

## INFORMACIONO-KOMUNIKACIONE TEHNOLOGIJE KAO PODRŠKA ADAPTACIJI NA KLIMATSKE PROMENE

Marijana Petrović  
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,  
marijanap@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** Sve učestalija pojava posledica ekstremnih vremenskih prilika poput poplava, klizišta, šumskih požara, uticala je da pitanja adaptacije na promene klime postanu neizostavni element mnogih razvojnih agendi. Uloga informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u ovom kontekstu je dvojak. Sa jedne strane usmerena je ka povećanju sposobnosti IKT sistema da se odupru, oporave i prilagode rizicima koje proizlaze iz prirodnih katastrofa. Sa druge, IKT su prepoznate kao važan resurs u povećanju otpornosti drugih sektora i društva u celini. U cilju integrisanog sagledavanja uloge IKT u suočavanju sa klimatskim promenama razvijeni se novi koncepti, kao što su e-otpornost (engl. *e-resilience*) i e-adaptacija (*e-adaptation*). Ovi koncepti su u ovom radu analizirani sa aspekta njihove interpretacije i alata za operacionalizaciju.

**Ključne reči:** *klimatske promene, IKT, e-otpornost, e-adaptacija, kritična infrastruktura*

### 1. Uvod

Negativne posledice klimatskih promena su očigledne u mnogim sektorima. Prema procenama Svetske banke prirodne katastrofe rezultuju godišnjim troškovima od 18 milijardi dolara u srednje razvijenim zemljama i to samo usled gubitaka u transportu i energetici [1]. Jedan od najvećih uzročnika klimatskih promena jeste globalno zagrevanje. Dugoročni trend, još od pred industrijskog doba, ukazuje da će globalno zagrevanja dostići 1,5°C između 2030. i 2052. godine i za posledicu imati smanjenje bruto domaćeg proizvoda (BDP) između 0,15% i 0,318% godišnje [2]. Pored promena u temperaturama usled klimatskih promena dolazi i do promena intenziteta i rasporeda padavina, povećanja jačine vetra (10%), učestalije pojave olujnih udara (prema nekim procenama rast od 10% pri rastu temperature od 1°C) i mnogih drugih. Dve su vrste posledica klimatskih promena – akutne koje nastaju usled sve češćih ekstremnih vremenskih prilika (npr., poplave, klizišta) i hronične koje proističu iz dugoročnih promena klime (npr., porast prosečnih maksimalnih dnevnih temperatura). Ozbiljnost i učestalost posledica uticala je da izmenjene klimatski uslovi postanu nezaobilazni element definisanju razvojnih strategija bilo da su sektorske ili opšte. Centralni programski dokument predstavlja Nacionalni

adaptacioni plan (NAP) koji Okvirna konvencija Ujedinjenih nacija o promeni klime (UNFCCC) vidi kao ključni u suočavanju sa klimatskim promenama.

Adaptacija na klimatske promene u osnovi podrazumeva prilagođavanje ekoloških, društvenih ili ekonomskih sistemima na postojeće i/ ili očekivane klimatske faktore i njihove efekte. Cilj je da se pomenuti sistemi učine otpornim odnosno sposobnim da se brzo oporave (vrate u prvobitno stanje) od uticaja klimatskih promena.

Jedan od važnih resursa u adaptaciji na klimatske promene jesu informaciono-komunikacione tehnologije (IKT). Kada su u pitanju akutni uticaji, IKT su viđene kao važna komponenta upravljanja rizikom od katastrofa (engl. *Disaster Risk Management*) i to u svim fazama: prevencija rizika, smanjenje rizika, spremnost/odgovor i oporavak. Sa duge strane kroz povećanje efikasnosti različitih procesa IKT mogu doprineti i boljoj prilagođenosti na hronične uticaje. Iako je uloga IKT u *borbi* sa klimatskim promenama uveliko prepoznata, istraživanja su uglavnom fokusirana na pojedinačna rešenja dok su studije koje se bave sveobuhvatnom i sistematičnom analizom uloge IKT retke.

