



X međunarodni naučno-stručni skup
Informacione Tehnologije za elektronsko Obrazovanje
ITeO 2018
Banja Luka, 28 - 29. 9. 2018. godine



VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA IKT U KONCEPTU PAMETNOG GRADA

Mimica Milošević

Visoka škola za poslovnu ekonomiju i preduzetništvo, Beograd, mimica.milosevic@gmail.com,

Dušan Milošević

Elektronski fakultet, Niš, dusan.milosevic@elfak.ni.ac.rs

Branislav Randelović

Elektronski fakultet, Niš, branislav.randjelovic@elfak.ni.ac.rs

Apstrakt: *Gradove čine potencijalno pametnim moderne digitalne tehnologije koje omogućuju bolje usluge građanima, veću iskoristivost resursa i manji štetan uticaj na okolinu. Temelje se na upotrebi pametnih mreža, uvođenju informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT), internet-skim povezivanjem svih objekata i zaštiti okoline. Koncept pametnog grada rezultat je ideje za korišćenjem naprednih IKT u unapređenju života ljudi u gradu i nameće se kao rešenje izazova koje postavlja proces urbanizacije. Naše istraživanje ima za cilj razvijanje strategije koncepta pametnog grada sa aspekta integracije IKT. Integralni pristup zasnovan na matematičkom metodi Fazi analitički hijerarhijski proces, klasifikuje sistem kroz različite kriterijume i podkriterijume u kojima je značajna uloga IKT. Predloženi metod vrši rangiranja kriterijuma, sa ciljem pronalaženja optimalnog pristupa u implementaciji IKT u izradi koncepta pametnog grada.*

Gljučne reči: *informaciono-komunikacione tehnologije, pametan grad, fazi analitički hijerarhijski proces*

UVOD

Pokušaji da se postigne održivi urbani razvoj zaživeli su poslednjih godina u okviru koncepta *pametnog grada* [1,2]. Pametan grad javlja se kao ideja za korišćenjem naprednih tehnologija u cilju unapređenja života ljudi u gradu i nameće se kao rešenje izazova koje postavlja proces urbanizacije. Upotreba kompjutera, interneta, pametnih telefona i aplikacija omogućava građanima da na jednostavan i brz način dođu do željenih informacija i da komuniciraju jedni sa drugima. Koncept pametnog grada proistekao je iz težnje za implementiranjem IKT u sve komponente grada poput transporta, energije, infrastrukture i objekata, kulture, zabave, u cilju unapređenja kvaliteta, bržeg reagovanja na promene i prevazilaženja problema [3-4]. Rad se bavi problematikom višekriterijumskog odlučivanja u procesu kreiranja koncepta pametnog grada sa aspekta implementacije IKT i odabira ključnih indikatora. Uzimajući u obzir broj kriterijuma koje je potrebno sagledati, cilj rada je da ukaže na značaj korišćenja višekriterijumske optimizacije u trenucima donošenja kompleksnih i važnih odluka [5-7]. Istraživanje se zasniva na rangiranju alternativa primenom matematičke metode fazi analitičkih hijerarhijskih procesa FAHP.

ULOGA IKT U STRATEGIJI RAZVOJA PAMETNOG GRADA

Informaciono-komunikacione tehnologije unapređuju urbanu infrastrukturu, između ostalog i posredstvom postavljanja senzora za prikupljanje podataka kako bi se osigurala real-time informacije potrebne za upravljanje resursima i kontrolu javne bezbednosti. Upotreba velikog broja podataka tzv. big data omogućava nam da se fokusiramo na sve aspekte u rešavanju jednog kompleksnog problema. Primenom crowdsourcinga i Internet of Things (IoT) otvorenih platformi danas je moguće da postojeći problem sagledamo iz više perspektiva i njihovim integrisanjem dođemo do najoptimalnijeg rešenja. IKT omogućavaju interakciju građana sa gradskim institucijama i pružanje usluga u realnom vremenu preko elektronskih uprava. Gradovi sve više teže otvaranju slobodnih i besplatnih wi-fi mreža radi pružanja nesmetane komunikacije između svih krajeva sveta.

