

GEOGRAPIC INFORMATION SYSTEMS IN DETERMINING ROAD TRAFFIC CRASH ANALYSIS IN IBADAN, NIGERIA

LES SYSTÈMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUES DANS LA DETERMINATION DES ANALYSES DES ACCIDENTS DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE A IBADAN AU NIGERIA

A Rukewe*, OJ Taiwo[§], AA Fatiregun⁺⁺, OO Afuwape[¥], TO Alonge^{**}

Abstract

Background: Road traffic accidents are frequent in this environment, hence the need to determine the place of geographic information systems in the documentation of road traffic accidents.

Aim & Objectives: To investigate and document the variations in crash frequencies by types and across different road types in Ibadan, Nigeria.

Materials & Methods: Road traffic accident data between January and June 2011 were obtained from the University College Hospital Emergency Department's trauma registry. All the traffic accidents were categorized into motor vehicular, motorbike and pedestrian crashes. Georeferencing of accident locations mentioned by patients was done using a combination of Google Earth and ArcGIS software. Nearest neighbor statistic, Moran's-I, Getis-Ord statistics, Student T-test, and ANOVA were used in investigating the spatial dynamics in crashes.

Results: Out of 600 locations recorded, 492 (82.0%) locations were correctly georeferenced. Crashes were clustered in space with motorbike crashes showing greatest clustering. There was significant difference in crashes between dual and non-dual carriage roads ($P = 0.0001$), but none between the inner city and the periphery ($p = 0.115$). However, significant variations also exist among the three categories analyzed ($p = 0.004$) and across the eleven Local Government Areas ($P = 0.017$).

Conclusion: This study showed that the use of Geographic Information System can help in understanding variations in road traffic accident occurrence, while at the same time identifying locations and neighborhoods with unusually higher accidents frequency.

Key words: Road traffic accidents, Geographic information system, Accident locations, Spatial analysis, Ibadan, Nigeria.

RÉSUMÉ

Contexte: Les accidents de la circulation routière sont fréquents dans ce milieu, d'où la nécessité de déterminer la place des systèmes d'informations géographiques dans la documentation des accidents de la circulation routière.

But et objectifs: étudier et documenter les variations dans la fréquence des accidents par types à travers les différents types de routes à Ibadan, au Nigeria.

Matériels et méthodes: Les données sur les accidents de la circulation routière entre Janvier et Juin 2011 ont été obtenues à partir du service des inscriptions des traumatismes du département des urgences du centre hospitalier universitaire. Tous les accidents de la circulation ont été catégorisés dans l'ordre des accidents des automobiles, des motos et des piétons. Le géocodage des lieux d'accidents mentionnés par les patients a été réalisé en utilisant une combinaison de logiciels Google Earth et ArcGIS. Les statistiques du plus proche voisin, les statistiques Getis-Ord Moran's-I, le T-test de l'étudiant et ANOVA ont été utilisés dans l'étude des dynamiques spatiales des accidents.

Résultats: Sur les 600 lieux enregistrés, 492 (82.0%) lieux ont été correctement géocodés. Les accidents ont été regroupés dans l'espace. Les accidents de moto présentent le plus grand regroupement. Il y avait des différences significatives entre les accidents des routes à quatre voies et celles qui ne sont pas à quatre voies ($p = 0.0001$), mais aucune de celle de l'intérieure de la ville et de la périphérie ($p = 0.115$). Toutefois, des variations significatives existent également entre les trois catégories analysées ($p = 0.004$) et à travers les onze zones de gouvernement local ($P = 0.017$).

Conclusion: En conclusion, cette étude a montré que le SIG est utile pour identifier les zones accidentogènes à l'intérieur de la ville d'Ibadan et aider notre compréhension des facteurs responsables des causes d'accident. Les renseignements obtenus sont nécessaires dans le développement des stratégies visant à réduire les accidents de la circulation routière et les blessures qui y sont liées.

Mots clés: Accidents de la circulation routière, Système d'information géographique, Les lieux d'accidents, Analyse spatiale, Ibadan, Nigeria.

Introduction

Road traffic crashes (RTCs) and the associated injuries are a major cause of death in developing countries^{1,2}. Indeed, more than 90% of RTCs occurred in low and middle-income countries^{3,4}. The World Health Organization (WHO) noted that, death resulting from RTCs would increase by 65% between 2002 and 2020, surpassing death from malaria and tuberculosis unless something was done⁴. Nigeria has the second highest RTC fatalities among the 193 countries in the world⁵. The increasing road crashes has the potential of adversely affecting the health system and hampering the attainment of Millennium Development Goals (MDGs) 4 and 5 since youths are mostly affected^{3,4}. RTC prevention and mitigation should therefore be accorded greater attention to reduce the increasing human loss and injury.

There is paucity of data on locational characteristics of RTC sites in most developing countries. This could be attributed to the life threatening nature of crashes which typically makes interrogating affected patients directly impossible since most of them arrive hospitals either unconscious or in pain. Data on locational characteristics of crash sites, type of vehicle involved, time of the day and weather

Introduction

Les accidents de la circulation routière (ACR) et les blessures associées sont une cause majeure de décès dans les pays en voie de développement^{1,2}. En effet, plus de 90% des ACR sont produits dans les pays à faible et moyen revenus^{3,4}. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a noté que les décès résultant d'ACR augmenteraient de 65% entre 2002 et 2020, dépassant les décès occasionnés par le paludisme et la tuberculose à moins que quelque chose soit fait⁴. Le Nigeria est le deuxième pays où il y a le plus de décès d'ACR mortel parmi les 193 pays du monde⁵. Le nombre croissant des accidents routiers a le potentiel d'affecter négativement le système de santé et d'entraver la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) 4 et 5 puisque les jeunes sont les plus affectés^{3,4}. On devrait donc accorder plus d'attention à la prévention et l'atténuation d'ACR pour réduire les pertes et blessures humaines croissantes.

Il y a peu de données sur les caractéristiques de localisation des scènes d'ACR dans la plupart des pays en voie de développement. Ceci pourrait être attribué à la nature mortelle des accidents qui rend généralement impossible l'interrogation des patients touchés directement, puisque la plupart d'entre eux arrivent dans les hôpitaux soit dans l'inconscience ou dans la douleur. Les données sur les caractéristiques de localisation des scènes d'accident, le type de véhicule impliqué, le moment de la journée et la condition météorologique sont nécessaires pour aborder globalement les ACR surtout, lorsque la cause de l'ACR dépend de la localisation ou de l'environnement. Les systèmes d'information géographique (SIG) fournissent des outils et

A Rukewe*, OJ Taiwo[§], AA Fatiregun**, OO Afuwape[§], TO Alonge**
Departments of * Anaesthesia, ** Epidemiology & Medical Statistics, [§] General Surgery, ** Orthopaedics & Trauma, University College Hospital, Ibadan, Nigeria.

