

# Emelt szintű szelektív hulladékgyűjtés automatizálási lehetőségének bemutatása

Lakatos István\*, Titrik Ádám\*, Hollósi János

\*Széchenyi István University, 9026 Győr, Egyetem tér 1. Hungary  
(Tel: 06 96 503-311; e-mail: titrika@sze.hu)

---

Abstract: A folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően a fárasztó és kellemetlen emberi munka elvégzésére lehetőség nyílik automatizált eszközök igénybe vételével. Ilyen jellegű fejlesztés a közlekedés területén az autonóm és hálózatba kötött járművek esetében található. Bár e területen még elég korai fejlesztési szakaszban vagyunk, de célszerű már a jövőbe tervezni, azaz a hulladékgyűjtés teljes automatizálását célul kitűzni. Jelen tanulmány az okos edényzetek mellett, lehetőséget ismertet hálózatba kötött automatizált hulladékgyűjtésre.

---

## 1. BEVEZETÉS

A szelektív hulladékgyűjtés real-time alapon kommunikáló egységeinek köszönhetően a hulladékgyűjtés inverz logisztikai folyamata egy magasabb szintre kerül, mely során az indokolt üritések időben történnek, míg az indokolatlan edényzetüritések elmaradnak. Cél az egész folyamat automatizálása maximális hatékonyság mellett, autonómitást alkalmazva.

## 2. GYŰJTÉSI LEHETŐSÉGEK VIZSGÁLATA

Az edényzetben elhelyezett fejlett mérő és kommunikációs eszközről számol be F. Vicentini és társai, [1] melyben a kommunális edénybe elhelyezett hulladék tömegét és térfogatát mérik. A kutatás-fejlesztési munka során az edény egy hosszútávú (GSM) kommunikátorral lett felszerelve és az edény nyitása-zárásakor a hulladék paraméterei vizuális formában is rögzítésre kerülnek. A munka során 240l-es lakossági edényeket alakítottak át – mérőrendszer integrálásával – az elhelyezett hulladék paramétereinek méréséhez. A két valós körülmény között tesztelésre került edény működőképességének bizonyítása volt a cikk fő közlendője. További munkájuk alapján [2] a rendszer adatainak megtekintéséhez csak jogosultsággal rendelkező személy léphet be a rendszerbe, az adatok nem publikusak – zárt rendszerben maradnak. A rendszer továbbfejlesztése

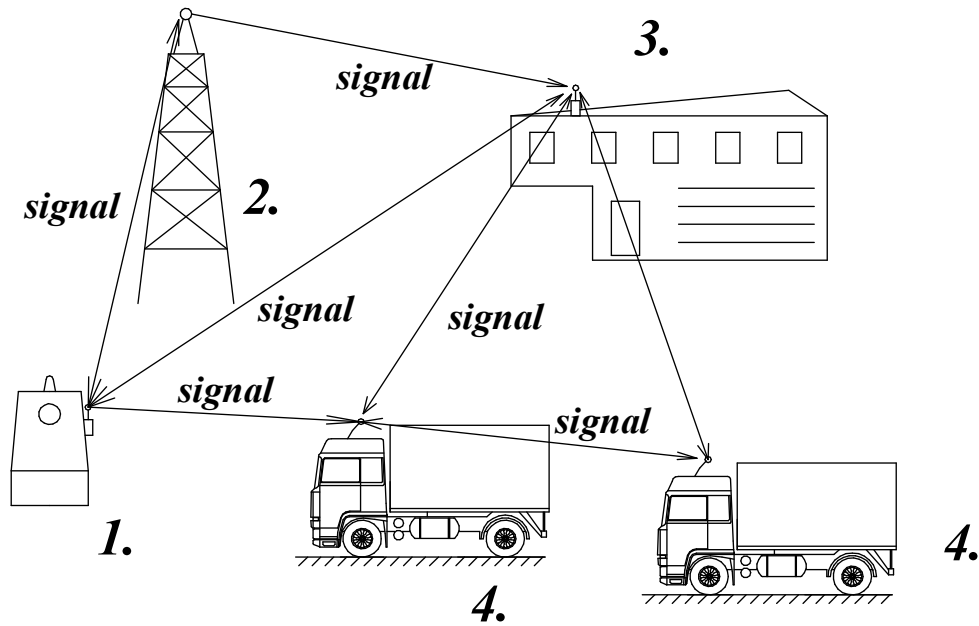
szabadalmi bejelentésben [3] és további munkákban [4, 5, 6, 7, 8] található, ahol az edényzet kommunikációja nem csak a központtal, hanem a hulladékgyűjtő járművel is aktív, így a begyűjtésre küldött jármű az útvonaltervnek változtatására begyűjtés során is képes.

