

SOFTWARE IN MAPPING AND SPATIAL ANALYSIS OF CRIMEAngelos Mimis¹ and Athanasios Synolakis²**ABSTRACT**

In the current paper, we examine the functionalities available in the software of Geographical Information Systems and spatial analysis that can be used in crime analysis. The capabilities of mapping the crime with Geographical Information Systems is discussed, with the aim in organizing and visualizing the spatial information. We analyze the basic routines of reading in vector and raster datasets, editing and creating areal thematic maps. Afterwards, three free spatial analysis software programs are covered that have been applied in crime analysis and are GeoDa, SaTScan and CrimeStat. The first one, is a general software of spatial statistics that is used in investigating point and areal data, the second analyzes spatial, temporal and spatiotemporal data by using the relevant statistical techniques of spatial scanning and the third is a spatial statistics software oriented in examining the position of crime events. Finally, we discuss the scripting languages R and python, which provide functions and packages developed for the spatial analysis and can be applied in crime analysis.

Keywords: Spatial analysis of crime, Geographical Information Systems, Software.

¹ Associate Professor, Department of Economic and Regional Development, Panteion University of Social and Political Sciences. E-mail: mimis@panteion.gr

² PhD candidate, Department of Economic and Regional Development, Panteion University of Social and Political Sciences. E-mail: synolthanos@gmail.com

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΓΚΛΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Άγγελος Μιμής³ και Αθανάσιος Συνολάκης⁴

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν άρθρο εξετάζονται οι δυνατότητες του λογισμικού των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και της χωρικής ανάλυσης στην ανάλυση του εγκλήματος. Παρουσιάζεται η τεχνολογία της χαρτογράφησης του εγκλήματος με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών προκειμένου να απεικονίσουμε και να οργανώσουμε τη χωρική πληροφορία. Αναλύουμε τις βασικές λειτουργίες εισαγωγής διανυσματικών και πλεγματικών δεδομένων, την επεξεργασία τους και τη δημιουργία σημειακών και πολυγωνικών θεματικών χαρτών. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τρία δωρεάν λογισμικά της χωρικής ανάλυσης τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί στον χώρο της εγκληματολογίας και είναι το GeoDa, το SaTScan και το CrimeStat. Το πρώτο είναι ένα γενικό λογισμικό χωρικής στατιστικής που αναλύει κυρίως στατικά σημειακά και πολυγωνικά δεδομένα, το δεύτερο αναλύει χωρικά, χρονικά και χωροχρονικά δεδομένα, χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες στατιστικές τεχνικές ανίχνευσης ενώ το τρίτο είναι λογισμικό χωρικής στατιστικής προσανατολισμένο στην ανάλυση της θέσης εγκληματικών ενεργειών. Τέλος, αναφέρουμε τις γλώσσες προγραμματισμού (R και python) που παρέχουν λειτουργίες και βιβλιοθήκες που έχουν αναπτυχθεί για την ανάλυση χωρικών δεδομένων και μπορούν να εφαρμοστούν στην ανάλυση του εγκλήματος.

Λέξεις κλειδιά: Χωρική Ανάλυση του εγκλήματος, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Λογισμικό.

³ Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών. E-mail: mimis@panteion.gr

⁴ Υποψήφιος Διδάκτορας, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών. E-mail: synolthanos@gmail.com

Εισαγωγή

Η ανάλυση του εγκλήματος εμπεριέχει τέσσερις βασικές κατευθύνσεις οι οποίες είναι (1) η ανάλυση νοημοσύνης, (2) η ανάλυση τακτικής, (3) η στρατηγική ανάλυση και (4) η διοικητική ανάλυση του εγκλήματος (International Association of Crime Analysts, 2014). Κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες ανάλυσης, έχει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της που αφορούν τη φύση και την πηγή των δεδομένων, τις τεχνικές που εφαρμόζονται, τα αποτελέσματα και την συχνότητα της ανάλυσης και τέλος τον σκοπό και το κοινό στο οποίο απευθύνονται.

Η ανάλυση νοημοσύνης αφορά την ανάλυση των δεδομένων των ανθρώπων που εμπλέκονται στα εγκλήματα, κυρίως κατ' επανάληψη θύματα και δράστες καθώς και εγκληματικές οργανώσεις και δίκτυα. Η ανάλυση τακτικής σχετίζεται με τα δεδομένα της αστυνομίας για βραχυπρόθεσμη σχεδίαση των περιπολιών, κατανομή των πόρων και ορισμού των προτεραιοτήτων. Η στρατηγική ανάλυση αφορά την ανάλυση με σκοπό την ανάπτυξη και αξιολόγηση των μακροπρόθεσμων στρατηγικών, πολιτικών και τεχνικών πρόληψης. Η τελευταία κατηγορία της διοικητικής ανάλυσης συνδέεται με την καταγραφή των αναγκών της διοίκησης, της αστυνομίας, της κυβέρνησης και της κοινότητας.

Τα βήματα ανάλυσης είναι ανεξάρτητα της κατηγορίας που ακολουθούμε και αποτελούνται από τη συλλογή και τον καθαρισμό των δεδομένων, την ανάλυση, την διάχυση των αποτελεσμάτων και την ενσωμάτωση πληροφοριών από τους χρήστες (Gottlieb, κ.ά. 1994). Τα δεδομένα που συλλέγει ο ερευνητής (πρωτογενή δεδομένα όπως αναφορές συμβάντων ή δευτερογενή όπως δημογραφικά δεδομένα) απαιτούν προ-επεξεργασία πριν χρησιμοποιηθούν και αυτή περιλαμβάνει τον καθαρισμό των δεδομένων (π.χ. διόρθωση σφαλμάτων), την γεωκωδικογράφιση των δεδομένων

(μετατροπή διευθύνσεων σε σημειακή πληροφορία) και τη δημιουργία νέων μεταβλητών κατάλληλων για την ανάλυση. Η ανάλυση περιλαμβάνει στατιστικές μεθόδους ή τεχνικές απεικόνισης δεδομένων χωρικών (γραφήματα, περιγραφική στατιστική κ.ά.) και/ή χωρικών (δημιουργία χαρτών, ανάλυση χωρικών προτύπων κ.ά.). Η διάχυση των αποτελεσμάτων περιέχει τη δημιουργία δημοσιευμάτων, ηλεκτρονικών εκθέσεων, χαρτών, e-mail και τηλεφωνημάτων, με αποδέκτες αστυνομικούς, τη διοίκηση της αστυνομίας, πολίτες, άλλους αναλυτές καθώς και τον τύπο. Σε αυτήν τη διαδικασία τα σχόλια από τους αποδέκτες των αποτελεσμάτων μπορούν να χρησιμεύσουν στην βελτίωση της ανάλυσης.

Η χαρτογράφηση και η χωρική ανάλυση του εγκλήματος παρόλο που δε θεωρείται κατηγορία ανάλυσης, συμπληρώνει την ανάλυση και εμφανίζεται σε κάθε μια από τις τέσσερις κατηγορίες ειδικά στις διαδικασίες που επικεντρώνονται στη γεωγραφία του εγκλήματος (Santos, 2017).