E-mail: ambyrukewe@gmail.com

[§]Department of Geography, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

*Correspondence

Grant support: None
Subvention: Aucun

Conflict of interest: None
Conflit d'intérêts: Aucun

condition are required in order to comprehensively address RTCs most especially, where the cause of the RTC is locational or environmentally dependent. Geographic Information Systems (GISs) provide tools and techniques for identifying and analyzing the influence of location on phenomenon⁶. GIS applications in road crash analysis offers data management system as well as cartographic and analytical functions in support of RTCs management^{7,8}. GIS has been widely used in crash analysis to identify high risk neighborhoods, areas of vehicle collision and pedestrian black spots⁹⁻¹³. The growing use of GIS is based on the increasing availability of digital data coupled with the need to increase precision in the identification of crash locations while reducing time and money expended on such analysis. The use of GIS for crash analysis is limited in Nigeria perhaps because of the inadequate awareness of its potential. Furthermore, variations in crashes across different administrative units (Local Government Areas), types of roads (dual and non-dual carriage), mode of transportation (motorcycle, motor vehicles and pedestrian) and different part of the city (inner and outer city) have not been investigated within a singular framework. This study focused on variations in road traffic crashes (RTC) frequencies and patterns across different administrative spatial units in Ibadan metropolis.

Materials & Methods

The study was conducted in Ibadan metropolis (Figure 1) the capital of Oyo State, which is the third largest metropolitan area by population in Nigeria after Lagos and Kano. It is made up of eleven Local Government Areas (LGAs). Ibadan is located in southwestern Nigeria, 128 km inland northeast of Lagos and 530 km southwest of Abuja.

After obtaining institutional ethical approval, data on road crashes between January and June 2011 within the Ibadan metropolis was obtained from the University College Hospital

des techniques pour identifier et analyser l'influence de la localisation sur le phénomène⁶. Les applications des SIG dans l'analyse des accidents routiers offrent un système de gestion des données ainsi que des fonctions de cartographie et d'analyse qui favorisent la gestion d'ACR^{7,8}. Le SIG a été largement utilisé dans l'analyse des accidents pour identifier les quartiers à haut risque, les zones de collision de véhicules et les points noirs des piétons⁹⁻¹³. L'utilisation croissante des SIG est basée sur la disponibilité croissante de données numériques associées à la nécessité d'augmenter la précision dans l'identification des lieux d'accident tout en réduisant le temps et l'argent consacré à une telle analyse. L'utilisation des SIG pour l'analyse des accidents est limitée au Nigeria peut-être en raison de l'insuffisance de la prise de conscience de son potentiel. En outre, les variations dans les accidents n'ont pas été étudiées dans un cadre singulier, à travers différentes unités administratives (zones de gouvernement local), les types de routes (à quatre voies et non à quatre voies), le mode de transport (motocyclette, automobiles et des piétons) et les différentes zones de la ville (l'intérieur et la banlieue). Cette étude a porté sur les variations dans les fréquences et les modèles des accidents de la circulation routière (ACR) à travers les différentes unités spatiales administratives dans la ville d'Ibadan.

Matériels et Méthodes

L'étude a été menée dans la ville d'Ibadan (Figure 1) qui est la capitale de l'Etat d'Oyo avec la troisième plus grande région de population métropolitaine au Nigeria après Lagos et Kano. Elle est constituée de onze zones de gouvernement local (LGA). Ibadan est situé dans le sud-ouest du Nigeria, à 128 km à l'intérieur au nord-est de Lagos et à 530 km au sud-ouest d'Abuja.

Des données sur les accidents de la route entre Janvier et Juin 2011 dans la ville d'Ibadan ont été obtenues à partir du service des inscriptions des traumatismes du département des urgences du centre hospitalier

Emergency Department's Trauma Registry. The hospital receives over 10,000 unrestricted emergencies annually with an admission rate of 47% and it also serves as a referral center for other hospitals in Southern Nigeria. All crashes were categorized based on the mode of transportation: motor vehicle crash (MVC), motorbike crash (MBC) and pedestrian crash (PC). The Emergency Department (ED) Trauma registry was designed locally using Microsoft Access database software. Crash victims and social health workers who accompanied them to the hospital for treatment were administered a questionnaire which covered demographics, detailed injury causation/site of occurrence, pre-hospital state/care, referring hospital, clinical assessment/admission, procedures and primary payment source.

The analog administrative map showing boundaries of LGAs in Ibadan metropolis was obtained from the Oyo State Ministry of Land and Survey. The map was subsequently converted into digital format through the process of heads-up digitizing. Road network data extracted from Google Earth was used as backdrop for the map. The location of each crash was geo-referenced with the aid of Google Earth to its corresponding location using the address and landmark information provided by patients. Place marks were used in representing locations of crashes. Each place mark represents either a single or multiple crash events since a number of road traffic crashes (RTCs) may be reported at the same location. The place marks were subsequently imported into ArcGIS software as KMZ file extension and were represented as point locations. Town planners familiar with the neighborhood, road network and Google Earth navigated the areas described by the crash victims to locate the precise crash locations. The data was aggregated to produce counts for the three categories of crashes at each location and added to each of the point features as attribute information.

universitaire, après l'obtention de l'approbation éthique institutionnelle. L'hôpital reçoit plus de 10.000 cas d'urgence sans restriction chaque année, avec un taux de 47% d'admission et il sert aussi de centre de référence à d'autres hôpitaux dans le sud du Nigeria. Tous les accidents ont été classés sur la base du mode de transport: les accidents d'automobile, les accidents de moto et les accidents de piétons. Le service des inscriptions des traumatismes du département des urgences a été conçu localement en utilisant un logiciel de base de données Microsoft Access. Les victimes d'accident et les assistant médico-social qui les accompagnaient à l'hôpital pour les soins ont fait l'objet d'un questionnaire qui couvrait la démographie, la circonstance détaillée de la causalité/ lieu des blessures, l'état / les soins pré-hospitaliers, l'hôpital de renvoi, l'évaluation / admission clinique, les procédures et la source primaire de paiement.

