

# Evaluating the Performance of Pedestrian Traffic on Signalized Intersections According to the Methodology of HCM 2016 in the City of Latakia

Dr. Akram Rustom\*

Hanan Mohammad Alkhansa\*\*

(Received 21 / 6 / 2022. Accepted 5 / 9 / 2022)

## □ ABSTRACT □

The research aims to assess the reality and performance of pedestrian movement at the intersection organized by a traffic light according to the 2016 HCM methodology by evaluating the pedestrian gathering area for each corner of the studied intersection in order to know the level of service for pedestrians and propose the required solutions.

The studied intersection in the city of Latakia was identified, which is the intersection of Abdul Rahman Al Ghafiqi Street with Shukri Al-Quwatli Street. and the traffic data collection (vehicle flow rate and pedestrian flow rate) and engineering data (sidewalk width, lane width, lane length, number of lanes) the light signal data (light signal cycle time, green and red time) and then applying the computational steps. The results showed after applying the steps of the methodology that the condition of most corners of the intersection needs to adjust the lane to avoid collisions, except for the southwestern corner, there is a repeated need to adjust the lane.

**Keywords:** Level of service, signalized intersections, waiting time, Circulation Area.

---

\* Associate Professor , Transportation Engineering Department, Civil Engineering Faculty, Tishreen University, Latakia, Syria.

\*\* Master Student , Transportation Engineering Department, Civil Engineering Faculty, Tishreen University, Latakia , Syria. hananalkhansa68955@gmail.com

## تقييم أداء حركة المشاة على التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية وفق منهجية HCM 2016 في مدينة اللاذقية

د. أكرم رستم\*

حنان محمد الخنسه\*\*

(تاريخ الإيداع 21 / 6 / 2022. قُبل للنشر في 5 / 9 / 2022)

### □ ملخص □

يهدف البحث إلى تقييم واقع وأداء حركة المشاة على التقاطع المنظم بإشارة ضوئية وفق منهجية HCM 2016، من خلال تقييم منطقة تجمع المشاة لكل زاوية من زوايا التقاطع المدروس بغرض معرفة مستوى الخدمة للمشاة واقتراح الحلول المطلوبة.

تم تحديد التقاطع المدروس في مدينة اللاذقية، وهو عبارة عن تقاطع شارع عبد الرحمن الغافقي مع شارع شكري القوتلي، وجمع البيانات المرورية، (معدل تدفق العربات ومعدل تدفق المشاة)، والبيانات الهندسة (عرض الرصيف، عرض الممر، طول الممر، عدد الحارات)، وبيانات الإشارة الضوئية (زمن دورة الإشارة الضوئية، الزمن الأخضر والأحمر)، ثم تطبيق الخطوات الحسابية.

بينت النتائج بعد تطبيق خطوات المنهجية، أن حالة معظم أركان التقاطع تحتاج إلى ضبط المسار لتجنب التصادمات، عدا الزاوية الجنوبي الغربي، حيث يوجد حاجة متكررة لضبط المسار.

**الكلمات المفتاحية:** مستوى الخدمة، التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية، زمن الانتظار، منطقة التجمع.

\* أستاذ مساعد، قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

\*\* طالبة دراسات عليا (ماجستير)، قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