Έτσι στην πρώτη κατηγορία της ανάλυσης νοημοσύνης, η χαρτογράφηση μας βοηθάει να απεικονίσουμε στον χώρο, το είδος του εγκλήματος και τη σχέση των ατόμων μεταξύ τους, με βάση τον χώρο δραστηριότητας τους (π.χ. τόπος διαμονής και εργασίας). Παράδειγμα ανάλυσης αποτελεί ένας χάρτης με τις περιοχές των συμμοριών και των εγκλημάτων που σχετίζονται με συμμορίες.

Στην ανάλυση τακτικής, η χωρική ανάλυση μας βοηθάει να αναγνωρίζουμε πρότυπα που συνδέονται με τη θέση των συμβάντων. Για παράδειγμα η χωρική αυτοσυσχέτιση της θέσης των κλοπών αυτοκινήτων θα αναδείξει τις συστάδες με υψηλό αριθμό συμβάντων.

Στην στρατηγική ανάλυση, η χαρτογράφηση μας επιτρέπει να εξετάσουμε μακροχρόνιες εφαρμογές πολιτικών όπως για παράδειγμα η εξέταση προτύπων

εγκλήματος γύρω από σχολικές μονάδες, νυχτερινά μαγαζιά ή μονάδες θεραπείας και κοινωνικής επανένταξης ναρκομανών.

Στην τελευταία κατηγορία της διοικητικής ανάλυσης, η χαρτογράφηση χρησιμοποιείται ώστε να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των μέτρων μείωσης της εγκληματικότητας που εφαρμόστηκαν, ανά περιοχή. Για παράδειγμα η χαρτογράφηση των κλήσεων μπορεί να βοηθήσει στην κατανομή ανθρώπινων πόρων στις περιπολίες.

Σε αυτό το πλαίσιο, στο παρόν άρθρο, θα παρουσιάσουμε τις τρέχουσες εξελίξεις στο λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται στη χαρτογράφηση και τη χωρική ανάλυση του εγκλήματος. Πιο συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στις δυνατότητες που μας παρέχουν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, στα λογισμικά που έχουν φτιαχτεί για να ικανοποιήσουν τις ειδικές απαιτήσεις της ανάλυσης του εγκλήματος και τέλος στις γλώσσες προγραμματισμού που μας παρέχουν την ευελιξία αλλά και τα εργαλεία στην κατασκευή προσαρμοσμένων στις σύγχρονες απαιτήσεις προγράμματα.

Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στην χαρτογράφηση του εγκλήματος

Οι τεχνολογικές αλλαγές και η εξέλιξη των δυνατοτήτων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών έχουν δώσει μια νέα διάσταση στην ανάλυση των εγκληματολογικών δεδομένων (Henning, 2016). Καθώς η έννοια της γεωγραφίας είναι στο επίκεντρο κάθε εγκλήματος, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών κρίνονται ως τα πιο κατάλληλα για την επεξεργασία δεδομένων εγκληματικότητας (Chainey, Ratcliffe, 2005). Βασικές λειτουργίες όπως η γεωκωδικοποίηση, η κατασκευή θεματικών χαρτών και χαρτών πυκνότητας, η εύρεση χωρικών προτύπων, η χωρική αυτοσυσχέτιση τείνουν να ενσωματώνονται όλο και περισσότερο σε εγκληματολογικές έρευνες. Δύο γνωστά λογισμικά επεξεργασία χωρικής πληροφορίας είναι το ArcGIS⁵

⁵ Διαθέσιμο στην σελίδα: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>

της ESRI και το δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα QGIS⁶. Η αξιοποίηση σύγχρονων λογισμικών Γεωγραφικών Συστημάτων δίνει στους αναλυτές τη δυνατότητα αποθήκευσης και επεξεργασίας τεράστιου όγκου πληροφορίας, τον συνδυασμό διαφορετικών δεδομένων για κοινές γεωγραφικές περιοχές και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων τους (Henning, 2016; Santos, 2017). Οι νέοι τρόποι χαρτογράφησης της εγκληματικότητας έχουν προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια αποτελεσμάτων, εξοικονόμηση χρόνου και πόρων. Παρ' όλα αυτά, όπως αναφέρουν οι Elmes κ.ά. (2014), η αξιοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών δεν αποτελεί υποκατάστατο των άλλων μορφών ανάλυσης του εγκλήματος, αλλά ένα συμπληρωματικό εργαλείο εξέτασης χωρικής πληροφορίας.

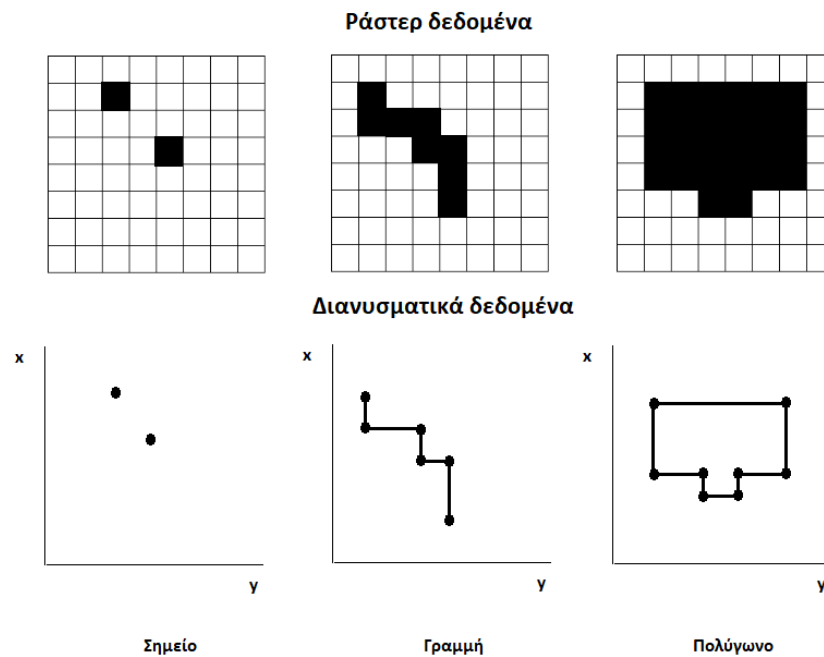
Αναπαράσταση δεδομένων

Τα εγκληματολογικά δεδομένα μπορεί να είναι από συγκεκριμένα σημεία ενδιαφέροντος, όπως αστυνομικά τμήματα, σχολεία, ξενοδοχεία, κυβερνητικά κτήρια, στάσεις λεωφορείων ή τραίνου, μέχρι πιο σύνθετα δεδομένα όπως το οδικό δίκτυο, το δίκτυο μέσων μεταφορών, περιοχές που αφορούν δράσεις παραβατικών ομάδων, περιοχές εποπτείας τις αστυνομίας κ.ά. Η αναπαράσταση των παραπάνω χωρικών δεδομένων σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών γίνεται με την χρήση σημείων, γραμμών, ή πολυγώνων και η απεικόνισή τους με την χρήση της διανυσματικής ή της πλεγματικής μορφής (ράστερ).

