

SZIMULÁCIÓS KÖRNYEZET KÖZÖSSÉGI ÉRZÉKELÉSEN ALAPULÓ OKOS VÁROS ALKALMAZÁSOK VIZSGÁLATÁRA

Lendák Imre³⁰⁰, Major Tamás³⁰¹, Pelle Viktor³⁰², Farkas Károly³⁰³

A munka célja bemutatni egy olyan szimulációs környezetet, amely lehetővé teszi közösségi érzékelésen alapuló „okos város” (angolul *Smart City*) alkalmazások szimulációját. Példaként egy, a modern nagyvárosok lakosai számára közismert probléma, a városi parkolás esete kerül feldolgozásra. A szimulációban egy közösségi érzékelésen alapuló parkolási alkalmazás használatát vizsgáljuk, amely lehetővé teszi az okos város lakosainak, hogy egymás között megosszák a városi parkolást kísérő eseményeket, pl. parkolókeresés, beparkolás és egy korábban szabad parkolóhely elfoglalása, illetve kiparkolás és ezzel egy parkolóhely felszabadítása. A szimulátor fejlesztésének legfőbb célja, hogy segítségével könnyen vizsgálható legyen az alkalmazás használhatósága szempontjából kritikus felhasználói tömeg, amely szükséges ahhoz, hogy nagy valószínűséggel (pl. több mint 80%) üres parkolóhoz tudja vezetni a felhasználókat a közösségtől begyűjtött parkolási események, illetve a történeti adatok alapján. A szimulátor Java programozási nyelven került megvalósításra, és az ingyenes OpenStreetMap térinformatikai rendszer Overpass könyvtárán keresztül letölti a bejelölt földrajzi területen található jelentős objektumokat (pl. lakótömb, templom, szórakozóhely), és azokból egy K dimenziós fa struktúrát épít ki, amely lehetővé teszi a letöltött és tárolt adatok gyors elérését. Az adatok letöltése után, a szimuláció konfigurációjával összhangban, adott számú egyedet képez a szimulátor, amelyek autóval közlekednek a következő öttípusú fontos helyek között: otthon, munka, bolt, szórakozóhely és templom. A szimulátor véletlenszerűen küldi az egyedeket a következő tartózkodási helyre azzal, hogy legnagyobb a valószínűsége az otthon és munka közötti mozgásnak. Amikor az egyed helyzetet változtat, pl. otthonról munkába megy, akkor ott parkolót keres a legközelebbi parkolóhelyek közül. Ha nem talál megfelelő parkolót, akkor a legközelebbi parkolók halmazát a szimulátor bővíti kicsit távolabbiakkal mindaddig, amíg az egyed az autójával sikeresen le nem parkol.

Kulcsszavak: okos város, közösségi érzékelés, parkolás, szimulátor

1. Bevezető

Számos kutatás foglalkozik az okos városok témájával, különösen a XXI. század kezdete óta. Nem teljesen egyértelmű, hogy milyen követelményeknek kell, hogy eleget tegyen egy város ahhoz, hogy kiérdemlje az okos címet. Egyesek a lakosokat szolgáló újszerű szolgáltatásokat tartják fontosnak, mások az

300 Műszaki Tudományok Kara, Újvidéki Egyetem, lendak@uns.ac.rs

301 Műszaki Tudományok Kara, Újvidéki Egyetem

302 Műszaki Tudományok Kara, Újvidéki Egyetem

303 Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Magyarország

információs technológiák adta újszerű lehetőségek (pl. szenzorhálózatok) mind szélesebb körű kiaknázását, de vannak olyan kutatók is, akik olyan emberközpontú okos városokat álmodnak meg, amelyekben a lakosok egymással szorosabb kapcsolatban vannak, és különböző módon igyekeznek egymáson segíteni. Ezek a különböző kutatási irányok sokszor elkülönülnek és egymástól (szinte) teljesen független eredményeket szülnek, melyek integrációja az egységes okos város szövetébe nem feltétlenül egyszerű.

Az itt bemutatott kutatás célja egy olyan szimulációs környezet kifejlesztése, amely lehetővé teszi közösségi érzékelésen alapuló „okos város” alkalmazások szimulációját. Példaként egy, a modern nagyvárosok lakosai számára közismert probléma, a városi parkolás esete kerül feldolgozásra. A szimulációban egy közösségi érzékelésen alapuló parkolási alkalmazás használata kerül megvizsgálásra, amely lehetővé teszi az okos város lakosainak, hogy egymás között megosszák a városi parkolást kísérő eseményeket, pl. parkolókeresés, beparkolás és egy korábban szabad parkolóhely elfoglalása, illetve kiparkolás és ezzel egy parkolóhely felszabadítása.