Fokus ovog rada je na opštem sagledavanju uloge IKT u suočavanju sa klimatskim promenama. U narednom poglavlju je dat pregled odnosa IKT i klimatskih promena iz nekoliko različitih perspektiva: mitigacija vs. adaptacija, direktna vs. indirektna uloga. U posebnom poglavlju je analiziran konceptualni i metodološki okvir za sveobuhvatno sagledavanje uloge IKT u adaptaciji na klimatske promene kroz koncepte *e-resilience* i *e-adaptation*.

## **2. IKT i klimatske promene**

Kao što je slučaj i u drugim sektorima i IKT u oblasti klimatskih promena ima dvojak u ulogu, odnosno dve perspektive sagledavanja: mitigacija i adaptacija. U obe perspektive se dalje može karakterisati uloga IKT kao direktna i indirektna. U direktnom smislu IKT se posmatraju kao sektor: 1) koji je ranjiv (osetljiv) na uticaje koji nastaju kao posledica izmenjenih klimatskih uslova (perspektiva adaptacije) i 2) kao sektor koji doprinosi klimatskim promenama pre svega kroz svoj energetski i karbonski otisak (perspektiva mitigacije). Kada govorimo o indirektnoj ulozi govorimo o primeni IKT u drugim sektorima radi: 1) smanjenja doprinosa tih drugih sektora klimatskim promenama (perspektiva mitigacije) i 2) smanjenja ranjivosti drugih sektora na izmenjene klimatske uslove (perspektiva adaptacije). U nastavku su perspektiva mitigacije i perspektiva adaptacije analizirane odvojeno.

### **2.1. IKT i mitigacija**

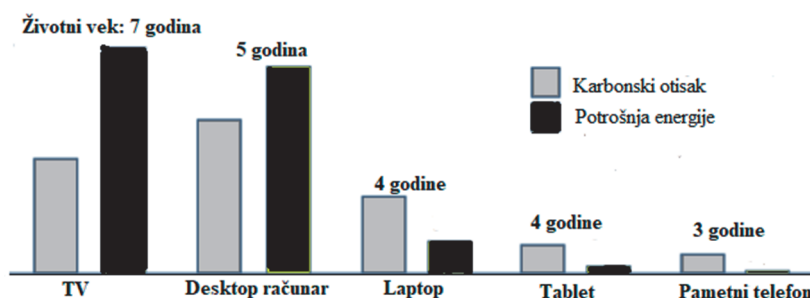
IKT su važan faktor u mitigaciji klimatskih promena pre svega kroz direktno smanjenje potrošnje energiju i emisija GHG. Ukupni karbonski otisak IKT sektora se procenjuje na 370 Mt CO<sub>2</sub>-eq, odnosno 1,4 % ukupnih karbonskih emisija. Pored toga, procenjuje se da 3.6% svetske potrošnje električne energije pripada IKT sektoru [3]. Procene se razlikuju po regionima, pa tako su u Evropi ove brojke veće. IKT sektor čini 4% evropskog karbonskog otiska i učestvuje sa 8-10% u ukupnoj potrošnji električne energije [4]. U kontekstu telekomunikacionih mreža, prema nekim procenama karbonski otisak u eksploataciji i izgradnji na godišnjem nivou iznosi: 5 kg CO<sub>2e</sub> za fiksnu telefoniju; 1 kg CO<sub>2e</sub> za fiksni širokopoljasni pristup i 2 kg CO<sub>2e</sub> za mobilne mreže, pri čemu postoje

razlike kada se uporede vrednosti za 2010 i 2015 godinu (Tabela 1) [5]. Za razliku od fiksnog pristupa gde se beleži neznatan rast u domeni potrošnje energije i pad u domenu emisije CO<sub>2</sub>, mobilne mreže beleže pozitivan trend u slučaju oba otiska.