Στην περίπτωση της διανυσματικής απεικόνισης, ένα σημείο είναι μια συγκεκριμένη τοποθεσία που απεικονίζεται με ένα σύμβολο. Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών χρησιμοποιεί διαφορετικά σύμβολα για να απεικονίσει τοποθεσίες με διαφορετικά δεδομένα (Santos, 2017). Μια γραμμή αποτυπώνεται από δύο σημεία που

⁶ Διαθέσιμο στην σελίδα: <https://qgis.org/en/site/>

αποτελούν την αρχή και το τέλος ενός ευθύγραμμου τμήματος. Μια σειρά ευθύγραμμων τμημάτων μπορούν να δημιουργήσουν μια καμπύλη που ονομάζεται πολύγραμμο (polyline). Τα ευθύγραμμα τμήματα που περικλείουν μια περιοχή ονομάζονται πολύγωνα (Robinson κ.ά, 2002; Longley κ.ά, 2010). Για τη αποτύπωση της χωρικής πληροφορίας χρειαζόμαστε να καθορίσουμε τη θέση κάθε σημείου (x,y). Επίσης, εκτός από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δεδομένων, κάθε στοιχείο έχει περιγραφική πληροφορία, η οποία σχετίζεται με τις ποιοτικές ή τις ποσοτικές ιδιότητες του γεωγραφικού χώρου, όπως ο αριθμός των εγκλημάτων σε μια περιοχή, το φύλο του θύματος, την κατηγορία της εγκληματικής πράξης κ.ά. Ο συνηθέστερος τύπος αρχείου διανυσματικών δεδομένων που συναντάμε στην πράξη είναι το shapefile της ESRI. Εκτός από τα διανυσματικά δεδομένα, σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών μπορούμε να εισάγουμε και ράστερ δεδομένα. Σε αυτήν την περίπτωση κάθε δομικό στοιχείο ενός αντικειμένου αναπαρίσταται με ένα κελί. Το μέγεθος κάθε κελιού επηρεάζει τον τρόπο που απεικονίζεται η οντότητα. Ένα σύνολο κελιών δημιουργούν ένα πλέγμα (grid), με κάθε κελί του πλέγματος να περιέχει μια τιμή. Εκτός από το πλέγμα, τα δεδομένα ράστερ μπορούν να εμφανιστούν και σαν εικόνες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το κελί παίρνει την μορφή pixel που περιέχει τις τιμές έντασης του χρώματος. Στην εγκληματολογία τα δεδομένα ράστερ (Santos, 2017) χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με διανυσματικά δεδομένα για να αποτυπώσουν με λεπτομέρεια χωρικά χαρακτηριστικά, καθώς και για την χαρτογράφηση της πυκνότητας του εγκλήματος.



Εικόνα 1. Απεικόνιση δεδομένων σε διανυσματική και πλεγματική μορφή.

Κατασκευή χάρτη

Τα σύγχρονα πακέτα Γεωγραφικών Συστημάτων παρέχουν πληθώρα λειτουργιών / εργαλείων που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα ενός χάρτη. Ο αναλυτής προτού ξεκινήσει την χαρτογραφική σύνθεση θα πρέπει να απαντήσει αρχικά στο “ποιός είναι ο σκοπός του χάρτη που θα κατασκευάσει”, ώστε να επιλέξει τα κατάλληλα εργαλεία για την δημιουργία του. Σημαντικό είναι επίσης να ξέρει την φύση του κοινού που απευθύνεται. Με το συγκεκριμένο κριτήριο θα αποφασίσει τον όγκο της πληροφορίας που θα εμφανίζεται σε έναν χάρτη, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να μην γίνει δυσνόητο προς τον αναγνώστη.

Βασικά μέρη θεματικού χάρτη

Αν και η κατασκευή ενός χάρτη είναι φαινομενικά μια εύκολη υπόθεση, ο εκάστοτε χαρτογράφος - αναλυτής πρέπει να εστιάσει σε πέντε βασικά χαρακτηριστικά, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να εξυπηρετεί τον αρχικό σκοπό του χάρτη:

1. **Κλίμακα:** Ένας χάρτης είναι μια απλοποιημένη μικρογραφία της πραγματικότητας. Η αναλογία ενός χάρτη σε σχέση με την πραγματικότητα ονομάζεται κλίμακα (Robinson κ.ά, 2002). Η αναπαράσταση της κλίμακας μπορεί να γίνει σε κλασματική μορφή 1:10000, με γραφική αναπαράσταση ή περιφραστικά (π.χ. ένα εκατοστό αντιστοιχεί σε 10000 εκατοστά). Αν και η ερμηνεία της κλίμακας φαίνεται απλή, πολλές φορές μπερδεύει τον αναγνώστη. Στην πραγματικότητα χάρτες μεγάλης κλίμακας εστιάζουν σε μικρές περιοχές με λεπτομέρειες, ενώ χάρτες μικρότερης κλίμακας αναφέρονται σε περιοχές με μεγαλύτερη γεωγραφική κάλυψη και λιγότερες λεπτομέρειες (Chainey, Ratcliffe, 2005).
2. **Τίτλος:** Ο τίτλος πρέπει να περιλαμβάνει το θέμα του χάρτη, την περιοχή μελέτης και την χρονική πληροφορία. Σε πιο σύνθετους χάρτες μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ένας υπότιτλος μικρότερων διαστάσεων (Krygier, Wood, 2011).
3. **Υπόμνημα:** Από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του χάρτη είναι το υπόμνημα καθώς περιέχει με λεπτομέρεια όλα εκείνα τα σύμβολα και τα χρώματα για την καλύτερη ερμηνεία κάθε στοιχείου στον χάρτη. Η κατασκευή του υπομνήματος θέλει προσοχή, καθώς ένα σφάλμα στο υπόμνημα μπορεί να οδηγήσει σε στρεβλή παρουσίαση των δεδομένων (Peterson, 2009).
4. **Δείκτης προσανατολισμού:** Χρησιμοποιείται όταν ο χάρτης δεν έχει κατεύθυνση τον βορρά και όταν μια περιοχή δεν είναι αναγνωρίσιμη από το κοινό. Μπορούμε να παραλείψουμε τον δείκτη σε χάρτες μικρής κλίμακας που

απεικονίζουν γνωστές περιοχές όπως κράτη ή ηπείρους (Krygier, Wood, 2011; Chainey, Ratcliffe, 2005).

5. **Μεταδεδομένα:** Τα μεταδεδομένα ενός χάρτη περιέχουν πληροφορίες που έχουν να κάνουν με την προβολή του χάρτη, την ημερομηνία δημιουργίας του, της πηγές των δεδομένων και τον δημιουργό.

