

5

καταμερισμός στα μεταφορικά μέσα

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΜΕΣΑ :

εισαγωγή

το υπό διερεύνηση θέμα :

πόσες μετακινήσεις από την ζώνη i στην ζώνη j γίνονται με κάθε μεταφορικό μέσο?

↓
Ανάλυση κατά ζώνη

↓
Αθροιστικά μοντέλα
(*aggregate models*)

Ποιο μεταφορικό μέσο θα επιλέξει ένας μετακινούμενος που πηγαίνει από την ζώνη i στη ζώνη j ?

Ποια είναι η πιθανότητα ότι θα επιλέξει το μεταφορικό μέσο m ?

↓
Ανάλυση κατά άτομο

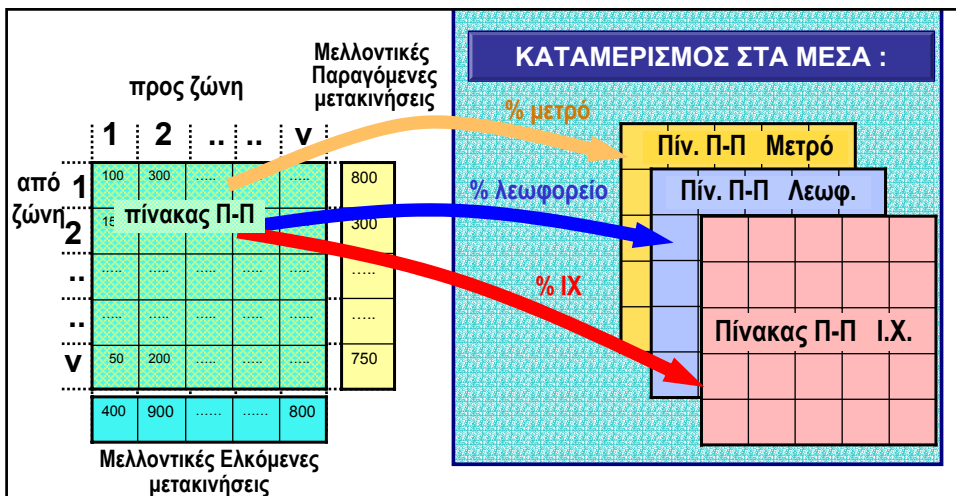
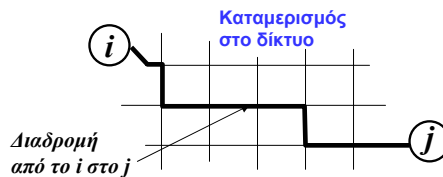
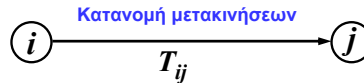
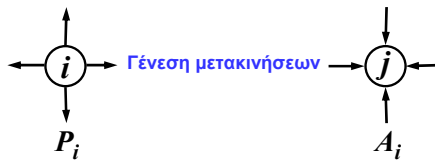
↓
Εξατομικευμένα μοντέλα
(*disaggregate models*)

↓
Μοντέλα διακριτών επιλογών
Θεωρία μεγιστοποίησης της ωφέλειας

Καταμερισμός στα μέσα

Η διαδικασία με την οποία, για κάθε ζεύγος Π-Π εκτιμάται:

- Πόσες μετακινήσεις γίνονται με κάθε μεταφορικό μέσο
- Ο πίνακας Π-Π για κάθε μεταφορικό μέσο



- Διευκρινίζεται ότι τα ποσοστά χρήσης κάθε μεταφορικού μέσου δεν υπολογίζονται για το σύνολο του πίνακα Π-Π αλλά για κάθε κελί του πίνακα ξεχωριστά.
- Όπως θα δείξουμε στην συνέχεια, το ποσοστό των μετακινούμενων που χρησιμοποιεί το κάθε μέσο εξαρτάται από την επίπεδο της εξυπηρέτησης του προσφέρει το κάθε μέσο. Το επίπεδο αυτό ποικίλει ανάλογα με το ζεύγος Π-Π.

Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή μέσου

- ❑ Χαρακτηριστικά του μετακινούμενου
- ❑ Χαρακτηριστικά της μετακίνησης
- ❑ Χαρακτηριστικά του μεταφορικού συστήματος

Χαρακτηριστικά του μετακινούμενου

- Εισόδημα
- Αριθμός διαθέσιμων ΙΧ αυτοκινήτων, κατοχή άδειας οδήγησης
- Δομή του νοικοκυριού και μέγεθος οικογένειας
- φύλο
- Πυκνότητα δόμησης

Χαρακτηριστικά μετακίνησης

- Ο προορισμός της μετακίνησης
- Ώρα κατά την διάρκεια της ημέρας
- Σκοπός της μετακίνησης

Χαρακτηριστικά του μεταφορικού συστήματος

- Κόστος μετακίνησης
 - Άμεσα κόστη
 - Κόμιστρο
 - Κόστος καυσίμου
 - Κόστος στάθμευσης
 - Διόδια
- Χρόνος μετακίνησης
 - Εντός του οχήματος
 - Εκτός του οχήματος:
 - ΙΧ
 - Χρόνος προς και από θέση στάθμευσης ΙΧ
 - Μέσα Μαζικής Μεταφοράς
 - Χρόνος πρόσβασης (από σημείο προέλευσης σε στάση και από στάση σε τελικό προορισμό)
 - Χρόνος αναμονής (συχνότητα δρομολογίων)
 - Χρόνος μετεπιβίβασης
- Αξιοπιστία
- Άνεση / ευκολία
- Διαθεσιμότητα / προσιτότητα