## 3. AZ EMELT SZINTŰ SZELEKTÍV HULLADÉKGYŰJTÉS AUTOMATIZÁLÁSÁNAK ALAPJAI

A rendszer működésének alapja valós idejű infokommunikáció és a GIS technológia. A real-time alapú infokommunikáció edényzet – központ- jármű között megy végbe, így pontos információ nyerhető tetszőleges időpontban, hogy mely edényzeteket célszerű üriteni.

### Rendszer működésének ismertetése

A real-time alapú infokommunikációs szelektív hulladékgyűjtő rendszer elemei az 1 ábrán láthatók. Az edényzet által szolgáltatott jelet – mely lehet az adott szint elérésénél, illetve tetszőleges időpontban lekérdezhető – a járatvezető központ vesz, melyet továbbíthatja a begyűjtésen lévő jármű számára, így a már kiadott útvonalat a begyűjtés során újratervezheti. Ezzel a fejlesztéssel lehetőség nyílik pontos üritési terv összeállításra.



1. szelektív hulladékgyűjtő edényzet,
2. jel továbbító torony,
3. járatvezető központ,
4. hulladékgyűjtő jármű

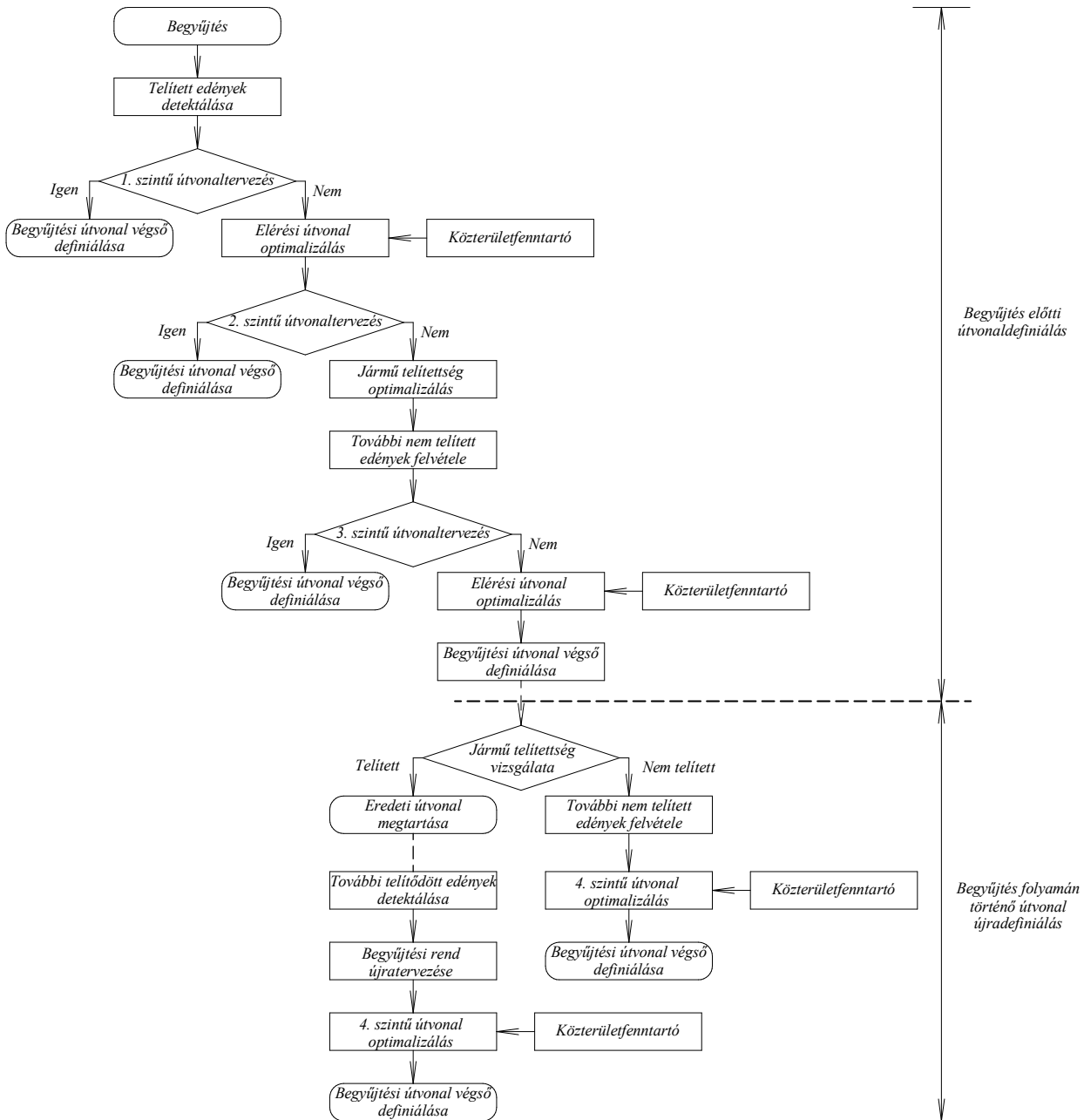
1. ábra: Valós idejű infokommunikációs rendszer elemei és jeláramlat hálózatba kötött járművek esetén. Forrás: saját szerkesztés