Κατηγοριοποίηση δεδομένων

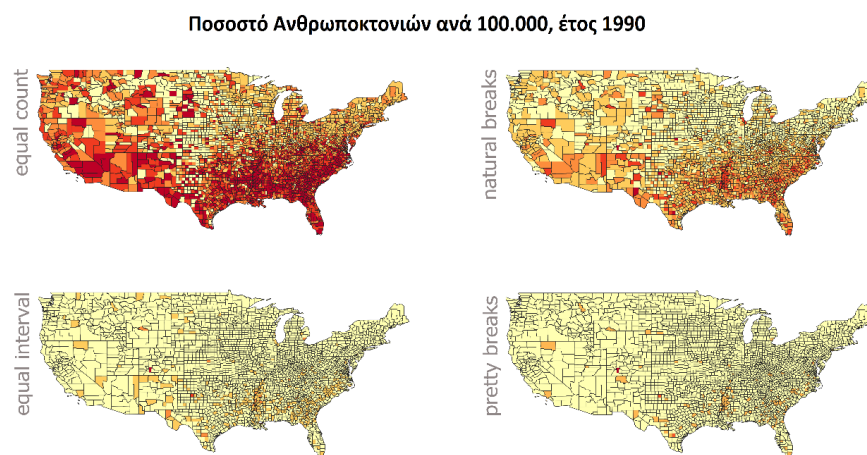
Ένας θεματικός χάρτης εστιάζει στην κατανομή ενός φαινομένου ή στη σχέση ανάμεσα σε περισσότερα (Robinson κ.ά., 2002). Αφού έχουμε καταλήξει στον σκοπό που εξυπηρετεί ο χάρτης και τα δεδομένα που θα περιλαμβάνει, το επόμενο στάδιο είναι η επιλογή των κλάσεων. Δεν υπάρχει κάποιος γενικός κανόνας στην απόφαση του αριθμού των κλάσεων, αλλά η επιλογή εξαρτάται από την απάντηση της ερώτησης “γιατί δημιουργούμε τον χάρτη;”. Ο προτεινόμενος αριθμός κλάσεων είναι από τέσσερις μέχρι οχτώ, οπότε ο αναγνώστης είναι σε θέση να ξεχωρίσει τα διαφορετικά μοτίβα που δημιουργούνται. Χάρτες πάνω από οχτώ κλάσεις παράγουν πιο περίπλοκα μοτίβα, και είναι πιθανόν να δημιουργήσουν ασάφειες στον αναγνώστη (Krygier, Wood, 2011). Έχοντας καταλήξει στο σωστό αριθμό των κλάσεων που θα μας βοηθήσει στην καλύτερη οπτικοποίηση των δεδομένων, το επόμενο στάδιο είναι η κατηγοριοποίησή τους. Η λάθος κατηγοριοποίηση μπορεί να δημιουργήσει κλάσεις χωρίς κανένα στοιχείο ή κλάσεις που συγκεντρώνουν το σύνολο στο δεδομένων.

Οι βασικές κατηγοριοποιήσεις των κλάσεων είναι (Krygier, Wood, 2011; Harries, 1999):

- **φυσικά όρια (natural breaks):** Με την χρήση του αλγορίθμου jenk's optimization ελαχιστοποιούνται οι διαφορές εντός των κλάσεων και μεγιστοποιούνται οι διαφορές μεταξύ των κλάσεων.

- **ίσος αριθμός (equal count (quantile)):** Κάθε κλάση έχει τον ίδιο αριθμό χαρακτηριστικών. Επομένως, δεν θα δημιουργηθεί ποτέ κλάση με πολύ λίγα ή με πάρα πολλά χαρακτηριστικά.
- **ίσο διάστημα (equal interval):** Η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση δημιουργεί ίσα διαστήματα μεταξύ των κλάσεων.
- **ίση έκταση (equal area):** Φροντίζει ώστε η συνολική έκταση των πολυγώνων σε κάθε κλάση να είναι η ίδια.
- **τυπική απόκλιση (standard deviation):** Κάθε κλάση χωρίζεται ανάλογα με την τυπική απόκλιση.
- **(pretty breaks):** Στρογγυλοποιεί το εύρος των κλάσεων.
- **χειροκίνητα (custom):** Επιτρέπει στον χρήστη να καθορίσει τα διαστήματα των κλάσεων με βάση τα δικά του κριτήρια.

Παράδειγμα θεματικού χάρτη με διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις παρουσιάζεται στον Χάρτη 1, όπου απεικονίζεται ο αριθμός των ανθρωποκτονιών σε επίπεδο κομητείας στην Αμερική (Baller κ.ά., 2001).



Πηγή δεδομένων: GeoDa Data and Lab

Χάρτης 1. Θεματικοί χάρτες των ανθρωποκτονιών/100,000 κατοίκους για το έτος 1990.

Λογισμικό χωρικής ανάλυσης

Στο παρελθόν έχουν γίνει προσπάθειες για την ανάπτυξη λογισμικών με γνώμονα την επίλυση προβλημάτων της χωρικής ανάλυσης στην εγκληματολογία. Τρία από αυτά, με την μεγαλύτερη απήχηση στον χώρο (Wilson, 2007), είναι το GeoDa (Anselin κα, 2006), το SaTScan (Kulldorff, 2009) καθώς και το CrimeStat (Levine, 2004 και 2015) τα οποία παρουσιάζονται στο ειδικό τεύχος του περιοδικού Social Science Computer Review (2007) με θέμα “Crime Mapping”. Το GeoDa είναι ένα γενικό ανοικτό λογισμικό χωρικής ανάλυσης με κατεύθυνση την ανάλυση στατικών κυρίως επιφανειακών δεδομένων. Το SaTScan είναι δωρεάν λογισμικό που χρησιμοποιείται στην επιδημιολογία και την εγκληματολογία για την ανίχνευση συστάδων στον χώρο αλλά και στον χρόνο ταυτόχρονα. Τέλος το CrimeStat είναι το μόνο λογισμικό με κύρια εφαρμογή στο πεδίο της εγκληματολογίας χρησιμοποιώντας γενικά εργαλεία χωρικής ανάλυσης σημειακών δεδομένων.

*GeoDa*⁷

Το GeoDa είναι δωρεάν ανοικτό λογισμικό το οποίο περιέχει εργαλεία ανάλυσης χωρικών δεδομένων με σκοπό την εξερεύνηση (exploratory spatial data analysis) αλλά και την ανάλυση προτύπων και μοντέλων. Το λογισμικό αναπτύσσεται από τον Anselin και την ομάδα του από το 2003 και υπάρχει διαθέσιμο για τα λειτουργικά των Windows, MacOSX και Linux (Anselin, 2006; Anselin, Rey, 2014).

Το λογισμικό παρέχει περιβάλλον παρουσίασης της χωρικής πληροφορίας και πρόσφατα προστέθηκαν (α) η λειτουργία της απεικόνισης πολλαπλών στρώσεων στον

⁷ Διαθέσιμο στην σελίδα <https://geodacenter.github.io/>. Η τελευταία διαθέσιμη έκδοση είναι η 1.14 (Αύγουστος 2019).

χάρτη και (β) η προσθήκη χαρτών υπόβαθρου (basemaps). Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα επεξεργασίας των στοιχείων στον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών καθιστώντας το πρόγραμμα αυτόνομο. Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό που παρέχεται, είναι η διασύνδεση που υπάρχει μεταξύ των δεδομένων που απεικονίζονται στον χάρτη, στα γραφήματα και στους πίνακες. Έτσι, όταν επιλέγεις μια πληροφορία που αντιστοιχεί σε μια χωρική οντότητα σε ένα παράθυρο αμέσως επιλέγεται και η σχετική πληροφορία σε όλα τα ανοικτά παράθυρα.

