

## **USO DE IMÁGENES DE DRONES PARA EL ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA MOVILIDAD URBANA PEATONAL**

**ORDUNA, Martín Blas; DE CANDIA, Carlos; RAGGIO, Nicolás**

[martinorduna@yahoo.com.ar](mailto:martinorduna@yahoo.com.ar), [cardecana@yahoo.com.ar](mailto:cardecana@yahoo.com.ar),

[raggion@gmail.com](mailto:raggion@gmail.com)

Centro de Estudios del Transporte Área Metropolitana (CETAM);  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo; Universidad de Buenos Aires.

### **Resumen**

En muchas áreas urbanas y metropolitanas coexisten diferentes tipos de diseños de infraestructura para la movilidad peatonal, pero en algunos casos el espacio público no posee o no responde adecuadamente a la debida canalización de los flujos peatonales.

Por otra parte las imágenes capturadas en altura con tecnología de drones, por su opción de amplia vista aérea del tipo *bird eye*, capacidad de observación en alta resolución espacial, flexibilidad de manejo y monitoreo en tiempo real, pueden contribuir a la interpretación y construcción de interesantes alternativas de diagnóstico en sectores de la red vial urbana con niveles de conflictividad y exposición de riesgo tanto para peatones como conductores.

La utilización de estos vehículos aéreos, en comparativa con metodologías tradicionales de relevamiento de información y observación terrestres, abre interesantes oportunidades para monitorear aspectos estáticos y dinámicos sobre parámetros de diseño de la movilidad peatonal como así también su interrelación con la movilidad motorizada.

La investigación se apoya en un caso de estudio de la Ciudad de Buenos Aires mediante un análisis de

imágenes capturadas desde un dron. Con la ayuda de técnicas basadas en Inteligencia artificial, se automatizará la información provista por las imágenes respecto de conductas y patrones de los desplazamientos peatonales con la interfaz vial en sendas. Asimismo se analizarán aspectos de diseños urbanos y recomendaciones para mejoras de infraestructura urbana que respondan a un paradigma de movilidad sustentable segura.

Esta ponencia pretende dar continuidad de las investigaciones que serán llevadas adelante en el UBACYT 20020170100744BA “Nuevas metodologías para el análisis de corredores metropolitanos: aplicación de la tecnología satelital a la gestión de la movilidad urbana y del ordenamiento territorial (FASE III)”, permitiendo al CETAM lograr una mejor comprensión de la dinámica de circulación peatonal y criterios para la adopción de buenas prácticas en movilidad urbana sustentable y segura, hacia las cuales se orientan los hallazgos de esta investigación.

### **Palabras Clave**

Drones, Diseño urbano, Movilidad peatonal, Infraestructura, Imágenes

### **Breve caracterización de la circulación peatonal en movilidad sustentable**

En la actualidad, los desplazamientos peatonales han recuperado su protagonismo en la movilidad urbana<sup>1</sup>. La literatura especializada avanza cada vez más sobre esta temática. Como ejemplo, Jan Gehl en su libro *Ciudades para la Gente*, afirma que “caminar se trata de algo más que circular”. “Una caminata urbana engloba múltiples posibilidades: el recorrido rápido desde un lugar a otro, el paseo lento para disfrutar la vida urbana o un atardecer, el deambular en zigzag de los niños o el circular de los adultos mayores para respirar un poco de aire fresco o realizar alguna diligencia [...] Caminar es una forma de circular, pero es también el potencial punto de partida para otras actividades”<sup>2</sup>.

---

1. Orduna, M.B. y Otero. Consideraciones para la conceptualización de los viajes a pie, en *Mobilitas III*. Buenos Aires, CETAM, 2019, p.42-50.

2. Gehl, J. *Ciudades para la Gente*. Buenos Aires, Infinito, 2014, p.120.

Así, “el incipiente paradigma de la sostenibilidad trae entre sus mejores prácticas la movilidad no motorizada, con un fuerte acento en la movilidad en bicicleta y en la peatonalidad como premisa para el diseño y la planificación de la movilidad en la ciudad”<sup>3</sup>.