Μέθοδοι ανάλυσης του καταμερισμού στα μέσαΑθροιστικά μοντέλα

- Μοντέλα καταμερισμού στα άκρα στα άκρα της μετακίνησης (*trip end models*)
- Μοντέλα καταμερισμού μετακινήσεων με καμπύλες καταμερισμού (*diversion curves models*)
- Συνθετικά Μοντέλα καταμερισμού των μετακινήσεων ανά ζεύγος Π-Π - τύπου λογιστικής συνάρτησης (*logit models*)

Εξατομικευμένα μοντέλα

- Μοντέλα διακριτών επιλογών - εξατομικευμένα μοντέλα (*discrete choice models*)

Τα μοντέλα διακριτών επιλογών, αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για την προτυποποίηση της επιλογής του μεταφορικού μέσου, αλλά εφαρμόζονται σε κάθε πρόβλημα επιλογής που αντιμετωπίζουν οι μετακινούμενοι, δηλ. απόφαση για μετακίνηση ή όχι (γένεση), επιλογή προορισμού (κατανομή), επιλογή μέσου (καταμερισμός στα μέσα), επιλογή διαδρομής (καταμερισμός στο δίκτυο).

Αθροιστικά μοντέλα καταμερισμού στα μέσα

Μοντέλα καταμερισμού στα άκρα της μετακίνησης (trip end models)

- Είναι τα πρώτα μοντέλα καταμερισμού στα μέσα και χρησιμοποιήθηκαν στις ΗΠΑ για πρώτη φορά την δεκαετία 1950.
- Βασίζονται στην υπόθεση ότι τα χαρακτηριστικά του μετακινούμενου είναι αυτά που καθορίζουν τις επιλογές που κάνει. Συνεπώς τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνταν αμέσως μετά την φάση της γένεσης των μετακινήσεων. Έτσι στην περίπτωση ενός μοντέλου γένεσης με την μέθοδο της ανάλυσης ανά κατηγορίες, για κάθε κατηγορία υπολογίζεται και το ποσοστό χρήσης κάθε μεταφορικού μέσου.
- Η άποψη που επικρατούσε ήταν ότι καθώς αυξάνεται το εισόδημα, αυξάνεται η ιδιοκτησία και συνεπώς και η χρήση του ΙΧ αυτοκινήτου.
- Τα μοντέλα συσχέτιζαν την επιλογή του μέσου, με το εισόδημα, την ιδιοκτησία αυτοκινήτου και την οικιστική πυκνότητα.
- Δίνουν αξιόπιστες βραχυπρόθεσμες προβλέψεις όταν τα χαρακτηριστικά των μέσων μαζικής μεταφοράς είναι ομοιόμορφα στην περιοχή μελέτης και η περιοχή δεν εμφανίζει φαινόμενα κυκλοφοριακής συμφόρησης.
- Το κύριο μειονέκτημα τους είναι ότι δεν είναι ευαίσθητα σε αλλαγές των χαρακτηριστικών του μεταφορικού συστήματος και ως εκ τούτου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση διαφορετικών μέτρων, όπως πχ. βελτίωση των ΜΜΜ, περιορισμοί στάθμευσης, χρέωση για χρήση του οδικού δικτύου κλπ, και ως εκ τούτου δεν χρησιμοποιούνται πλέον.

Μοντέλα καταμερισμού της ανταλλαγής μετακινήσεων με καμπύλες καταμερισμού (*trip interchange diversion curve models*)

- ❑ Τα πρώτα μοντέλα καταμερισμού στα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν σε συγκοινωνιακές μελέτες στην Ευρώπη, και εφαρμόστηκαν μετά το στάδιο της κατανομής των μετακινήσεων
- ❑ Λαμβάνουν υπόψη τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων αλλά όχι τα χαρακτηριστικά των μετακινούμενων. Το χαρακτηριστικό της μετακίνησης που χρησιμοποιείται είναι ο χρόνος εντός του οχήματος.
- ❑ Τα μοντέλα χρησιμοποιούν καμπύλες που δίνουν το ποσοστό χρήσης κάθε μέσο σαν συνάρτηση της διαφοράς (ή του λόγου) του χρόνου/κόστους μετακίνησης του συγκεκριμένου μέσου από τον χρόνο/κόστος διαδρομής του ανταγωνιστικού μέσου. Οι καμπύλες προκύπτουν από την ανάλυση στοιχείων κυκλοφοριακών ερευνών και έχουν σιγμοειδή μορφή.
- ❑ Τα μοντέλα δεν βασίζονται σε κάποια θεωρία ανάλυσης των επιλογών και είναι αμφίβολη η αξιοπιστία των προβλέψεων. Δεν χρησιμοποιούνται πλέον.