A szimulátor fejlesztésének legfőbb célja, hogy segítségével könnyen vizsgálható legyen különböző, közösségi érzékelésen alapuló alkalmazások használhatóságának korai elemzése. A városi parkolás terén a szimulátor célja megállapítani, hogy mikor lehetséges elérni olyan szintű szolgáltatást, amely a felhasználóit nagy valószínűséggel (pl. több mint 80%-kal) üres parkolóhoz tudja vezetni a közösségtől begyűjtött parkolási események, illetve a történeti adatok alapján.

2. Irodalomáttekintés

A kutatás szempontjából jelentős területek az okos városok, a közösségi együttműködés és azon belül a közösségi érzékelés, valamint a már létező alkalmazások elemzése. Az irodalomáttekintés röviden összefoglalja a három területen megjelent időszerű és jelentős tanulmányokat és alkalmazásokat.

2.1. Okos városok

Mint azt már korábban említettük, a kutatók és szakemberek szerteágazó fejlesztésekről értekeznek az okos városok területén. Egyesek az információ- és kommunikációtechnológiák (angolul *Information and Communication Technology – ICT*) legújabb vívmányainak minél szélesebb körű alkalmazását javasolják, mások az emberközpontú okos városok megvalósítását látják szükségesnek.

Hollands [10] arról értekezik, vajon mi az előfeltétele annak, hogy egy város kiérdemlje az okos jelzőt, és rámutat arra, hogy az okos város fogalmat sokszor és sok helyen retorikusan használják, és elemzése alapján számos azoknak a városoknak a száma, amelyek kisszámú újítás bevezetését is nagydobra vernek jelentős léptékű előrehaladásként az utópikus okos város irányába. Az okos mellett a következő jelzők városi kontextusban való használata is széles körben elterjedt: intelligens, újító (*innovative*), összekapcsolt (*wired*), digitális, kreatív.

Alapjában az okos város kezdeményezések valamilyen pozitív előrehaladást biztosítanak a városnak a modern információs és kommunikációs technológiák (IKT) kiaknázásával. Egyes városok az üzleti lehetőségek kiaknázásának céljából újítanak [18], mások a fenntartható fejlődés fontos elemeként, illetve a városi közösségek összefogásának serkentésére [23] használják az IKT adta újszerű lehetőségeket.

Eltérőek az elképzelések arról, hogy pontosan milyen újítások szükségesek az „okos város” cím megszerzéséhez. San Diego (USA) az információs és kommunikációs technológiákra esküszik, és azokra alapozza az okos fejlesztési projektjeit. Ottawa (Kanada) a „*Smart Capital*” (okos főváros) projektjével a kormányzás, üzleti szféra és közösség internet alapú összekapcsolását tűzte ki céljául. Southampton (UK) az okos kártya (*Smart Card*) kifejlesztésének és használatának jogán állítja magáról, hogy „okos” [10].

Több szerző arról értekezik, hogy milyen IKT-platformokon tudnák kielégíteni az okos városok igényeit [15], illetve, hogy milyen üzleti modellekkel lehet támogatni [18] [20] az ilyen irányú fejlesztéseket.

Kicsit futurisztikus ugyan, de elképzelhető akár a közösség bevonása az okos városokat szolgáló kritikus infrastruktúrák [13] megfigyelésébe is, ugyanis a közösség által megosztott információk alapján a városok egyes folyamatai optimalizálhatóak lehetnek, pl. a kátyúk javítása vagy a városi dugók megfigyelése és azok elhárításának érdekében tehető intézkedések bevezetése a közösség által észlelt és megosztott információk alapján.

2.2. Közösségi érzékelés

A munka célja bemutatni egy olyan szimulációs környezetet, amely lehetővé teszi közösségi érzékelésen alapuló „okos város” alkalmazások szimulációját. A közösségi érzékelés (angolul *crowdsensing* [6] [12]) meglehetősen újszerű tevékenység, amelyben a közösség együttműködik valamilyen információk (pl. mérések) gyűjtésében. A közösségi érzékelés a közösségi együttműködés (angolul *crowdsourcing* [1] [2]) egy válfaja. Egyes szerzők a közösségi együttműködést a Web 2.0, vagyis a jövő generációs internet egy fontos elemeként azonosítják [4]. A mai internet nélkül sem lenne lehetséges sok sikeres közösségi érzékelésen alapuló alkalmazás, hiszen lehetővé teszi a helyi vagy akár globális közösségek szinte korlátok nélküli együttműködését [1].

A közösségi együttműködést meg lehet és kell különböztetni a nyílt forráskód körüli globális kollaborációtól [1], mivel a *crowdsourcing*-ban valamilyen nyitott felhívás készíti a tömeget az összefogásra, és a felhívást sokszor korporációk vagy egyéb olyan intézmények írják ki, amelyek a közösség által elvégzett munkát hasznosítani kívánják. A nyílt forráskód mögötti összefogás kevésbé nyíltan profit központú, a projektek célja sokszor a kommerciális termékek ingyenes alternatívájának a fejlesztése.