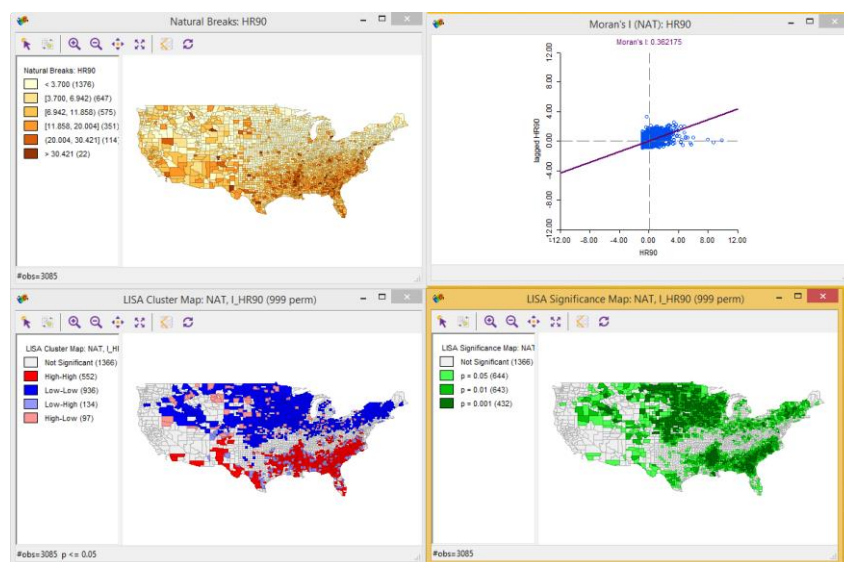
Το GeoDa παρέχει εργαλεία που καλύπτουν ολόκληρο το φάσμα των βημάτων που ακολουθούμε στην χωρική ανάλυση. Περιέχει ρουτίνες: (α) θεματικής χαρτογραφίας, στατιστικής χαρτογράφησης, χωροχρονικής μεταβολής των δεδομένων και διαγραμμάτων (εξερεύνηση δεδομένων), (β) εξέτασης της χωρικής αυτοσυσχέτισης, της ετερογένειας και δημιουργίας συστάδων (ανάλυση προτύπων) και (γ) χωρικής παλινδρόμησης (μοντελοποίηση).

Στην ανάλυση προτύπων από τις αρχικές εκδόσεις υπήρχε η δυνατότητα δημιουργίας βαρών με πληθώρα τεχνικών (γειτονίας, κ-πλησιέστερα, απόσταση κ.ά.) και υπολογισμού της χωρικής αυτοσυσχέτισης τόσο ολικά όσο και τοπικά. Εδώ έχουν προστεθεί και διμεταβλητές τεχνικές υπολογισμού χωρικής αυτοσυσχέτισης (Anselin κ.ά., 2002) καθώς και η δημιουργία συστάδων με ή χωρίς περιορισμούς γειτονίας (Assuncao κ.ά., 2006). Στο κομμάτι της ετερογένειας ξεχωρίζει το Chow test που υποδεικνύει αν οι συντελεστές της παλινδρόμησης μεταβάλλονται στον χώρο βοηθώντας τον χρήστη να επιλέξει μεταξύ μοντέλων χωρικής εξάρτησης και αυτών που μοντελοποιούν την χωρική ετερογένεια όπως είναι η Γεωγραφικά Σταθμισμένη παλινδρόμηση (GWR) (Fotheringham κ.ά., 2002).

Οι μέθοδοι χωρικής παλινδρόμησης που έχουν υλοποιηθεί στο λογισμικό είναι τα μοντέλα χωρικής εξάρτησης Spatial Lag, Spatial Error και SAC. Πολλές επιπρόσθετες τεχνικές περιλαμβάνονται στο δωρεάν λογισμικό GeoDaSpace καθώς και στη βιβλιοθήκη της python Pysal, που αναπτύσσονται από την ίδια ομάδα.

Το GeoDa υποστηρίζει μια πληθώρα διαφορετικών φορμάτ για την εισαγωγή δεδομένων όπως είναι οι διανυσματικοί τύποι των shapefiles, geodatabases, GeoJSON, MapInfo, GML, KML και γενικά όλα όσα υποστηρίζονται από την βιβλιοθήκη GDAL.

Ο κώδικας του λογισμικού GeoDa διανέμεται στην πλατφόρμα github ενώ παράλληλα δίνεται και μια σειρά από διαθέσιμα δεδομένα, ένας αριθμός από τα οποία αφορά εγκληματολογικά σημειακά και πολυγωνικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα η βάση του National Consortium on Violence Research (NCOVR) που περιέχει τον αριθμό των ανθρωποκτονιών και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού για τις δεκαετίες 1960-1990 σε επίπεδο κομητείας στην Αμερική (Baller κ.ά., 2001). Ένας σχετικός θεματικός χάρτης και ο αντίστοιχος υπολογισμός της χωρικής αυτοσυσχέτισης του αριθμού των ανθρωποκτονιών παρουσιάζεται στον Χάρτη 2.



Χάρτης 2. Χωρική αυτοσυσχέτιση των ανθρωποκτονιών/100,000 κατοίκους για το έτος 1990.

*SaTScan*⁸

Το SaTScan είναι δωρεάν λογισμικό το οποίο αναλύει χωρικά, χρονικά και χωροχρονικά δεδομένα, χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες στατιστικές τεχνικές ανίχνευσης (scan statistics) και έχει αναπτυχθεί από τον Kulldorff. Αυτό επιτυγχάνεται με την σάρωση του χώρου ή/και του χρόνου, με την χρήση σταδιακά αυξανόμενων παραθύρων (κύκλων ή ελλείψεων), και συγκρίνοντας τον αριθμό των παρατηρούμενων με των αναμενόμενων συμβάντων μέσα στο παράθυρο, σε κάθε θέση της περιοχής μελέτης.

Έχει σχεδιαστεί ώστε να:

- (α) ανιχνεύει την ύπαρξη χωρικών, χρονικών και χωροχρονικών συστάδων και να εκτιμά την στατιστική σημαντικότητά τους,
- (β) εξετάζει την τυχαία κατανομή των δεδομένων στον χώρο, χρόνο και στον χωροχρόνο,
- (γ) υπολογίζει την στατιστική σημαντικότητα των συναγερμών δημιουργίας συστάδων, και
- (δ) να εκτελεί παρακολούθηση για την ανίχνευση πιθανών εξάρσεων του φαινομένου υπό μελέτη, τόσο σε πραγματικό χρόνο όσο και περιοδικά.

Το SaTScan μπορεί να διαχειριστεί διακριτά (σημειακά) καθώς και συνεχή πεδία (πολυγωνικά) δεδομένων. Για την περίπτωση των διακριτών πεδίων, η γεωγραφική θέση της παρατήρησης του συμβάντος είναι συγκεκριμένη (μη τυχαία) και καθορίζεται είτε ως η θέση της πραγματικής οντότητας αναφοράς (π.χ. σπίτι, σχολείο) ή ως το

⁸ Διαθέσιμο στην σελίδα <http://www.satscan.org/>. Η τελευταία έκδοση είναι η 9.6 (Μάρτιος 2018).

κέντρο βάρους μιας μεγαλύτερης περιοχής. Στα συνεχή πεδία, η θέση των παρατηρήσεων είναι τυχαία και μπορεί να θεωρηθεί οπουδήποτε μέσα στο εκάστοτε πολύγωνο αναφοράς.

Οι τεχνικές ανίχνευσης των διακριτών πεδίων μας δίνουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε (α) ένα διακριτό μοντέλο με βάση την Poisson κατανομή, (β) ένα Bernoulli μοντέλο, (γ) ένα πολυωνυμικό μοντέλο κατηγορικών δεδομένων, (δ) ένα χωροχρονικό μοντέλο μετάθεσης (ε) ένα τακτικό (ordinal) μοντέλο ή (ζ) ένα μοντέλο χωρικής διακύμανσης στην χρονική τάση. Αντίστοιχα, οι τεχνικές ανίχνευσης των συνεχόμενων πεδίων βασίζονται στο συνεχές μοντέλο Poisson (Kulldorff, 1997).

