

Χώρας αειχώρος

ΚΕΙΜΕΝΑ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΤΟΜΟΣ 5
VOLUME 5

ΤΕΥΧΟΣ 2
ISSUE 2

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2006
NOVEMBER 2006



ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
*Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας
και Περιφερειακής Ανάπτυξης*

ΚΟΚΚΩΣΗΣ ΧΑΡΗΣ

ΜΠΕΡΙΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΠΕΤΡΑΚΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

ΓΟΥΣΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΔΕΦΝΕΡ ΑΛΕΞΗΣ

ΨΥΧΑΡΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΣΥΝΤΑΞΗΣ

Αραβαντινός Αθανάσιος	- ΕΜΠ
Ανδρικόπουλος Ανδρέας	- Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Βασενχόβεν Λουδοβίκος	- ΕΜΠ
Γιαννακούρου Τζίνα	- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Γιαννιάς Δημήτρης	- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δελλαδέτσιμας Παύλος	- Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
Δεμαθάς Ζαχαρίας	- Πάντειο Πανεπιστήμιο
Ιωαννίδης Γιάννης	- Tufts University, USA
Καλογήρου Νίκος	- ΑΠΘ
Καρύδης Δημήτρης	- ΕΜΠ
Κοσμόπουλος Πάνος	- ΔΠΘ
Κουκλέλη Ελένη	- University of California, USA
Λαμπριανίδης Λόης	- Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
Λουκάκης Παύλος	- Πάντειο Πανεπιστήμιο
Λουρή Ελένη	- Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Μαντουβάλου Μαρία	- ΕΜΠ
Μελαχροινός Κώστας	- University of London, Queen Mary, UK
Μοδινός Μιχάλης	- Εθν. Κέντρο Περιβ. και Αειψ. Ανάπτυξης (ΕΚΠΑΑ)
Μπριασούλη Ελένη	- Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Παπαθεοδώρου Ανδρέας	- University of Surrey, UK
Παππάς Βασίλης	- Πανεπιστήμιο Πατρών
Πρεβελάκης Γεώργιος-Στυλ.	- Universite de Paris I, France
Φωτόπουλος Γιώργος	- Πανεπιστήμιο Πατρών
Χαστάογλου Βίλμα	- ΑΠΘ

Διεύθυνση:

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας

και Περιφερειακής Ανάπτυξης

Περιοδικό ΑΕΙΧΩΡΟΣ

Πεδίον Άρεως, 38334 ΒΟΛΟΣ

<http://www.prd.uth.gr/aeihoros> e-mail: aeihoros@prd.uth.gr

τηλ.: 24210 – 74456 fax: 24210 – 74388



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Επιστημονικό Περιοδικό

αειχώρας

Επιμέλεια έκδοσης: Άννα Σαμαρίνα — Παναγιώτης Πανταζής
Λαγού: Παναγιώτης Πανταζής
Σχεδιασμός εξωφύλλου: Γιώργος Παρασκευάς — Παναγιώτης Πανταζής
Εκτύπωση: Αλέκος Ξουράφας
Κεντρική διάθεση: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας

Περιεχόμενα

Βλαστός Θ., Αθανασόπουλος Κ.	4
Εμπόδια για τη συμμετοχή των κατοίκων σε σχεδιασμούς βιώσιμης κινητικότητας: Η περίπτωση του τραμ στην Αθήνα	
Λύκος Μ.	26
Το "μπτροπολιτικό όριο" στην Ελλάδα με γνώμονα τη διεθνή εμπειρία	
Καλλιώρας Δ.	46
Πρότυπα περιφερειακής ανάπτυξης των Νέων Κρατών-Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης: Η ετερογενής επίδραση της Γεωγραφίας	
Πολύζος Σ.	68
Οι μεταναστευτικές ροές προς την Ελλάδα: Ανάλυση προσδιοριστικών παραγόντων, τυπολογία περιφερειών υποδοχής και κωρών προέλευσης	
Καραγάνης Ε., Μιμής Α.	104
Εφαρμογή των πολλαπλασιαστικά σταθμισμένων διαγραμμάτων Νογοποι στην ανάπτυξη του δικτύου τραπεζών	
ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	
Μιχάλαϊνα Ευ., Χριστοπούλου Ο.	122
Ενεργειακή και τουριστική στρατηγική ανάπτυξης στη Νήσο Σκόπελο	

Εφαρμογή των πολλαπλασιαστικά σταθμισμένων διαγραμμάτων Voronoi στην ανάπτυξη του δικτύου τραπεζών

Αναστάσιος Ν. Καραγάνης

Λέκτορας, Πάντειο Πανεπιστήμιο

Άγγελος Μιμής

Ειδικό Τεχνικό Εργαστηριακό Προσωπικό, Πάντειο Πανεπιστήμιο

Περίληψη

Στο παρόν άρθρο εξετάζεται μια μέθοδος υπολογισμού των περιοχών αγοράς των υποκαταστημάτων μιας τράπεζας με τη βοήθεια των πολλαπλασιαστικά σταθμικών διαγραμμάτων Voronoi. Τα διαγράμματα υπολογίζονται με την χρήση της τοπολογικής μεθόδου των επικαλυπτόμενων επιπέδων. Οι συντελεστές στάθμισης στη μελέτη περίπτωσης θεωρούνται ως συνάρτηση των εργαζομένων του κάθε υποκαταστήματος της τράπεζας. Τα διαγράμματα που προκύπτουν συγκρίνονται με το διάγραμμα των κανονικών αστάθμητων Voronoi. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε δεδομένα από μια Ελληνική τράπεζα στον ευρύτερο χώρο της Αθήνας.

Λέξεις κλειδιά

Διαγράμματα Voronoi, δίκτυα τραπεζών, περιοχές αγοράς, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, χωρική ανάπτυξη.

The Application of Multiplicatively Weighted Voronoi Diagrams in Bank Networks

A method for examining the market areas of bank branches is presented. In this, a multiplicatively Voronoi diagram is proposed, which is evaluated by the topological overlay method. In the case study, the weights are evaluated as a function of the employees of each branch of the bank. The resulted diagram has been compared with

the one composed by the ordinary Voronoi diagram. The method has been applied to data from a Greek bank in the wider area of Athens.

Keywords

Voronoi diagrams, bank networks, market areas, GIS, spatial development.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο άρθρο εξετάζεται η μέθοδος προσδιορισμού περιοχών αγοράς με τη βοήθεια διαγραμμάτων Voronoi για το υφιστάμενο δίκτυο υποκαταστημάτων μιας τράπεζας. Ο σκοπός της εφαρμογής της μεθόδου Voronoi στο δίκτυο υποκαταστημάτων μιας τράπεζας είναι η δημιουργία ενός εργαλείου με τη βοήθεια του οποίου προσδιορίζονται οι περιοχές αγοράς και δίνεται η δυνατότητα με συστηματικό τρόπο στη διοίκηση της τράπεζας μεταξύ άλλων να βοηθά την προώθηση προϊόντων, την προσέλκυση νέων πελατών, να θέτει στόχους στα υφιστάμενα υποκαταστήματα και να ελέγχει την πραγματοποίησή τους. Το πρόβλημα επομένως είναι η διαμέριση του γεωγραφικού χώρου σε περιοχές αγοράς και η κατανομή των περιοχών αυτών στα υφιστάμενα υποκαταστήματα. Έτσι, μια τράπεζα ως μεγάλος οργανισμός έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να διενεργήσει ουσιαστικές προσαρμογές στη λειτουργία των υποκαταστημάτων της, χωρίς απαραίτητα να προσθέσει ή αφαιρέσει υποκαταστήματα στο υφιστάμενο δίκτυό της (Dycken κ.ά., 1990: 317). Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στην τράπεζα να διενεργεί πολιτική και στη βραχυχρόνια περίοδο, όπου φυσικά το πλήθος και η θέση των υποκαταστημάτων είναι σταθερά. Ως ανάπτυξη του υφιστάμενου δικτύου υποκαταστημάτων ορίζεται η ανάπτυξη των τραπεζικών εργασιών που διενεργούνται στα υποκαταστήματα, ή με άλλα λόγια η προσέλκυση δυνητικών πελατών στα υποκαταστήματα. Επομένως, ο στόχος της τράπεζας είναι η ανάθεση στα υποκαταστήματα περιοχών αγοράς με τέτοιο τρόπο ώστε αφενός να καλυφθεί εξαντλητικά ο γεωγραφικός χώρος, προκειμένου να γίνει προσπελάσιμο το δίκτυο από όλους τους δυνητικούς πελάτες και αφετέρου χωρίς να επικαλύπτονται οι περιοχές αγοράς ώστε να αποφευχθεί η διεκδίκηση ενός δυνητικού πελάτη από περισσότερα από ένα υποκαταστήματα.