La carte administrative analogique montrant les limites des ZGL (LGA) de la ville d'Ibadan a été obtenu à partir du Ministère du Cadastre et du plan de l'État d'Oyo. La carte a ensuite été convertie en format numérique à travers le processus de numérisation d'info. Les données du réseau routier tirées de Google Earth ont été utilisées comme toile de fond pour la carte. La localisation de chaque accident est géocodées à l'aide de Google Earth à sa localisation correspondante en utilisant l'adresse et les informations de localisation fournies par les patients. Les lieux de repérage ont été utilisés pour représenter les localisations des accidents. Chaque repère représente soit un seul ou plusieurs circonstances d'accident puisqu'un certain nombre d'accidents de la circulation routière (ACR) peut être signalé au même endroit. Les repères ont été importés ensuite dans le logiciel ArcGIS comme un fichier d'extension KMZ et ont été représentés comme des points de localisations. Les urbanistes familiers au voisinage, au réseau routier et Google Earth ont navigué les zones décrites par les victimes de l'accident pour localiser les lieux précis de l'accident. Les données ont été regroupées pour produire des nombres pour les trois catégories d'accidents à chaque endroit et ajoutés à chacun des éléments ponctuels comme des attributs d'informations.

The distributional pattern road traffic crashes (RTCs) were analyzed by category using Nearest Neighbor Statistic (R_n), with this equation:

$$R_n = 2\bar{d}\sqrt{\frac{n}{a}}$$

Where

R_n = the nearest neighbor statistic

\bar{d} = the mean observed nearest neighbour distance

n = the total number of points

a = the total area

Moran-I Index was used to measure the level of spatial autocorrelation in the reported crashes in the metropolis. The locational proximity of data events were measured as direct distance between two points, while, inverse distance weighting method was used as a measure of locational proximity among neighboring points. Moran I-Index was calculated using the following equation:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \left(\sum (x_i - \bar{x})^2 \right)}$$

Where

W_{ij} = the proximity weight of location i and location j with $w_{ii}=0$

x_i = the severity index at location i

\bar{x} = the global mean value

n = the total number of road traffic accident

In addition, the statistical significance of Moran's I was calculated using Z-Score formulae

$$Z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}}$$

Where ($E(I)$) - Expected Value for a random pattern

$VAR(I)$ = Variances

Les modèles distributionnels des accidents de la circulation routière (ACR) ont été analysés par catégorie en utilisant l'indice de voisin le plus proche (statistiques spatiales) (R_n), avec cette équation:

$$R_n = 2\bar{d}\sqrt{\frac{n}{a}}$$

Où

R_n = la statistique du voisin le plus proche

\bar{d} = la moyenne de la distance du voisin le plus proche observée

n = le nombre total de points

a = la superficie totale

L'indice de Moran-I a été utilisé pour mesurer le niveau d'auto corrélation spatiale dans les accidents signalés dans la ville. La proximité de localisation des données des circonstances a été mesurée comme la distance directe entre deux points, tandis que, la méthode de pondération de la distance inverse a été utilisée comme une mesure de proximité de localisation entre des points voisins. L'indice de Moran-I a été calculé en utilisant l'équation suivante:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \left(\sum (x_i - \bar{x})^2 \right)}$$

Où

W_{ij} = le poids de la proximité de la localisation i et la localisation j avec $w_{ii}=0$

x_i = l'indice de sévérité à l'endroit i

\bar{x} = la valeur moyenne globale

n = le nombre total d'accidents de la circulation routière

En outre, la signification statistique de Moran I a été calculée en utilisant les formules Z-score

$$Z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}}$$

Où ($E(I)$) - la valeur attendue pour un modèle aléatoire

$VAR(I)$ = écarts

Apart from the global Moran's-I index, the Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA) was used to identify neighborhoods with high and low incidence of RTCs. Getis-Ord statistics implemented through the Hot Spot analytical function in the ArcGIS software was used in this regard. The z-scores below -2 standard deviations are rendered dark blue, light blue for z-scores between -2 and -1 standard deviations, neutral for z-scores between -1 and +1 standard deviations, pink for z-scores between 1 and 2 standard deviations and z-scores above 2 standard deviations are bright red.

However, in order to be a statistically significant hot spot, a crash location will have a high value and be surrounded by other crash locations with similarly high values. The local sum for a feature and its neighbors was compared proportionally to the sum of all features; when the local sum was very different from the expected local sum, and that difference was too large to be the result of random chance, statistically significant z-score results. For statistically significant positive z-scores, the larger the z-score was, the more intense the clustering of high values (hot spot), while for statistically significant negative z-scores, the smaller the z-score was, the more intense the clustering of low values (cold spot). The maximum distance threshold obtained through the Moran-I Index was used in the Getis-Ord statistical analysis. Getis-Ord statistics and its associated z-score statistics were mathematically expressed by the following equation:

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_j}{\sum_{j=1}^n x_j}$$

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{VAR(G_i^*)}}$$

En dehors de l'indice global de Moran-I, l'indicateur local de l'auto corrélation spatiale (LISA) a été utilisé pour identifier les quartiers avec des incidences élevées et faibles d'ACR. Les statistiques Getis-Ord mis en œuvre par la fonction analytique Hot Spot (point chaud) dans le logiciel ArcGIS ont été utilisés à cet égard. Les z-scores en dessous de -2 écarts-types sont représentés en bleu foncé, bleu clair pour les z-scores entre -2 et -1 d'écarts-types, neutres pour les z-scores entre -1 et +1 d'écarts-types, le rose pour les z-scores entre 1 et 2 écarts-types et les z-scores supérieurs à 2 écarts-types sont rouges vifs.

Cependant, afin d'être un point chaud statistiquement significative, un lieu d'accident aura une valeur élevée et sera entouré par d'autres endroits d'accident avec des valeurs aussi élevées. La somme locale pour une fonctionnalité et ses voisins a été comparé proportionnellement à la somme de toutes les fonctions; lorsque la somme locale était très différente de la somme locale prévue, et que cette différence était trop grande pour être le résultat de possibilité aléatoire, des résultats statistiquement significatifs de z-scores. Pour les z-scores positifs statistiquement significatifs, plus le z-score était large, plus était l'intensité du regroupement des valeurs élevées (point chaud), tandis que pour les z-scores négatifs statistiquement significatifs, plus le z-score était petit, le plus était l'intensité du regroupement des valeurs faibles (point froid). Le seuil de distance maximale obtenue par l'indice de Moran-I a été utilisé dans l'analyse statistique Getis-Ord. Les statistiques Getis-Ord et ses statistiques z-score associées ont été mathématiquement exprimé par l'équation suivante:

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_j}{\sum_{j=1}^n x_j}$$

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{VAR(G_i^*)}}$$

Where W_{ij} = the weight for the target neighbor pair

d = distance threshold

X_j = the severity index at location j

Paired sample T-Test was used to explore variations in RTCs between dual and non-dual carriage roads as well as between the inner city and the periphery of the metropolis. Analysis of variance (ANOVA) was however used to explore variations in RTCs across the eleven LGAs in the metropolis.