En paralelo, recientes tecnologías han avanzado en lo concerniente a la modelización y microsimulación de la movilidad peatonal, brindando una comprensión gráfica que potencia las imágenes como lenguaje de representación e interpretación de nuevas formas de ilustrar fenómenos que reflejan hábitos o conductas en los desplazamientos en la vía pública. En particular, las intersecciones generan demandas de adaptación de los diseños que respondan mejor a las necesidades peatonales, toda vez que la premisa de planificación de esta movilidad responde a la “prioridad peatón”.

Por otra parte, el diseño urbano es capaz de hacer ciudades más seguras. Sin embargo, existen muchos casos donde éste no responde adecuadamente a la debida canalización de los flujos de movilidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 1,35 millones de personas mueren cada año como consecuencia de accidentes de tránsito, una de las principales causas de muerte a nivel mundial, y casi la mitad de éstas ocurren entre los usuarios más vulnerables: motociclistas, ciclistas y peatones<sup>4</sup>. Por ello, es fundamental tener una mayor comprensión del comportamiento y la cultura de la movilidad en cada ciudad, para lograr mejores diseños y contribuir de esta manera a reducir la siniestralidad vial.

### **La importancia de las imágenes en la observación peatonal**

En líneas generales, la observación y análisis de la peatonalidad mediante imágenes por fotografías, filmaciones o secuenciales en función del tiempo, han demostrado ser métodos válidos de investigación por su capacidad de extracción de información cuantitativa y significancia en la ilustración de hábitos y comportamientos sociales. En rigor, a lo largo de la historia de la humanidad, de los viajes, de los desplazamientos, y en definitiva de la movilidad, se ha dejado comúnmente registro en forma de representación gráfica de los lugares recorridos; pero cabe señalar, que en el caso de estudio nos referimos al representación gráfica del mismo movimiento nutridos de los beneficios e impactos positivos del desarrollo tecnológico.

A nivel mundial, existe numerosa bibliografía sobre trabajos de investigación que han abordado el estudio de comportamiento humano en entornos urbanos. William H. Whyte<sup>5</sup>, mediante la simple observación y técnica fotográfica de *timelapse*, fue capaz de crear mapas de comportamiento, logrando un mayor entendimiento del uso y dinámicas peatonales en espacios públicos. De esta manera, logró hacer

---

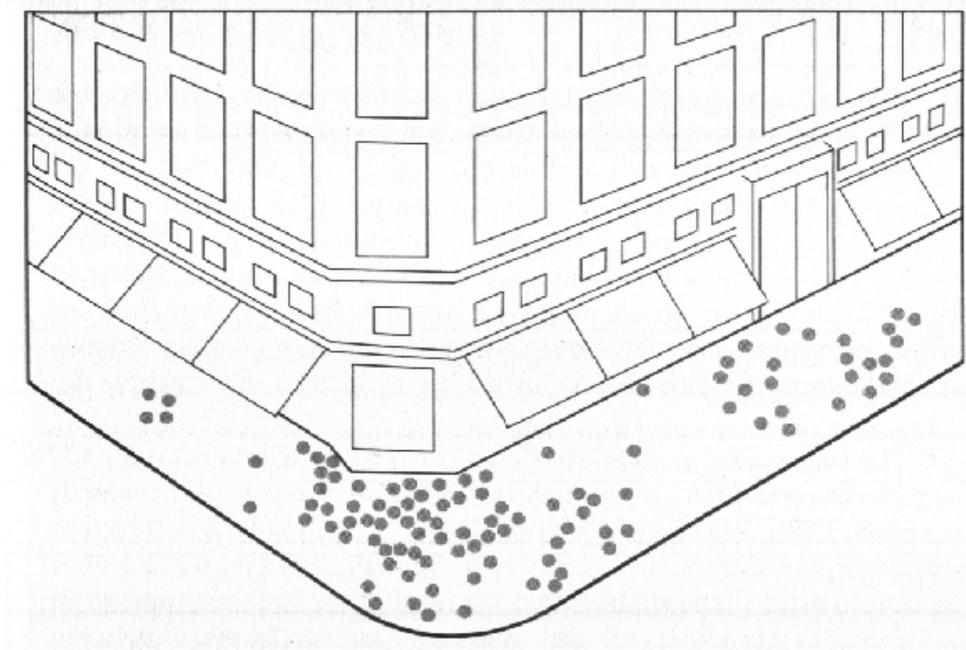
3 Orduna, M.B. y Otero. Op.cit.