Pametni sistemi upravljanja energijom koriste senzore, napredne merne uređaje, digitalne kontrole i analitičke alate za automatizaciju, nadzor i upravljanje dvosmernim tokovima energije, poboljšavaju rad mreže kako bi se osigurala pouzdanost, interaktivnost, kompatibilnost, ušteda energije, sigurnost i optimalno korišćenje energije iz obnovljivih izvora uz minimalnu emisiju ugljen dioksida. Pametni sistemi upravljanja saobraćajem omogućavaju kretanje ljudi i robe na efikasan, finansijski isplativ, siguran i ekološki održiv način. Preko mobilnih aplikacija često se prati kretanje ljudi kako bi se utvrdile željene pešačke rute, atraktivne lokacije i saobraćanje između određenih delova grada, što je posebno značajno za sektor urbanističkog planiranja, IKT se sve više implementiraju i u oblasti zdravstva omogućavajući praćenje zdravstvenog stanja pacijenata putem GPS-a i ID narukvica. Primeri inteligentnih sistema zdravstvene zaštite uključuju dostupnost i poboljšanje udaljene dijagnoze, daljinskog lečenja, online medicinske pomoći i daljinskog sistema praćenja pacijenta. Pametni sistemi za obrazovanje dece i odraslih verovatno su dugoročno najvažnija usluga pametnog grada. Primena IKT može poboljšati obrazovanje pružajući učenicima personalizovano učenje, učenje od kuće za bolesne i one koji žive na udaljenim lokacijama. Pametne tehnologije primenjuju se i u objektima zbog čega sve češće govorimo o projektovanju pametnih zgrada u kojima se putem senzora jednostavno reguliše grejanje, hlađenje, ventilacija i prirodno i veštačko osvetljenje.

Pametni sistemi vodenog upravljanja omogućuju održivo upravljanje vodama (dostavljanje i distribucija vode, pročišćavanje otpadnih voda i druge komunalne usluge) integrisanim upravljanjem kroz IKT infrastrukturu kako bi se povećala socioekonomska dobrobit društva bez ugrožavanja okoline. Pametni sistemi upravljanja otpadom osnažuju sprovođenje praćenja prikupljanja i zbrinjavanja otpada jer prate kretanje različitih vrsta otpada, optimizuju transportne rute, povezuju različite sisteme pametnog upravljanja otpadom, koriste tehnologiju za prikupljanje i deljenje podataka iz izvora otpada, optimizuju zbrinjavanje i sortiranje. Gradovi svojim građanima nude različite usluge uključujući snabdevanje vodom i energijom, upravljanje saobraćajem, upravljanje otpadom, zdravstvene usluge, obrazovanje i brigu o sigurnosti.

RANGIRANJE FAHP METODOM

Za potrebe rangiranja u radu se primenjuje metod Fazi analitički hijerarhijski proces FAHP. Metoda analitičkih hijerarhijskih procesa je kreirana da pruži pomoć u rešavanju kompleksnih problema odlučivanja. U cilju pronalazjenja ključne strategije za primenu IKT u razvoju koncepta pametnog grada uvažena su mišljenja eksperata kroz primenu metoda FAHP. Imajući u vidu prethodnu analizu u ovom radu je vršeno rangiranje šest osnovnih grupa kriterijuma koje je potrebno uzeti u obzir prilikom realizacija koncepta pametnog grada kroz strategiju implementacije IKT rešenja: upravljanje – G, zdravstvo –H, zgrade - B, mobilnost – M, energija i okruženje– E i edukacija –L (Tabela 1).

Tabela 1 Kriterijumi i podkriterijumi uloge IKT u konceptu pametnog grada

UPRAVLJANJE - G	ZDRAVSTVO - H	ZGRADE - B
<ul style="list-style-type: none"> •G₁- Digitalne javne uprave •G₂- Učešće u upravljanju, e- upravljanje •G₃- E-servisi 	<ul style="list-style-type: none"> •H₁ - Telemedicina •H₂- Integrisani zdravstveni informacioni sistemi •H₃ - Ambijent kao pomoć življenju 	<ul style="list-style-type: none"> •B₁- Povezani menadžment objekata •B₂ - Pametna kuća •B₃ - Pametna konstrukcija
MOBILNOST	ENERGIJA I OKRUŽENJE - E	EDUKACIJA - L
<ul style="list-style-type: none"> •M₁- Inteligentni sistemi upravljanja saobraćajem •M₂- Pametne usluge za javni prevoz •M₃- Pametna urbana logistika 	<ul style="list-style-type: none"> •E₁- Pametna energija •E₂- Pametno upravljanje vodom •E₃- Pametno upravljanje otpadom 	<ul style="list-style-type: none"> •L₁- Platforme urbane edukacije •L₂- Digitalni formati učenja •L₃- Digitalne veštine

TROUGAONI FAZI BROJEVI I FAHP

Neka je $F(R)$ skup na R i $M \in F(R)$. Ako postoji $x_0 \in R$ takvo da je $\mu_M(x_0) = 1$, za svako $\lambda \in (0,1)$, tada je $M_\lambda = \{x \mid \mu_M(x) \geq \lambda\}$ konveksan skup. Funkcija pripadnosti μ_M koja slika $\rightarrow [0,1]$, data je sa

$$\mu_M(x) = \begin{cases} \frac{1}{m-l} x - \frac{1}{m-l}, & x \in [l, m], \\ \frac{1}{m-u} x - \frac{u}{m-u}, & x \in [m, u], \\ 0, & \text{inače.} \end{cases} \quad (1)$$