Ganti elemzi a közösségi érzékelés jelenét és várható jövőjét [6], valamint a tárgyak internetéhez (angolul *Internet of Things – IOT*) fűződő kapcsolatát. Megkülönbözteti a természetes környezet (pl. zajszint), az infrastruktúra (pl. forgalmi dugók) és a személyes tevékenységek (pl. tesztesztelési statisztikák) mérésére és megosztására szolgáló közösségi érzékelést. Több közösségi érzékelést alkalmazó applikációt elemez a következő jellemzőik összevetése alapján:

- a helyi analitika (vagyis algoritmusok és számítások) jellege,
- a rendelkezésre álló memória, számítási erő és adatátviteli hálózat sebesség adta korlátok,
- adatintegritás és biztonság,
- központi analitika, vagyis szerver oldali számítások jellege, valamint
- rendszer-architektúra.

A vonatkozó szakirodalom tanulmányozása közben megállapítást nyert, hogy a közösségi érzékelés részleges átfedésben van egyéb kutatási irányokkal, illetve akár teljesen különböző megnevezések alatt is megtalálható az angol nyelvű irodalomban. Egyes szerzők *participatory sensing* néven ismerik ezt a tevékenységet [24]. A közösségi érzékelés mellett, hogy a közösségi együttműködés egyik válfaja, szemléltethető a felhasználók által képzett tartalmak (angolul: *user generated content – UGC*) egy fajtájának is [3]. Mások a közösségi érzékelés helyett önkéntes földrajzi információként (angolul *volunteered geographic information – VGI*) azonosítják azokat, a közösség által gyűjtött és megosztott információkat, amelyeknek földrajzi dimenziója is van, pl. fénykép, amelyhez mentésre került a GPS készítésének koordinátája is.

A közösség által gyűjtött adatok lehetnek nagyon különbözőek, pl. földrajzi [9], biztonságot segítő [14], idősök mindennapi tevékenységeit támogató [11], városi közlekedést megkönnyítő adatok [24].

2.3. Alkalmazások

A közösségi együttműködésen alapuló sikeres alkalmazások számosak, és itt csak néhány kerül megemlítésre, különös tekintettel azokra, amelyekben valamilyen jellegű közösségi érzékelés is azonosítható.

A **Waze** [21] lehetővé teszi az autósok közötti adatcserét és a valós időben változó közlekedési információk alapján történő navigációt. Ez praktikus azt jelenti, hogy az autósok együttműködnek a Waze

applikáció segítségével, és jelezni tudják egymásnak a közlekedést gátló eseményeket, pl. rendőri ellenőrzés, útzárlat, hengerlés stb. A közösség itt a közlekedési eseményeket érzékeli és osztja meg a Waze applikációján keresztül. Egyes események észlelése részben automatikus, pl. a Waze mobil applikáció észleli, amikor a gépjármű haladása lelassul, és automatikusan javasolja a felhasználónak a torlódás eseményének megosztását.

Az **OpenStreetMap** (OSM) [16] egy ingyenesen elérhető térinformatikai rendszer, melynek adatai az egész Földre kiterjednek, és azokat bárki szerkeszteni tudja. A felhasználók által módosított, illetve pontosított adatok megfelelő ellenőrzés után lesznek a központi, hivatalos adatbázis részévé. A közösség az OSM-ben földrajzi objektumokat észlel, és ha azok még nem részei a központi adatbázisnak, akkor azokat oda beviszi.

A **FixMyStreet** [5] és számos hozzá hasonló mobil eszközön futó applikációk lehetővé teszik a lakótelepülések lakói számára (ők a közösség!), hogy információkat gyűjtsenek problémáikról (pl. szemét az utcán, kátyú az úton), és azt megosszák a városi vezetőséggel, illetve egymás között, ezzel optimalizálva a környezetük folyamatait. A közösség ennél az alkalmazásnál a FixMyStreeten keresztül működik együtt, és az észlelés tárgya a városi környezetben tapasztalt problémák halmaza.

A Google cég **OpenSpot** [8] applikációja sajnos sikertelen volt, és 2012-ben be is szüntették. Amíg működött, lehetővé tette a közösség számára, hogy parkolással kapcsolatos eseményeket osszon meg, mindenképp a kiparkolás és beparkolás tényét. Sikertelenségének okai közé tartozott a kis felhasználói bázis, illetve az, hogy a bejelölt események sokáig voltak aktívak olyan városi környezetekben is, ahol a parkolók másodpercek alatt cserélnek gazdát. E kutatás egyik célja megvizsgálni, hogy mire lenne szükség ahhoz, hogy egy, az OpenSpothoz hasonló applikáció sikeres legyen.

A **Smart Citizen Kit** (SCK) [19] lehetővé teszi a közösség tagjainak, hogy megfelelő eszközök (hard-ware) használatával a környezetük természetes jellemzőit mérjék, pl. hőmérséklet, légnyomás, zajszint stb. és a mért értékeket megosszák a többi felhasználó közösségével.