Η εγκατάσταση των υποκαταστημάτων κοντά στους δυνητικούς πελάτες (επιχειρήσεις ή ιδιώτες), αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση του τιμήματος που αυτοί τελικά καταβάλλουν (Beckmann, 1968: 27), καθώς η τιμή των τραπεζικών προϊόντων είναι ενιαία σε ολόκληρο το δίκτυο, ενώ η επιλογή ενός συγκεκριμένου υποκαταστήματος έναντι ενός άλλου από τους πελάτες έχει ως συνέπεια διαφορετική επιβάρυνση σε αυτούς, εξ αιτίας μεταξύ άλλων του κόστους πρόσβασης, ταχύτητας, εξυπηρέτησης. Αυτό σημαίνει πως η Τράπεζα προτιμά να έχει εγκαταστημένα τα υποκαταστήματα της όσο το δυνατόν εγγύτερα στο CBD (Central Business District) όπου είναι εγκατεστημένοι και οι δυνητικοί πελάτες, πράγμα που αφενός έχει ως συνέπεια μεγαλύτερα ενοίκια (Fujita κ.ά., 2001: 16), αφετέρου

όμως εξασφαλίζει την επιλογή του σημείου πώλησης από τους δυνητικούς πελάτες. Όσο πλησιέστερα βρίσκεται το κάθε υποκατάστημα στο CBD, τόσο περισσότερο αυξάνει το λειτουργικό κόστος του υποκαταστήματος. Τούτο συμβαίνει γιατί στο υποκατάστημα οι προσδιοριστικοί παράγοντες κόστους είναι το ενοίκιο, το προσωπικό και τα έξοδα λειτουργίας του, καθώς τα υπόλοιπα μεγέθη προσδιορίζονται από πράξεις της διοίκησης. Κατά αναλογία ως παραγωγή του κάθε υποκαταστήματος εννοείται η προσέλευση νέων και η διατήρηση των υφιστάμενων πελατών. Κατά συνέπεια, η διακύμανση του κόστους λειτουργίας του υποκαταστήματος στο χώρο, ως αποτέλεσμα διαφορετικής θέσης και στελέχωσης δημιουργεί την ανάγκη ορισμού διαφορετικών περιοχών αγοράς για κάθε υποκατάστημα. Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως αυτήν την αναγκαιότητα την ενισχύει η διαφορετική πυκνότητα των δυνητικών πελατών. Μόνο με την προϋπόθεση ότι τα υποκαταστήματα έχουν την ίδια συνάρτηση παραγωγής με σταθερές αποδόσεις κλίμακας, δηλαδή τα υποκαταστήματα είναι ίδια, το μέσο κόστος θα είναι το ίδιο σε όλα τα υποκαταστήματα. Στον πραγματικό κόσμο όμως, τα υποκαταστήματα είναι διαφορετικά, έχουν δηλαδή διαφορετικές συναρτήσεις παραγωγής με μεταβαλλόμενες αποδόσεις κλίμακας, πράγμα που περιγράφεται από τη σύνθεση του προσωπικού του υποκαταστήματος. Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως τα λειτουργικά έξοδα το ενοίκιο και το προσωπικό των υποκαταστημάτων συσχετίζονται ισχυρά, πράγμα που σημαίνει πως οικονομικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μία μεταβλητή για την αποφυγή πολυσυγγραμμικότητας. Έτσι, σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα δυνητικών πελατών, όπως είναι το CBD, οι περιοχές αγοράς είναι μικρότερες. Επομένως οι περιοχές αγοράς που ορίζονται, καθορίζουν την κατανομή των δυνητικών πελατών στο υφιστάμενο δίκτυο των υποκαταστημάτων (Beckmann, 1968: 27).

Μακροχρονίως, μία τράπεζα ιδρύει υποκατάστημα σε μια περιοχή όταν εκεί πραγματοποιείται οικονομικό κέρδος για το υποκατάστημα. Κατόπιν ενεργώντας κατά το υπόδειγμα του Christaller η τράπεζα θα συνεχίσει να ιδρύει υποκαταστήματα αν είναι συμφέρουσα για αυτήν η δημιουργία νέων υποκαταστημάτων. Όμως κάθε ένα επιπλέον υποκατάστημα θα μειώσει τη ζήτηση, δηλαδή το πλήθος των δυνητικών πελατών, για τις εκροές κάθε υποκαταστήματος, του οποίου η περιοχή αγοράς είναι παρακείμενη εκείνης του νέου, αφού η ίδρυση του υποκαταστήματος δεν επηρεάζει το πλήθος των δυνητικών πελατών. Επομένως, το νέο υποκατάστημα μειώνει τη ζητούμενη ποσότητα κάθε παλαιότερου υποκαταστήματος, μετατοπίζοντας τις καμπύλες ζήτησης των παρακείμενων υποκαταστημάτων προς τα κάτω, ενώ το κόστος λειτουργίας παραμένει σταθερό, αφού το προσωπικό και τα άλλα έξοδα επίσης δεν σχετίζονται με την ίδρυση του νέου υποκαταστήματος. Η νέα καμπύλη ζήτησης αντιστοιχεί φυσικά σε μικρότερη περιοχή αγοράς, με αποτέλεσμα να μειώνεται το οικονομικό κέρδος. Έτσι τελικά η τοπική αγορά θα φτάσει σε

ισορροπία και δεν θα έχει άλλο χώρο για περισσότερα υποκαταστήματα, οπότε η τράπεζα θα σταματήσει να ιδρύει νέα υποκαταστήματα.

Βραχυχρονίως, για το υφιστάμενο δίκτυο της τράπεζας το ερώτημα που τίθεται είναι η τροποποίηση των περιοχών αγοράς με τρόπο που υποδεικνύεται από τις επικρατούσες συνθήκες της τοπικής οικονομίας (Dycken κ.ά., 1990: 306). Στο πλαίσιο αυτό, η τράπεζα, όπως και κάθε επιχείρηση που έχει δίκτυο υποκαταστημάτων, συνήθως μεταβάλλει τη λειτουργία του κάθε υποκαταστήματος τοποθετώντας κατάλληλα το προσωπικό. Το προσωπικό επομένως μπορεί να θεωρηθεί ως βοηθητική μεταβλητή για την απεικόνιση του λειτουργικού κόστους.

Η μέθοδος Voronoi χρησιμοποιείται για να διαμερίσει το γεωγραφικό χώρο σε περιοχές αγοράς, ενώ το διάγραμμα που προκύπτει ονομάζεται διάγραμμα Voronoi. Έχει ξανά-εφευρεθεί και εφαρμοστεί σε πολλά επιστημονικά πεδία και συναντάται με πολλά διαφορετικά ονόματα όπως διάγραμμα Voronoi, χώρος Dirichlet, Theissen πολύγωνα, περιοχή δράσης, πλαισιόεδρα, και βασικές περιοχές (Okabe κ.ά., 1992).

Για την κατασκευή των διαγραμμάτων Voronoi θεωρείται ένας γεωγραφικός χώρος και ένα σύνολο σημείων $S = \{p_0, p_1, \dots, p_n\}$ και για κάθε ένα από αυτά $p_i \in S$, αντιστοιχείται μια γεωγραφική περιοχή, με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε κάθε γεωγραφική περιοχή να περιέχει τα σημεία του χώρου τα οποία είναι πιο κοντά στο p_i , από ότι σε κάποιο άλλο σημείο p_j ($i \neq j$) του S .