#### 4. HULLADÉKGYŰJTÉS OPTIMALIZÁLÁSÁNAK TERVEZÉSI FOLYAMATA

A hulladékgyűjtés hatékonyságának növelése érdekében a logisztikában definiált különböző járatfajták előnyei, és a körjáratok szervezése során a megtakarítási (savings) módszer került előtérbe. A real-time alapú hulladékgyűjtés lehetővé teszi a folyamatos újratervezést megfelelő

szempontok szem előtt tartása mellett. Az útvonal definiálás két szintű, azaz begyűjtés előtti és begyűjtés során is történik folyamatos optimalizálás, és az alábbi fő szempontok kerülnek számításba (2. ábra):

- indokolt edények felvétele,
- jármű telítettség optimalizálás,
- útvonal optimalizálás.

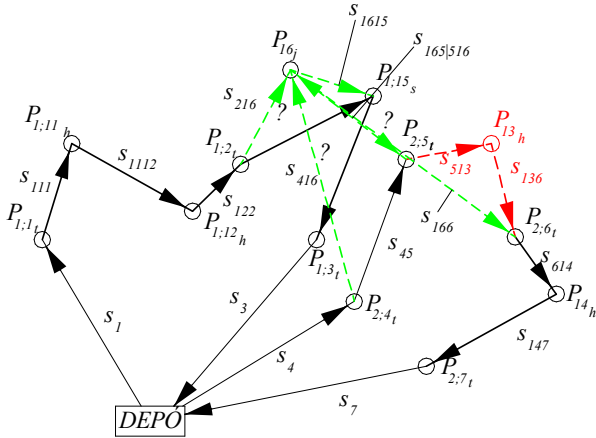


2. ábra: Emelt szintű hulladékgyűjtés folyamatábrája

Az egyes területeken lévő optimalizációt ötvözve a hulladékgyűjtés területén a hatékonyságot maximalizálhatjuk, mely során további előnyök érhetők el a környezetvédelem és közlekedésbiztonság területén is. Az optimalizálás során külső INPUTOK is segítségként vesznek részt a folyamatban – közterületfenntartóval történő együttműködés – és a begyűjtés optimalizálása nem csak az adott begyűjtési körre vonatkozik, - statisztikai adatok alkalmazása segítségével a nem telített, de hamarosan várható telítődésű edények is bekerülnek az ürítési folyamatba – hanem az akár több napos begyűjtési folyamat egészét optimalizálja.