4. Según World Health Organization (2013).

5. Whyte W. H. (1988) City: Rediscovering the Center.

visibles los flujos peatonales y su interacción con la interfaz vial y espacio público mediante la simple observación y el uso de métodos tradicionales.

**Imagen 1: Mapeo de posiciones peatonales estáticas**



Fuente: William H. Whyte.

Asimismo, el urbanista danés Jan Gehl<sup>6</sup>, desde 1960, ha dedicado su carrera a estudiar y documentar la vida pública en las ciudades, con el fin de crear ciudades más amigables con las personas. Su comprensión del comportamiento de las personas ha contribuido en la creación de mejores entornos urbanos, siendo capaz de demostrar cuándo estos espacios funcionan correctamente, cuando no y por qué. Basó sus trabajos y conclusiones mediante herramientas metodológicas tales como conteos, mapeos, rastreos y el uso de fotografía en los comportamientos de los usuarios en los entornos urbanos.

6. Gehl J., Svarre B. (2013), How To Study Public Life.

**Imagen 2: Mapeo de trayectorias peatonales**



Fuente: Jan Gehl.

**Aporte de los drones en el análisis de la movilidad urbana**

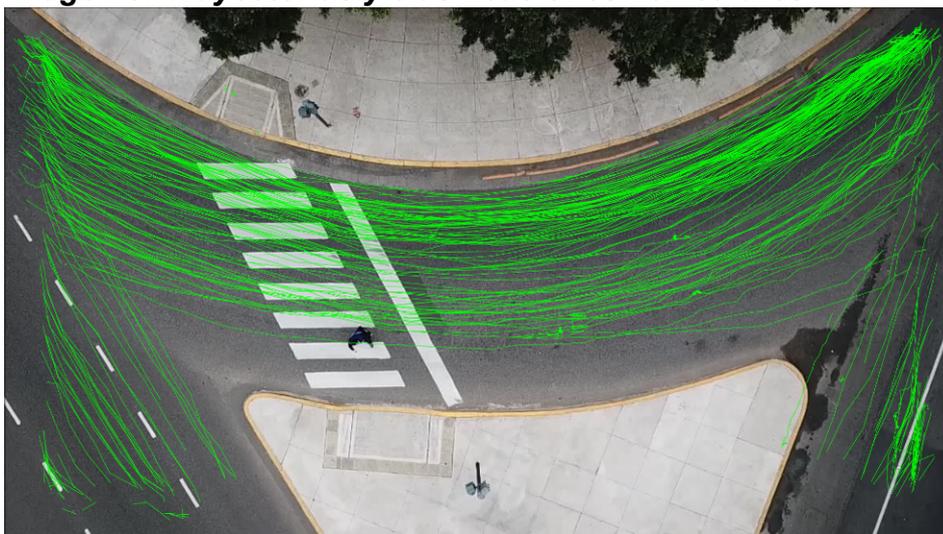
Con los avances tecnológicos ya alcanzados, hoy podemos decir que los métodos tradicionales de recolección de datos sobre infraestructuras de transporte presentan múltiples desventajas y son generalmente ineficientes frente a nuevas tecnologías por ser costosos, por requerir ingentes cantidades de tiempo y recursos humanos y a su vez cargar con el margen del error humano en el relevamiento de datos.

Los drones se presentan como una interesante alternativa tecnológica, flexible y de bajo costo que permite sobrevolar lugares de difícil acceso, brindando imágenes y videos de muy alta resolución. Ello confiere a esta emergente tecnología un carácter de “no intrusiva” ya que pueden recolectar información precisa y en tiempo real sin interferir con las infraestructuras en tierra, con distorsión de movimiento casi imperceptibles.

El surgimiento de estas tecnologías, sumado a avances en Inteligencia Artificial, crean nuevas posibilidades para profundizar hallazgos en torno a la infraestructura de la movilidad urbana. El uso de imágenes de drones para este tipo de estudio

proveen información tanto estática como dinámica, ayudando a descubrir situaciones que a simple vista o con métodos tradicionales no seríamos capaces de percibir.

**Imagen 3: Trayectorias y clasificaciones vehiculares**



Elaboración propia CETAM en base a análisis de video de tráfico automatizado.

**Imagen 4: Trayectorias y clasificaciones peatonales**



Elaboración propia CETAM en base a análisis de video de tráfico automatizado.