Το διάγραμμα Voronoi είναι μια ευπροσάρμοστη γεωμετρική δομή. Έχουν εφαρμοστεί σε μελέτες διαφορετικών επιστημονικών χώρων όπως Κοινωνικής Γεωγραφίας, Φυσικής, Ρομποτικής, Αστρονομίας κ.α. (de Berg κ.ά., 2000). Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εφαρμογές στην Γεωγραφία, όπου η μέθοδος των Voronoi έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση δομών αστικών κέντρων. Επίσης στο Marketing έχει χρησιμοποιηθεί για να διακρίνει τις περιοχές αγοράς και να λύσει προβλήματα τοποθέτησης. Επιπρόσθετα με αυτές τις εφαρμογές, έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά προβλήματα της Υπολογιστικής Γεωμετρίας και κατά συνέπεια και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Μερικά παραδείγματα από τα οποία είναι το πρόβλημα των ταχυδρομείων, η εύρεση των κοντινότερων γειτόνων, και το πρόβλημα εύρεσης του μεγαλύτερου κενού κύκλου Drysdale, 1993).

Για την σύνθεση των κανονικών διαγραμμάτων Voronoi έχουν προταθεί πολλοί αλγόριθμοι. Οι βασικοί αλγόριθμοι είναι: (α) η μέθοδος divide-and-conquer (Preparata και Hong, 1977), (β) η μέθοδος plane sweep (Fortune, 1987), (γ) η μέθοδος incremental (Ohta και Muroto, 1984), και (δ) η μέθοδος lift up (Edelsbrunner και Seidel, 1986). Η τελευταία είναι η πιο γενική από όλες γιατί μπορεί να γενικευτεί σε n διαστάσεις. Η incremental είναι η πιο απλή από τις μεθόδους και ξεκινά από ένα διάγραμμα για δύο ή τρία

σημεία και σε κάθε βήμα τροποποιείται κατάλληλα προσθέτοντας ένα κάθε φορά σημείο. Στην μέθοδο divide-and-conquer το αρχικό πρόβλημα αναλύεται διαδοχικά σε πιο απλά προβλήματα που μπορούν να επιλυθούν, ενώ το τελικό διάγραμμα υπολογίζεται ενώνο- ντας όλες τις επιμέρους λύσεις. Η μέθοδος plane sweep χρησιμοποιείται κυρίως για τον υπολογισμό διαγραμμάτων Voronoi σε δύο διαστάσεις. Με τη μέθοδο αυτή δημιουργείται μια ευθεία η οποία καλείται sweepline η οποία σαρώνει το επίπεδο από αριστερά προς τα δεξιά. Καθώς κινείται βρίσκει το ένα σημείο μετά το άλλο. Έτσι κάθε φορά που συμβαίνει αυτό, αντιστοιχεί το εν λόγω σημείο σε μία γεωγραφική περιοχή, τροποποιώντας κατάλ- ληλα το διάγραμμα.

Τα διαγράμματα Voronoi είναι μια μέθοδος διαμέρισης του χώρου η οποία βασί- ζεται στον κανόνα του κοντινότερου σημείου, εφαρμόζοντας την ευκλείδεια απόσταση. Εάν αυτή αντικατασταθεί από μια γενική συνάρτηση απόστασης, τότε παράγεται μια μεγάλη ποικιλία διαγραμμάτων, τα οποία καλούνται γενικευμένα διαγράμματα Voronoi (Klein, 1989). Μερικά παραδείγματα από αυτά είναι το διάγραμμα με τις προσθετικές – additively weighted– (Ash και Bolker, 1986) ή τις πολλαπλασιαστικές σταθμίσεις –multi- plicatively weighted– (Aurenhammer και Edelsbrunner, 1984), το διάγραμμα δύναμης –power diagram– (Aurenhammer, 1987), το διάγραμμα που βασίζεται στην μετρική L_p (Lee, 1980), το κρυσταλλικό διάγραμμα –crystal Voronoi diagram– (Schaudt και Drysdale, 1991), και τα διαγράμματα για γραμμές και πολύγωνα (Drysdale και Lee, 1978).

Από τα παραπάνω διαγράμματα στην παρούσα μελέτη μεγαλύτερο ενδιαφέρων παρουσιάζουν τα σταθμικά Voronoi, η εφαρμογή των οποίων ξεκίνησε την δεκαετία του 1950 και μέχρι την δεκαετία του 1970 χρησιμοποιούταν κυρίως ως εργαλείο για την κατα- σκευή μαθηματικών μοντέλων, προκειμένου να λυθούν προβλήματα περιοχών αγοράς και αστικής ανάλυσης (Mu, 2004).

Η ανάπτυξη, στην δεκαετία του 1980, της Υπολογιστικής Γεωμετρίας και των Γεωγραφικών Συστημάτων παρείχε νέα εργαλεία στην έρευνα των σταθμικών Voronoi, ενώ συνάμα την περίοδο αυτή οι ερευνητές απέκτησαν την απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ. Ο Boots (1980) διέκρινε τέσσερα πεδία εφαρμογής των πολυγώνων Voronoi στην Γεωγραφία. Συγκεκριμένα, θεώρησε τα πολύγωνα Voronoi:

- α. ως μοντέλα χωρικών διαδικασιών,
- β. ως μη παραμετρικές μεθόδους στην ανάλυση σημειακών ανελίξεων,
- γ. ως δομές για την απεικόνιση χωρικών δεδομένων, και
- δ. ως θεωρητικές προσεγγίσεις στη σημειακή ανάλυση.

Το 1984, οι Aurenhammer και Edelsbrunner ανέπτυξαν έναν βέλτιστο αλγόριθμο για την κατασκευή των σταθμικών διαγραμμάτων Voronoi. Κατόπιν οι Sakamoto και Takagi (1988) εφάρμοσαν έναν αλγόριθμο για να σχεδιάσουν σταθμικά Voronoi στην γλώσσα

BASIC. Στο άρθρο τους περιλαμβάνονται δυο εφαρμογές, η πρώτη από τις οποίες εξετάζει τις περιοχές εμβέλειας ραδιοφωνικών σταθμών στην Ιαπωνία, ενώ η δεύτερη εξετάζει τις επιρροές που ασκούν οι ευρωπαϊκές χώρες και τις συγκρίνει με τα σύνορα των κρατών της Ευρώπης. Στο άρθρο αυτό προτείνεται ένας νέος τρόπος για τον υπολογισμό της επιρροής που ασκούν τα σημεία, ως συνάρτηση μιας μεταβλητής υψωμένης σε μια σταθερά η οποία παίρνει τιμές μεταξύ μηδέν και ένα. Πρώτοι οι Vincent και Daylly (Mu, 2004) υλοποίησαν έναν αλγόριθμο στο λογισμικό ArcInfo προκειμένου να δημιουργήσουν σταθμικά διαγράμματα Voronoi.

Οι Boots και South (1997) διεύρυναν το πλαίσιο ανάλυσης των σταθμικών Voronoi και εφάρμοσαν υψηλής τάξης σταθμικά Voronoi για να μοντελοποιήσουν περιοχές αγοράς μιας αλυσίδας supermarket. Χαρακτηριστικό των δύο μοντέλων που παρουσιάζονται είναι οι επικαλυπτόμενες περιοχές αγοράς. Αντίθετα από τα συνήθη υποδείγματα που θεωρούν ότι οι πελάτες διαλέγουν μόνο ένα υποκατάστημα, τα μοντέλα Voronoi που ανέπτυξαν θεωρούν ότι ένας πελάτης επιλέγει από τα k πιο κοντινά και πιο ελκυστικά υποκαταστήματα. Το μοντέλο εφαρμόστηκε χρησιμοποιώντας δεδομένα από μια αλυσίδα supermarket στο Ontario.