Μοντέλο
καμπυλών
καταμερισμού
απλής
στρωματοποίησης



Συνθετικά μοντέλα τύπου λογιστικής συνάρτησης - logit

Συνθετικά Μοντέλα καταμερισμού των μετακινήσεων ανά ζεύγος Π-Π - τύπου λογιστικής συνάρτησης (logit models)

- Η μορφή των μοντέλων προέκυψε από την ανάλυση της κατανομής των μετακινήσεων με χρήση της θεωρίας της μεγιστοποίησης της εντροπίας του συστήματος. Σύμφωνα με την μέθοδο μεγιστοποίησης της εντροπίας του συστήματος, ο πίνακας Π-Π ανά μεταφορικό μέσο προκύπτει από την επίλυση του προγράμματος μεγιστοποίησης:

$$Max \left(- \sum_{ijk} (T_{ij}^k \cdot \log T_{ij}^k - T_{ij}^k) \right)$$

Κάτω από τις συνθήκες

$$\sum_{jk} T_{ij}^k = O_i \quad \sum_{ik} T_{ij}^k = D_j \quad \sum_{ijk} T_{ij}^k \cdot c_{ij}^k = C$$

T_{ij}^k , c_{ij}^k Είναι ο αριθμός των μετακινήσεων, και το κόστος αντίστοιχα από την ζώνη i στην ζώνη j με το μεταφορικό μέσο k

Συνθετικά Μοντέλα καταμερισμού των μετακινήσεων ανά ζεύγος Π-Π - τύπου λογιστικής συνάρτησης (logit models)

- Η επίλυση του προγράμματος μεγιστοποίησης έδειξε ότι η πιθανότητα επιλογής ενός μεταφορικού μέσου μπορεί να εκφρασθεί με μια συνάρτηση σιγμοειδούς μορφής του τύπου λογιστικής συνάρτησης

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(\lambda \cdot x)}$$

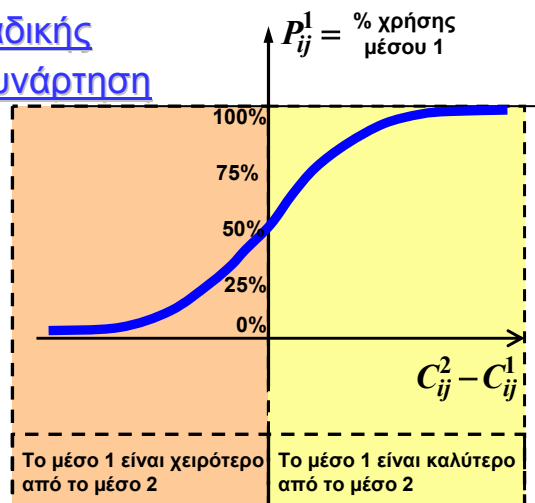
Αθροιστικό Μοντέλο δυαδικής επιλογής με λογιστική συνάρτηση

Οι καμπύλες διαχωρισμού έχουν την μορφή μιας σιγμοειδούς συνάρτησης και μπορούν να προτυποποιηθούν χρησιμοποιώντας την λογιστική συνάρτηση

$$P_{ij}^1 = \frac{1}{1 + \exp(-\lambda \cdot [C_{ij}^2 - C_{ij}^1])}$$

Όπου

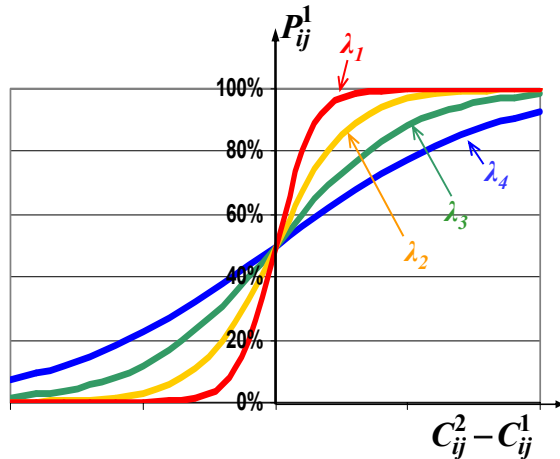
P_{ij}^1 το % των μετακινούμενων μεταξύ i και j που χρησιμοποιούν το μέσο 1
 C_{ij}^1, C_{ij}^2 τα γενικευμένα κόσθη μετακίνησης με το μέσο 1 και 2, αντίστοιχα



$$P_{ij}^1 = \frac{1}{1 + \exp(-\lambda \cdot [C_{ij}^2 - C_{ij}^1])}$$

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4$$

- Η τιμή της παραμέτρου λ καθορίζει την διασπορά της λογιστικής συνάρτησης



- Μεγαλύτερες τιμές του λ αντιπροσωπεύουν μετακινούμενους που είναι περισσότερο ευαίσθητοι στο γενικευμένο κόστος μετακίνησης, δηλ. μια μικρή διαφορά κόστους έχει σαν συνέπεια μια μεγάλη διαφορά στα ποσοστά που χρησιμοποιούν το κάθε μέσο

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ:

ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ

Το γενικευμένο κόστος μετακίνησης εκφράζει την συνολική επιβάρυνση που δέχεται ο μετακινούμενος όταν κάνει μια μετακίνηση. Η επιβάρυνση αυτή οφείλεται κυρίως στον χρόνο που ξοδεύει για να κάνει την μετακίνηση και στο χρηματικό κόστος της μετακίνησης. Συνήθως εκφράζεται σαν γραμμική συνάρτηση των χαρακτηριστικών της μετακίνησης.

$$c_{ij} = a_1 \cdot t_{ij}^v + a_2 \cdot t_{ij}^w + a_3 \cdot t_{ij}^t + a_4 \cdot t_{ij}^n + a_5 \cdot F_{ij} + a_6 \cdot \phi_j + \delta$$

t_{ij}^v ο χρόνος εντός του οχήματος

t_{ij}^w ο χρόνος πρόσβασης (προς και από στάση)

t_{ij}^t ο χρόνος αναμονής στην στάση

t_{ij}^n ο χρόνος μετεπιβίβασης

F_{ij} το χρηματικό κόστος (κόμιστρο, καύσιμο)

ϕ_j το κόστος στο τερματικό σταθμό (π.χ. παρκινγκ)

δ άλλη επιβάρυνση που σχετίζεται με το μέσο (π.χ. άνεση)