## Equipamiento para la producción de imágenes

El CETAM cuenta con equipamiento de drones desde el año 2013, con la primera adquisición de componentes para el armado de un hexacóptero. Actualmente opera con el equipamiento y sus correspondientes especificaciones técnicas que se describen a continuación.

### Cuadro 1. Características del equipamiento

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	DJI PHANTOM 3	DJI MAVIC PRO
Imagen		
Autonomía Vuelo	25 minutos	30 minutos
Dimensiones	46 x 33 x 46 cm	8.3 x 8.3 x 19.8 cm
Alcance	2000 metros	7000 metros
Peso	1280 gramos	734 gramos
GPS	Si	Si
Resolución Cámara	4096 x 2160 píxeles	4000 x 3000 píxeles
Aplicación	DJI GO - before P4	DJI GO - since P4

Elaboración propia CETAM

Los vuelos experimentales se realizan con estos drones marca DJI<sup>7</sup> en los puntos de la red vial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) seleccionados en el marco del Proyecto UBACYT vigente y con la finalidad de explorar la conveniencia de su uso para el análisis de comportamiento y propuestas en mejoras de diseños de la infraestructura de la movilidad urbana peatonal.

7. SZ DJI Technology Co., Ltd es una compañía líder mundial, fabricante de drones para usos y comercialización civiles.

## Metodología

Se describe a continuación el esquema metodológico posible para estructurar las investigaciones sobre movilidad urbana que se desarrollan a partir del relevamiento realizado mediante drones.

### Gráfico 1. Esquema metodológico posible



Elaboración propia CETAM

### Selección de caso

A los fines de llevar a cabo las tareas de investigación, se realizan relevamientos de tipo experimental en entornos de la CABA pre-seleccionados por sus características de usos del suelo y movilidad urbana.

En efecto, la siguiente imagen de uno de los nodos de la red pre-seleccionados, fue capturada desde un dron a 250 metros de altura, bajo condiciones climáticas óptimas para el vuelo.



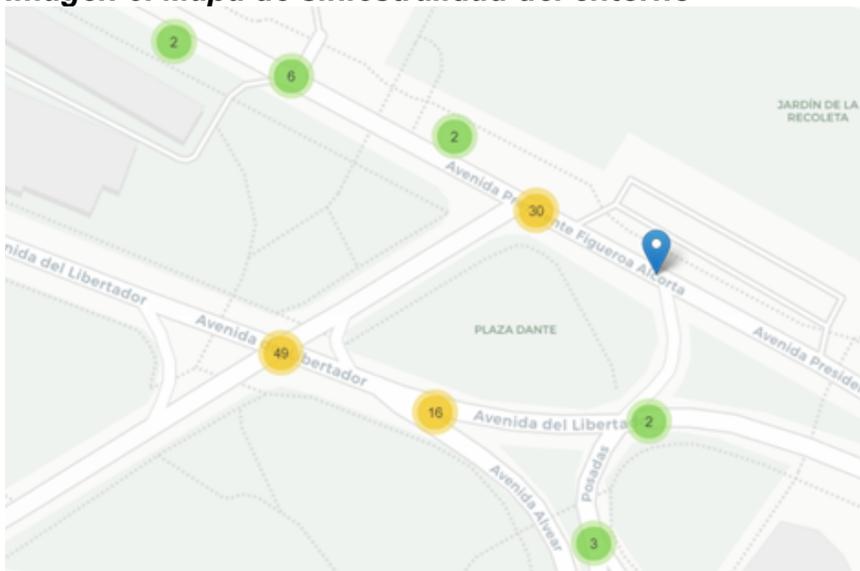
**Imagen 5. Selección área de estudio**



Elaboración propia CETAM

Los nodos y su entorno se seleccionan en base a sus antecedentes de la infraestructura vial, parámetros de diseño urbano y lugares de ocurrencia de siniestros ocurridos. Los vuelos se realizan en horas pico en pos de identificar los mayores flujos peatonales.

**Imagen 5. Mapa de siniestralidad del entorno**



Fuente: Observatorio de Seguridad Vial GCBA.