Το SaTScan χρειάζεται μια σειρά από αρχεία δεδομένων σε κάθε ανάλυση. Για τη βοήθεια του χρήστη υπάρχει παράθυρο εισαγωγής που ενεργοποιεί input wizard. Τα περισσότερα αρχεία που χειρίζεται είναι απλά ASCII ή dBase αρχεία με την πληροφορία. Παρόλα αυτά μπορεί ο χρήστης να διαβάσει αρχεία shapefile, χωρίς να δίνεται η δυνατότητα χειρισμού τους μέσα στο πρόγραμμα.

Μετά το πέρας της ανάλυσης, το λογισμικό μας δίνει μια σειρά από πιθανά παράθυρα/συστάδες, με την αντίστοιχη p-value, αλλά δεν παρέχει την δυνατότητα απεικόνισης του αποτελέσματος εντός του προγράμματος. Οπότε απαιτείται η εξαγωγή των αποτελεσμάτων και η περαιτέρω εξέτασή τους σε λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Οι εφαρμογές του λογισμικού δεν περιορίζονται στην εγκληματολογία, καθώς έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν στο πεδίο της επιδημιολογίας, αρχαιολογίας, οικολογίας, γεωγραφίας, νευρολογίας, οικονομικών και αλλού⁹.

⁹ Για πλήρη λίστα δεσ <https://www.satscan.org/references.html>.

*CrimeStat*¹⁰

Το CrimeStat είναι ένα δωρεάν λογισμικό χωρικής στατιστικής προσανατολισμένο στην ανάλυση της θέσης εγκληματικών ενεργειών και έχει αναπτυχθεί υπό την επίβλεψη του Ned Levine (Levine, 2004 και 2015).

Το πρόγραμμα περιέχει πάνω από 100 στατιστικές ρουτίνες οι οποίες περιλαμβάνονται σε 3 βασικές κατηγορίες. Η πρώτη περιέχει εργαλεία χωρικής περιγραφής που επιτρέπουν στον χρήστη να εξετάσει την χωρική κατανομή των δεδομένων. Η δεύτερη κατηγορία περιέχει εργαλεία χωρικής μοντελοποίησης που βοηθάνε στην ανάλυση της χωρικής συμπεριφοράς των δεδομένων, ενώ η τρίτη αφορά την μοντελοποίηση της μετάβασης των υποψηφίων εγκληματιών, επιτρέποντας στους χρήστες να αναλύσουν τη συμπεριφορά των πιθανών κατ' εξακολούθηση παραβατών (Levine, 2007 και 2009).

Στο κομμάτι της χωρικής περιγραφής περιέχονται υπολογισμοί της χωρικής κατανομής των δεδομένων (όπως δείκτες χωρικής κεντρικότητας και διασποράς), της χωρικής αυτοσυσχέτισης (όπως Moran's I και το αντίστοιχο κορελιόγραμμα) και της ανάλυσης απόστασης (όπως είναι το Ripley's K statistic). Εδώ έχει πρόσφατα συμπεριληφθεί και η ανάλυση hot-spot που βασίζεται είτε σε ρουτίνες όπως η K-means clustering ή σε τοπικούς δείκτες όπως ο Anselin's local Moran (LISA) για την δημιουργία ζωνών.

Το CrimeStat δίνει την δυνατότητα της καλύτερης κατανόησης των δεδομένων με την χρήση εργαλείων χωρικής μοντελοποίησης. Δίνεται η δυνατότητα χρήσης μεθόδων χωρικής παρεμβολής και χωρικής παλινδρόμησης. Η πιο χρήσιμη τεχνική χωρικής παρεμβολής που περιέχεται είναι η ανάλυση πυρήνα (kernel density estimation) η οποία παράγει μια επιφάνεια με βάση την πυκνότητα μιας μεταβλητής (π.χ. κλοπές)

¹⁰ Διαθέσιμο στην σελίδα <https://nij.ojp.gov/topics/articles/crimestat-spatial-statistics-program-analysis-crime-incident-locations> . Η τελευταία έκδοση είναι η 4.02 (Ιανουάριος 2015).

και η επέκταση της μεθόδου στις δύο μεταβλητές με σκοπό την σύγκριση (π.χ. αριθμός κλοπών σε σχέση με τον αριθμό των νοικοκυριών). Αντίστοιχα η χωρική παλινδρόμηση μας βοηθάει να καθορίσουμε την σχέση μεταξύ εξαρτημένης μεταβλητής και μιας σειράς ανεξάρτητων. Εδώ περιλαμβάνονται περισσότερα από 30 κλασσικά μοντέλα όπως είναι διάφορες εκδοχές των Conditional Autoregressive (CAR), Simultaneous Autoregressive (SAR) και Binomial Logit-CAR/SAR χωρικών μοντέλων. Οι συντελεστές υπολογίζονται σε κάποιες περιπτώσεις με την χρήση της μεθόδου της Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood) ενώ σε άλλες με τον αλγόριθμο Markov Chain Monte Carlo (MCMC).

Το τελευταίο κομμάτι, το οποίο είναι μοναδικό σε σχέση με τα προηγούμενα λογισμικά που αναλύσαμε, αφορά τη μοντελοποίηση της μετάβασης στην θέση του εγκλήματος. Η ανάλυση διενεργείται ορίζοντας ως διαδρομή εγκλήματος κάθε σύνδεσμο μεταξύ της θέσης ενός παραβάτη (π.χ. σπίτι ή διεύθυνση εργασίας) και της θέσης που διαπράχθηκε ένα έγκλημα. Μετέπειτα η περιοχή διαιρείται σε ζώνες και το μοντέλο διαιρείται σε τέσσερα στάδια. Στο αρχικό στάδιο δημιουργίας της διαδρομής, στο στάδιο της κατανομής των διαδρομών σε ζώνες, στον διαχωρισμό των διαδρομών και στο τελικό στάδιο της δημιουργίας των πιθανότερων διαδρομών πάνω στο δίκτυο μεταφορών.

Τα δεδομένα που χρειάζονται για την ανάλυση είναι το πρωτεύων, το δευτερεύων και το αρχείο αναφοράς, τα οποία μπορούν να είναι σε μορφή dBase, Excel ή shapefile. Το πρωτεύων είναι το βασικό αρχείο πάνω στο οποίο βασίζεται η ανάλυση και περιέχει τα σημειακά δεδομένα του φαινομένου υπό μελέτη, δηλώνοντας την θέση με την χρήση γεωγραφικών ή προβαλλόμενων συντεταγμένων καθώς και την ένταση σε κάθε σημείο. Το δευτερεύων αρχείο που έχει την ίδια μορφή με το πρωτεύων περιέχει τον αντίστοιχο πληθυσμό που κινδυνεύει. Το αρχείο αναφοράς χρησιμοποιείται ως αρχείο που

καθορίζει την μορφή του πλέγματος σε περίπτωση που χρειαστεί να διενεργήσουμε υπολογισμούς με βάση πλέγμα (grid-based).

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται σε πίνακες και γραφήματα μέσα στο λογισμικό, ενώ δίνεται και η δυνατότητα εξαγωγής τους σε μορφή (shapefile, tab file, Ascii grid file κ.ά.) που μπορούν να διαβαστούν σε όλα τα πακέτα Γεωγραφικών Συστημάτων.