Το άρθρο αποτελείται από πέντε ενότητες, την εισαγωγή όπου παρουσιάστηκε ο προβληματισμός για τα διαγράμματα Voronoi και τέσσερις επόμενες ενότητες. Στην δεύτερη ενότητα περιγράφονται τα πολλαπλασιαστικά σταθμισμένα διαγράμματα Voronoi -Multiplicatively Voronoi Diagrams, που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή και αναλύονται συνοπτικά οι ιδιότητές τους. Κατόπιν, στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται οι αλγόριθμοι οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί για τη δημιουργία των πολλαπλασιαστικών διαγραμμάτων, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην τοπολογική μέθοδο των επικαλυπτόμενων επιπέδων που χρησιμοποιείται στο μοντέλο. Στην τέταρτη ενότητα παρουσιάζεται η βασική εφαρμογή του άρθρου, όπου η ευρύτερη περιοχή της Αθήνας έχει διαιρεθεί σε περιοχές αγοράς υποκαταστημάτων μιας τράπεζας. Τέλος η πέμπτη ενότητα είναι τα συμπεράσματα, όπου τα αποτελέσματα των σταθμισμένων Voronoi συγκρίνονται με αυτά που προκύπτουν από τα κανονικά Voronoi.

2. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΑ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ VORONOI

Τα πολλαπλασιαστικά διαγράμματα Voronoi, κατασκευάζονται θεωρώντας ένα σύνολο από n διαφορετικά σημεία, $S = \{p_0, p_1, \dots, p_n\}$, για κάθε ένα από τα οποία έχει ορισθεί μία στάθμιση w_i . Η τιμή της στάθμισης απεικονίζει κάποια ιδιότητα του φαινομένου που μοντελοποιείται, και εκφράζει την δυναμική που έχει το σημείο στο να επηρεάζει τα γειτονικά (Aurenhammer και Edelsbrunner, 1984). Έτσι, η απόσταση μεταξύ ενός τυχαίου

σημείου x του επιπέδου και ενός σημείου p του συνόλου S , σύμφωνα με αυτή τη στάθμιση, ορίζεται ως:

$$d_w(x, p) = \frac{1}{w} \cdot d(x, p), \quad w > 0 \quad (1)$$

όπου $d(x, p)$ είναι η ευκλείδεια απόσταση, και w είναι η στάθμιση του σημείου p . Αυτή η απόσταση ονομάζεται πολλαπλασιαστικά σταθμισμένη απόσταση.

Η περιοχή κυριαρχίας του σημείου $p \in S$ σε σχέση με το σημείο $q \in S$, δηλαδή τα σημεία του επιπέδου όπου η επιρροή του p είναι ισχυρότερη από την επιρροή του q , χρησιμοποιώντας την πολλαπλασιαστικά σταθμισμένη απόσταση, δίνεται από την σχέση:

$$Dom(p, q) = \left\{ x \mid \frac{1}{w_p} \cdot d(x, p) \leq \frac{1}{w_q} \cdot d(x, q) \right\}, \quad p \neq q \quad (2)$$

Από τη σχέση (2) κατασκευάζεται ο γεωμετρικός τόπος των σημείων που ισαπέχουν από τα δύο κέντρα p και q . Αυτός προφανώς είναι ένας κύκλος στον \mathbb{R}^2 (στην περίπτωση όπου $w_p \neq w_q$), με κέντρο:

$$(w_q^2 \cdot p - w_p^2 \cdot q) / (w_p^2 - w_q^2) \quad (3)$$

και ακτίνα:

$$w_p \cdot w_q \cdot d(p, q) / (w_p^2 - w_q^2) \quad (4)$$

Στην ειδική περίπτωση όπου $w_p = w_q$, ο γεωμετρικός τόπος είναι μια ευθεία. Επίσης, από τις σχέσεις (3) και (4), ο κύκλος καθορίζεται από τον λόγο των σταθμίσεων w_p/w_q και όχι από την κάθε στάθμιση ξεχωριστά. Ο κύκλος αυτός είναι γνωστός στην κλασική γεωμετρία ως *Απολλώνιος κύκλος*.

Στην γενική περίπτωση των n σημείων, η περιοχή επιρροής ενός οποιουδήποτε τυχαίου σημείου p του S ορίζεται ως εξής:

$$region(p) = \bigcap_{q \in S - \{p\}} Dom(p, q) \quad (5)$$

Η γεωμετρική μορφή των περιοχών ευθύνης δεν έχει καθορισμένο σχήμα. Γενικά, τα πολλαπλασιαστικά σταθμισμένα διαγράμματα Voronoi αποτελούνται από κυκλικά τόξα και ευθύγραμμα τμήματα [Boots, (1980)], όπως φυσικά αναμένεται από τον τρόπο που

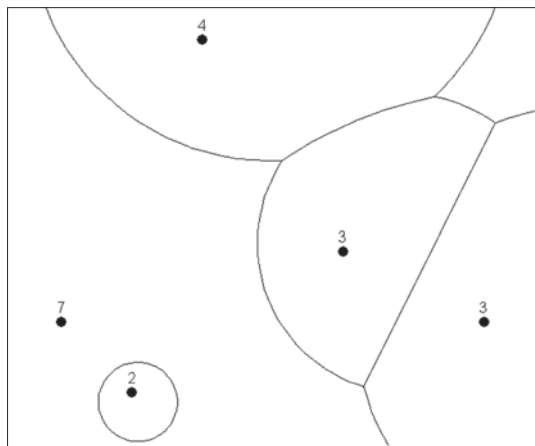
ορίστηκαν και τις ιδιότητες του γεωμετρικού τόπου της περιοχής κυριαρχίας που είναι ο Απολλώνιος κύκλος.

Τα πολλαπλασιαστικά σταθμισμένα διαγράμματα Voronoi, χαρακτηρίζονται από τις ακόλουθες ιδιότητες (Aurenhammer και Edelsbrunner, 1984):

- Οι περιοχές των σταθμικών Voronoi δεν είναι πάντα κυρτές ή συνδεδεμένες μεταξύ τους και μπορεί να περιέχουν πανταχόθεν περικλειστές περιοχές αγοράς.
- Μια περιοχή Voronoi ενός σημείου είναι κυρτή μόνο αν οι γειτονικές περιοχές δημιουργούνται από σημεία με σταθμίσεις μεγαλύτερες ή ίσες.
- Δύο περιοχές του διαγράμματος μπορεί να έχουν κοινή μια καμπύλη η οποία δεν είναι συνεκτικά συνδεδεμένη με το υπόλοιπο διάγραμμα. Επίσης, μια κοινή καμπύλη μεταξύ δύο γειτονικών περιοχών είναι κυκλική εάν έχουν διαφορετικές σταθμίσεις και ευθεία εάν έχουν την ίδια στάθμιση.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται μία υποθετική περιοχή η οποία διαιρείται σε πέντε περιοχές αγοράς που αντιστοιχούν στα πέντε μέλη του υποθετικού συνόλου S . Διαγραμματικά η πρώτη ιδιότητα ανακύπτει στην περίπτωση του σημείου με στάθμιση 7, δηλαδή η περιοχή αγοράς του δεν είναι κυρτή και περικλείει την περιοχή αγοράς του σημείου με στάθμιση 2. Η δεύτερη ιδιότητα φαίνεται στην περίπτωση των σημείων με σταθμίσεις 2 και 3 και τέλος η τρίτη ιδιότητα διαγραμματικά φαίνεται στο όριο των δύο περιοχών με στάθμιση 3.

Σχήμα 1. Υποθετικό παράδειγμα πολλαπλασιαστικά σταθμισμένου διαγράμματος Voronoi



Όπως θα δούμε και στην επόμενη παράγραφο όταν τα σταθμικά διαγράμματα Voronoi πρόκειται να υλοποιηθούν σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων

Πληροφοριών μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι αλγόριθμοι όπως η γεωμετρική μέθοδο των Aurenhammer και Edelsbrunner (1984), η μέθοδος ανάπτυξης (growth simulation method), και η τοπολογική μέθοδος των επικαλυπτόμενων επιπέδων (overlay method) (Mu, 2004).

3. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΑ ΣΤΑΘΜΙΚΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ VORONOI

Οι ιδιότητες των σταθμικών διαγραμμάτων Voronoi δεν επιτρέπουν την χρήση μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί για κανονικά διαγράμματα Voronoi [Aurenhammer και Klein, (2000) Okabe κ.ά., (1992). Συνάμα οι ιδιότητες των διαγραμμάτων επαυξάνουν την δυσκολία στην ανάπτυξη μεθόδων υπολογισμού τους.

Οι Aurenhammer και Edelsbrunner (1984) έχουν παρουσιάσει μια βέλτιστη μέθοδο υπολογισμού των σταθμικών διαγραμμάτων. Η μεθόδός τους κατασκευάζει το διάγραμμα σε χρόνο τάξης μεγέθους $O(n^2)$, χρησιμοποιώντας έναν γεωμετρικό μετασχηματισμό που επαναπροσδιορίζει το πρόβλημα στις 3 διαστάσεις και κατασκευάζεται ευκολότερα από ότι στην αρχική του δομή. Κατόπιν εφαρμόζοντας τον αντίστροφο μετασχηματισμό δημιουργείται το διάγραμμα Voronoi.

Μια διαφορετική προσέγγιση είναι η μέθοδος ανάπτυξης (Boots, 1980· Okabe κ.ά., 1992), όπου όλα τα σημεία εμφανίζονται ταυτόχρονα, κάθε σημείο έχει τη δική του στάθμιση, και κάθε πολύγωνο μεγαλώνει γραμμικά και ανάλογα με την αντίστοιχη στάθμιση.

Μια άλλη μέθοδος, η οποία έχει υιοθετηθεί και στο άρθρο είναι η τοπολογική μέθοδος των επικαλυπτόμενων επιπέδων (Mu, 2004· Sakamoto και Takagi, 1988). Εδώ τα σταθμικά διαγράμματα κατασκευάζονται από εργαλεία τα οποία παρέχονται στα σύγχρονα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Η κατασκευή αυτή βασίζεται στον ορισμό που δόθηκε στην εξίσωση 5. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι αποφεύγει την διάχυση του υπολογιστικού σφάλματος (Sugihara κ.ά., 2000), ενώ ταυτόχρονα μπορεί να προγραμματιστεί και να ενσωματωθεί εύκολα στα εμπορικά πακέτα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

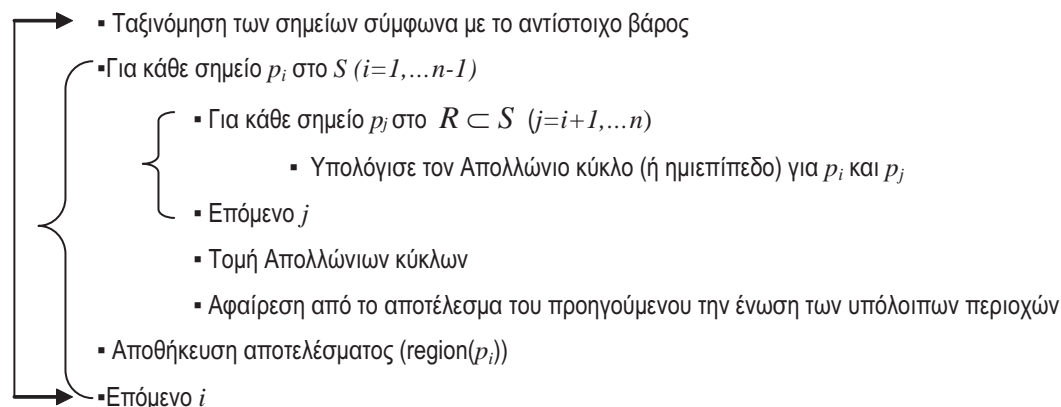
Έτσι σύμφωνα με τη σχέση (1), τα πολύγωνα των πολλαπλασιαστικά σταθμισμένων διαγραμμάτων Voronoi των σημείων p_i , ή με άλλα λόγια η διαμέριση του επιπέδου στο περιβάλλον των Γεωγραφικών συστημάτων Πληροφοριών είναι:

$$region(p_i) = \bigcap_{p_j \in R} AC_{ij} - \bigcup_{p_k \in Q} Dom_k \quad (6)$$

όπου $S = R \cup Q$. Το σύνολο R περιλαμβάνει όλα τα σημεία με στάθμιση μεγαλύτερη ή ίση με w_i , ενώ το σύνολο Q περιλαμβάνει τα υπόλοιπα σημεία. Ακόμα AC_{ij} είναι ο Απολλώνιος

κύκλος του σημείου p_i και p_j ($w_i \leq w_j$). Με άλλα λόγια, η σχέση (6) ορίζει την σταθμισμένη περιοχή του κάθε σημείου ως την τομή όλων των κύκλων (ή ημιεπιπέδων) οι οποίοι έχουν δημιουργηθεί με σταθμίσεις μεγαλύτερες ή ίσες και κατόπιν αφαιρεί όλες τις περιοχές κυριαρχίας με σταθμίσεις μικρότερες (Μι, 2004).

Το διάγραμμα ροής με τα βασικά βήματα του αλγόριθμου είναι το ακόλουθο:



4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

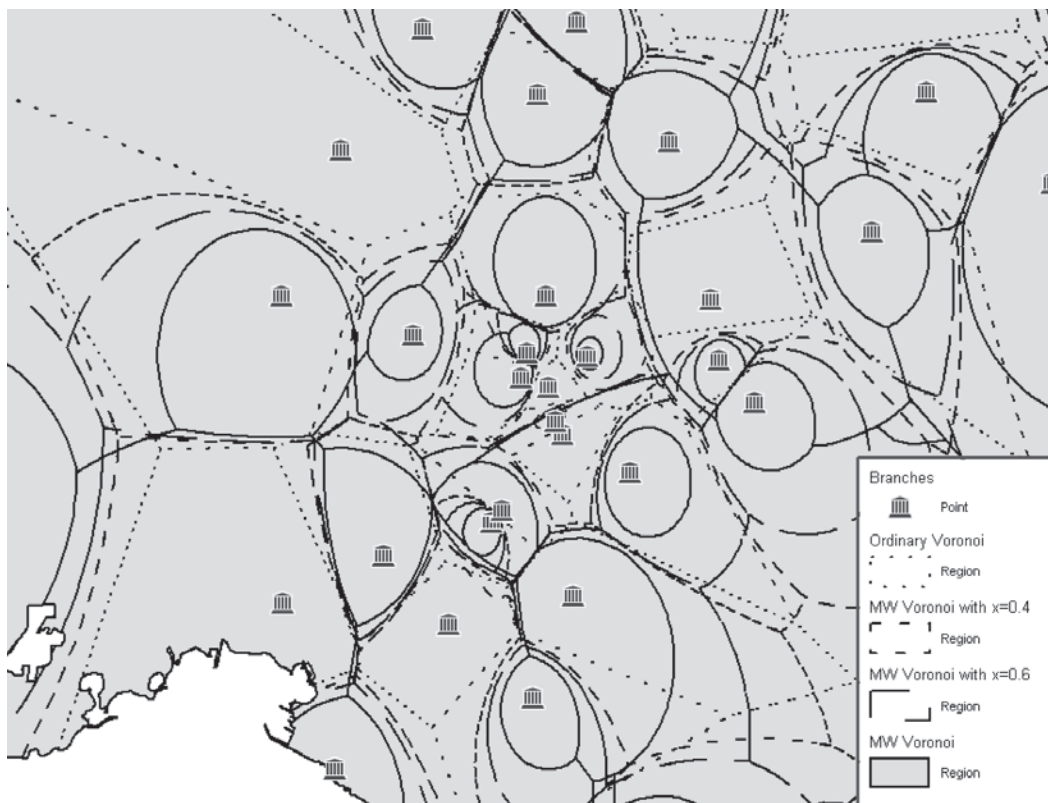
Το υπόδειγμα που παρουσιάστηκε έχει εφαρμοστεί στο πρόβλημα του ορισμού περιοχών ευθύνης –περιοχών αγοράς– των υποκαταστημάτων μιας Ελληνικής τράπεζας. Τα υποκαταστήματα είναι 44 και οι αντίστοιχες σταθμίσεις έχουν υπολογιστεί ως συνάρτηση του αριθμού των υπαλλήλων που είναι τοποθετημένοι σε κάθε υποκατάστημα. Η τράπεζα τοποθετεί τους υπαλλήλους στα υποκαταστήματα έτσι ώστε να επιτυγχάνει τους επιχειρησιακούς στόχους προσέλκυσης νέων πελατών συνολικά, σε επίπεδο τραπεζής. Κατά συνέπεια η στάθμιση στο υπόδειγμα αντικατοπτρίζει την δυναμική κάθε υποκαταστήματος στο να προσελκύει πελάτες, η οποία φυσικά είναι διαφορετική σε κάθε υποκατάστημα εφόσον διαφέρει ο αριθμός των τοποθετημένων σε αυτό υπαλλήλων. Τούτο σημαίνει πως βραχυχρονίως η τράπεζα αντιμετωπίζει το πρόβλημα της ανάπτυξης του δικτύου ως πρόβλημα καθορισμού περιοχών αγοράς των υποκαταστημάτων, έτσι ώστε να καλυφθεί εξαντλητικά ο γεωγραφικός χώρος χωρίς επικαλύψεις λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψιν και τις δυνατότητες κάθε υποκαταστήματος (όπως απεικονίζονται στο πλήθος των τοποθετημένων υπαλλήλων). Η διαμέριση του γεωγραφικού χώρου γίνεται επομένως με τέτοιο τρόπο ώστε στα υποκαταστήματα με μεγαλύτερες δυνατότητες να αντιστοιχείται και σχετικά μεγαλύτερη περιοχή αγοράς. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, η στάθμιση που χρησιμοποιείται στην σχέση (1) για το υπόδειγμα των πολλαπλασιαστικά σταθμισμένων διαγραμμάτων Voronoi