Results

Distribution of Road Traffic Crashes in Ibadan Metropolis

Out of 600 road traffic crashes recorded in this study, 492 (82.0%) crash locations were correctly georeferenced. The Local Government Areas (LGAs) with the highest mean crashes were Ibadan North West (41.0 ± 27.2), Ibadan South East (24.3 ± 12.7), and Akinyele (22.3 ± 15.4), while Lagelu (0.0 ± 0.0), Ona Ara (2.7 ± 4.6) and Oluyole (3.7 ± 3.2) LGAs had the least. There was however a significant difference in the number of crashes that occurred in the various LGAs ($F = 2.943$, $P < 0.05$). The Duncan test of groups in homogenous subsets showed that Lagelu, Ona Ara, Oluyole, Ibadan North East, Ibadan North, and Ibadan South West had an almost homogenous mean, while Ido had a distinct mean and Egbeda, Akinyele, Ibadan South East and Ibadan North West also had an almost similar mean. Thus, LGAs with similar or near similar crash figures exhibited similar pattern of crashes and as such can be grouped together. It is also clear that no distinct pattern could be discerned in crashes between the inner city and peri-urban LGAs in the metropolis.

Crashes on dual carriage roads accounted for 54.3%, while 45.7% occurred on non-dual carriage roads. Motorcycles account for 30.3%

Où W_{ij} = le poids de la paire voisin cible
 d = seuil de distance

X_j = l'indice de gravité à la localisation j

L'échantillon de test t apparié a été utilisé pour explorer les variations dans les ACR entre les routes à quatre voies et celles qui ne le sont pas ainsi qu'entre le centre-ville et la banlieue de la ville. L'analyse de variance (Anova) a toutefois été utilisé pour explorer les variations dans les ACR à travers les onze zones de gouvernement local de la ville.

Résultats

La répartition des accidents de la circulation routière dans la ville d'Ibadan

Sur les 600 accidents de la circulation routière enregistrés dans cette étude, 492 (82.0%) des scènes d'accidents ont été correctement géocodé. Les zones de gouvernement local (LGA) avec les plus hautes moyennes d'accidents étaient le Nord-Ouest d'Ibadan (41.0 ± 27.2), le Sud-est d'Ibadan (24.3 ± 12.7), et Akinyele (22.3 ± 15.4), tandis que les zones de gouvernement local (LGA) de Lagelu (0.0 ± 0.0), Ona Ara (2.7 ± 4.6) et Oluyole (3.7 ± 3.2) avaient le moindre. Il y avait cependant une différence significative dans le nombre d'accidents qui se sont produits dans les différentes Zones de gouvernement local ($F = 2.943$, $P < 0.05$). Le test de Duncan des groupes dans les sous-ensembles homogènes a montré que Lagelu, Ona Ara, Oluyole, le Nord-Est d'Ibadan, le Nord d'Ibadan, le Sud-Ouest d'Ibadan ont eu une moyenne presque homogène, tandis qu'Ido avait une moyenne distincte et Egbeda, Akinyele, le Sud-Est d'Ibadan et le Nord-Ouest d'Ibadan ont également eu une moyenne à peu près semblable. Les zones de gouvernement local (LGA) avec les chiffres d'accidents semblables ou similaires ont ainsi présenté des motifs d'accident similaires et peuvent en tant que tels être regroupés. Il est également clair qu'aucun motif distinct n'a pu être discerné dans les accidents entre le centre-ville et les zones de gouvernement local (LGA) périurbaines de la ville.

Les accidents sur routes à quatre voies représentaient 54.3%, tandis que 45.7% se sont produits sur les routes qui ne sont pas à

Table 1: Descriptive pattern of road traffic crashes in Ibadan metropolis

| Nearest Neighbour Analysis | Observed Mean Distance (Meters) | Expected Mean Distance (Meters) | Nearest Neighbour Ratio | Z-Scores | P-Values | Description of Pattern |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------|----------|------------------------|
| MVC | 444.325889 | 2454.662908 | 0.181013 | -24.221824 | 0.0000 | Clustered |
| MBC | 1180.610855 | 3880.527703 | 0.304240 | -18.586935 | 0.0000 | Clustered |
| PC | 1482.823991 | 4015.884712 | 0.369240 | -9.189867 | 0.0000 | Clustered |
| All Crashes | 408.925289 | 2518.904056 | 0.162343 | -35.545113 | 0.0000 | Clustered |

Tableau 1: Motif descriptif des accidents de la circulation routière dans la ville d'Ibadan

| Analyse du voisin le plus proche | Moyenne de Distance Observée (Mètres) | Moyenne de Distance Attendue (Mètres) | Ratio du voisin le plus proche | Z-Scores | Valeurs-P | Description de la tendance |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------|-----------|----------------------------|
| Accidents d'automobiles (MVC) | 444.325889 | 2454.662908 | 0.181013 | -24.221824 | 0.0000 | Regroupée |
| Accident de moto (MBC) | 1180.610855 | 3880.527703 | 0.304240 | -18.586935 | 0.0000 | Regroupée |
| Accidents de piétons (PC) | 1482.823991 | 4015.884712 | 0.369240 | -9.189867 | 0.0000 | Regroupée |
| Tous les accidents | 408.925289 | 2518.904056 | 0.162343 | -35.545113 | 0.0000 | Regroupée |