Γενικευμένο κόστος μετακίνησης

$$c_{ij} = a_1 \cdot t_{ij}^v + a_2 \cdot t_{ij}^w + a_3 \cdot t_{ij}^t + a_4 \cdot t_{ij}^n + a_5 \cdot F_{ij} + a_6 \cdot \phi_j + \delta$$

- Ο όρος γενικευμένο κόστος μετακίνησης, προέρχεται από το γεγονός ότι οι συντελεστές a_1 , a_2 , a_3 και a_4 των διαφόρων συνιστωσών του χρόνου μετακίνησης συνήθως εκφράζουν την αξία του χρόνου.
- Η αξία του χρόνου (που θα αναλύσουμε σε επόμενο κεφάλαιο) εκφράζει το πόσο πολύτιμος είναι ο χρόνος για ένα μετακινούμενο, δηλ. τι ποσό είναι διατεθειμένος να πληρώσει για να μειώσει τον χρόνο μετακίνησης του κατά μία μονάδα χρόνου.
- Όταν οι συντελεστές a_1 , a_2 , a_3 και a_4 τις σχετικές αξίες χρόνου, και οι συντελεστές F_{ij} και ϕ_j είναι ίσοι με την μονάδα, το γενικευμένο κόστος εκφράζει την επιβάρυνση που προκαλεί η μετακίνηση σε μονάδες χρήματος.

Βαθμονόμηση αθροιστικού μοντέλουδυναμική επιλογής με λογιστική συνάρτηση

- Αν θεωρήσουμε ότι οι συντελεστές α της συνάρτησης του γενικευμένου κόστους είναι γνωστοί από άλλες μελέτες, το αντικείμενο της διαδικασίας βαθμονόμησης είναι να
 - προσδιορίσει τις τιμές της παραμέτρου διασποράς λ και της σταθεράς δ του κάθε μέσου, έτσι ώστε τα αποτελέσματα του μοντέλου να προσεγγίζουν όσο το δυνατό περισσότερο τα ποσοστά χρήσης του κάθε μέσου που έχουν προκύψει από κυκλοφοριακές έρευνες

- Τα ποσοστά των μετακινούμενων που χρησιμοποιούν κάθε ένα από τα δύο εναλλακτικά μέσα είναι:

$$P_{ij}^1 = \frac{1}{1 + \exp(-\lambda \cdot [C_{ij}^2 + \delta - C_{ij}^1])}$$

$$P_{ij}^2 = 1 - P_{ij}^1 = \frac{\exp(-\lambda \cdot [C_{ij}^2 + \delta - C_{ij}^1])}{1 + \exp(-\lambda \cdot [C_{ij}^2 + \delta - C_{ij}^1])}$$

Οι συντελεστές α του γενικευμένου κόστους είναι γνωστοί αλλά η χαρακτηριστική σταθερά δ του μέσου δεν είναι

- Λαμβάνοντας τον λόγο των δύο παραπάνω ποσοστών

$$\frac{P_{ij}^1}{(1 - P_{ij}^1)} = \frac{1}{\exp(-\lambda \cdot [C_{ij}^2 + \delta - C_{ij}^1])} = \exp(\lambda \cdot [C_{ij}^2 + \delta - C_{ij}^1])$$

- Λογαριθμίζοντας, έχουμε την ακόλουθη σχέση

$$\log[P_{ij}^1 / (1 - P_{ij}^1)] = \lambda \cdot [C_{ij}^2 - C_{ij}^1] + \lambda \cdot \delta$$

- Για κάθε ζεύγος Π-Π μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγεθος

$$\log[P_{ij}^{*1} / (1 - P_{ij}^{*1})]$$

όπου P_{ij}^{*1} το πραγματικό ποσοστό χρήσης του μέσου 1 όπως προκύπτει από τα στοιχεία των κυκλοφοριακών ερευνών.

- Επομένως οι τιμές των παραμέτρων λ και δ μπορούν να προσδιορισθούν με την μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης,

όπου η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι η διαφορά $[C_{ij}^2 - C_{ij}^1]$

και εξαρτημένη μεταβλητή το μέγεθος $\log[P_{ij}^{*1} / (1 - P_{ij}^{*1})]$

- Η αντιστοιχία με την γενική σχέση της απλής παλινδρόμησης:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1$$

$$\log[P_{ij}^1 / (1 - P_{ij}^1)] = \lambda \cdot \delta + \lambda \cdot [C_{ij}^2 - C_{ij}^1]$$

- Εάν οι τιμές των παραμέτρων α του γενικευμένου κόστους δεν είναι γνωστές τότε μπορούν να υπολογισθούν αναπτύσσοντας ένα πολυπαραμετρικό μοντέλο, αντικαθιστώντας την συνάρτηση του γενικευμένου κόστους στην παραπάνω σχέση. Σε αυτή την περίπτωση οι παράμετροι του μοντέλου υπολογίζονται με την μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, όπου η ανεξάρτητη μεταβλητή εκφράζεται με την σχέση:

$$\log[P_{ij}^1 / (1 - P_{ij}^1)] = \lambda \cdot \delta + \lambda \cdot a_1 \cdot (t_{ij}^{2v} - t_{ij}^{1v}) + \lambda \cdot a_2 \cdot (t_{ij}^{2w} - t_{ij}^{1w}) + \lambda \cdot a_3 \cdot (t_{ij}^{2t} - t_{ij}^{1t}) + \dots$$

Παράδειγμα

Στοιχεία από τον καταμερισμό των μετακινήσεων για 5 ζεύγη Π-Π δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