3. Szimulációs környezet

A kutatás folyamán megvalósított szimulációs környezet a következő elemekből áll:

- modell
- szimulátor
- közösségi események
- megjelenítő.

3.1. Modell

A modell a vizsgált probléma egyszerűsített leírása, és a szimuláció alapját képezi. A modell leírja a közösség viselkedését olyan absztrakciók segítségével, amelyek annyira egyszerűsítik a nagy közösségek tevékenységeinek modelljét, hogy az szimulálható legyen asztali számítógépen, azaz ne legyen szükség szuper-számítógépre, illetve végtelen mennyiségű időre a kiválasztott szimulációk futtatásához.

3.2. Szimulátor

A szimulátor célja lehetővé tenni a közösségi érzékelésen alapuló alkalmazások vizsgálatát és a terepi klienssel közösen a következő információk vizsgálatát:

- Milyen adatokat érdemes gyűjteni?
- Mekkora mennyiségű adatra van szükség ahhoz, hogy egy adott alkalmazás sikeressé váljon?
- A sikerességi küszöb eléréséhez mekkora felhasználói bázisra van szükség?

A rendszer központi eleme maga a szimulátor, amely a felhasználó (kutató) által megadott konfigurációs paraméterek, valamint a rendelkezésre álló modell alapján közösségi eseményeket képez.

Az eddig leírtakkal összhangban a szimulátor bemenetei a következők:

- modell,
- a földrajz régió,
- időtartam,
- a közösséget képező, adatgyűjtést végző egyedek száma és
- (opcionálisan) a közösséghez tartozó, de adatokat nem gyűjtő egyedek száma.

Az egyedek száma a modell és a kiválasztott földrajzi régió függvényében jelentős lehet. A szimuláció időtartamától (pl. 48 óra) függően a képzett események száma is óriási lehet. Ez praktikusán azt jelenti, hogy a szimulátor az idő-, és térbeli információk függvényében kell, hogy adatokat képezzen a megadott modell alapján.

3.3. Közösségi események

A szimulált közösségi eseményeket a szimulátor különböző formátumban tudja menteni, például: *Extensible Markup Language (XML)*, *Comma Separated Values (CSV)*. Az így elmentett adatokat külső eszközökben lehet tovább elemezni. Kisebb számú esemény elemzésére alkalmas lehet például a Microsoft Excel is, míg terjedelmesebb szimulációk eredményeinek elemzésére akár *big data* algoritmusok és eszközök is szükségesek lehetnek.

3.4. Megjelenítő

A megjelenítő egy olyan grafikus kezelői felület, amely lehetővé teszi a szimulált események, illetve azok egy halmazának a térkép alapú megjelenítését. Az eredmények vizualizálása mellett természetesen támogatni kell a szimuláció paramétereinek a megadását is.

4. Eredmények

A kutatás során egy, a városi parkolást segítő, közösségi érzékelésen alapuló alkalmazás került kivizsgálásra. Az applikáció parkoláshoz kötődő eseményeket tud gyűjteni, és azok alapján hasznos szolgáltatást biztosítani a felhasználói számára. Az alkalmazás hasonlít a Google OpenSporhoz [8], célja, hogy minél hatékonyabban üres parkolóhoz vezesse felhasználóit.

A szimulátorba a pénzügyi dimenzió még nem került bele, vagyis a szimulátor nem veszi figyelembe a parkolás árát a célfüggvény számítása során. Egyetlen kritériumként a parkolóhely célponthoz mért közelségét használja.

Az elmondottak alapján a cél összegzése a következő: szimulálni egy közösségi érzékelésen alapuló, városi parkolást segítő applikáció használatát, és meghatározni, hogy milyen számú aktív felhasználó esetén válhat sikeressé. A kutatás során a terepi kliens és a szimulátor került megvalósításra. Mindkét elemről egy-egy rövid fejezetnyi értekezés olvasható lejjebb.

4.1. Terepi kliens

A terepi kliens célja lehetővé tenni a kutató számára, hogy ráérezzen, hogy a közösség milyen adatokat tud gyűjteni, és azoknak gyűjtését hogyan lehet optimalizálni. A kliens Java programozási nyelven került megvalósításra, és Android operációs rendszeren fut. Térképi megjelenítésre az ingyenesen használható OpenStreetMap térinformatikai rendszer adatait és térképeit használja.

Mivel a kutatás célja egy belvárosi parkolást segítő, közösségi érzékelésen alapuló alkalmazás vizsgálata, ezért a terepi kliens parkolást övező események gyűjtését teszi lehetővé, és azokat minél nagyobb mértékben optimalizálja.

A terepi kliens tervezése során a következő események gyűjtése tűnt szükségesnek:

- kiparkolás – az autós elhagyja a parkolót, és bejelöli az applikációba, hogy az elhagyott parkoló szabad,
- beparkolás – az autós elfoglalja a parkolót, és bejelöli az applikációba, hogy a parkoló foglalt,
- gyalogos által szabadnak jelölt parkoló és
- gyalogos által foglaltnak jelölt parkoló.



