.

5. Συμπεράσματα

Η εφαρμογή του μοντέλου είναι ευέλικτη και σχετίζεται απόλυτα με την οργανωτική δομή της εκάστοτε εταιρίας ή επιχείρησης. Οι χρόνοι άφιξης μεταξύ των ομάδων των εργαζομένων υπαγορεύονται από το χρονοδιάγραμμα ωραρίου, που έχει θεσπίσει η Διοίκηση. Επίσης, ο αριθμός των ομάδων και η τάξη άφιξης και αναχώρησης είναι ξεχωριστοί για κάθε περίπτωση μελέτης.

Το πιο σημαντικό όμως στοιχείο, καλύτερα εφόδιο, που μας δίνει η εφαρμογή του μοντέλου D/M/n είναι οι κατευθύνσεις, που πηγάζουν από τη φύση του μοντέλου. Επιγραμματικά, κάποιες από αυτές, ίσως οι κυριότερες εάν όχι οι πλέον χρήσιμες θα μπορούσαν να είναι οι κάτωθι:

Μετά την άφιξη και της τελευταίας ομάδας εργαζομένων, οι εξυπηρετητές του σταθμού καθίστανται ανενεργοί. Είναι λοιπόν εφικτή η αποδέσμευση όλων πλην ενός, ο οποίος θα εξυπηρετεί τυχόν αφίξεις ή αναχωρήσεις εκτός προγράμματος. Λίγο πριν την προγραμματισμένη έναρξη των αναχωρήσεων, και οι υπόλοιποι εξυπηρετητές επανεντάσσονται στο σύστημα του σταθμού.

Οι αφίξεις και οι αναχωρήσεις ακολουθούν την ίδια κατανομή. Επομένως, είναι δυνατός ο σχεδιασμός του χώρου αναμονής του σταθμού με βάση τη μεγαλύτερη σε πλήθος ομάδα, ώστε ο σταθμός να λειτουργεί χωρίς κανένα πρόβλημα συνωστισμού και χωρίς να επηρεάζει τον εξωτερικό χώρο του σταθμού.

Είναι δυνατός ο σχεδιασμός και η χωροταξική οργάνωση του χώρου του σταθμού βάση των ομάδων των εργαζομένων. Έτσι, κάθε ομάδα και (πιθανόν) κάθε μέλος της έχει τον προσωπικό χώρο στάθμευσής του, χωρίς να αναμειγνύεται με άλλες ομάδες.

Const. GE. ATHANASSOPOULOS

Professor in the Department of Urb. and Region.

Devel., Panteion Univers., Athens

THE INSTITUTIONAL FRAMEWORK
OF REGIONAL DEVELOPMENT

Volume I
4rd edition
Athens, 2000

Volume II
4rd edition
Athens, 2000

Στην περίπτωση κοινής εισόδου και εξόδου και με γνώμονα τον πίνακα αφίξεων, η ομάδα, που αναχωρεί πρώτη σταθμεύει πλησίον του χώρου αυτού. Οι υπόλοιπες ομάδες ακολουθούν κατά τάξη. Σε περίπτωση ξεχωριστών εισόδων και εξόδων, ο χώρος στάθμευσης οργανώνεται από την έξοδο κατά τάξη.

Εάν λοιπόν υπάρξει μία στοιχειώδης οργάνωση και συντονισμός, είναι δυνατή η οργάνωση του χώρου στάθμευσης με τέτοιο τρόπο, ώστε ο χρόνος μεταξύ της άφιξης του εργαζόμενου και της έναρξης της εργασίας του να είναι ο ελάχιστος. Εν κατακλείδι, ο σχεδιαστής-μελετητής ενός τέτοιου σταθμού έχει μία πλέον τυποποιημένη μελέτη να φέρει εις πέρας με την εφαρμογή του μοντέλου D/M/n, γνωρίζοντας ελάχιστα στοιχεία μαθηματικού περιεχομένου και χωρίς, στην ουσία, να χρειαστεί να πραγματοποιήσει μετρήσεις κυκλοφοριακών μεγεθών. Το μόνο απαραίτητο εργαλείο είναι ένα υπολογιστικό βοήθημα, ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για τον υπολογισμό των απαραίτητων μεγεθών.

Βιβλιογραφία

1. Moores, B., Bolton, C. and Fung, A. (1988): *Patients, Parking and paying, OR Insight, 1.9.13*
2. Shalmon, M. and Kaplan, M. (1984): *A tandem network of queues with deterministic service and intermediate arrivals. Operations Research, 32, 753-773.*
3. Goot, D. van der (1992): *A model to describe the choice of parking places. Transportation Research A, 16A-2.*
4. Chen-Hsiu, L. (1994): *Queueing at a bottleneck with single and multi-step tolls. Transportation Research, A, 28A-3.*
5. Kontesis, K., Vryzides, L. and Demopoulos, K. (1999): *A queueing decision support system for parking stations «QUDESS». Applied Research Review, Iv-1, 245-254.*
6. Kendall, D.G. (1953): *Stochastic Processes occurring in the theory of Queues and their analysis by the method of the imbedded Markov Chain. Annals of Mathematics and Statistics, 24 (pp 338-354).*
7. Page, E. (1972): *Queueing theory in OR. Butterworth & Co. (Publishers) Ltd.*
8. Hillier, F. and Yu, O. (1981): *Queueing tables and graphs. Elsevier Science Publ.*
9. R.S.Means (2000). *Building Construction Data, R.S. Means Co.*
10. Papacostas, C., and Prevedouros, P. (1993): *Transportation Engineering and Planning (2nd edition), Prentice Hall. Η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει πως, εάν στο χώρο στάθμευσης επιτρεπόταν και η στάθμευση μη εργαζομένων (πελατών, επισκεπτών), τότε η αποδοκότητά τους μειώνεται λόγω του αυξημένου χρόνου αναζήτησης θέσης στάθμευσης.*
11. Winston, W. (1994). *Operations Research - Applications and Algorithms. Duxbury Press.*
12. Hillier, F. and Lieberman, G. (1995): *Introduction to Operations Research.(6th edition) McGraw-Hill.*