Tabela 1. Energetski i karbonski otisak telekomunikacionih mreža 2010 i 2015 godine (prema [5])

	Energetski otisak (TWh)		Karbonski otisak (Mt CO <sub>2e</sub> )	
	2010	2015	2010	2015
Fiksne mreže	100	105	74	69
Mobilne mreže	73	110	51	75

Energetski i karbonski otisak IKT sektora se povećava dodatno i usled prisustva sve većeg broj elektronskih komunikacionih uređaja u domaćinstvima i kod pojedinaca (laptopovi, tableti, mobilni telefoni i slično). Kada se broju ovih uređaja dodaju i podaci o njihovom eksploatacionom ciklusu dobija se potpuniji uvid. Na Slici 1 je data jednostavna ilustracija odnosa potrošnje energije, emisije CO<sub>2</sub> i životnog veka najzastupljenijih uređaja u domaćinstvima. Možemo uočiti da personalni uređaji poput pametnih telefona ili tableta imaju niži energetski i karbonski otisak ali i kraći životni vek u odnosu na, na primer, TV uređaj.



Slika 1. Poređenje uređaja prema potrošnji energije i emisiji CO<sub>2</sub> u odnosu na životni vek (prema [5])

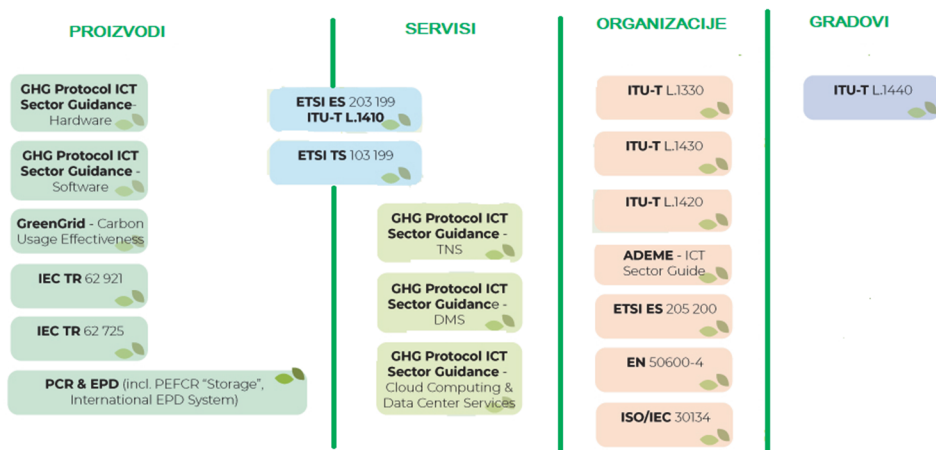
Sveukupno gledano IKT sektor beleži pozitivan rezultat u domenu energetske efikasnosti. Prema aktuelnim analizama potrošnja električne energije je konstantna iako se od 2010 godine obim prenosa podataka povećao deset puta [4]. Ovome treba dodati i da IKT sektor čini oko 6% svetske ekonomije sa konstantnim pozitivnim trendom. Pozitivni rezultati su pre svega posledica tehnoloških unapređenja. Jedan primer je digitalizacija TV emitovanja. Za razliku od analognog TV prenosa u digitalnoj modulaciji predajnici koriste znano manju količinu električne energije. Uzimajući u obzir njihov veliki broj (u hiljadama širom sveta) i činjenicu da pojedini imaju potrošnju 100–150 kW, kao i da se u slučaju digitalnog prenosa može jedan kanal od 8MHz iskoristiti za prenos do deset TV programa, uštede su značajne [6]

U kontekstu smanjenja negativnih efekata izgradnje i eksploatacije IKT sistema pokrenuto je nekoliko inicijativa. Među poznatijim su GeSI (engl. *Global e -Sustainability*

*Initiative*) na globalnom nivou i ICTFootprint na nivou EU. Obe inicijative se bave merama za smanjenje negativnih ekoloških efekata samog sektora IKT, ali i time kako IKT mogu pomoći drugim sektorima da smanje svoj energetski i karbonski otisak. Drugi pravac je vidljiv u okviru savremenih razvojnih strategija i koncepata poput pametnih gradovi. Radna grupe za pametne gradove Međunarodne unije za telekomunikacije (engl. *International Telecommunications Union – ITU*) je 2015. godine publikovala poseban priručnik za implementaciju IKT u NAP grada [7]. Domeni indirektnog doprinosa IKT se vezuju i za digitalizaciju poslovanja odnosno na servise kao što su e-uprava, e-učenje, e-trgovina i slično. Prema pojedinim procenama IKT mogu doprineti smanjenju emisija CO2 i do 15%, posebno u sektoru transporta, energetike, industrije i građevine [4].