δίνεται από την παρακάτω σχέση (Sakamoto και Takagi, 1988):

$$w_i = (\text{employees})^x \quad (7)$$

όπου x είναι μια σταθερά η οποία παίρνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$. Όταν η σταθερά x έχει την τιμή 0, όλα τα σημεία-υποκαταστήματα έχουν την ίδια στάθμιση και το διάγραμμα είναι το κανονικό διάγραμμα Voronoi. Καθώς η τιμή της σταθεράς αυξάνεται από 0 προς το 1 οι πλευρές των πολυγώνων-περιοχών αγοράς αποκτούν μεγαλύτερη καμπυλότητα (κάμπτονται με μεγαλύτερη δύναμη). Όταν η σταθερά x πάρει την τιμή 1 τότε δημιουργείται το πλήρες σταθμισμένο διάγραμμα Voronoi. Η διαμέριση του γεωγραφικού χώρου για επιλεγμένες τιμές της σταθεράς δίνεται στο Σχήμα 2.

Σχήμα 2. Κανονικά και πολλαπλασιαστικά σταθμισμένα διαγράμματα Voronoi



Στο διάγραμμα απεικονίζονται τα διαγράμματα Voronoi για τα υποκαταστήματα στην περιοχή της Αθήνας για τις τιμές της σταθεράς $x=0$, $x=0.4$, $x=0.6$ και $x=1$.

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης

Η κατασκευή της οικογένειας των πολλαπλασιαστικά σταθμισμένων διαγραμμάτων Νογοποι για διάφορες τιμές της σταθεράς x δημιουργεί θεωρητικά άπειρα συστήματα περιοχών αγοράς. Η τράπεζα θα πρέπει να θέσει ένα κριτήριο επιλογής ενός συγκεκριμένου πλέον κανάβου που θα απεικονίζει τις περιοχές αγοράς. Ως τέτοιο κριτήριο χρησιμοποιείται ο αριθμός των δυνητικών πελατών ανά υπάλληλο¹, στον υπό διαμέριση γεωγραφικό χώρο. Φυσικά η τράπεζα επιθυμεί όλοι οι υπάλληλοι της να συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων που αυτή θέτει. Ετσι, γενικώς έχει ως κανόνα να αναθέτει ίση ποσότητα έργου στον κάθε υπάλληλο της και για αυτό το έργο να τον ελέγχει ή να τον επιβραβεύει. Τούτο σημαίνει πως η τράπεζα προσπαθεί να αναθέσει σε κάθε υπάλληλο τον ίδιο κατά το δυνατόν αριθμό δυνητικών πελατών, με τον περιορισμό αφενός του συγκεκριμένου αριθμού υποκαταστημάτων και τοποθετημένων υπαλλήλων και αφετέρου της συγκεκριμένης εγκατάστασης-χωροθέτησης των επιχειρήσεων –δυνητικών πελατών.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των επιχειρήσεων-δυνητικών πελατών ανά υπάλληλο υποκαταστήματος που προκύπτει για επιλεγμένες τιμές της σταθεράς x στο υπόδειγμα Νογοποι, η τυπική απόκλιση και οι συντελεστές μεταβλητότητας και Gini. Οι δυνητικοί πελάτες είναι οι επιχειρήσεις του οδηγού της ICAP που εδρεύουν στο Λεκανοπέδιο. Το πλήθος των επιχειρήσεων αυτών είναι περίπου 20.000. Σημειώνεται πως ο οδηγός ICAP περιλαμβάνει επιχειρήσεις με νομική μορφή ΑΕ και ΕΠΕ και φυσικά με στοιχεία διεύθυνσης, τέτοια ώστε να μπορούν να γεωκωδικοποιηθούν σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Πίνακας 1. Δυνητικοί πελάτες ανά υπάλληλο υποκαταστήματος. Συνοπτικά αποτελέσματα των διαγραμμάτων Νογοποι

Επιλεγμένες τιμές σταθεράς x	Επιχειρήσεις ανά υπάλληλο υποκαταστήματος					
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Μέσος όρος	52	56	48	45	42	40
Τυπική απόκλιση	45	43	35	30	31	34
Συντελεστής διακύμανσης (CV)	87%	77%	74%	68%	74%	85%
Δείκτης Gini	0.63	0.53	0.54	0.56	0.62	0.71

Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης

Από την επισκόπηση του Πίνακα 1, προκύπτει ότι τα διαγράμματα Νογοποι διαμερίζουν το χώρο έτσι ώστε όσο η σταθερά x πλησιάζει στην μονάδα ο μέσος αριθμός και η

¹ Ο αριθμός των δυνητικών πελατών ανά υπάλληλο χρησιμοποιείται ευρέως στον τραπεζικό κλάδο. Μεταξύ άλλων ο λόγος αυτός χρησιμεύει στο να τίθενται στόχοι ανά κατάσταση, να ελέγχεται η πορεία των εργασιών, να καταστρώνονται συστήματα bonus κ.λπ.