P1, P2 : το ποσοστό χρησιμοποίησης (ή η πιθανότητα επιλογής) του μέσου 1 και 2 αντίστοιχα,

C1, C2 : η συνιστώσα του γενικευμένου κόστους μετακίνησης (με το μέσο 1 και 2 αντίστοιχα) που υπολογίζεται με βάση τα χαρακτηριστικά του κάθε μέσου που μπορούν να μετρηθούν (δηλ. χρόνος και κόστος μόνο, και δεν περιλαμβάνει την σταθερά που αντιπροσωπεύει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μέσου που δεν είναι δυνατόν να μετρηθούν αλλά επηρεάζουν τις επιλογές των μετακινούμενων π.χ. άνεση, ασφάλεια κλπ)

Να προσδιορισθεί το μοντέλο καταμερισμού, και να εκτιμηθεί η επίπτωση στον καταμερισμό στα μέσα που θα έχει μια μείωση του γενικευμένου κόστους του μέσου 2 κατά 25%.

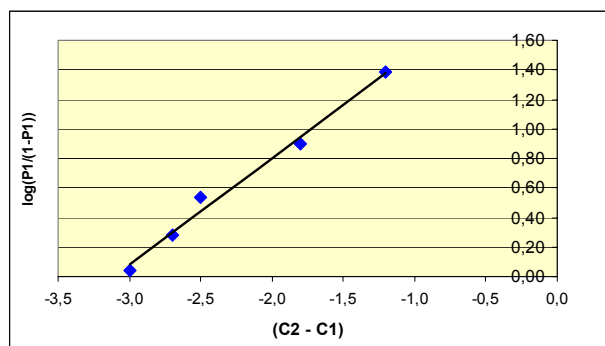
Ζεύγος Π-Π	P1(%)	P2(%)	C1	C2
1	51%	49%	21,0	18,0
2	57%	43%	15,8	13,1
3	80%	20%	15,9	14,7
4	71%	29%	18,2	16,4
5	63%	37%	11,0	8,5

Παράδειγμα

Για κάθε ζεύγος Π-Π υπολογίζονται οι τιμές $\log[P1/(1-P1)]$ και η διαφορά του γενικευμένου κόστους μετακίνησης με τα δύο μέσα (C2-C1).

Ζεύγος Π-Π	P1(%)	P2(%)	C1	C2	$\log[P1/(1-P1)]$	C2-C1
1	51%	49%	21,0	18,0	0,04	-3,0
2	57%	43%	15,8	13,1	0,28	-2,7
3	80%	20%	15,9	14,7	1,39	-1,2
4	71%	29%	18,2	16,4	0,90	-1,8
5	63%	37%	11,0	8,5	0,53	-2,5

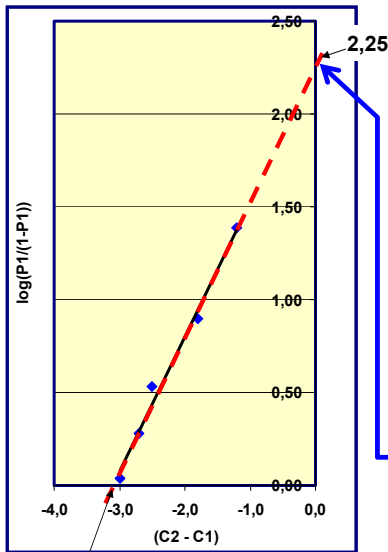
αντί για το γενικευμένο κόστος μετακίνησης συνήθως δίδονται οι συνιστώσες του χρόνου μετακίνησης (πχ. εντός οχήματος, αναμονής κλπ) και του κόστους μετακίνησης (πχ. κόμιστρο, διόδιο κλπ) και οι αντίστοιχοι συντελεστές. Από αυτά τα στοιχεία μπορεί να υπολογισθεί το γενικευμένο κόστος μετακίνησης.



Οι τιμές των παραμέτρων υπολογίζονται με εφαρμογή της μεθόδου γραμμικής παλινδρόμησης.

$$\lambda = 0,721$$

$$\lambda \cdot \delta = 2,242 \Rightarrow \delta = 3,11$$



Σε απλές μορφές μοντέλων, όταν οι τιμές των συντελεστών της συνάρτησης του γενικευμένου κόστους δίδονται, και ζητείται να υπολογισθούν

- α) η παράμετρος της διασποράς της λογιστικής συνάρτησης λ , και
- β) η σταθερά του μέσου δ ,

μια καλή προσέγγιση των τιμών λ και δ μπορεί να υπολογισθεί γραφικά, όπως σε ένα πρόβλημα απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Η τιμή του λ είναι η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης και τιμή του $\lambda \cdot \delta$ ορίζεται από το σημείο στο οποίο η γραμμή παλινδρόμησης τέμνει τον άξονα $\log(P1/(1-P1))$

$$\lambda \cdot \delta = 2,25, \quad \lambda = 2,25/3,1$$

Γενική μορφή των μοντέλων επιλογής με λογιστική συνάρτηση

Τα μοντέλα δυαδικής επιλογής με βάση την λογιστική συνάρτηση :

$$P_{ij}^1 = \frac{1}{1 + \exp(-\lambda \cdot [C_{ij}^2 + \delta - C_{ij}^1])}$$

$$P_{ij}^2 = 1 - P_{ij}^1 = \frac{\exp(-\lambda \cdot [C_{ij}^2 + \delta - C_{ij}^1])}{1 + \exp(-\lambda \cdot [C_{ij}^2 + \delta - C_{ij}^1])}$$