### *Relevamiento y vuelo*

En el aspecto operacional, los sitios seleccionados deben cumplir las posibilidades de altura del vuelo, teniendo presente las condiciones de libre restricción y ocupación del espacio aéreo regulado. Las misiones se realizarán en horario diurno bajo óptimas condiciones meteorológicas y disponibilidad de señal del GPS, evitando días atípicos de tránsito.

Idealmente, para una observación en detalle de los fenómenos estáticos y dinámicos en las áreas de interés seleccionadas, los vuelos y rutas para la toma de imágenes y capturas de video serán proyectados teniendo en cuenta la autonomía del dron, a una altitud y ángulo de visión de modo que permita abarcar un campo de observación deseado y con una cobertura apropiada para la resolución espacial máxima, teniendo en cuenta las especificaciones requeridas del software para procesamiento.

La metodología de trabajo se apoya por medio de tareas de conteos, clasificación y rastreo tanto vehicular como peatonal en forma manual, en paralelo a la misión del dron, para su posterior comprobación, comparación y validación de la información recolectada. Esto permite identificar márgenes de error para demostrar confiabilidad y precisión en la operación del *software*.

### *Procesamiento*

Dicha información será analizada con la ayuda de software comercial capaz de analizar y extraer automáticamente parámetros de movilidad representativos. Se utilizará un software capaz de analizar variables de tránsito basadas en desarrollos de inteligencia artificial (AI) y video procesamiento.

De ser necesario se procesará y analizará la información aérea obtenida aplicando las técnicas de estabilización, georreferenciación y correcciones necesarias para lograr una óptima calibración del video, cumplimentando de este modo con los requisitos del *software* en relación al entorno en estudio.

### *Análisis y validación*

Una vez obtenidos los resultados del software de procesamiento, será necesario analizar y validar con los resultados de los conteos y observaciones tanto in situ como con el video procesado. El monitoreo de aspectos estáticos y dinámicos incluirá parámetros como ser conteos, tanto de peatones como de vehículos, velocidades de circulación, trayectorias, tiempos de espera y comportamiento de flujos vehiculares, entre otros.

## *Resultados*

Comprobada la eficiencia del software, los análisis de comportamiento podrán servir como disparadores de propuestas para mejoras de diseños en la infraestructura de la movilidad urbana.

## **Conclusiones y recomendaciones de diseño**

La información producida por imágenes de videos cumple un rol clave en la comprensión de los parámetros del tránsito, comportamiento de los flujos peatonales y aspectos de seguridad vial con el aprovechamiento de los avances en software analizadores del tránsito basados en inteligencia artificial.

Esta información proviene de una representación gráfica digital, producto del sensoramiento remoto y de un procesamiento posterior que permite una observación de la imagen significativa del fenómeno dinámico de la movilidad peatonal (véase imagen 3).

Frente a las metodologías tradicionales de recolección de información de la movilidad, a menudo ineficientes, estas herramientas tecnológicas ofrecen un nuevo acceso a soluciones analíticas que fortalecen el relevamiento y a la vez optimizan las tareas de planificación, conteos, monitoreo y reformulación de parámetros de diseño de la vialidad y la infraestructura urbana.

A su vez, gráficamente pueden detectarse falencias en el diseño a partir de determinados análisis cuyos resultados pueden derivar en recomendaciones de cambios en la reformulación de la geometría de calzadas y aceras, garantizando mejores diseños funcionales para los flujos de la movilidad.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación contribuyen a la mejora de la movilidad sustentable peatonal y a la seguridad vial: la premisa de diseño centrada sobre el peatón a través de la imagen de su movilidad, permite a partir de la misma, el diseño o re-diseño de la intervención, para mejora no sólo de su geometría de caminabilidad, sino también de sus parámetros de seguridad, reduciendo los márgenes de desviación de la caminata real sobre la geometría demarcada que con frecuencia no es respetada, y por ende entra en juego la seguridad física peatonal, especialmente en áreas urbanas de cultura latina como la de Buenos Aires.

En definitiva, las imágenes, lo que hacemos con ellas y a lo que ellas nos exponen es lo que proponemos cuestionar, debatir y repensar en estas Jornadas, y como nos refiere Jan Gehl: “una imagen habla por mil palabras”.