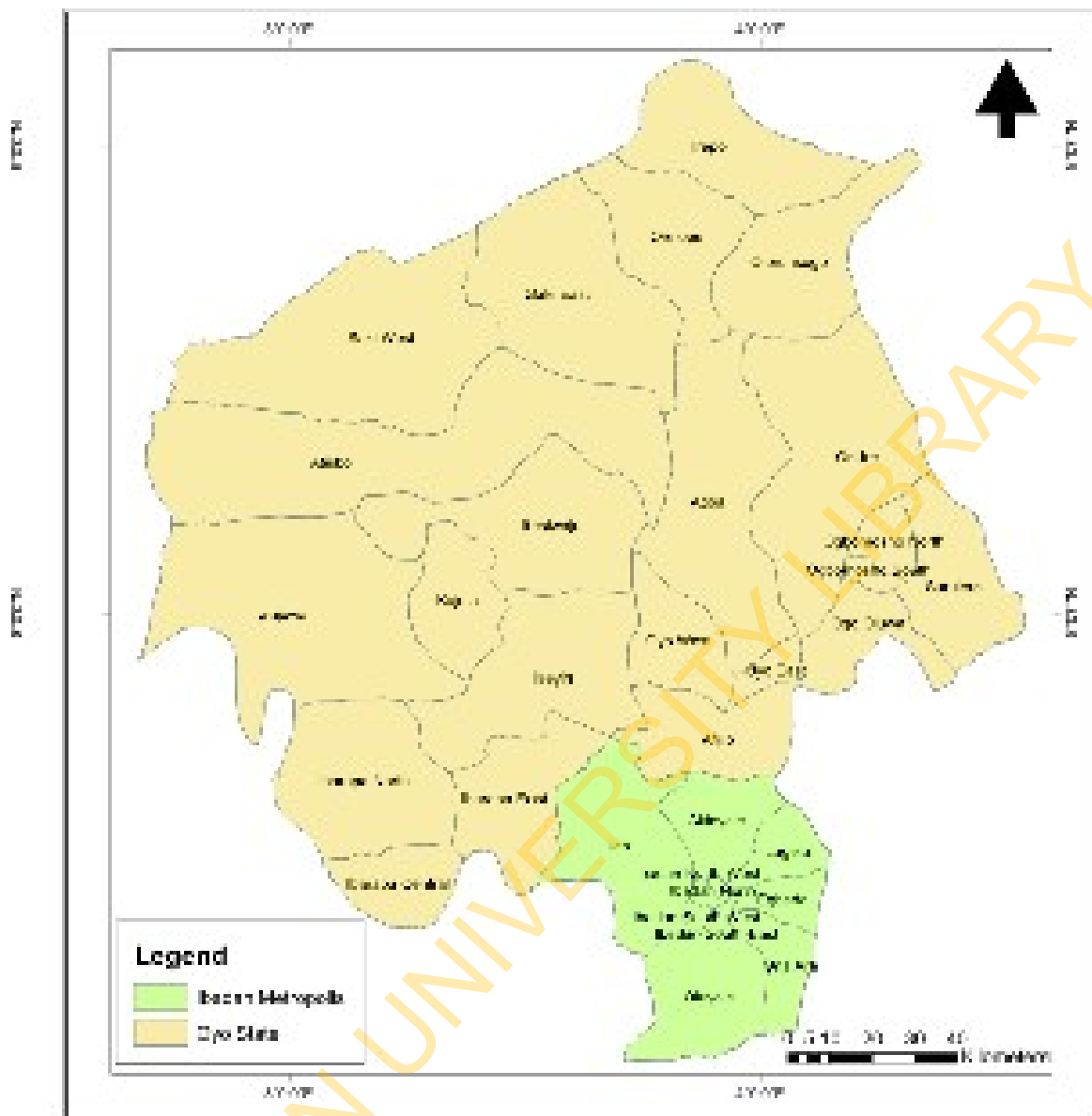


Figure 1: Administrative Map of Oyo State Showing Local Government Areas in the Ibadan Metropolis

Figure 1: Plan administratif de l'État d'Oyo présentant les Zones de Gouvernement Local de la ville d'Ibadan

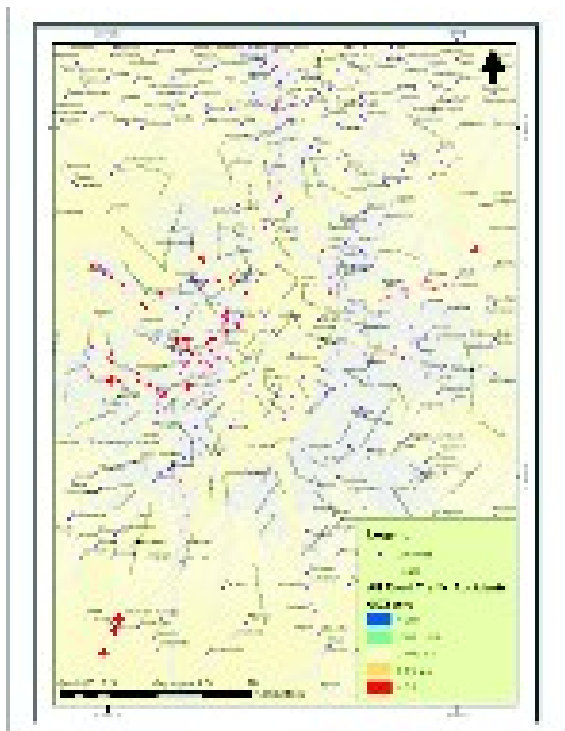


Fig 2: Hotspot result for all crashes
Fig 2: Résultats de tous les accidents

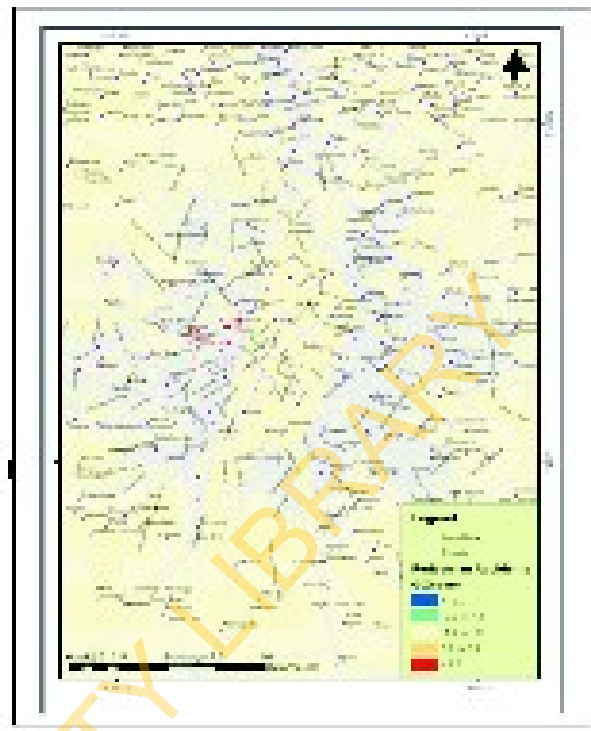


Fig 3: Hotspots for pedestrian crashes
Fig 3: Points chauds des accidents de piétons

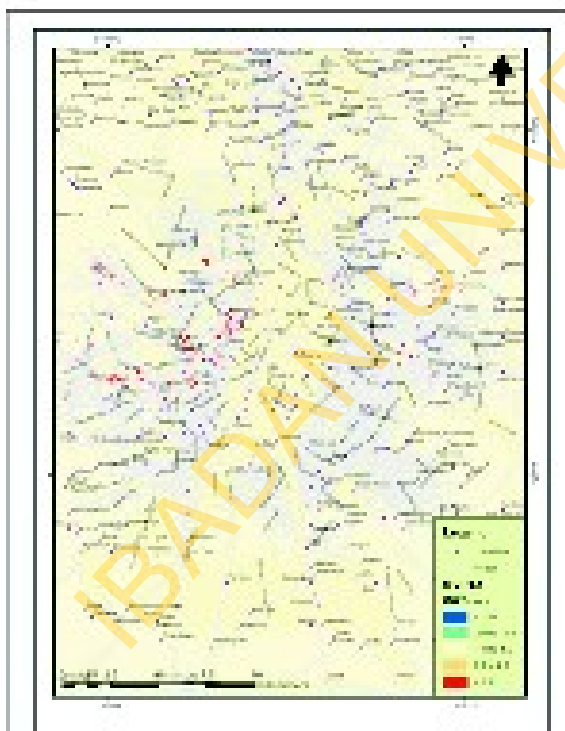


Fig 4: Hotspots for motor vehicle crashes
Fig 4: Points chauds pour les accidents d'automobiles