hananalkhansa68955@gmail.com

**مقدمة:**

يعد نمط المشاة مكوناً مهماً من أنماط الحركة ضمن الشبكات الحضرية، ويؤثر بشكل كبير على أداء الأرصفة والممرات المتقاطعة، فضلاً عن عمليات حركة مرور الشبكة بالكامل من خلال التفاعل مع أوضاع حركة المرور الأخرى (السيارات والدراجات) [1]. كما يلعب المشي دوراً مهماً في تعزيز تطوير أنظمة النقل الحضري [2]. ويعتبر المشي وسيلة نقل مهمة، وهي بمثابة نمط للتنقل، دون إحداث آثار ضارة مثل التلوث أو الضجيج أو الازدحام المروري [3]. لا يتطلب المشي البناء المستمر لممرات السفر، ولا يتطلب رسوماً أو أماكن لوقوف السيارات، ويقلل من استهلاك الوقود المرتبط عادةً بالنقل الآلي. بالإضافة إلى ذلك، يعد المشي أحد أكثر أشكال التمارين مثالية، لأنه يساعد الأشخاص في الحفاظ على نمط حياة صحي دون ضغوط جسدية لا داعي لها [4]. منذ التسعينيات، بذلت العديد من البلدان جهوداً كبيرة لتعزيز المشي في التنمية الحضرية، على سبيل المثال، أقامت ألمانيا منطقة مشاة مركزية في جميع المدن وأغلبية ساحقة من البلديات التي يزيد عدد سكانها عن 50000 نسمة، وفي الولايات المتحدة، خفضت بورتلاند عدد الكيلومترات التي تقطعها السيارات للفرد من خلال التحكم في نمو الحدود الحضرية، والتنمية المتكاملة للنقل واستخدام الأراضي. تعمل بعض الحكومات المحلية ومعاهد البحث في العالم أيضاً على دفع أبحاث التقييم إلى الأمام بشأن تطوير رحلات المشي وتحديد ملاءمة المدينة للمشاة، كمعيار لتقييم مدى تطور المدن [5]. على سبيل المثال، تم استخدام أداة تقييم قابلية المشي الأسكتلندية لتقييم مستوى ملاءمة المشاة بالمدينة. في عام 2007، طرح العلماء الأمريكيون "درجة المشي"، وهو نظام درجات ودية للمشاة في المدينة، والذي تم قبوله على نطاق واسع دولياً، وتم ممارسته في العديد من البلدان [6].

**إشكالية البحث:**

إن زيادة عدد السكان في المناطق المركزية لمدينة اللاذقية، (المناطق التجارية - مناطق التسوق...)، أدى إلى غزارات مشاة عالية وتداخل حركة المشاة مع حركة العربات، والذي بدوره تسبب بأزمة تأخير للمشاة وعدم التزامهم بالعبور من المناطق المخصصة، لذلك كان من الضروري إجراء دراسة لتطوير معايير تقييم أداء حركة المشاة على المحاور المدنية في مدينة اللاذقية، وبشكل خاص التقاطعات التي يتم ضبط الحركة عليها باستخدام الإشارات الضوئية.

**أهمية البحث وأهدافه:****أهداف البحث:**

- تقييم واقع حركة المشاة ضمن المنطقة المركزية للمدينة وفق منهجية HCM 2016.
- الوصول إلى مقترحات لتحسين و تطوير واقع حركة المشاة.

**أهمية البحث:**

يعتبر المشاة من أضعف مكونات (عناصر) الحركة المرورية، لذلك هناك أهمية خاصة للحفاظ على سلامة المشاة وحمايتهم من المخاطر التي قد يتعرضون إليها، بسبب تداخل حركة المشاة مع مكونات الحركة المرورية الأخرى، (نقل جماعي، سيارة، دراجة) [7].

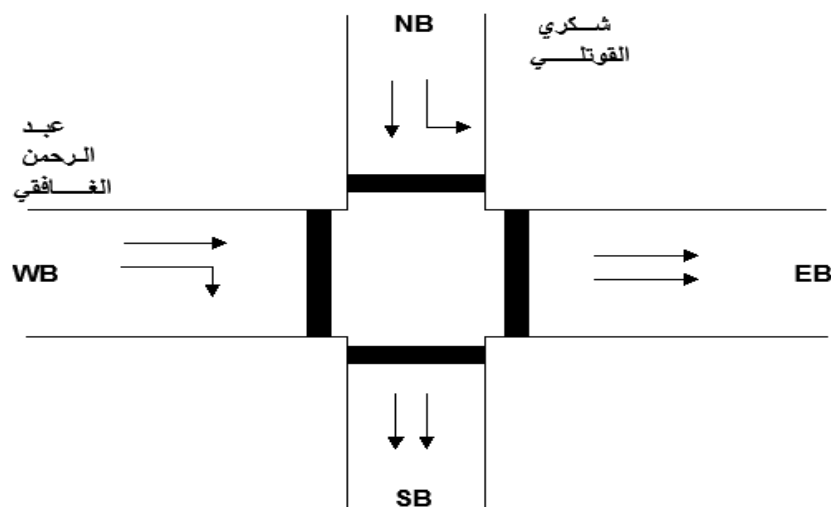
## طرائق البحث ومواده:

تحديد منطقة الدراسة:

تمت الدراسة في مدينة اللاذقية، والتقاطع المدروس هو عبارة عن تقاطع شارع عبد الرحمن الغافقي مع شارع شكري القوتلي (أحد الشوارع الفرعية من الشيخزاهر)، وهو تقاطع منظم بإشارة ضوئية يقع بجانب التقاطع (ساحة أوغاريت)، والتي تعتبر معلم سياحي، بالإضافة إلى ساحة أوغاريت، يوجد سوق تجارية ومكاتب خدمية (هندسية-طبية-عقارية).