Međutim, pojedine studije ukazuju na to da se doprinos IKT ne može sagledati jasno jer i su same IKT troše energiju i emituju GHG [8-12]. Petrović i Bojković [8-9] i Berković i saradnici [10] ilustruju ovaj dualizam na primeru tele-rada i supstitucije fizičkog kretanja. Higon i saradnici [11] pokazuju da se o pozitivnom doprinosu IKT može govoriti tek nakon što je dostignut *prag* njihovog razvoja, a su pre toga doprinosi praktično poništeni potrošnjom i emisijama samih IKT. Kureši [12] dalje analizira ovo stanovište i naziva ga IKT paradoksom. On insistira na tome da tehnološka efikasnost ne znači i održivost i da zbog toga govorimo o epitetu „smart“ jer upotreba tehnologije mora biti *pametna* da bi imala i željene pozitivne efekte.

Upravo iz razloga nejasnog doprinosa IKT smanjenu karbonskog otiska posebna pažnja se posvećuje razvoju metodologija za ocenu ekoloških efekata u IKT sektora. U ovim metodološkim okvirima značajno mesto imaju preporuke ITU (kao što je ona koja se odnosi na metodologiju za procenu uticaja IKT na životnu sredinu iz 2011. godine, engl. *Recommendation L.1400 (02/11)* [13]), ali i različiti korporativni standardi poput GHG protokola (Slika 2).



Slika 2: Metodologije za ocenu karbonskog i energetskog otiska u sektoru IKT [14]

I pored napredaka u razvoju metodologije blizu 70% donosioca odluka iz domena informacionih rehnologija nema uspostavljen sistem za merenje ekoloških performansi [4].

## 2.2. IKT i adaptacija

Kao što je ranije rečeno IKT u kontekstu adaptacije mogu biti sagleđane dvojako. Prvi ugao gledanja je direktan i proističe od toga da su telekomunikacije deo kritične infrastrukture. Izmenjeni meteorološki uslovi koji nastaju kao posledica klimatskih promena za posledicu imaju vežu izloženost IKT sistema prekidima i poremećajima u radu. Ovi poremećaji mogu biti direktni u smislu degradacije fizičkih komponenti infrastrukture, smanjenja raspoloživosti i pouzdanosti servisa ali i indirektni kao posledica prekida ili zastoja u nabavkama materijala odnosno komponenti sistema zbog prekida u logističkim, transportnim tokovima i produžavanja vremena potrebnog da se reupostavi normalna isporuka servisa. Posledično i jedni i drugi uticaji vode ka povećavanju operativnih troškova i smanjenju prihoda provajdera opreme i servisa.

U izveštaju Međunarodne unije za telekomunikacije (ITU) [15] se navodi da izmenjeni klimatski uslovi mogu voditi ka oštećenju i prekidima u radu IKT pre svega usled povećanja sezonskih temperatura, bujičnih poplava, klizišta i učestalijih pojava ekstremnog vetra. Pri tome se insistira da se moraju imati u vidu ne samo osmotrene promene klime već i projekcije. Sama analiza uticaja uključuje da se za svaki klimatski faktor najpre definišu njegovi uticaji a zatim svaki od njih dalje oceni u smislu posledica. Primer ovakvog pristupa je analiza uticaja klimatskih promena na IKT sektor u Velikoj Britaniji prema posebnoj matrici (Tabela 2) [16]

Tabela 2: Matrica ocene uticaja klimatskih promena na sektor IKT [prema 16]

Klimatski faktori ↓	Uticaj ↓	Posledice						Nivo uticaja		
		Degradacija infrastrukture	Raspoloživost servisa	Kvalitet servisa	Popravka i oporavak sistema	Troškovi poslovanja	Zdravlje i bezbednost na radu	Nacionalni	Lokalni	Individualni
Porast maksimalnih dnevnih temperatura; Hladni i topli talasi	Povećan rizik pregrevanja data centara, centrala i sl. Otkazi sistema za hlađenje									
	Povećan rizik po zdravlje radnika									
...										