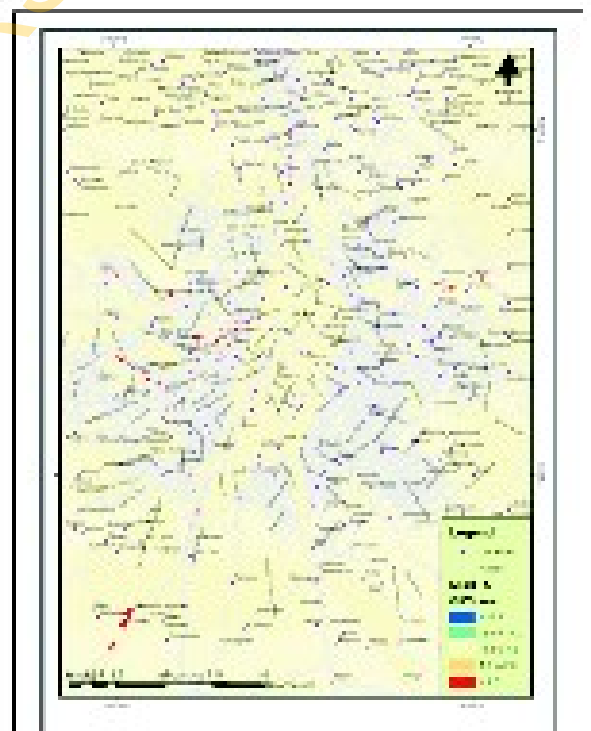


Fig 5: Hotspots for motorbike crashes
Fig 5: Points chauds pour les accidents de motos

of RTCs on dual-carriage roads because of their increasing use for commercial purposes. There was no tricycle crash recorded during the study period. The average number of crashes on dual carriage roads within the metropolis was 8.8 ± 6.9 , while non-dual carriage was 149.2 ± 75.2 , which was significant ($T = -9.710, P = 0.001$).

The mean crashes in the inner city LGAs was 18.5 ± 18.7 , while the peri-urban LGAs had 9.9 ± 11.5 . No significant difference was observed despite an almost double mean difference between the two ($F = 2.630, P = 0.115$).

Pattern of Road Traffic Crashes in Ibadan Metropolis

Generally, the pattern of crashes were clustered in space and localized in the metropolis. More specifically, Table 1 showed that the motorbike crashes (MBC), motor vehicular crashes (MVC) and pedestrian crashes (PC) are also clustered in the metropolis ($P = 0.0001$). However, motorbike crashes showed greater clustering compared to the motor vehicular and pedestrian crashes. The motorbike (MBC) hotspots are mainly concentrated within the metropolitan areas, while motor vehicular crashes (MVC) are common along the major highways (dual carriage road). The Ojoo-Moniya axis of the Lagos-Ibadan express road, Iwo road interchange, Akinyo street, Bishop Akinyele road, Parliament road, Queen Elizabeth road, Oba Salawu Aminu roads, Oba Adebimpe road, Fajuyi road are some of the identified hotspots for the motor vehicular crashes (Figure 2, 3, 4 and 5).

Discussion

Compared to the 70% georeferencing achieved by Razzak et al¹¹ using paper based maps, the use of Google Earth and the involvement of town planning officers familiar with Ibadan metropolis correctly georeferenced road traffic crashes/accidents locations in 82% of

quatre voies. Les Moto représentent 30.3% des ACR sur les routes à quatre voies en raison de leur utilisation croissante à des fins commerciales. Aucun accident de tricycle n'a été enregistré au cours de la période d'étude. Le nombre moyen d'accidents sur les routes à quatre voies dans la ville était de 8.8 ± 6.9 , tandis que celles qui ne sont pas à quatre voies étaient de 149.2 ± 75.2 , ce qui était significative ($T = -9.710, P = 0.001$).

Les moyennes d'accidents dans les zones de gouvernement local (LGA) du centre-ville était de 18.5 ± 18.7 , tandis que les zones de gouvernement local (LGA) périurbaines avaient 9.9 ± 11.5 . Aucune différence significative n'a été observée entre les deux, malgré une différence de moyenne presque double ($F = 2.630, P = 0.115$).

Motif des accidents de la circulation routière dans la ville d'Ibadan Généralement, les motifs des accidents ont été regroupés dans l'espace et localisés dans la ville. Plus précisément, le tableau 1 montre que les accidents de moto, les accidents d'automobiles et les accidents des piétons sont également regroupés dans la ville ($P = 0.0001$). Cependant, les accidents de moto ont montré un plus grand regroupement par rapport aux accidents des automobiles et des piétons. Les accidents de motos points chauds sont principalement concentrés dans les régions métropolitaines, tandis que les accidents d'automobiles sont fréquents le long des grands axes routiers (route à quatre voies). L'axe Ojoo-Moniya de l'autoroute de Lagos-Ibadan, l'échangeur de la route d'Iwo, la rue d'Akinyo, la route de Bishop Akinyele, la route du Parlement, la route de la Reine Elizabeth, les routes d'Oba Salawu Aminu, la route d'Oba Adebimpe, la route de Fajuyi sont quelques-uns des points chauds qui ont été identifiés pour les accidents d'automobiles (figure 2, 3, 4 et 5).

Discussion

Par rapport au géocodage de 70% qui a été atteint par Razzak et autres¹¹, en utilisant des cartes en papier. Les scènes de collisions/accidents de circulation routière ont été correctement géocodées dans 82% des cas avec l'utilisation de Google Earth et la participation des urbanistes qui sont familier à

cases. Our hospital data is important because the development of an efficient database of road crashes can provide a means of identifying contributing factors in the metropolis. So far, the inability to effectively address the challenge of road traffic crashes in developing countries like Nigeria could be linked to the absence of reliable data^{3,20}. However, freely available image from Google Earth help in overcoming the problem of unavailability and inadequacy of data often encountered in developing countries.