Η χρήση του CrimeStat δεν περιορίζεται μόνο στην έρευνα αλλά έχει υιοθετηθεί και από αστυνομικά τμήματα της Αμερικής καθώς και από την ποινική δικαιοσύνη.

Ανάλυση εγκληματολογικών δεδομένων σε γλώσσες προγραμματισμού

Οι γλώσσες προγραμματισμού μας δίνουν μεγαλύτερη ευελιξία στην εκμετάλλευση ήδη υπαρχουσών λειτουργιών ή ανάπτυξης νέων, σε σύγκριση με τα λογισμικά που παρουσιάσαμε μέχρι τώρα. Σε αυτό το πλαίσιο θα περιμέναμε να υπάρχουν πακέτα/βιβλιοθήκες προσαρμοσμένα στην χωρική ανάλυση εγκληματολογικών δεδομένων. Παρόλα αυτά, στις δύο επικρατέστερες scripting γλώσσες προγραμματισμού στην ανάλυση δεδομένων, R και python, υπάρχουν ελάχιστα πακέτα στο αποθετήριο CRAN¹¹ ενώ στο github δεν παρουσιάζεται κανένα πακέτο και υπάρχουν ελάχιστα έργα στην ανάλυση εγκληματολογικών δεδομένων (σε R και python κυρίως) που βασίζονται σε προ-υπάρχουσες βιβλιοθήκες.

Εξάιρεση στον κανόνα αποτελούν οι βιβλιοθήκες του CRAN (α) “crimedata” και “ukpolice” που χρησιμεύουν στην ανάκτηση ανοικτών δεδομένων στις μεγαλύτερες πόλεις της Αμερικής και της Βρετανικής αστυνομίας αντίστοιχα καθώς και οι (β) “rcrimeanalysis” και “crimelinkage” που περιέχουν έναν περιορισμένο αριθμό

¹¹ Επίσημο αποθετήριο της R (<https://cran.r-project.org/>).

λειτουργιών ανάλυσης. Το “crimelinkage” παρέχει στατιστικές χωρικές τεχνικές για την σύνδεση υποθέσεων εγκλήματος, δημιουργία συστάδων και καθορισμό υπόπτων, ενώ το “crimeanalysis” περιέχει τεχνικές γεωκωδικογράφησης, δημιουργία heat maps, χωροχρονική απεικόνιση και σύγκριση εγκλημάτων και ανάλυση χρονοσειράς.

Η διαπίστωση της έλλειψης οφείλεται στη συνεχόμενη αύξηση των βιβλιοθηκών που αναπτύσσονται, εξελίσσονται και υιοθετούνται στα πλαίσια της ανάλυσης χωρικών και χωρικών δεδομένων τόσο στην R όσο και στην python. Έτσι όλες οι λειτουργίες που παρουσιάσαμε στην παράγραφο των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και στο λογισμικό ανάλυσης περιέχονται σε διάφορες βιβλιοθήκες ενώ ταυτόχρονα οι γλώσσες δίνουν την δυνατότητα για συγγραφή πολυπλοκότερων και παραμετροποιημένων εργαλείων εύκολα και γρήγορα.

Αρκεί να αναφέρουμε ότι μια τυπική ανάλυση στην R (Brunsdon, Comber, 2015; Chun, Griffith, 2013) μπορεί να βασιστεί στις βιβλιοθήκες tidyverse (διαχείριση δεδομένων), maptools, GISTools, ggmap, ggplot2 (απεικόνιση), sp, spdep, sf, spatialreg (βάρος, χωρική αυτοσυσχέτιση και παλινδρόμηση), rsatscan (τεχνικές ανίχνευσης), και leaflet, shiny apps (δημιουργία διαδραστικών ή /και web χαρτών). Αντίστοιχα στην python ξεχωρίζουν οι pandas, geopandas, numpy, sciPy, Fiona (διαχείριση δεδομένων), matplotlib (παρουσίαση) και PySaL¹² (χωρική ανάλυση). Να προσθέσουμε ότι οι λειτουργίες των λογισμικών Γεωγραφικών Συστημάτων είναι διαθέσιμες στην python μέσω ανάλογων βιβλιοθηκών¹³.

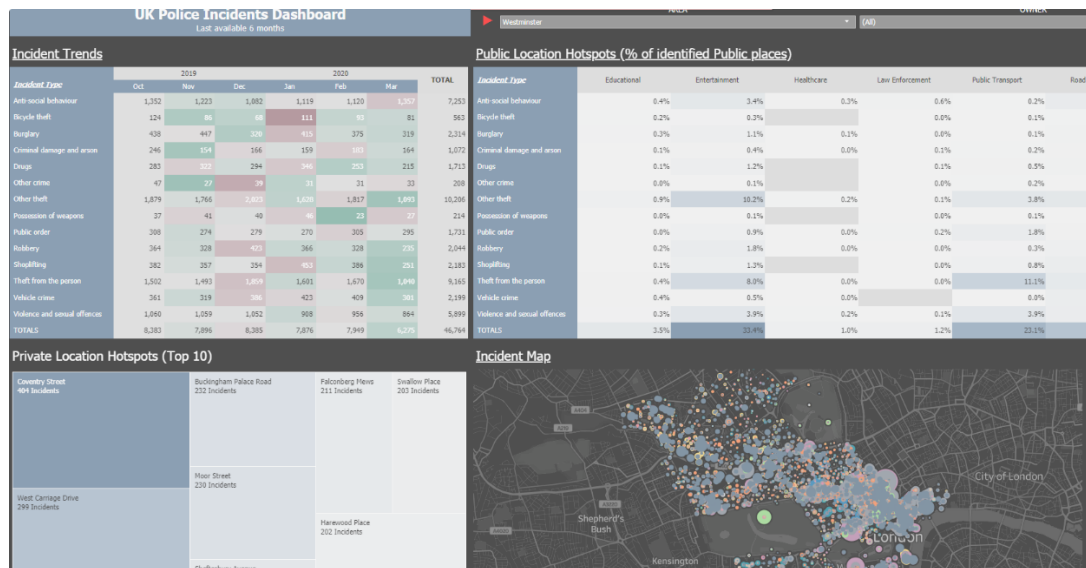
Τέλος θα έπρεπε να αναφερθούμε και στις εφαρμογές τύπου dashboard που παρέχονται τόσο στις παραπάνω γλώσσες αλλά και στην πλατφόρμα tableau¹⁴ που παρέχει την

¹² Λειτουργίες ανάλογες με αυτές που περιγράψαμε για το GeoDa.

¹³ Η βιβλιοθήκη του ArcGIS είναι η ArcPy ενώ του QGIS είναι η PyQGIS.

¹⁴ <https://www.tableau.com/>

δυνατότητα παρουσίασης χωρικών δεδομένων σε υψηλής ποιότητας και αποτελεσματικότητας περιβάλλον. Η πλατφόρμα έχει χρησιμοποιηθεί για την απεικόνιση και ανάλυση εγκληματολογικών δεδομένων σε αρκετές περιπτώσεις, όπως είναι η περίπτωση των πρόσφατων δεδομένων της βρετανικής αστυνομίας με ανάλυση χωρική και χρονική αλλά και κατά είδος περιστατικού (Χάρτης 3)¹⁵.



Χάρτης 3. Παρουσίαση με την χρήση dashboard δεδομένων της βρετανικής αστυνομίας.