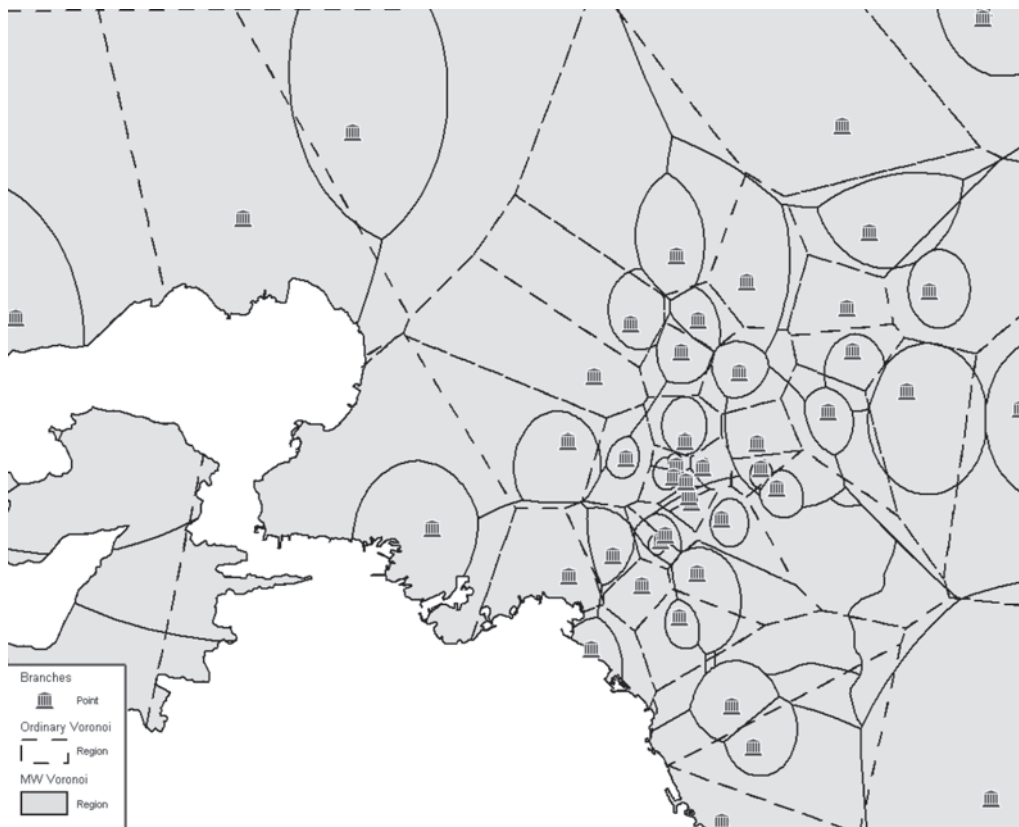
τυπική απόκλιση των επιχειρήσεων-δυνητικών πελατών που εδρεύουν στην περιοχή αγοράς του κάθε υποκαταστήματος και αναλογούν σε κάθε υπάλληλό του μειώνεται. Αντίθετα τα αστάθμητα διαγράμματα Voronoi δημιουργούν δίκτυο με ανισότητες στην ανάθεση των δυνητικών πελατών στους υπαλλήλους (52 κατά μέσο όρο και τη μεγαλύτερη ανισοκατανομή αυτού του αριθμού, από όλα τα εναλλακτικά συστήματα περιοχών αγοράς). Επίσης παρατηρείται πως οι συντελεστές μεταβλητότητας και Gini αρχικά μειώνονται και κατόπιν αυξάνουν, φαινόμενο δηλωτικό της μείωσης των ανισοτήτων στις αναθέσεις δυνητικών πελατών, που συμβαίνουν σε τιμές της σταθεράς x περίπου στο διάστημα από 0.4 έως 0.6. Τα πολλαπλασιαστικά σταθμισμένα διαγράμματα Voronoi με πολύ υψηλές τιμές της σταθεράς x εξασφαλίζουν γενικώς καλύτερη αναλογία δυνητικών πελατών ανά υπαλλήλων στο υφιστάμενο δίκτυο της τράπεζας, αλλά δημιουργούν ανισότητες μεταξύ των υποκαταστημάτων, ή διατηρούν τις ανισότητες των αστάθμητων Voronoi. Αντίθετα, τα πολλαπλασιαστικά σταθμισμένα διαγράμματα Voronoi με πολύ χαμηλές τιμές της σταθεράς x διαφοροποιούνται ελάχιστα από τα αστάθμητα διαγράμματα Voronoi, ως προς το μέσο αριθμό αναθέσεων, μειώνουν όμως την ανισοκατανομή στις αναθέσεις, όπως φαίνεται από τις τιμές των συντελεστών CV και Gini.

Η τράπεζα έχει συμφέρον να επιλέξει εκείνο το σύστημα περιοχών αγοράς που ελαχιστοποιεί τις ανισότητες στο πλήθος των δυνητικών πελατών ανά υποκατάστημα. Επομένως θα επιλέξει το σύστημα πολλαπλασιαστικά σταθμισμένων διαγραμμάτων Voronoi με τους μικρότερους συντελεστές μεταβλητότητας και Gini. Αυτό συμβαίνει με τιμές της σταθεράς x 0.4, καθώς η τιμή του συντελεστή Gini είναι η χαμηλότερη (0.54) και η τιμή του συντελεστή μεταβλητότητας παραμένει σχετικά χαμηλή (74%). Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι τα διαγράμματα Voronoi εξυπηρετούν το βραχυχρόνιο σχεδιασμό της τράπεζας. Οι περιοχές αγοράς που δημιουργούνται βοηθούν την τράπεζα να αναθέσει με τον καλύτερο τρόπο τους δυνητικούς πελάτες στο υφιστάμενο δίκτυο.

Στο χάρτη του Σχήματος 3 παρουσιάζεται με συνεχή γραμμή το σύστημα περιοχών αγοράς που προτείνεται (σταθερά $x=0.4$) και συγκρίνεται με το σύστημα των αστάθμητων διαγραμμάτων Voronoi. (σταθερά $x=0$) που απεικονίζεται με διακεκομμένη γραμμή.

Από την επισκόπηση του διαγράμματος αναδεικνύεται η διαφορά στο μέγεθος των περιοχών αγοράς ανάμεσα στα δύο συστήματα. Αυτό που πρέπει να τονισθεί είναι πως στο πολλαπλασιαστικά σταθμισμένο σύστημα Voronoi παρόλο που οι περιοχές αγοράς έχουν πολύ διαφοροποιημένο μέγεθος, τα υποκαταστήματα έχουν καλύτερη αναλογία δυνητικών πελατών υπαλλήλων και μικρότερες διαφορές μεταξύ τους.

Σχήμα 3. Περιοχές αγοράς για τα υποκαταστήματα στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας



Πηγή: Αποτελέσματα ανάλυσης

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο άρθρο περιγράφεται μία αναλυτική διαδικασία καθορισμού περιοχών αγοράς για ένα δίκτυο υποκαταστημάτων. Το υπόδειγμα βασίζεται στην διατηρούμενη υπόθεση ότι ο χώρος είναι ετερογενής, με την έννοια ότι κάθε υποκατάστημα είναι διαφορετικά στελεχωμένο και λειτουργεί με διαφορετική συνάρτηση παραγωγής από τα υπόλοιπα. Ο γεωγραφικός χώρος διαμερίζεται με την χρήση διαγραμμάτων Voronoi. Συγκρίνονται διαφορετικές διαμερίσεις του χώρου ανάλογα με τη στάθμιση που χρησιμοποιείται. Στο άρθρο προτείνεται ως κριτήριο επιλογής διαμέρισης ο λόγος δυνητικών πελατών ανά τοποθετημένο υπάλληλο στα υποκατάστημα, γιατί αυτό αποτελεί κρίσιμο μέγεθος για την στρατηγική προσέλκυσης πελατείας της τράπεζας. Οι σταθμίσεις υπολογίζονται ως συναρτήσεις

του αριθμού των υπαλλήλων στο κάθε υποκατάστημα, γιατί ο αριθμός των υπαλλήλων περιγράφει ικανοποιητικά τη παραγωγική διαδικασία σε επίπεδο υποκαταστήματος. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών για τα υποκαταστήματα μίας τράπεζας και έδειξε ότι τα σταθμικά Νομοί αντιμετωπίζουν καλύτερα την ετερογένεια του χώρου σε σύγκριση με τα αστάθμητα διαγράμματα, εξασφαλίζουν χαμηλότερη αναλογία δυνητικών πελατών ανά υπάλληλο και ταυτόχρονα μειώνουν τις ανισότητες στο πλήθος της δυνητικής πελατείας ανά τοποθετημένο υπάλληλο υποκαταστήματος. Από την άλλη πλευρά, τα αστάθμητα διαγράμματα Νομοί προσιδιάζουν περισσότερο στο ομότροπο πεδίο. Θεωρούν δηλαδή πως όλα τα υποκαταστήματα είναι ίδια, καθώς δεν αναγνωρίζουν διαφορετικότητα στα διάφορα υποκαταστήματα της τράπεζας, αφού διαμερίζουν τον γεωγραφικό χώρο γεωμετρικά. Έτσι τα διαγράμματα Νομοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν αφενός ως βασικό εργαλείο στον ορισμό περιοχών αγοράς των υποκαταστημάτων βραχυχρονίως, και ως βοηθητική εφαρμογή για την λήψη αποφάσεων και χάραξη πολιτικής για την μακροχρόνια ανάπτυξη του δικτύου.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των πολλαπλασιαστικά σταθμισμένων διαγραμμάτων Νομοί μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα δύο ειδών. Η πρώτη ομάδα συμπερασμάτων αφορά την επιχειρησιακή αξιοποίηση θεωρητικών εργαλείων και η δεύτερη ομάδα σχετίζεται με ένα από τα βασικά προβλήματα της χωρικής οικονομολογίας, το πρόβλημα της μεταβαλλόμενης χωρικής μονάδας, *modifiable areal unit problem* (MAUP).