الشكل (1) التقاطع المدروس



الشكل (2): مسقط التقاطع المدروس

- جمع البيانات الهندسية للموقع المدروس:

الجدول (1): البيانات الهندسية

الذراع EB	الذراع WB	الذراع SB	الذراع NB	
3.5	3.5	3.5	3.5	عرض الرصيف (m)
3	3	3	3	عرض الممر (m)
12	28	10	10	طول الممر (m)
7	7	7	7	نصف القطر (m)
4	4	2	2	عدد الحارات
0	0	0	0	عدد جزر الاعتطاف لليمين

- جمع البيانات المرورية للموقع المدروس:

تم تعداد غزارات المشاة باستخدام تقنية تصوير الفيديو والتي تعتبر ذات موثوقية ودقة عالية، تم القياس في ساعة الذروة (11-12)، الغزارات موضحة بالجدول التالي:

الجدول (2): البيانات المرورية

الذراع EB	الذراع WB	الذراع SB	الذراع NB	
295	361	257	216	(Ped/h)va
445	576	384	127	(Ped/h)vb
235	437	396	204	(Ped/h)Va.b

تم قياس غزارات المركبات باستخدام جهاز العد المروري في ساعة الذروة، الغزارات موضحة بالجدول (3).

الجدول (3): غزارات المركبات

الذراع EB	الذراع WB	الذراع SB	الذراع NB	
837	1025	535	347	مركبة (Veh/h)

تم الحصول على بيانات الإشارة الضوئية من فرع المرور، البيانات موضحة بالجدول التالي:

الجدول (4): بيانات الإشارة الضوئية

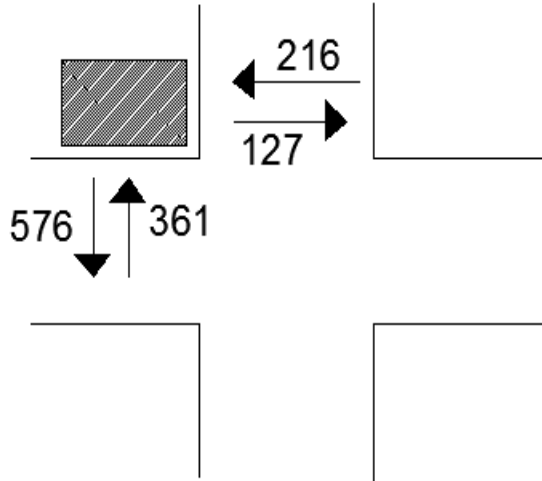
60	زمن الإشارة الضوئية (sec)
13	الزمن الأخضر (طور أول) (sec)
39	الزمن الأخضر (طور ثاني) (sec)
4	التغيير الأصفر+التخليص الأحمر (sec)
لا	الراحة في المشي (نعم أو لا) ثانوي
لا	الراحة في المشي (نعم أو لا) رئيسي

لا	ظهور رأس إشارة المشاة (نعم أو لا)
تساوي مدة طور نمط المركبات	مدة خدمة الطور للمشاة (sec)
يساوي الزمن الأخضر مطروحاً منه زمن إخلاء المشاة	زمن المشي (sec)

### النتائج والمناقشة:

يتم تقييم مستوى خدمة المشاة وفق خطوات المنهجية الخاصة بالمشاة على التقاطعات المنظمة بإشارة ضوئية وفق دليل HCM2016، تتكرر الخطوات الحسابية لكل زاوية من زوايا التقاطع المدروسة [8]

#### الزاوية الأولى:



1- حساب الزمن - المسافة المتاح

يساوي مسافة الزاوية الصافية مضروباً بطول الدورة C، وتستخدم المعادلة لحساب الوقت - المساحة المتاحة عند

زاوية التقاطع

$$TScorner = C(W_a W_b - 0.215R^2)$$

حيث:

TScorner: الزمن - المسافة المتاح للزاوية (ft<sup>2</sup>\_s)

C: طول دورة الإشارة الضوئية (S)

W<sub>a</sub>: إجمالي عرض الممشى للرصيف (ft)