Road crashes were clustered in space with motorbike crashes showing greater clustering compared to motor vehicle and pedestrian crashes, contrary to the data from four South African cities which ranked pedestrian crashes above the others¹⁴. This clustered pattern indicated that there were locations that experienced more crashes than others and that different type of crashes predominate in different places. The Local Indicators of Spatial Autocorrelation (LISA) clearly showed localities with higher occurrence of certain type of crashes compared to others. Furthermore, road crashes significantly differed between dual and non-dual carriage roads ($P=0.001$). This finding has shown that higher frequency of vehicular movement leads to higher number of crashes, given that dual carriage roads host a higher number of vehicles compared to single lane roads; with the vehicles on higher speed than they do on the single lanes.

Higher number of motorbike crashes recorded is congruous with the findings of Arosanyin et al¹⁵. This has resulted from the increasing use of motorbikes for commercial purposes in the city. Commercial motorbikes, which started in Cross Rivers State, have assumed a greater dimension with unemployed youths earning a living thereby¹⁵⁻¹⁷. Commercial motorcyclists and their passengers often do not use protective helmets thereby increasing their

la ville d'Ibadan. Nos données de l'hôpital sont importantes car le développement d'une base de données efficace des accidents de la route peut fournir un moyen d'identifier les facteurs qui y contribuent dans la ville. L'incapacité d'aborder efficacement jusqu'ici le défi des accidents de la circulation routière dans les pays en voie de développement tel que le Nigeria pourrait être liée à l'absence de données^{3,20} fiables. Cependant, les images qui sont disponibles gratuitement sur Google Earth aident à surmonter le problème de l'insuffisance et de l'indisponibilité des données souvent rencontrées dans les pays en voie de développement.

Les accidents de la route ont été regroupés dans l'espace avec les accidents de moto qui montrent un plus grand regroupement par rapport aux accidents des automobiles et piétons, contrairement aux données provenant de quatre villes sud-africaines qui ont classés les accidents des piétons au-dessus des autres¹⁴. Ce modèle de regroupement a indiqué qu'il y avait des endroits qui ont connu plus d'accidents que les autres et que de différents types d'accidents prédominent dans des lieux différents. Les indicateurs locaux d'auto corrélation spatiale (LISA) ont clairement montré des localités avec plus de grande fréquence de certains types d'accidents par rapport à d'autres. En outre, les accidents de la route différaient significativement entre les routes à quatre voies et non à quatre voies ($P = 0.001$). Cette découverte a montré que la fréquence beaucoup plus élevée de la circulation des véhicules mène à un nombre beaucoup plus élevé d'accidents, étant donné que les routes à quatre voies accueillent un plus grand nombre de véhicules par rapport aux routes à une seule voie; avec des véhicules qui vont à une vitesse plus élevée que ce qu'ils font sur les voies simples.

Le nombre beaucoup plus élevé d'accidents de motos enregistrés est congruent avec les conclusions d'Arosanyin et les autres¹⁵. Il en a résulté de l'utilisation croissante des motos à des fins de transport commercial dans la ville. Les motos de transport commercial, qui ont débuté dans l'état de Cross Rivers, ont pris une plus grande ampleur avec les jeunes chômeurs qui en gagnent leur vie¹⁵⁻¹⁷. Les motocyclistes de transport commercial et leurs passagers n'utilisent pas souvent des casques de protection, et ainsi ils augmentent leurs risques. Il a été constaté que l'utilisation de casque de

risks. It has been observed that the use of crash helmet has the potential of reducing head injuries by 50%^{18,19}. Our data did not include tricycle crashes because they were newly introduced for transportation during the 6-month study period.

We hereby state that we have not conducted an overall crash mapping of Ibadan metropolis because our data source being hospital-based imposes a limitation. An exhaustive database should have inputs from the Federal Road Safety Corp and the Motor Traffic Division of Nigeria Police. Identifying crash clusters within the metropolis using GIS-aided technique can highlight contributory factors which can assist the government and its agencies to implement remedial measures to make driving safe at such spots and improve these roads. The installation of traffic lights at road intersections, better traffic monitoring and enforcing traditional measures such as speed limits, mandatory wearing of seatbelts and helmets have been shown to reduce crashes and injuries⁴.

In conclusion, this study showed that GIS is useful in identifying crash-prone areas within Ibadan metropolis and assist our understanding of contributory factors in crash occurrences. The information obtained is necessary in the development of strategies to reduce road traffic crashes and the associated injuries.

References

1. Murray, C.J.L., Lopez, A.D. (eds), 1996. The Global Burden of Disease. A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020. (GBD Series Vol. I. Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank, Cambridge, Massachusetts).
2. Krug E. ed., 1999. Injury: a leading cause of global burden of disease. Geneva WHO. www.who.int/violence_injury_prevention/index.html [Date accessed: 28.03.2015].

protection a le potentiel de réduire les blessures à la tête de 50%^{18,19}. Nos données n'ont pas compris les accidents de tricycles pendant la période d'étude de 6 mois parce qu'ils ont été récemment introduits dans le transport.

Nous déclarons par la présente que nous n'avons pas procédé à une cartographie globale d'accident de la ville d'Ibadan puisque notre source de données était hospitalière, ce qui impose une limitation. Une base de données détaillée devrait avoir des entrées du Corps de la Sécurité Routière de la Division de la circulation des automobiles de la Police Fédérale du Nigeria. L'identification des regroupements d'accidents au sein de la ville, en utilisant la technique d'assistance des SIG peut mettre en évidence des facteurs contributifs qui peuvent aider le gouvernement et ses organismes à mettre en œuvre des mesures correctives pour rendre la conduite sûre à ces endroits et améliorer ces routes. L'installation de feux de circulation aux intersections de la route, améliore la surveillance de la circulation et la mise en application des mesures traditionnelles telles que les limites de vitesse, le port obligatoire des ceintures de sécurité et des casques qui ont montrés leur vertu de réduire les accidents et blessures⁴.

En conclusion, cette étude a montré que le SIG est utile pour identifier les zones accidentogènes à l'intérieur de la ville d'Ibadan et aider notre compréhension des facteurs contributifs aux circonstances d'accident. Les renseignements obtenus sont nécessaires dans le développement de stratégies visant à réduire les accidents de la circulation routière et les blessures qui sont liées.

Références

1. Murray, C.J.L., Lopez, A.D. (eds), 1996. The Global Burden of Disease. A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020. (GBD Series Vol. I. Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank, Cambridge, Massachusetts).
2. Krug E. ed., 1999. Injury: a leading cause of global burden of disease. Geneva WHO. www.who.int/violence_injury_prevention/index.html [Date accessed: 28.03.2015].