Η πρώτη ομάδα συμπερασμάτων αφορά το γεγονός ότι τα πολλαπλασιαστικά σταθμισμένα διαγράμματα Νομοί αποτελούν ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την ανάπτυξη συστημάτων περιοχών αγοράς σε επιχειρήσεις που λειτουργούν δίκτυο υποκαταστημάτων βραχυχρονίως, όπως οι τράπεζες. Τούτο διότι περιγράφουν καλύτερα τον ετερογενή χώρο, αφού λαμβάνουν υπόψη μέσω των σταθμίσεων τη διαφορετικότητα κάθε σημείου-υποκαταστήματος στο χώρο. Οι περιοχές αγοράς που ορίζονται από τα διαγράμματα Νομοί, δίνουν στην τράπεζα τη δυνατότητα να διαχειριστεί προσωπικό και εγκαταστάσεις βραχυχρονίως, όταν αυτά δεν μπορούν να μεταβληθούν. Δευτερεύουσα χρήση των περιοχών αγοράς που ορίζονται με αυτό τον τρόπο, είναι η διατύπωση συγκεκριμένων αριθμητικών επιχειρηματικών στόχων (προσέλκυση νέων πελατών) ανά υποκατάστημα, ο έλεγχος της πορείας των εργασιών και η αξιολόγηση της επίδοσης. Τέλος, η τράπεζα μπορεί να αξιολογήσει το υφιστάμενο δίκτυο, τόσο ως προς τον αριθμό των υποκαταστημάτων μέσω των εμβαδού των περιοχών αγοράς, όσο και ως προς τη στελέχωση αυτών μέσω του λόγου δυνητικών πελατών ανά υπάλληλο.

Η δεύτερη ομάδα συμπερασμάτων αφορά την έμμεση αντιμετώπιση της χωρικής μεροληψίας που δημιουργεί η οποιαδήποτε διαμέριση του γεωγραφικού χώρου σε υποπεριοχές (Paelinck, 2005). Συγκεκριμένα, το πρόβλημα αναδεικνύεται χωρίς φυσικά να

επιλύεται από τις διαφορετικές τιμές του λόγου δυνητικών πελατών ανά υπάλληλο, ή τα εμβαδά των περιοχών αγοράς. Το εργαλείο παραγωγής των διαγραμμάτων βοηθά στη μελέτη αυτού του φαινομένου, καθώς δημιουργεί εύκολα σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών εμπειρικές μεταβαλλόμενες χωρικές μονάδες. Μελλοντική προέκταση του παρόντος υποδείγματος είναι η επιλογή στάθμισης με την χρήση ανομοιογενών χωρικών σημειακών ανελιξων οι οποίες περιγράφουν την ετερογένεια του χώρου με τη βοήθεια τυχαίων μεταβλητών, γενικεύοντας την προσέγγιση του άρθρου που βασίστηκε στη σταθερά x . Κάτω από αυτό το πρίσμα θα εξεταστεί και η χρήση ενός συνδυασμού προσθετικών και πολλαπλασιαστικών σταθμισμένων Voronoi.

Βιβλιογραφία

- Ash P.F. και Bolker E.D. (1986) "Generalized Dirichlet tessellations", *Geometricae Dedicata*, 20: 209-243.
- Aurenhammer F. (1987) "Improved algorithms for disks and balls using power diagrams", *Journal of Algorithms*, 9: 151-161.
- Aurenhammer F. και Edelsbrunner H. (1984) "An Optimal Algorithm for Constructing the Weighted Voronoi Diagram in the Plane", *Pattern Recognition*, 17(2): 251-257.
- Aurenhammer F. και Klein R. (2000) "Voronoi Diagrams", στο *Handbook of Computational Geometry*, Elsevier Science Publishing, 201-290.
- Beckmann M. (1968) *Location Theory*, New York: Random House.
- Boots B.N. (1980) "Weighting Thiessen Polygons", *Economic Geography*, 56: 248-259.
- Boots B.N. και South R. (1997) "Modeling Retail Trading Areas Using Higher-Order, Multiplicatively Weighted Voronoi Diagrams", *Journal of Retailing*, 73(4): 519-536.
- De Berg M., van Kreveld M., Overmars M. και Schwarzkopf O. (2000) *Computational Geometry – Algorithms and Applications*, 2^η έκδοση, Springer.
- Drysdale S. (1993) "Voronoi Diagrams – Applications from Archeology to Zoology", στην ιστοσελίδα <http://www.ics.uci.edu/~eppstein/gina/scot.drysdale.html>.
- Drysdale S. και Lee D.T. (1978) "Generalized Voronoi diagrams in the plane", *Proceeding of the 16th Annual Allerton Conference on Communication, Control and Computing*, pp. 833-842.
- Dyckin P. και Lloyd P. (1990) *Location in Space. Theoretical Perspectives in Economic Geography*, New York: Harper Collins.
- Edelsbrunner H. και Seidel, R. (1986) "Voronoi diagrams and arrangements", *Discrete and Computational Geometry*, 1: 25-44.
- Fortune S. (1987) "A sweepline algorithm for Voronoi diagrams", *Algorithmica*, 2: 153-174.

- Fujita M., Krugman P. και Venables A. (2001) *The Spatial Economy. Cities, Regions and International Trade*, MIT Cambridge Massachusetts.
- Klein R. (1989) *Concrete and Abstract Voronoi Diagrams*. Lecture Notes in Computer Sciences, no. 400, Springer.
- Lee D.T. (1980) "Two dimensional Voronoi diagrams in the L_p metric", *Journal of the ACM*, 27: 604-618.
- MapBasic – Development Environment User’s Guide* (2002) New York: MapInfo corporation.
- Mu L. (2004) "Polygon Characterization with Multiplicatively Weighted Voronoi Diagram", *The Professional Geographer*, 56(2): 222-239.
- Ohya T., Iri M., και Muroto, K., (1984) "Improvements of the incremental method for the Voronoi diagram with computational comparisons of various algorithms", *Journal of Operations Research Society of Japan*, 27: 306-336.
- Okabe A., Boots B., και Sugihara K. (1992) *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*, New York: John Wiley and Sons.
- Paelinck J. H. P., Spatial Econometrics: History, State of the art and challenges ahead, *Workshop on Spatial Econometrics*, Kiel Institute for World Economics, April 2005, <http://www.uni-kiel.de/ifw/konfer/spatial/paelinck.pdf>
- Preparata F.P., και Hong S.J. (1977) "Convex hulls of finite sets of points in two and three dimensions", *Communications of the ACM*, 20(2): 87-93.
- Sakamoto M. και Takagi M. (1988) "Patterns of Weighted Voronoi Tessellation", *Sci Form*, 3: 103-111.
- Schardt B.F. και Drysdale R.L. (1991) "Multiplicatively weighted crystal growth Voronoi diagram", *Proceedings of the Second Canadian Conference in Computational Geometry*, pp. 214-223.
- Sugihara K., Iri M., Inagaki H. και Imai T. (2000) "Topology Oriented Implementation – An Approach to Robust Geometric Algorithms", *Algorithmica*, 27: 5-20.
- Sugihara K. (2002) "Voronoi Diagrams", στο Farin G., Hoschek J., και Kim M.S., *Handbook of Computer Aided Geometric Design*, North-Holland, 429-450.

Αναστάσιος Ν. Καραγάνης

Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Συγγρού 136, Αθήνα 176 71, e-mail: akaragan@panteion.gr

Άγγελος Μιμής

Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Συγγρού 136, Αθήνα 176 71, e-mail: amimis@panteion.gr