### 5. HÁLÓZATBA KÖTÖTT JÁRMŰVEK EDÉNYZETÜRÍTÉSI FOLYAMATA

A milliónál is több lakószámú, továbbá több négyzetkilométert kitevő városok esetén a hulladékgyűjtési folyamatot több járművel hajtják végre. A hagyományos begyűjtési folyamatnál az ürítési kérdés egyszerű, hiszen ott az edényzet telítettségétől függetlenül kerül az összes – előre eltervezett- edényzet ürítésre. Az emelt szintű hulladékgyűjtés esetén a hálózatba kötött járművek a szükséges optimalizációt lefuttatva az esetlegesen éppen telítődött edényzet ürítését egyszerűen lekommunikálják, és az optimálisabb megoldással járó ürítési folyamat kerül igénybe vételre.



3. ábra: Edényzetürítés optimalizálása két járat között

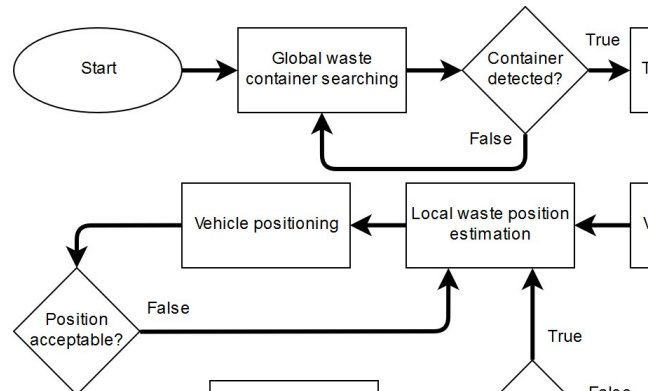
### 6. HULLADÉKGYŰJTŐ EDÉNYZET KÜLÖNFÉLE SENZOR-ALAPÚ AUTOMATIZÁLT DETEKTÁLÁSA

A hulladékgyűjtő jármű hatékony automatizálásának további fontos kitétele, hogy az alkalmas legyen emberi beavatkozás nélkül, vagy csak minimális külső segítséggel elvégezni a megadott helyen található hulladékgyűjtő edényzetek ürítését. Ebbe beletartozik a közelében található edényzet vagy edényzetek passzív vagy aktív szenzorokkal, esetleg szenzor fúzióval történő realizálása, a megfelelő helyre történő pozicionálás, a begyűjtő markolat lokalizációja, és végül az edényzet megragadása és a jármű tárolójába történő ürítése. S mindezt tegye úgy, hogy az ne veszélyeztessen emberi életét, ne idézzen elő környezeti és gazdasági károkat. A kutatás-fejlesztés jelenlegi fázisában a hulladék tároló edényzetek hatékony detektálásának lehetőségével foglalkozunk.

Az úttest szélére kihelyezett hulladéktároló edényzetek detektálása két fő lépésre bontható: edényzet helyzetének távoli detektálása, és edényzet pontos helyzetének lokális meghatározása. Az automatizált gyűjtőedény ürítés teljes folyamata látható a 4. ábrán.

Az edényzet helyzetének távoli meghatározásának célja, hogy amikor a hulladéktároló néhány méteres közelségbe kerül a járműhez, akkor az automata detektáló rendszer képes legyen felismerni, hogy a közelben egy vagy több ürítendő tároló található és megkezdje az edényzet megközelítését és az ehhez szükséges útvonal meghatározását.