W<sub>b</sub>: إجمالي عرض الممشى للرصيف (ft)

R: نصف قطر انحناء الزاوية (ft)

الشكل (3)

إذا كان نصف القطر أكبر من W<sub>a</sub> أو W<sub>b</sub> فإن نصف القطر المتاح في المعادلة السابقة يجب أن يساوي الأصغر

بين W<sub>a</sub> أو W<sub>b</sub>

$$TScorner = C(W_a W_b - 0.215R^2)$$

$$TScorner = 60(11.5 * 11.5 - 0.215 * 11.5^2)$$

$$TScorner = 6180 \text{ ft}^2\_S$$

$$TScorner = 574 \text{ m}^2\_S$$

2- حساب زمن الانتظار في منطقة التجمع

الحالة الأولى: عبور الشارع (ثانوي)

$$N_{do} = \frac{V_{do}}{3.600} C$$

حيث:

N<sub>do</sub>: عدد المشاة الواصلين إلى الزاوية خلال كل دورة لعبور الشارع الثانوي (Ped)

V<sub>do</sub>: معدل تدفق المشاة الواصلين من الزاوية وعبورهم الشارع الثانوي (Ped/h)

C: طول دورة الإشارة الضوئية (S)

$$N_{do} = \frac{127}{3.600} 60$$

$$N_{do} = 3 \text{ ped}$$

$$g_{walk,mi} = D_{p,mi} - Y_{mi} - R_{c,mi}$$

حيث:

$g_{walk,mi}$ : زمن الفعال للمشاة في الطور الذي يخدم الشارع الرئيسي للحركة (S)

$D_{p,mi}$ : مدة طور خدمة الشارع الرئيسي للحركة (S)

$Y_{mi}$ : فاصل تغيير أصفر للطور الذي يخدم الشارع الرئيسي للحركة (S)

$R_{c,mi}$ : فاصل التخليص الأحمر للطور الذي يخدم الشارع الرئيسي للحركة (S)

$$g_{walk,mi} = 39 - 3 - 1$$

$$g_{walk,mi} = 35 \text{ s}$$

$$Q_{tdo} = \frac{N_{do}(C - g_{walk,mi})^2}{2C}$$

$Q_{tdo}$ : إجمالي الوقت المنقضي لانتظار المشاة عبورهم الشارع الثانوي خلال دورة واحدة (Ped/s)

$$Q_{tdo} = \frac{3(60 - 35)^2}{2 * 60}$$

$$Q_{tdo} = 16 \text{ ped/s}$$

الحالة الثانية: عبور الشارع (رئيسي)

$$N_{co} = \frac{V_{co}}{3.600} C$$

$$N_{co} = \frac{576}{3.600} 60$$

$$N_{co} = 10 \text{ ped}$$

$$g_{walk,mi} = D_{p,mi} - Y_{mi} - R_{c,mi}$$

$$g_{walk,mi} = 13 - 3 - 1$$

$$g_{walk,mi} = 9 \text{ s}$$

$$Q_{tco} = \frac{N_{co}(C - g_{walk,mi})^2}{2C}$$

$$Q_{tco} = \frac{10(60 - 9)^2}{2 * 60}$$

$$Q_{tco} = 217 \text{ ped/s}$$

3- حساب المسافة - الزمن لحركة المشاة

$$TSC = TS_{corner} - (5,0(Q_{tdo} + Q_{tco}))$$

$TSC$ : المسافة - الزمن لحركة المشاة ( $ft^2\_s$ )

$$TSC = 6180 - (5,0(16 + 217))$$

$$TSC = 5015 \text{ ft}^2\_s$$

$$TSC = 466 \text{ m}^2\_s$$

4-حساب منطقة تجول المشاة في زاوية التقاطع:

$$M_{corner} = \frac{TS_c}{4.0 N_{tot}}$$

$$N_{tot} = \frac{v_{ci} + v_{co} + v_{di} + v_{do} + v_{a,b}}{3,600} c$$

Mcorner: منطقة التجول في الزاوية للمشاة (ft<sup>2</sup>/Ped)

Ntot: العدد الكلي للمشاة المارين الواصلين كل دورة (Ped)

vci: معدل تدفق المشاة الواصلين الى الزاوية بعد عبور الشارع الثانوي (Ped/h)

vco: معدل تدفق المشاة الواصلين الى الزاوية لعبور الشارع الثانوي (Ped/h)