Συμπεράσματα

Ο χώρος της ανάλυσης του εγκλήματος έχει τα εργαλεία ώστε να εξετάσει την θεωρία του εγκλήματος μαζί με τις αρχές γεωγραφικής ανάλυσης. Το πεδίο της εγκληματολογίας έχει ωφεληθεί από τις εξελίξεις στο πεδίο της χαρτογράφησης του εγκλήματος. Αυτό βασίζεται στην εξέλιξη των Γεωγραφικών Συστημάτων

Πληροφοριών, των προγραμμάτων της χωρικής ανάλυσης καθώς και στην ανάπτυξη βιβλιοθηκών σε γλώσσες προγραμματισμού που είναι δημοφιλείς.

Στο παρόν άρθρο έγινε μια προσπάθεια παρουσίασης του λογισμικού και των λειτουργιών που είναι διαθέσιμα στον χρήστη. Ξεκινώντας από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών οι δυνατότητες που μας παρέχουν δεν έχουν αλλάξει, παρόλα αυτά, με τις νεότερες εκδόσεις, έχει αλλάξει η ευκολία χρήσης τους καθώς και η προσβασιμότητα στο ευρύτερο κοινό λόγω των δωρεάν προγραμμάτων, όπως το QGIS, και την όλο και μεγαλύτερη εξοικείωση των χρηστών με την ανάγνωση των χαρτών.

Τα προγράμματα της χωρική ανάλυσης GeoDa, SaTScan και CrimeStat τα οποία βρίσκουν εφαρμογή στην ανάλυση του εγκλήματος παραμένουν δωρεάν, εξελίσσονται εισάγοντας νέες τεχνικές βασισμένες στη σύγχρονη βιβλιογραφία και παρέχουν αυξανόμενο αριθμό βοηθημάτων στην εκμάθηση καθώς και παραδείγματα χρήσης. Εδώ προστίθενται και οι δημοφιλείς γλώσσες προγραμματισμού R και python που έχουν μεγάλη απήχηση στην χωρική ανάλυση των δεδομένων και πλέον καθιστούν πιο εύκολη και γρήγορη την χρήση τους στην ανάλυση του εγκλήματος καλύπτοντας μεγάλη γκάμα λειτουργιών όπως είναι η ανάλυση πυκνότητας πυρήνα, η χωροχρονική ανάλυση προτύπων και η χωρική παλινδρόμηση .

Οι εξελίξεις στη χαρτογράφηση του εγκλήματος ακολουθούν τις εξελίξεις στην γεωπληροφορική με αποτέλεσμα οι προσπάθειες της έρευνας και ανάπτυξης του λογισμικού και των λειτουργιών τους να μεταφέρεται στο web/cloud και σε εφαρμογές με real time δεδομένα. Παράδειγμα αυτού αποτελούν τα dashboards που κατασκευάζονται σε σύγχρονες πλατφόρμες όπως είναι η shiny και το tableau στις οποίες αναφερθήκαμε στο άρθρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anselin L., Syabri I., and Smirnov O. (2002). "Visualizing Multivariate Spatial Correlation with Dynamically Linked Windows." In Anselin L. and Rey S. (ed.) *New Tools for Spatial Data Analysis: Proceedings of the Specialist Meeting*, University of California, Santa Barbara: Center for Spatially Integrated Social Science (CSISS).

Anselin L. and Rey S.J. (2014). *Modern Spatial Econometrics in Practice: A Guide to GeoDa, GeoDaSpace and PySAL*. GeoDa Press LLC.

Anselin L. Syabri I and Kho Y. (2006). GeoDa: An introduction to spatial data analysis, *Geographical Analysis*, 38, 5-22.

Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association - LISA. *Geographical Analysis*, 27, 93-115.

Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Assuncao R., Neves M., Camara G., and Da Costa Freitas C. (2006). Efficient Regionalization Techniques for Socio-Economic Geographical Units Using Minimum Spanning Trees, *International Journal of Geographical Information Science* 20, 797–811.

Baller R., Anselin L., Messner S., Deane G. and Hawkins D. (2001). Structural covariates of US county homicide rates: incorporating spatial effects, *Criminology* 39, 561-590.

Brunsdon C. and Comber L., (2015). *An Introduction to R for Spatial Analysis and Mapping*, Sage publications Ltd.

- Chainey S., and Ratcliffe J. (2005). *GIS and Crime Mapping*. Hoboken, John Wiley.
- Chum Y. and Griffith A. (2013). *Spatial Statistics and Geostatistics*, Sage publications Ltd.
- Elmes A.G, Roedl G, and Conley J. (2014). *Forensic GIS: The Role of Geospatial Technologies for Investigating Crime and Providing Evidence*, Netherlands, Springer.
- Fotheringham A.S., Brunson C. και Charlton M. (2002) *Geographically Weighted Regression*, Chichester, John Wiley.
- Gottlieb S., Arenberg S., and Singh R. (1994). *Crime analysis: From first report to final arrest*. Montclair, CA, Alpha.
- Harries, K.D. (1999). *Crime mapping: Principles and practice*. Washington, DC, National Institute of Justice.
- Henning D.B (2016) Mapping Practices in a Digital World. Στο Onsrud H, Kuhn W. (2016). *Advancing Geographic Information Science, The Past and Next Twenty Years*, Needham, USA, GSDI Association Press
- International Association of Crime Analysts. (2014). *Definition and types of crime analysis* [White Paper 2014-02]. Overland Park, KS: Author. Διαθέσιμο στην <https://studylib.net/doc/8921141/definition-and-types-of-crime-analysis---iaca> (20/5/2020)
- Krygier J, Wood D. (2011). *Making Maps A Visual Guide to Map Design for GIS*, 2nd ed, New York London, The Guilford Press.
- Kulldorff M. and Information Management Services, Inc. (2009). *SaTScan™ v8.0: Software for the spatial and space-time scan statistics*. Διαθέσιμο στην <http://www.satscan.org/>.

Kulldorff M. (1997). A spatial scan statistic. *Communications in Statistics: Theory and Methods*, 26, 1481-1496.

Levine, N. (2004). Crime Mapping and the Crimestat Program, *Geographical Analysis*, 38, 41-56.

Levine, N. (2007). Crime travel demand and bank robberies: Using CrimeStat III to model bank robbery trips. *Social Science Computer Review*, 25(2), 239-258.

Levine, N. (2009). Introduction to the special issue on Bayesian Journey-to-crime modeling. *Journal of Investigative Psychology & Offender Profiling*. 6(3), 167-185.

Levine N. (2015). *CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations (v 4.02)*. Washington, D.C., National Institute of Justice.

Longley A.P, Goodchild F.M, Maguire J.D, Rhind W.D. (2010). *Συστήματα και Επιστήμη Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)*, Επιμέλεια: Θεωδορίδης Γ, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Peterson N.G. (2009). *GIS Cartography: A Guide to Effective Map Design*, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Robinson H.A, Morrison. L.J, Muehrcke, C.P, Kimerling J.A, Guphill C.S. (1995). *Elements of cartography*, John Wiley & Sons, Inc

Santos, R.B. (2017). *Crime analysis with crime mapping*. 4th edition, Thousand Oaks, CA, Sage.

Wilson R. (2007). The impact of software of crime mapping, *Social Science Computing Review*, 25(2), 135-142.