Miután a jármű a hulladék ürítéséhez elfogadható közelségbe került a tároló edényzethez, lokális pozíció meghatározás következik. Ennek értelmében a jármű meghatározza a tároló edényzet pontos helyzetét, ami alapján finom mozgásokkal pontosítja a jármű pozícióját, hogy az ürítés szempontjából minél optimálisabb közelibb legyen.



4. ábra: Edényzet automatizált detektálásának lépései

Mind a távoli, mind a lokális meghatározás esetén különféle eljárások léteznek, melyek alkalmasak lehetnek a feladat megoldására. Ide tartozik elsődlegesen a vizuális észlelésen alapuló gépi látási és mesterséges intelligencia módszerek, valamint a különféle aktív távolságérzékelő szenzorok segítségével történő pozicionálás, illetve a módszerek együttes használata, ahol szenzor fúzióról beszélhetünk. Az 1. táblázat a feladat megvalósítása szempontjából releváns megvalósítási formákat összegzi és hasonlítja össze.

**1. táblázat: Módszerek összehasonlítása**

Módszer	Megbízhatóság	Költség	Edényzet módosítás	Tanítás	Számítási teljesítmény	Globális vagy lokális észlelés
Neurális hálózat [9][10]	Magas	Magas	Nem szükséges	Szükséges	Magas	Globális, részben lokális
Szín és textúra jellemzők alapján [11][12]	Közepes	Közepes	Nem szükséges	Minimálisan szükséges	Közepes	Globális, részben lokális
Objektum keresés alapján [13][14]	Alacsony	Közepes	Nem szükséges	Szükséges	Magas	Globális, részben lokális
Marker detektálás [15][16]	Magas	Alacsony	Szükséges	Nem szükséges	Alacsony	Lokális
Aktív szenzor [17][18]	Magas	Alacsony	Szükséges	Nem szükséges	Alacsony	Globális

A megvalósítás szempontjából célszerű olyan globális detektáló eljárást megvalósítani, mely kevésbé pontos eredménnyel szolgál, viszont a számítási igénye alacsony, így gyorsan képes reagálni a környezeti változásoknak. A lokális detektálás során már fontos a pontos meghatározás, ugyanakkor ebben a fázisban a jármű alacsony sebességgel halad, így a hosszabb feldolgozási idő nem jelent problémát.

Ilyen tekintetben a globális érzékeléshez aktív szenzor alapú érzékelőt célszerű használni, amennyiben megvalósítható a hulladékgyűjtő edényzetek felszerelése erre alkalmas érzékelővel. Beleértve az ehhez szükséges átalakításokat, üzemeltetési és karbantartási feladatokat. Amennyiben az átalakítás nem kivitelezhető, célszerű vizuális jellemzők (mint szín és textúra) alapján realizálni az edényeket.

A lokális detektálás során célravezető marker alapú felismerést alkalmazni. Azonban ennél az esetnél felmerül a marker amortizációjából eredő pontatlanság és felismerhetetlenség problémája. További fontos szempont, hogy az edényzet fix vagy mozgatható. Amennyiben mozgatható, a marker alapú felismerés további megfontolásokat igényel a pontosság tekintetében.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A real-time alapú infokommunikációs eszköz hulladékgyűjtés területén történő alkalmazása során az indokolatlan üritések száma elmarad, továbbá az indokolt üritések időben megtörténnek, így a lehetőség nyílik tisztább élhetőbb város kialakulására. További előnyként megemlíthető, hogy a rendszer alkalmazásával a kellemetlen és fárasztó munka automatizálható. A tanulmányban ismertetett rendszer futurisztikus, azonban már most kell tervezni az alapokat a rendszer működtetésére!

## KÖSZÖNETNYILVÁNTÁS

A cikk kutatásaihoz az Új Széchenyi Terv keretein belül az EFOP-3.6.2-16-2017-00016 számú projekt biztosított forrást. A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

[1] A, Rovetta, F, Xiumin, F, Vicentini, Z, Minghua, A, Giusti, H, Qichang.: Sensorized waste collection container for content estimation and collection optimization, Waste Management, 29, (2009), pp. 1467 – 1475.