1. kép: Terepi kliens

A fenti események kezelése megvalósításra került az 1-es számú képen látható terepi kliens alkalmazásban, amelyen különböző színű csillagok jelzik a bejelölt szabad, illetve foglalt parkolóhelyeket.

A kutatás során felmerült annak az ötlete, hogy az események kezelését automatizálni kellene, annak érdekében, hogy a közösségi események gyűjtése minél könnyebb legyen a felhasználó számára, ezzel is motiválva őket az adatok gyűjtésére és azok megosztására. A Google Activity Recognition (GAR) könyvtár segítségével sikerült automatizálni a kiparkolás és beparkolás eseményét, ugyanis ezekben az esetekben az autós gyaloglásról autózásra vált, és ezt a GAR automatikusan detektálni tudja.

További események, melyek azonosításra kerültek, de a kutatás ideje alatt nem kerültek megvalósításra a terepi kliensben: telített parkoló (vagyis teljes parkolóövezet, illetve ház telítettségének bejelölése), illetve parkolót keres (vagyis a gépjármű lassú körözése parkoló keresése közben). A telített parkolóövezet bejelölése lehetővé tenné a közösség többi egyedei számára, hogy elkerüljék a megtelt parkolókat, és rögtön másfelé keressenek szabad parkolót. A parkolót keres (angolul *cruising for parking*) esemény, illetve

talán inkább tevékenység, a belvárosi parkolást segítő applikáció számára jelentős információt jelenthet a parkolót kereső felhasználók száma, illetve a parkolás keresésével töltött teljes idő meghatározása. Ezt az információt akár a városi tervezési irodák is fel tudnák használni, annak érdekében, hogy megoldásokat találjanak arra, hogyan lehetne csökkenteni a parkolást kereső felhasználók számát.

A terepi kliens hátránya, hogy nem készült el az adatok központosított gyűjtésére szolgáló infrastruktúra, és e munka írásának pillanatában az adatokat csak helyileg, az adatgyűjtésre használt mobil eszköz memóriájában tudja tárolni különböző formátumokban, illetve azt meg tudja jeleníteni a térképen.

4.2. Szimulátor

Az itt bemutatott kutatás legfontosabb eredménye maga a városi környezetben azonosított parkolási forgatókönyvek szimulátora. A szimulátor célja megvizsgálni, hogy a közösség által megosztott események, illetve információk alapján milyen újszerű következtetéseket lehet nyerni, és azok alapján milyen szolgáltatásokat nyújtani a felhasználók számára.

A terepi kliens segítségével azonosítani sikerült néhány fontos eseményt, illetve tevékenységet, amelyek a városi parkolás folyamán állnak elő. A szimulátor célja ezeknek képzése laboratóriumi környezetben.

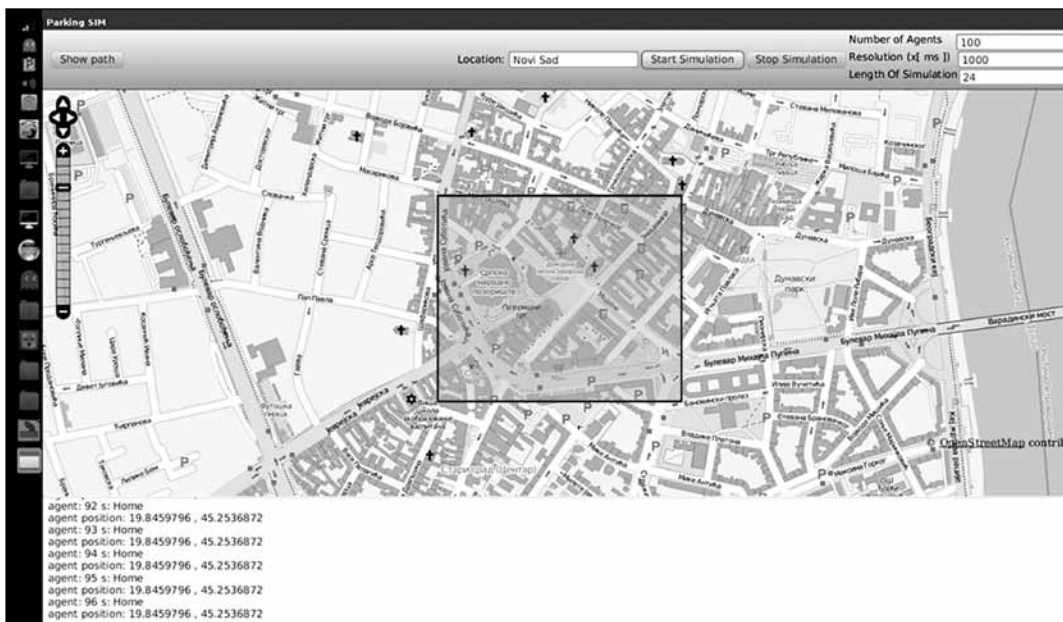
A szimulátor leírása a következő elemekből áll: megvalósítás, bemenetek, modell, működés és kimenetek.