## Bibliografía

- Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC). (2015). Reglamento Provisional de los Vehículos Aéreos No Tripulados. Buenos Aires, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, Presidencia de la Nación, Boletín Oficial del 15-jul-2015, Número: 33171, p.13.
- Antonini, G.; Martínez, S.; Bierlaire, M.; Thiran, J.; (2006). Behavioral Priors for Detection and Tracking of Pedestrians in Video Sequences. *International Journal of Computer Vision*. Vol. (69): 159-180.
- Bloch, R.; De Candia C. y Otros. (2004). Transporte y Tecnología Espacial. Buenos Aires, CETAM.
- Bolei, Z.; Xiaogang, W.; Xiaoou, T.; (2012). Understanding Collective Crowd Behaviors: Learning a Mixture Model of Dynamic Pedestrian-Agents. *IIEE*.
- Choi, E.; (2013). Understanding Walkability: Dealing With The Complexity Behind Pedestrian Behavior. Proceedings of the Ninth International Space Syntax Symposium.
- Gehl, J. (2014) *Ciudades para la Gente*. Buenos Aires: Infinito.
- Gehl, J. Svarre B. (2013) *How To Study Public Life*. Washington DC: Island Press.
- Gehl, J. (2011) *Life Between Buildings*. Washington DC: Island Press.
- Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. (2015). Manual de Diseño Urbano.
- Jiang, X.; Wang, W.; Bengler, K.; Guo, W.; (2015). Analyses of Pedestrian Behavior on Mid-Block Unsignalized Crosswalk: Comparing Chinese and German Cases. *Advances in Mechanical Engineering*. Vol. 7(11): 1-7.
- Montanari, R.; Tozadore, D.; Fraccaroli, E.; Romero, R.; (2015). Ground Vehicle Detection and Classification by an Unmanned Aerial Vehicle. *IIEE*. Vol. (64): 2-15.
- Orduna, M.B. y Otero. (2019). Consideraciones para la Conceptualización de los Viajes a Pie, en *Mobilitas III*. Buenos Aires, CETAM, p.42-50.
- Orduna M.B.; De Candia C. y Velázquez M.A. (2014). "Nuevas tecnologías aplicadas a la observación de la movilidad: el uso de UAV's (Unmanned Aerial Vehicles)", ponencia CLATPU 2014 Rosario. Transporte sustentable. El desafío del siglo XXI. Subtema: 3. Innovaciones y desarrollos tecnológicos aplicados al transporte. Rosario, CLATPU, 2014.
- Orduna M.B., Vidal Koppmann, S. y otros. (2017). Aplicación de Tecnología satelital y Remota a la Gestión de la Movilidad Urbana para el Análisis de Corredores

Metropolitanos, ponencia *XXXI Jornadas de Investigación y el XIII Encuentro Regional SI+Desnaturalizar y Reconstruir*, (FADU-UBA). Buenos Aires.

Otero M.A. y Orduna M.B. (2019). Consideraciones para la Conceptualización de los Viajes a Pie, *Revista Mobilitas III*, Editorial CETAM-FADU-UBA,2019. Pág.42-51.

Alcaldía Mayor Bogotá.(2005) *Guía Práctica de la Movilidad Peatonal Urbana*. Bogotá, IDU.

Shirazi, M.; Morris, B.; (2016). Vision-based pedestrian behavior analysis at intersections. *Journal of Electronic Imaging*. Vol. (25): 2-14.

-Shuai, Y.; Hongsheng, L.; Xiogang, W.; (2016). Pedestrian Behavior Modeling From Stationary Crowds With Applications to Intelligent Surveillance. *IEEE*. Vol. (25): 2-14.

Tomé, A.; Kuipers, M.; Pinheiro, T.; Nunes, M.; Heitor, T.; (2015). Space–Use Analysis Through Computer Vision. *Elsevier*. Vol. (57): 80-97.

Transportation Research Board. HCM (2010). *Manual de Capacidad de Caminos*; TRB, Washington, DC, USA, 2010.

Whyte W. H. (1988) *City: Rediscovering the Center*. University of Pennsylvania Press.

Whyte W. H. (1980) *The Social Life of Small Urban Spaces*. Project for Public Spaces.

Ya-Ching, C.; Hua-Tsung, C.; Jen-Hui, C.; I-Chun, L.; (2018). Pedestrian Detection In Aerial Images Using Vanishing Point Transformation And Deep Learning. *IEEE*. Vol. (40): 1917-1921.