Vdi: معدل تدفق المشاة الواصلين الى الزاوية بعد عبور الشارع الرئيسي (Ped/h)

va,b: معدل تدفق المشاة الذين يسافرون عبر الزاوية من الرصيف (أ) الى الرصيف (ب) ، أو بالعكس (Ped/h)

$$N_{tot} = \frac{216 + 127 + 361 + 576 + 204}{3,600} 60$$

$$N_{tot} = 25 \text{ ped}$$

$$M_{corner} = \frac{5015}{4.0 * 25}$$

$$M_{corner} = 50 \text{ft}^2 / \text{ped}$$

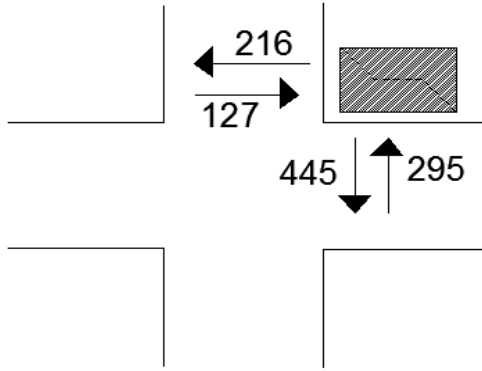
$$M_{corner} = 4.645 \text{m}^2 / \text{ped}$$

الجدول (5): وصف نوعية المساحة للمشاة

الوصف	مساحة المشاة m <sup>2</sup> / ped	مساحة المشاة ft <sup>2</sup> / ped
القدرة على التحرك في المسار المطلوب، لا حاجة لتغيير الحركات	>5.574	>60
تحتاج في بعض الأحيان إلى تعديل المسار لتجنب التصادم	>3.716-5.574	>40-60
الحاجة المتكررة لتعديل المسار تجنباً للتصادم	>2.229-3.716	>24-40
السرعة والقدرة على عبور أبطأ المشاة مقيدة	>1.394-2.229	>15-24
السرعة مقيدة، قدرة محدودة للغاية على عبور أبطأ المشاة	>0.743-1.394	>8-15
السرعة مقيدة بشدة، الاتصال بالمستخدمين الآخرين متكرر	>0.743	>8



نجد من الجدول (5) أن القيمة 4.645 تقع ضمن المجال (3.716-5.574)، أي تعطي مدلولاً إلى الحاجة إلى ضبط المسار لتجنب التصادم.



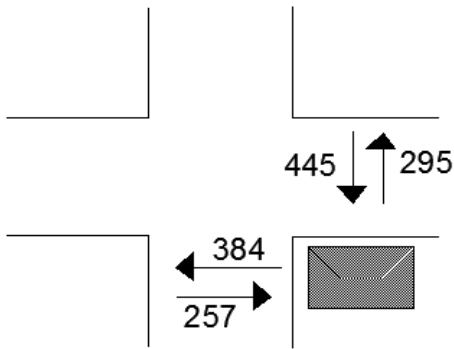
الزاوية الثانية:

$$M_{corner} = 59ft^2 / ped$$

$$M_{corner} = 5.481m^2 / ped$$

الشكل (4)

من الجدول (5) نجد أن القيمة 5.481 تقع ضمن المجال (3.716-5.574)، أي تعطي مدلولاً إلى الحاجة إلى ضبط المسار لتجنب التصادم.



الزاوية الثالثة:

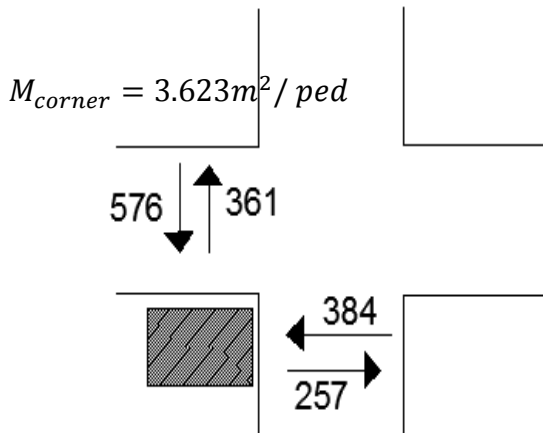
$$M_{corner} = 45ft^2 / ped$$

$$M_{corner} = 4.181m^2 / ped$$

الشكل (5)

من الجدول (5)، نجد أن القيمة 4.181، أي تعطي مدلولاً إلى الحاجة إلى ضبط المسار لتجنب التصادم.