4.2.1. Megvalósítás

A parkolási forgatókönyv szimulátora Java programozási nyelven került megvalósításra. Az ingyenes OpenStreetMap [16] térinformatikai rendszer térkép szolgáltatását használja az események megjelenítésére. A bemenő adatok letöltésére az OSM Overpass könyvtára került alkalmazásra.

4.2.2. Bemenetek

A 2. kép a szimulátor megjelenítőjének a képernyő-másolatát tartalmazza. A központi részen látható a megjelenítésre használt térkép, a felső részben lehet megadni a szimuláció bemeneteit, az alsó részben pedig a szimulált események és egyéb fontos információk listája olvasható.



2. kép: A szimulátor grafikus felülete

A szimulátor bemenetei a következők: földrajzi régió, egyedek száma, applikációval rendelkező egyedek száma, szimuláció hossza.

A **földrajzi régió** megadása jelentős, mivel behatárolja a szimuláció futtatására kiválasztott területet. A beszámoló írásának pillanatában a szimulátor grafikus környezete négyszög alakú földrajzi régió megadását támogatta (lásd a sárgított háttérű négyszöget a 2. képen). Ez a bemenet határozza meg a szimuláció térbeli dimenzióját.

Az **egyedek száma** határozza meg, hogy a szimulátor milyen számú autót fog „mozgatni” a szimulációban. Ezek az autósok a modellben kódolt szabályokkal összhangban foglalják el, illetve szabadítják fel a bejelölt régiókn belül elhelyezkedő parkolókat.

Az **applikációval rendelkező egyedek száma** azt határozza meg, hogy a szimulációban részt vevő egyedeknek hány százaléka vesz részt a közösségi érzékelésben és osztja meg a parkolást kísérő eseményeket a közösség többi tagjával.

A **szimuláció hossza** adja meg az idődimenziót, vagyis azt, hogy milyen hosszú időre fut majd le a szimuláció. A tesztelés során pár napos szimulációk kerültek futtatásra. Jelentős jövőbeni kutatási lehetőséget ad a szimuláció hosszának növelése és a nagy mennyiségű adatok alapján történő statisztikák képezése.

4.2.3. Modell

A modell a következő jelentős objektumtípusokat tartalmazza: lakótömb, munkahely, szórakozóhely, bevásárlás és templom, valamint az ezekhez közeli parkolókat.

Mindenegyik objektumtípushoz adott az egyedek által ott töltött idő legvalószínűbb hossza:

- lakótömb: 11 óra,
- munkahely: 8 óra,
- bevásárlás: 3 óra,
- szórakozás: 2 óra,
- templom: 1 óra.

A modell megkülönbözteti a hét napjainak a következő két típusát: hétköznap és hétvége, valamint a napnak különböző szakaszait: reggel, nappal, este, éjjel. Ezeknek az adatoknak a felhasználásával a szimulátor egyszerű statisztikai modellt épít ki, amely lehetővé teszi, hogy a nap típusától, valamint a napszaktól függően beállítható legyen annak a valószínűsége, hogy az egyedek mikor fognak útnak indulni és milyen céllal. Így például hétköznap nagyobb a valószínűsége a munkahelyre utazásnak, míg a hétvégén nagyobb a valószínűsége annak, hogy az egyedek szórakozni, bevásárolni vagy templomba mennek.

4.2.4. Működés

A szimulátor működésének a következő három fázisa különíthető el:

- konfiguráció és letöltött adatok alapján a modell kiépítése,
- szimuláció,
- kimenetek mentése.

A modell kiépítése során a szimulátor az Overpass könyvtáron keresztül letölti a bejelölt földrajzi területen található jelentős objektumokat, és azokból egy K dimenziós fa struktúrát épít ki, amely lehetővé teszi a letöltött és tárolt adatok gyors elérését, pl. az adott fontos helyhez legközelebbi parkolók keresését.

A szimuláció a modell kiépítése után kezdődik. A szimulátor a konfigurációval megadott számú egyedet képez, amelyek autóval közlekednek a modellben leírt helytípusok között: otthon, munka, bolt, szórakozóhely és templom. A szimulátor véletlenszerűen küldi az egyedeket a következő tartózkodási helyre, az egyszerűsített statisztikai modell beállításával összhangban. Amikor az egyed helyzetet változ-

at, pl. otthonról munkába megy, akkor előbb induláskor felszabadít egy parkolót, majd a céljához közel parkolót keres a legközelebbi parkolóhelyek közül. Ha nem talál megfelelő parkolót, akkor a legközelebbi parkolók halmazát a szimulátor bővíti kicsit távolabbiakkal mindaddig, amíg az egyed az autójával sikerrel le nem parkol.