[2] A, Rovetta, F, Xiumin, F, Vicentini, Z, Minghua, A, Giusti, H, Qichang: Early detection and evaluation of waste through sensorized containers for a collection monitoring application. Waste Management, 29, (2009), pp. 2939 – 2949.

[3] Titrik Ádám–Széchenyi István Egyetem: Hulladékgyűjtés logisztikájának optimalizálására szolgáló rendszer, Szabadalmi bejelentés: P 11 00734. (2011).

[4] Ádám Titrik, István Lakatos, Dávid Czegledi: Saturation Optimization of Selective Waste Gathering Vehicle Based on Real-Time Info-Communication System, In: ASME (szerk.) 2015 ASME/IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications. Konferencia helye, ideje: Boston, Amerikai Egyesült Államok, 2015.08.02–2015.08.05. New York: American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2015. Paper DETC2015-46720. 7 p. (Volume 9) (ISBN:978-0-7918-5719-9) (2015).

- [5] Titrik Ádám, Lakatos István: PET palackok paramétereinek vizsgálata a real-time alapú infokommunikációs hulladékgyűjtés hatékonyságának növeléséhez. In: Péter Tamás (szerk.) Innováció és fenntartható felszíni közlekedés: IFFK 2015. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2015.10.15–2015.10.16. Budapest: Magyar Mérnökakadémia, 2015. Paper 07. (ISBN:978–963–88875–3–5; 978–963–88875–2–8). (2015).
- [6] Titrik Ádám, Real-time alapú infokommunikációs eszköz alkalmazása a szelektív hulladékgyűjtésben, *Journal of Central European Green Innovation* 3 (4), (2015), pp. 117–124.
- [7] Ádám Titrik, Sign-in-time Based Info-communication System for Collecting Selective Waste, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 44(1), pp. 1-4, DOI: 10.3311/PPtr.8086 (2016)
- [8] Ádám Titrik, István Lakatos, Adrián Horváth: Logistic conception for real-time based info-communication system applied in selective waste gathering, *studia OECOLOGICA*, *Studia Oecologica* 9(1). (2015), pp. 56–67.
- [9] C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet and S. Reed: Going deeper with convolutions, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Boston, MA, USA, pp. 1-9, 2015
- [10] K. He, X. Zhang, S. Ren and J. Sun, Deep residual learning for image recognition, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Las Vegas, NV, USA, pp. 770-778, 2016
- [11] F. S. Khan, R. M. Anwer, J. van de Weijer, A. D. Bagdanov, M. Vanrell and A. M. Lopez: Color attributes for object detection, *2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Providence, RI, 2012, pp. 3306-3313.
- [12] C. S. Gode and A. S. Khobragade: Object detection using color clue and shape feature, *2016 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, Chennai, 2016, pp. 464-468.
- [13] O. Pele and M. Werman: Robust Real-Time Pattern Matching Using Bayesian Sequential Hypothesis Testing, in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 30, no. 8, pp. 1427-1443, Aug. 2008.
- [14] Mahalakshmi, T & Muthaiah, R & Swaminathan, P.: An overview of template matching technique in image processing, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 4, pp. 5469-5473, 2012.
- [15] Xiang Zhang, S. Fronz and N. Navab: Visual marker detection and decoding in AR systems: a comparative study, *Proceedings. International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 2002, pp. 97-106.
- [16] Köhler Johannes, Pagani Alain, Stricker Didier: Detection and Identification Techniques for Markers Used in Computer Vision. 19, pp. 36-44, 2010.
- [17] D. Karadimas, A. Papalambrou, J. Gialelis and S. Koubias: An integrated node for Smart-City applications based on active RFID tags; Use case on waste-bins, *2016 IEEE 21st International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Berlin, 2016, pp. 1-7.
- [18] S. F. Wong, H. C. Mak, C. H. Ku and W. I. Ho: Developing advanced traffic violation detection system with RFID technology for smart city, *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Singapore, 2017, pp. 334-338.