الزاوية الرابعة:



$$M_{corner} = 39ft^2 / ped$$

$$M_{corner} = 3.623m^2 / ped$$

الشكل (6)

من الجدول (5) نجد أن القيمة 3.623، أي تعطينا مدلولاً مهماً لأهمية ضبط المسار بشكل دائم لتجنب التصادمات. تم تكرار الخطوات الحسابية والحصول على النتائج لكل زاوية من زوايا التقاطع المدروس: الجدول(6): نتائج تطبيق المنهجية المتبعة

الزاوية الرابعة	الزاوية الثالثة	الزاوية الثانية	الزاوية الأولى	
(574)6180	(574)6180	(574)6180	(574)6180	TScorner (m <sup>2</sup> -s)(ft <sup>2</sup> _s) الزمن - المسافة المتاح
21	37	21	16	Qtdo (Ped/s) زمن الانتظار
(504)5425	(507)5455	(484)5205	(466)5015	Tsc (m <sup>2</sup> -s)(ft <sup>2</sup> _s) المسافة - الزمن لحركة المشاة
(3.623)39	(4.181)45	(5.481)59	(4.645)50	Mcorner (m <sup>2</sup> /Ped) (ft <sup>2</sup> /Ped) منطقة تجول المشاة في زاوية التقاطع

#### الاستنتاجات والتوصيات:

##### الاستنتاجات:

❖ تم حساب الزمن والمساحة المتاحة وزمن الانتظار في منطقة التجمع ومنطقة تجول المشاة، لكل زاوية من زوايا التقاطع المدروس.

❖ قيمنا كل زاوية من أركان التقاطع بحسب منطقة تجول المشاة، وكانت النتائج كما يلي:

##### الجدول(7): نتائج التقييم

الزاوية المدروس	قيمة منطقة التجول للمشاة m <sup>2</sup> /ped	مجال التقييم
الأول	4.645	3.716-5.574
الثاني	5.481	3.716-5.574
الثالث	4.181	3.716-5.574
الرابع	3.623	2.229-3.716

نجد من الجدول السابق أن كل من الأركان (الأول -الثاني-الثالث) تحتاج إلى ضبط المسار لتجنب التصادمات، أما الزاوية الرابعة يوجد حاجة متكررة لضبط المسار.

**التوصيات:**

- ❖ إعادة النظر في طور خدمة المشاة على المعابر في التقاطعات المنظمة بإشارة ضوئية، لتقليل زمن انتظار المشاة للعبور من جهة إلى أخرى، والحد من العبور العشوائي والغير منظم لهم.
- ❖ زيادة العرض الفعال على التقاطع المدروس لتحسين مستوى خدمة المشاة.
- ❖ الصيانة الدائمة لمعابر المشاة ووضع الشاحصات المرورية اللازمة.

**References:**

1. Zheng, Yinan, et al. "Pedestrian traffic operations in urban networks." *Transportation research procedia* 15 (2016): 137-149.
2. Qian, C., et al. "Measurements of Pedestrian Friendliness of Residential Area: A Case Study in Hexi District of Nanjing. *Sustainability*, 10 (6), 1993." (2018).
3. Fruin, J. J., 1971. Designing for pedestrians: a level-of-service concept. In: *Highway Research Record Number 355: Pedestrians* (Highway Research Board, Washington, DC)..
4. Salamati, K., Schroeder, B., Geruschat, D., Roupail, N. (2013). Event-Based Modeling of Driver Yielding Behavior to Pedestrians at Two-Lane Roundabout Approaches. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Vol. 2389, pp. 1-11.
5. Wei, D., Kumfer, W., Liu, H., Tian, Z., Yuan, C. (2013). An Analytical Delay Model to Yielding Vehicles at Unsignalized Pedestrian Crossings. *Proceedings of the Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*.
6. Peng, L. Study on Residential Districts Walkability in Wuhan. Ph.D. Thesis, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China, 2015.
7. CHAGAS, D.M; RYAN, G; LINDSAY S, A; DAVID, R. Pedestrian Counting Methods at Intersections. *scholarship*, 2007 , 4-8.
8. Highway Capacity Manual, chapter 19, signalized intersections, Transportation Research Board of the National Academies, USA, 2016.