Tada je M trougaoni fazi broj. U prethodnoj formuli, u i l su gornja i donja granica broja M, dok je m modalna vrednost. Trougaoni fazi broj može se označiti sa (l, m, u) . Uočimo dva trougaona fazi broja $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ i $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$. Za operacije sabiranja, množenja i traženje recipročnog broja važe sledeće definicije:

$$\begin{aligned} (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) &= (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2); \\ (l_1, m_1, u_1) \odot (l_2, m_2, u_2) &\approx (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2); \\ (l_1, m_1, u_1)^{-1} &\approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1). \end{aligned} \tag{2}$$

U kvadratnoj matrici poređenja $A = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n}$ data su poređenja po parovima na svakom nivou, gde \tilde{a}_{ij} predstavlja fazi vrednost relativnog značaja alternative i u odnosu na alternativu j . Za kvadratnu matricu A je $\tilde{a}_{ij} = 1$ kada je $i = j$ i $\tilde{a}_{ij} = 1/\tilde{a}_{ji}$ za $i \neq j$. Kako bi se postigli najkonzistentniji rezultati, korišćena su fazi rastojanja $\delta = 2$ za vrednosti 1,3,5,7 i 9 i fazi rastojanja $\delta = 1$ za vrednosti 2,4,6 i 8. (videti Tabelu 2.).

Tabela 2. Značenje trougaonih fazi brojeva korišćenjem fazifikovane Satijeve skale

Vrednosti (x)	Opis	Fazi vrednosti
1	Jednaka važnost	(1, 1, 1 + δ)
3	Slaba dominacija	(3 - δ , 3, 3 + δ)
5	Jaka dominacija	(5 - δ , 5, 5 + δ)
7	Demonstrirana dominacija	(7 - δ , 7, 7 + δ)
9	Apsolutna dominacija	(9 - δ , 9, 9)
2, 4, 6, 8	Intermedijske vrednosti	(x - 1, x, x + 1)

U prvom koraku algoritma, korišćenjem trougaonih fazi brojeva iz matrice $A = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n}$, računamo trougaone fazi brojeve $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)^T$, gde je:

$$s_i = \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \odot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right)^{-1}, \quad i = 1, \dots, n. \tag{3}$$

Da bi se dobila aproksimacija težinskih vektora, neophodno je upoređivanje dobijenih trougaonih fazi brojeva s_i , $i = 1, \dots, n$. Za dva fazi broja M_1 i M_2 , uključujemo stepen mogućnosti da je $M_1 \geq M_2$ funkcijom

$$V(M_1 \geq M_2) = \sup_{x \geq y} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))]. \tag{4}$$

Kako su M_1 i M_2 konveksni fazi brojevi to je

$$V(M_1 \geq M_2) = 1 \text{ ako je } m_1 \geq m_2 \text{ i}$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(d) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, \tag{5}$$

gde je d ordinata najviše tačke preseka između μ_{M_1} i μ_{M_2} . Stepen mogućnosti da je konveksan fazi broj M veći od k konveksnih fazi brojeva $M_i, i = 1, \dots, k$ je definisan sa

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = \min V(M \geq M_i), i=1, \dots, k. \quad (6)$$

Dobijeni stepen mogućnosti, normalizovan na 1, za svaki red matrice A predstavlja težinu vektora aproksimacije $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$.

Fazi AHP metoda predstavlja proširenje opšte AHP metode, u kojoj su ljudske presude predstavljene kao fazi vrednosti. U ovom radu koristi se metoda ukupne integralne vrednosti. Za dati trougaoni fazi broj $M = (l, m, u)$, ukupna integralna vrednost definiše se na sledeći način:

$$I_T^\lambda(M) = 0.5(\lambda u + m + (1 - \lambda)l), \lambda \in [0,1], \quad (7)$$

gde λ predstavlja indeks optimizma. On opisuje stav donosioca odluke prema riziku: manja vrednost λ ukazuje na veći stepen rizika (niži stepen optimizma). Vrednosti 0, 0,5 i 1 se koriste da predstavljaju pesimistički, umereni i optimistični pogled donosioca odluka, respektivno. Rangiranje alternativa se vrši po sledećim pravilima. Ako je $I_T^\lambda(M_1) < I_T^\lambda(M_2)$, tada $M_1 < M_2$; ako je $I_T^\lambda(M_1) = I_T^\lambda(M_2)$, tada je $M_1 \approx M_2$; i ako je $I_T^\lambda(M_1) > I_T^\lambda(M_2)$, tada je $M_1 > M_2$.