A szimuláció során képzett események:

- kiparkolás,
- beparkolás, valamint
- sikertelen parkolás, vagyis a parkolóövezet (pl. parkolóház) tele van más egyedek autóival.

A szimulációra kihat a parkolást segítő, közösségi érzékelésen alapuló applikációt használó egyedek száma is, ugyanis ők meg tudják egymással osztani, ha valamelyik parkolóövezet telített, és ezzel a másik felhasználót másik, remélhetőleg szabad parkoló felé tudják irányítani.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Simulation
simulation_boundaries="45.252073,19.840569,45.257873,19.8540
run_time="48" parking_number="145"
parking_capacity_sum="1066" building_number="4708"
app_owner_number="100" agent_num="100">
+ <Parkings>
+ <Buildings>
- <Agents>
- <Agent id="0" isAppOwner="false">
- <event time_in_hours="9" time="Sunday:9">
  <placeFrom id="start"/>
  <placeTo id="539856198"/>
  <parkingFrom id="start" saturation="5"/>
  <parkingTo id="1455439700" saturation="5"/>
  <parkingStatus sucessfull="true"/>
</event>
- <event time_in_hours="9" time="Sunday:9">
  <placeFrom id="539856198"/>
  <placeTo id="539856198"/>
  <parkingFrom id="1455439700" saturation="5"/>
  <parkingTo id="1455439700" saturation="5"/>
  <parkingStatus sucessfull="true"/>
</event>
```

3. kép: Közösségi események a kimeneti XML-ben

4.2.5. Kimenetek

A szimulátor a fenn felsorolt három eseménnytípust, illetve minden egyes, a szimulációban részt vevő parkoló telítettségét menteni tudja. A kimenet formátuma XML.

A 3. kép az XML kimenet kódjának egy kivonatát tartalmazza. Itt két, a közösség által észlelt esemény leírása látható, vasárnap reggeli időpontban.

5. Összegzés

A dolgozat röviden ismerteti az okos városok terén folytatott legújabb kutatási és fejlesztési eredményeket, különös tekintettel a közösségi érzékelés adta újszerű lehetőségek elemzésére. A közösségi érzékelésben az okos város lakosai különböző méréseket és megfigyeléseket gyűjtenek az okos telefonjaik, táblagépeik és egyéb elektronikus eszközeik segítségével, és az így begyűjtött adatokat megosztják a közösség többi tagjával, illetve az okos várost felügyelő rendszerekkel. Az így begyűjtött nagy mennyiségű érzékelés lehetővé teszi újszerű alkalmazások fejlesztését, illetve megfigyelhetőbbé teszi az okos város folyamatait,

pl. az autózó lakosok meg tudják osztani annak tényét, ha valahol torlódás van a forgalomban, illetve azt is, ha valahol nem tudtak leparkolni a parkolók zsúfoltsága miatt.

A bevezető után a munka áttér egy olyan szimulációs környezet bemutatására, amely lehetővé teszi a közösségi érzékelésen alapuló okos város alkalmazások előzetes vizsgálatát. Célja szimulálni az okos város lakosai által gyűjtött eseményeket és azoknak a száma és minősége alapján idejekorán eldönteni, milyen számú felhasználói bázis tehet sikeressé egy-egy közösségi adatokra épülő alkalmazást. A szimulátor prototípusa Java programozási nyelvben került megvalósításra, és az ingyenes OpenStreetMap térinformatikai rendszerből tölti le a szükséges adatokat, illetve az OSM-et használja a szimuláció eredményeinek a megjelentetésére is.

A szimulátor alkalmazhatóságának tesztjére a városi parkolás, illetve az azt övező, a közösség által könnyen gyűjthető adatokon alapuló, parkolást megkönnyítő alkalmazás került kivizsgálásra. A parkolási forgatókönyv vizsgálata során a szimulátor az OSM-ből töltötte le a szükséges adatokat (pl. parkolók, lakótömbök, vásárlási zónák), azokat K dimenziós fába rendezte a hatékony keresés érdekében, majd a következő parkolási eseményeket szimulálta: az autós elfoglal egy parkolóhelyet, az autós elhagy egy parkolóhelyet, illetve az autós jelzi, hogy az adott parkoló teljesen telített. A szimulátorban szabályozni lehet azon egyedek tevékenységét, akik gyűjtik az adatokat és azokat megosztják, illetve azokét, akik ezt nem teszik.

A legjelentősebb bemutatott eredmény a megvalósított közösségi érzékelés szimulátoron kívül a parkolást segítő, közösségi alkalmazás elemzése, amely lehetővé tette az alkalmazást használó, illetve nem használó egyedek különböző arányainak vizsgálatát szimulációs környezetben és annak megállapítását, hogy az alkalmazás sikeres lehet-e, illetve csökkenteni tudja-e a túlterhelt parkolók terheltségét, valamint le tudja-e rövidíteni a felhasználók parkolókereséssel töltött idejét?