Προκύπτουν από την γενική μορφή:

$$P_{ij}^m = \frac{\exp(-\lambda \cdot C_{ij}^m)}{\sum_k \exp(-\lambda \cdot C_{ij}^k)}$$

που εκφράζει το ποσοστό χρήσης του μέσου m σαν συνάρτηση του γενικευμένου κόστους C_{ij}^m του μέσου m , και του γενικευμένου κόστους C_{ij}^k κάθε άλλου μέσου k

μοντέλα επιλογής όταν τα εναλλακτικά μέσα δεν συσχετίζονται :
η πολυωνυμική δομή



$$P_{ij}^A = \frac{\exp(-\lambda.C_{ij}^A)}{\exp(-\lambda.C_{ij}^A) + \exp(-\lambda.C_{ij}^B) + \exp(-\lambda.C_{ij}^G)}$$

$$P_{ij}^B = \frac{\exp(-\lambda.C_{ij}^B)}{\exp(-\lambda.C_{ij}^A) + \exp(-\lambda.C_{ij}^B) + \exp(-\lambda.C_{ij}^G)}$$

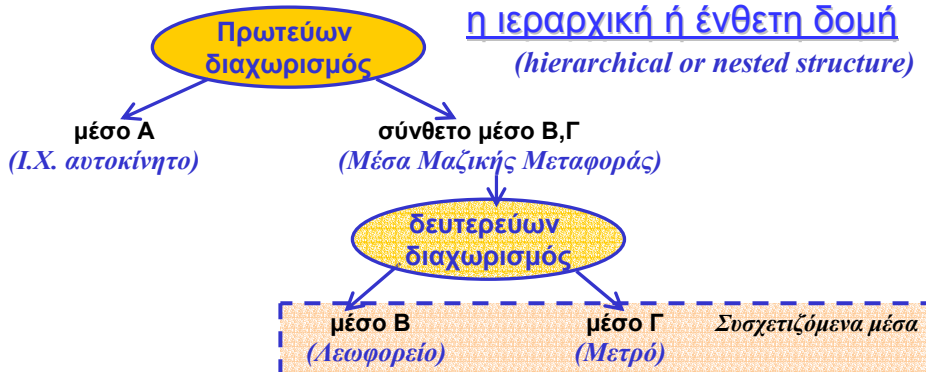
$$P_{ij}^G = \frac{\exp(-\lambda.C_{ij}^G)}{\exp(-\lambda.C_{ij}^A) + \exp(-\lambda.C_{ij}^B) + \exp(-\lambda.C_{ij}^G)}$$

$$P_{ij}^m = \frac{\exp(-\lambda.C_{ij}^m)}{\sum_k \exp(-\lambda.C_{ij}^k)}$$

Αυτή η παραπάνω μορφή έχει αποδειχθεί στατιστικά αξιόπιστη όταν τα διαφορετικά μέσα δεν συσχετίζονται. Όταν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μέσων οι παράμετροι των μοντέλων δεν μπορούν να προσδιορισθούν. (όπως συμβαίνει και στην περίπτωση μοντέλου παλινδρόμησης με ανεξάρτητες μεταβλητές που συσχετίζονται)

μοντέλα επιλογής όταν τα εναλλακτικά μέσα συσχετίζονται:

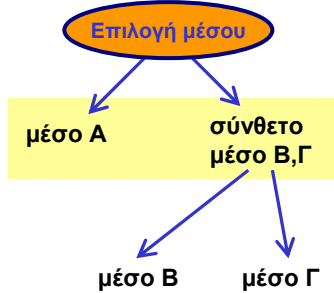
η ιεραρχική ή ένθετη δομή
(hierarchical or nested structure)



Στα μοντέλα ιεραρχικής δομής, τα μέσα που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά ή συσχετίζονται, ομαδοποιούνται και στο επίπεδο του πρωτεύοντος διαχωρισμού θεωρούνται σαν ένα μέσο, το σύνθετο μέσο που αποτελείται από τα μέσα που συσχετίζονται, π.χ. το λεωφορείο και το μετρό θεωρούνται σαν ένα σύνθετο μέσο, το μέσο μαζικής μεταφοράς. Το μερίδιο αγοράς του σύνθετο μέσου υπολογίζεται στο επίπεδο του πρωτεύοντος διαχωρισμού και το μερίδιο κάθε ενός από τα συσχετιζόμενα μέσα, υπολογίζεται στο επίπεδο του δευτερεύοντος διαχωρισμού.

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΜΕΣΑ :

Ιεραρχικό μοντέλο επιλογής



Πρωτεύον επίπεδο διαχωρισμού

$$P_A = \frac{\exp(-\lambda_1 \cdot C_A)}{\exp(-\lambda_1 \cdot C_A) + \exp(-\lambda_1 \cdot C_{B,\Gamma})}$$

$$P_{B,\Gamma} = 1 - P_A$$

Όπου $C_{B,\Gamma}$ είναι το κόστος του σύνθετου μέσου

$$C_{B,\Gamma} = \frac{-1}{\lambda_2} \cdot \log[\exp(-\lambda_2 \cdot C_B) + \exp(-\lambda_2 \cdot C_\Gamma)]$$

Δευτερεύον επίπεδο διαχωρισμού

$$P_{B/B,\Gamma} = \frac{\exp(-\lambda_2 \cdot C_B)}{\exp(-\lambda_2 \cdot C_B) + \exp(-\lambda_2 \cdot C_\Gamma)} \quad P_{\Gamma/B,\Gamma} = 1 - P_{B/B,\Gamma}$$

$$P_\Gamma = P_{\Gamma/B,\Gamma} \cdot P_{B,\Gamma}$$

$$P_B = P_{B/B,\Gamma} \cdot P_{B,\Gamma}$$

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΜΕΣΑ :

Άσκηση Παλινδρόμησης

Από επεξεργασία των στοιχείων κυκλοφοριακής έρευνας σε συγκοινωνιακό διάδρομο που ενώνει τις ζώνες κατοικίας Α, Β, Γ και Δ με τις ζώνες εργασίας 1, 2 και 3, προκύπτουν τα ακόλουθα

Ζεύγος Π - Π	ΙΧ				σιδηροδρομος			% με ΙΧ
	Χ1	Χ2	Χ3	Χ4	Χ1	Χ2	Χ3	
A - 1	21	3	120	40	19	10	72	0,82
B - 1	20	3	96	40	17	8	64	0,8
Γ - 1	18	3	80	40	14	10	28	0,88
Δ - 1	15	3	68	40	14	12	20	0,95
A - 2	26	4	152	60	23	10	104	0,72
B - 2	19	4	96	60	18	9	72	0,9
Γ - 2	14	4	60	60	11	9	36	0,76
Δ - 2	12	4	56	60	12	11	28	0,93
A - 3	30	5	160	80	25	10	120	0,71
B - 3	20	5	100	80	16	8	92	0,57
Γ - 3	15	5	64	80	12	9	36	0,58
Δ - 3	10	5	52	80	8	9	24	0,64

X1 ο χρόνος εντός του οχήματος

X2 ο επιπλέον χρόνος μετακίνησης (αναμονή + προσβασης)

X3 το κόστος μετακίνησης (κόμιστρο ή καύσιμα)

X4 το κόστος στάθμευσης για την μετακίνηση προς μια κατεύθυνση

Ζητείται:

A) να βαθμονομήσετε ένα μοντέλο λογιστικής μορφής για τον καταμερισμό στα μέσα, θεωρώντας ότι η αξία του χρόνου μετακίνησης είναι 8 λεπτά, και η αξία του χρόνου αναμονής/πρόσβασης είναι διπλάσια

B) εκτιμήστε τις επιπτώσεις στον καταμερισμό στα μέσα που θα έχει μια αύξηση στην τιμή του πετρελαίου που διπλασιάζει το κόστος χρήσης του ΙΧ

Γ) εκτιμήστε τις επιπτώσεις που θα είχε μια μείωση του κόμιστρου του τρένου κατά 50%

Λύση

- Χρησιμοποιώντας την αξία του χρόνου για κάθε κατηγορία του χρόνου μετακίνησης, και προσθέτοντας το κόστος μετακίνησης/στάθμευσης προκύπτει το γενικευμένο κόστος ανά ζεύγος Π-Π
- Υπολογίζουμε την τιμή του λόγου $P_{ij}^1 / (1 - P_{ij}^1)$ η οποία μπορεί να εκφραστεί και σαν συνάρτηση του γενικευμένου κόστους του κάθε μεταφορικού μέσου, και στην συνέχεια λογαριθμίζουμε, οπότε προκύπτει η ακόλουθη σχέση:

$$\log[P_{ij}^1 / (1 - P_{ij}^1)] = \lambda \cdot \delta + \lambda \cdot [C_{ij}^2 - C_{ij}^1]$$

- Οι τιμές των παραμέτρων λ και δ , μπορούν να υπολογισθούν με χρήση της μεθόδου γραμμικής παλινδρόμησης εφαρμόζοντας τις σχετικές εξισώσεις. Μια καλή προσέγγιση προκύπτει και με γραφική επίλυση του προβλήματος. Η γραφική επίλυση δεν μας δίνει όμως την τιμή του συντελεστή R^2 ούτε και τις τιμές των λόγων t , που απαιτούνται για να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης.

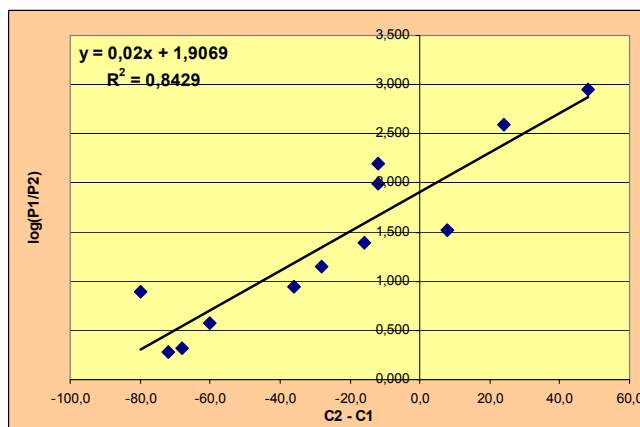
ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΜΕΣΑ :

Άσκηση επιλογής μέσου

Ζεύγος Π - Π	% με ΙΧ	γενικευμένο κόστος ΙΧ (C1)	γενικευμένο κόστος τρένο (C2)	$\log[P1/(1-P1)]$	C2 - C1
A - 1	82%	376	384	1,516	8
B - 1	80%	344	328	1,386	-16
Γ - 1	88%	312	300	1,992	-12
Δ - 1	95%	276	324	2,944	48
A - 2	72%	484	448	0,944	-36
B - 2	90%	372	360	2,197	-12
Γ - 2	76%	296	268	1,153	-28
Δ - 2	93%	276	300	2,587	24
A - 3	71%	560	480	0,895	-80
B - 3	57%	420	348	0,282	-72
Γ - 3	58%	344	276	0,323	-68
Δ - 3	64%	292	232	0,575	-60

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΜΕΣΑ :

Άσκηση Παλινδρόμησης



$$\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \log\left(\frac{P_1}{1 - P_1}\right) = 1,9069 + 0,02 \cdot (C_2 - C_1)$$

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΜΕΣΑ :

Άσκηση Παλινδρόμησης

Για τον υπολογισμό των επιπτώσεων του διπλασιασμού της τιμής του καυσίμου υπολογίζεται το γενικευμένο κόστος μετακίνησης με ΙΧ (C1), η διαφορά (C2-C1) και στην συνέχεια η τιμή της μεταβλητής $\log[p1/(1-p1)]$ από το μοντέλο παλινδρόμησης

$$\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \log\left(\frac{P_1}{1 - P_1}\right) = 1,9069 + 0,02 \cdot (C_2 - C_1)$$

Διπλάσια τιμή σε σχέση με τα δεδομένα του προβλήματος

Ζεύγος Π - Π	ΙΧ				σιδηροδρομος		
	X1	X2	X3	X4	X1	X2	X3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
A - 1	21	3	240	40	19	10	72
B - 1	20	3	192	40	17	8	64
Γ - 1	18	3	160	40	14	10	28
Δ - 1	15	3	136	40	14	12	20
A - 2	26	4	304	60	23	10	104
B - 2	19	4	192	60	18	9	72
Γ - 2	14	4	120	60	11	9	36
Δ - 2	12	4	112	60	12	11	28
A - 3	30	5	320	80	25	10	120
B - 3	20	5	200	80	16	8	92
Γ - 3	15	5	128	80	12	9	36
Δ - 3	10	5	104	80	8	9	24

γενικευμένο κόστος ΙΧ (C1)	γενικευμένο κόστος τρένο (C2)	C2 - C1	$\log[P1/(1-P1)]$	$P1/(1-P1)$	P1
(9) = $8 \cdot (2) + 16 \cdot (3) + (4) \cdot (5)$	(10) = $8 \cdot (6) + 16 \cdot (7) + (8)$	(11) = (10) - (9)	(12) = $1,9069 + 0,02 \cdot (11)$	(13) = $\exp[(12)]$	(14) = $(13) / [(13) + 1]$
496	384	-112	-0,336	0,7148	42%
440	328	-112	-0,336	0,7148	42%
392	300	-92	0,065	1,0669	52%
344	324	-20	1,506	4,5107	82%
636	448	-188	-1,858	0,1561	13%
468	360	-108	-0,256	0,7744	44%
356	268	-88	0,145	1,1558	54%
332	300	-32	1,266	3,5472	78%
720	480	-240	-2,899	0,0551	5%
520	348	-172	-1,537	0,2150	18%
408	276	-132	-0,736	0,4789	32%
344	232	-112	-0,336	0,7148	42%

Τέλος επιλύουμε ως προς P1 που εκφράζει το % χρήσης ΙΧ.

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΜΕΣΑ :

Άσκηση Παλινδρόμησης

Για τον υπολογισμό των επιπτώσεων της μείωσης του κομίστρου του τρένου κατά 50%, ακολουθείται η ίδια διαδικασία, δηλ. υπολογίζεται το γενικευμένο κόστος μετακίνησης με τρένο (C2), η διαφορά (C2-C1) και στην συνέχεια η τιμή της μεταβλητής $\log[p1/(1-p1)]$ από το μοντέλο παλινδρόμησης

$$\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \log\left(\frac{P_1}{1 - P_1}\right) = 1,9069 + 0,02 \cdot (C_2 - C_1)$$

50% της τιμής σε σχέση με τα δεδομένα του προβλήματος

Ζεύγος Π - Π	ΙΧ				σιδηροδρομος		
	X1	X2	X3	X4	X1	X2	X3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
A - 1	21	3	120	40	19	10	36
B - 1	20	3	96	40	17	8	32
Γ - 1	18	3	80	40	14	10	14
Δ - 1	15	3	68	40	14	12	10
A - 2	26	4	152	60	23	10	52
B - 2	19	4	96	60	18	9	36
Γ - 2	14	4	60	60	11	9	18
Δ - 2	12	4	56	60	12	11	14
A - 3	30	5	160	80	25	10	60
B - 3	20	5	100	80	16	8	46
Γ - 3	15	5	64	80	12	9	18
Δ - 3	10	5	52	80	8	9	12

γενικευμένο κόστος ΙΧ (C1)	γενικευμένο κόστος τρένο (C2)	C2 - C1	$\log[P1/(1-P1)]$	$P1/(1-P1)$	P1
(9) = $8 \cdot (2) + 16 \cdot (3) + (4) \cdot (5)$	(10) = $8 \cdot (6) + 16 \cdot (7) + (8)$	(11) = (10) - (9)	(12) = $1,9069 + 0,02 \cdot (11)$	(13) = $\exp[(12)]$	(14) = $(13) / [(13) + 1]$
376	348	-28	1,346	3,8430	79%
344	296	-48	-0,336	0,7148	42%
312	286	-26	0,065	1,0669	52%
276	314	38	1,506	4,5107	82%
484	396	-88	-1,858	0,1561	13%
372	324	-48	-0,256	0,7744	44%
296	250	-46	0,145	1,1558	54%
276	286	10	1,266	3,5472	78%
560	420	-140	-2,899	0,0551	5%
420	302	-118	-1,537	0,2150	18%
344	258	-86	-0,736	0,4789	32%
292	220	-72	-0,336	0,7148	42%

Τέλος επιλύουμε ως προς P1 που εκφράζει το % χρήσης ΙΧ. P2 = 100% - P1