3. Nantulya VM, Reich MR. The neglected epidemic: road traffic injuries in developing countries. *BMJ* 2002;324 (7346): 1139-41.
 4. World Health Organisation (WHO). Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011–2020. Geneva: WHO. 2011. www.who.int/roadsafety/decade_of_action/ [Date accessed: 28.03.2015].
 5. Agbonkhese O, Yisa GL, Agbonkhese EG, Akanbi DO, Aka EO, Mondigha EB. Road Traffic Accidents in Nigeria: Causes and Preventive Measures. *Civil and Environmental Research* 2013;3 (13): 90-9.
 6. Miller HJ. Potential contributions of spatial analysis to geographic information systems for transportation (GIS-T). *Geographical Analysis* 1999; 31(4): 373-399.
 7. Lai PC, Chan WY. GIS for road accident analysis in Hong Kong. *Journal of Geographic information sciences* 2004;10 (1): 58-67.
 8. Lupton K, Bolsdon D. 1999. An object based approach to a road definition for an accident database. *Computers, Environment and Urban Systems* 1999;23: 383-98.
 9. Abdel-Aty M, Pande A. Crash data analysis: collective vs. individual crash level approach. *J Safety Res.* 2007;38 (5): 581-7.
 10. Pulugurtha SS, Krishnakumar VK, Nambisan SS. New methods to identify and rank high pedestrian crash zones: an illustration. *Accid Anal Prev.* 2007;39 (4): 800-11.
 11. Razzak JA, Khan UR, Jalal S. Application of geographical information system (GIS) for mapping road traffic injuries using existing source of data in Karachi, Pakistan--a pilot study. *J Pak Med Assoc.* 2011;61 (7): 640-3.
 12. Lightstone, AS, Dhillon PK, Peek-Asa C, Kraus JF. A geographic analysis of motor vehicle collisions with child pedestrians in Long Beach, California: comparing intersection and midblock incident locations. *Inj Prev.* 2001;7 (2): 155-60.
 13. Morency P, Cloutier MS. From targeted "black spots" to area-wide pedestrian safety. *Inj Prev.* 2006;12 (6): 360-4.
 14. Mabunda M, Swart L, Seedat M. Magnitude and categories of pedestrian fatalities in South Africa. *Accid Anal Prev.* 2008; 40 (2): 586-93.
3. Nantulya VM, Reich MR. The neglected epidemic: road traffic injuries in developing countries. *BMJ* 2002;324 (7346): 1139-41.
 4. World Health Organisation (WHO). Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011–2020. Geneva: WHO. 2011. www.who.int/roadsafety/decade_of_action/ [Date accessed: 28.03.2015].
 5. Agbonkhese O, Yisa GL, Agbonkhese EG, Akanbi DO, Aka EO, Mondigha EB. Road Traffic Accidents in Nigeria: Causes and Preventive Measures. *Civil and Environmental Research* 2013;3 (13): 90-9.
 6. Miller HJ. Potential contributions of spatial analysis to geographic information systems for transportation (GIS-T). *Geographical Analysis* 1999; 31(4): 373-399.
 7. Lai PC, Chan WY. GIS for road accident analysis in Hong Kong. *Journal of Geographic information sciences* 2004;10 (1): 58-67.
 8. Lupton K, Bolsdon D. 1999. An object based approach to a road definition for an accident database. *Computers, Environment and Urban Systems* 1999;23: 383-98.
 9. Abdel-Aty M, Pande A. Crash data analysis: collective vs. individual crash level approach. *J Safety Res.* 2007;38 (5): 581-7.
 10. Pulugurtha SS, Krishnakumar VK, Nambisan SS. New methods to identify and rank high pedestrian crash zones: an illustration. *Accid Anal Prev.* 2007;39 (4): 800-11.
 11. Razzak JA, Khan UR, Jalal S. Application of geographical information system (GIS) for mapping road traffic injuries using existing source of data in Karachi, Pakistan--a pilot study. *J Pak Med Assoc.* 2011;61 (7): 640-3.
 12. Lightstone, AS, Dhillon PK, Peek-Asa C, Kraus JF. A geographic analysis of motor vehicle collisions with child pedestrians in Long Beach, California: comparing intersection and midblock incident locations. *Inj Prev.* 2001;7 (2): 155-60.
 13. Morency P, Cloutier MS. From targeted "black spots" to area-wide pedestrian safety. *Inj Prev.* 2006;12 (6): 360-4.
 14. Mabunda M, Swart L, Seedat M. Magnitude and categories of pedestrian fatalities in South Africa. *Accid Anal Prev.* 2008;40 (2): 586-93.

15. Arosanyin GT, Olowosulu AT, Oyeyemi GM. An examination of some safety issues among commercial motorcyclists in Nigeria: a case study. *Int J Inj Contr Saf Promot.* 2013;20 (2): 103-10.
16. Akinlade OC, Brieger WR. Motorcycle taxis and road safety in southwestern Nigeria. *Int Q Community Health Educ.* 2003;22 (1): 17-31.
17. Ngim NE, Udosen AM. Commercial Motorcyclists: Do they care about road safety? *Nigerian Medical Practitioner* 2007;51 (6): 111-3.
18. European Commission (EC). *Saving 20,000 Lives on Our Roads: A Shared Responsibility.* Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities. 2003. Available <http://worldcat.org/isbn/9289458933>. [Date accessed: 28.03.2015].
19. Sohn SY, Shin H. Pattern recognition for a road traffic accident severity in Korea. *Ergonomics* 2001;44 (1): 107-17.
20. Huang Y, Tian D, Gao L, Li L, Deng X, Mamady K, Hu G. Neglected increases in rural road traffic mortality in China: findings based on health data from 2005 to 2010. *BMC Public Health* 2013;13 (1):1111.
15. Arosanyin GT, Olowosulu AT, Oyeyemi GM. An examination of some safety issues among commercial motorcyclists in Nigeria: a case study. *Int J Inj Contr Saf Promot.* 2013;20 (2): 103-10.
16. Akinlade OC, Brieger WR. Motorcycle taxis and road safety in southwestern Nigeria. *Int Q Community Health Educ.* 2003;22 (1): 17-31.
17. Ngim NE, Udosen AM. Commercial Motorcyclists: Do they care about road safety? *Nigerian Medical Practitioner* 2007;51 (6): 111-3.
18. European Commission (EC). *Saving 20,000 Lives on Our Roads: A Shared Responsibility.* Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities. 2003. Available <http://worldcat.org/isbn/9289458933>. [Date accessed: 28.03.2015].
19. Sohn SY, Shin H. Pattern recognition for a road traffic accident severity in Korea. *Ergonomics* 2001;44 (1): 107-17.
20. Huang Y, Tian D, Gao L, Li L, Deng X, Mamady K, Hu G. Neglected increases in rural road traffic mortality in China: findings based on health data from 2005 to 2010. *BMC Public Health* 2013;13 (1):1111.