A kutatást a Szerbiai Tudományügyi Minisztérium támogatja a TR33013, 2011 jelzésű projekt keretén belül. A tanulmány az EITKIC_12-1-2012-0001 projekt keretében készült, amely a Magyar Kormány támogatásával, a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség kezelésében, a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap finanszírozásával és az EIT ICT Labs Magyar Nemzeti Társult Csomópont közreműködésével valósul meg (www.ictlabs.elte.hu). Farkas Károly munkáját az MTA a Bolyai János Kutatási Ösztöndíjon keresztül támogatja.

■ Irodalom

- D. C. BRABHAM (2008), "Crowdsourcing as a Model for Problem Solving: An Introduction and Cases", *International Journal of Research into New Media Technologies*, vol 14 (1), pp. 75–90.
- D. C. BRABHAM (2009), "Crowdsourcing the public participation process for planning projects", *Planning Theory*, vol 8 (3), pp. 242–262.
- L. DÍAZ et al (2011), "Managing user-generated information in geospatial cyberinfrastructures", *Future Generation Computer Systems*, vol 27, pp. 304–314.
- L. DÍAZ et al (2012), "Web 2.0 Broker: A standards-based service for spatio-temporal search of crowd-sourced information", *Applied Geography*, vol 35, pp. 448–459.
- FixMyStreet weblap, <http://www.fixmystreet.com>. Utolsó hozzáférés: 2014. június 23.
- R. K. GANTI, F. Ye, H. Lei (), "Mobile Crowdsensing: Current State and Future Challenges", *IEEE Communications Magazine*, vol 49 (11), pp. 32–39.
- M. F. GOODCHILD (2007), "Citizens as sensors: the world of volunteered geography", *GeoJournal*, vol 69 (4), pp. 211–221.
- Google OpenSpot, <http://www.androidauthority.com/google-labs-open-spot-a-useful-application-that-no-one-uses-15186>. Utolsó hozzáférés: 2014. június 23.

- C. HEIPKE (2010), "Crowdsourcing geospatial data", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol 65, pp. 550–557.
- R. HOLLANDS (2008), "Will the Real Smart City Please Stand Up?", *City*, vol 12 (3), pp. 303–320.
- A. KARAHASANOVI et al (2009), "Co-creation and user-generated content—elderly people's user requirements", *Computers in Human Behavior*, vol 25, pp. 655–678.
- I. LENDÁK, K. FARKAS (2013), „Közösségi érzékelés az okos városokban”, *Vajdasági Magyar Tudományos Társaság, „A Magyar Tudomány Napja a Délvidéken – 2013”, Újvidék*
- I. LENDAK, N. IVANCEVIC, S. VUKMIROVIC, E. VARGA, K. NENADIC & A. ERDELJAN (2012), "Client Side Internet Technologies in Critical Infrastructure Systems", *International Journal of Computers, Communications & Control (IJCCC)*, vol 7 (5), pp. 878–890.
- T. MONAHAN, J. T. MOKOS (2013), "Crowdsourcing urban surveillance: The development of homeland security markets for environmental sensor networks", *Geoforum*, vol 49, pp. 279–288.
- C. E. A. MULLIGAN and M. OLSSON (2013), "Architectural Implications of Smart City Business Models: An Evolutionary Perspective", *IEEE Communications Magazine*, vol 51 (6), pp. 80–85.
- OpenStreetMap, <http://www.openstreetmap.org>. Utolsó hozzáférés: 2014. június 23.
- San Francisco Park (SFPark), <http://sfpark.org>. Utolsó hozzáférés: 2014 június 21.
- S. SAUER (2012), "Do Smart Cities Produce Smart Entrepreneurs?", *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, vol 7 (3), pp. 63–73.
- Smart Citizen Kit (SCK) weblap, <http://smarcitizen.me>. Utolsó hozzáférés: 2014. június 21.
- N. WALRAVENS (2012), "Mobile Business and the Smart City: Developing a Business Model Framework to Include Public Design Parameters for Mobile City Services", *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, vol 7 (3), pp. 121–135.
- WAZE (2013), „Your Rank and Points”, https://www.waze.com/wiki/Earning_Points. Utolsó hozzáférés: 2014. június 23.
- M. W. WILSON (2012), "Location-based services, conspicuous mobility, and the location-aware future", *Geoforum*, vol 43, pp. 1266–1275.
- F. ZAMBONELLI (2011), "Pervasive urban crowdsourcing: Visions and challenge", 2011 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), Seattle, USA, pp. 578–583.
- P. ZHOU, Y. ZHENG, M. LI (2012), "How Long to Wait?: Predicting Bus Arrival Time with Mobile Phone based Participatory Sensing", 10th international conference on Mobile systems, applications, and services (MobiSys '12), New York, USA, pp. 379–392.