REZULTATI

Predloženi metod vrši rangiranje kriterijuma sa ciljem pronalaska optimalnog pristupa u izradi pametnog gradskog koncepta sa aspekta uloge IKT-a. Rezultati rangiranja prikazani u Tabeli 3 dobijeni su korišćenjem programskih paketa Mathematica i SPSS-a.

Tabela 3. Rangiranje indikatora

Rang indikatora za $\lambda = 1$	$I_1(M_1)$	$I_1(M_2)$	$I_1(M)$
G2- Učešće u upravljanju, e- upravljanje	0.2814	0.5294	0.1490
E1- Pametna energija	0.2621	0.4773	0.1251
M1- Inteligentni sistemi upravljanja saobraćajem	0.1583	0.5885	0.0932
G1- Digitalne javne uprave	0.2814	0.2983	0.0840
E2- Pametno upravljanje vodom	0.2621	0.3068	0.0804
B1- Povezani menadžment objekta	0.1188	0.5294	0.0629
H2 - Integrisani zdravstveni informacioni sistemi	0.0994	0.5885	0.0585
E3 - Pametno upravljanje otpadom	0.2621	0.2159	0.0566
M3 - Pametna urbana logistika	0.1583	0.3074	0.0487
G3 - E-servisi	0.2814	0.1722	0.0485
L1- Platforme urbane edukacije	0.0800	0.5885	0.0471
B3 - Pametna konstrukcija	0.1188	0.2983	0.0354
H3 - Ambijent kao pomoć življenju	0.0994	0.3074	0.0306
L2 - Digitalni formati učenja	0.0800	0.3074	0.0246

B2 - Pametna kuća	0.1188	0.1722	0.0205
M2- Pametne usluge za javni prevoz	0.1583	0.1041	0.0165
H1 - Telemedicina	0.0994	0.1041	0.0103
L3 - Digitalne veštine	0.0800	0.1041	0.0083

ZAKLJUČAK

Ključna je uloga IKT kao aktivatora održivih i efikasnih gradskih službi. U Srbiji su preduzeti određeni koraci mada sprovođenje ovih koraka sigurno kasni u odnosu na razvijene zemlje Evrope. Uspostavljanjem metodologije koja će nam pomoći da nađemo optimalan način održivog i pametnog grada u Srbiji, naše istraživanje je pokušaj modeliranja koncepta pametnog grada sa stanovišta uloge IKT. Sproveli smo istraživanje o ulozi IKT u konceptu pametnog grada i rangirali ključne indikatore koristeći Fazi analitički hijerarhijski proces. Kao dominantne mere ističu se učešće u upravljanju, pristup uslugama i e-upravljanje. Veća ulaganja u obrazovanje i prekvalifikaciju ukazuju na to da smo prepoznali IKT kao važan segment budućeg razvoja gradova. Razvoj koncepta pametne energije koji se oslanja na IKT je još jedan preduslov za stvaranje željene strategije, Razvijanje inteligentnih sistema za upravljanje saobraćajem je gotovo nezamislivo bez odgovarajuće implementacije IKT. Otvoreni podaci vode ka transparentnijoj, interaktivnoj digitalnoj javnoj administraciji. Osim toga značajna je i mogućnost primene IKT u pametnom upravljanju vodom i povezanom menadžmentu objekata kao i integrisanje zdravstvenih informacionih sistema. Efikasnost tih usluga može biti znatno poboljšana uz primenu IKT tehnologija, stvarajući novi set pametnih usluga koji će dovesti do poboljšanja efikasnosti i održivosti svih učesnika u procesu transformacije gradova u pametne održive gradove.

REFERENCE

- [1] Batty, M. "Big data, smart cities and city planning", *Dialogues in Human Geography*, Vol. 3, No. 3, 2013., pp. 247-279
- [2] Deakin, M. "Smart cities: the state-of-the-art and governance challenge", *Triple Helix*, 2014., pp.1-16
- [3] Alkandari, A., Alnasheet, M., Alskehly, I.F.T. "Smart Cities: Survey", *Journal of Advanced Computer Science and Technology Research*, Vol. 2, No. 2, 2012., pp. 79-90
- [4] Golej, J. "Smart growth and sustainable development: New trends in land development", In: *Proceedings of International Scientific Conference People, Buildings and Environment*, Kroměříž, Czech Republic, 2014., pp. 164-176
- [5] Saaty, T.L. "Decision making with the analytic hierarchy process", *Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, 2008
- [6] Dimić, V., Milošević, M., Milošević, D., Stević, D. "Adjustable Model of Renewable Energy Projects for Sustainable Development: A Case Study of the Nišava District in Serbia", *Sustainability*, Vol. 10, No. 3, 2018., pp. 775-794
- [7] Milošević, D., Stanojević, A., Milošević, M. "AHP method in the function of logistic in development of smart cities model", *Proceeding 6th International Conference: Transport and logistic*, Til, maj 2017. godine, Niš, pp. 287-294