Dalja analiza uticaja ide ka definisanju adaptivnih mera i načina njihove implementacije.

Kada govorimo o IKT i adaptaciji na klimatske promene veoma je važan doprinos koji IKT, a pre svega radio komunikacije, daju u domenu praćenja meteoroloških i

klimatskih promena. Satelitske komunikacije, meteorološki radari, praćenje površinske temperature mora (engl. *Sea Surface Temperature – SST*), sistemi komunikacije u podmornicama samo su neki od brojnih primera IKT sistema koji se primenjuju da bi se bolje sagledale izmenjene klimatske prilike. Posebno važan sistem čine pasivni i aktivni daljinski upravljački senzori na satelitima koji između ostalog služe i za praćenje klimatskih promena (npr. kroz kreiranje globalnih mapa distribucije CO<sub>2</sub> emisija ili mapa SSA, više u [6]). U kontekstu otpornosti na hazarde koji nastaju usled izmenjenih klimatskih važan element na bazi IKT su sistemi za rano upozoravanje (engl. *Early warning Systems-EWS*). EWS predstavlja sistem za prikupljanje i pružanje pravovremenih i značajnih informacija i upozorenja koje omogućavaju pojedincima, zajednicama i organizacijama da se pripreme i deluju na odgovarajući način i u dovoljnom roku da smanje štetu ili gubitak. Na primer u daljinsko očitavanje sa satelita se u okviru EWS koristi za praćenje promena u nivou mora, a sa ciljem ranog upozorenja na poplave. Savremeni visinomeri na ovim satelitima mogu da detektuju promene nivoa mora od 2-3 cm. Unapređenja EWS su najčešća mera koja se predlaže u studijama ocene uticaja klimatskih promena u raznim sektorima. Na primer u velikoj studiji uticaja klimatskih promena na Savski basen, na kojoj je punih deset godina radila Svetska banka ova mera je bila ocenjena kao najprioritetnija.

### **3. Koncepti *e-resilience* i *e-adaptation***

#### **3.1. Teorijska osnova**

Veze između IKT i klimatskih promena su višestruke i kompleksne. U literaturi se može naći veoma mali broj izvora koji sveobuhvatno i sistematično analiziraju ove veze. Pomak postoji od 2010 godine kada je publikovana studija čiji su autori Ospina i Hicks (engl. Ospina and Heeks, [17]). U ovoj studiji su definisana dva nova koncepta *e-resilience* i *e-adaptation*. U njihovom određenju se polazi od toga da su ranjivost, adaptivni kapacitet i otpornost tri ključne dimenzije adaptacije na klimatske promene, a da otpornost (engl. *resilience*) treba posmatrati kao svojstvo sistema. Autori dalje definišu sledeća pod-svojstva odnosno attribute otpornosti koja treba analizirati: robusnost, domet, redundantnost, rapidnost, elastičnost, samo-organizacija i učenje. U kasnijim fazama (razvoj alata za *e-resilience*) definisana je još jedno pod-svojstvo - jednakost. Koncept e-otpornost je objašnjen kroz uspostavljanje veze IKT sa svakim od ovih pod-svojstava. Na primer u domenu elastičnosti IKT omogućavaju da se deo aktivnosti koje usled hazarda ne mogu biti realizovane uobičajeno, *prenesu* u onlajn okruženje (rad od kuće, tele-medicina, nastava na daljinu).

U domenu e-adaptacije autori objašnjavaju sistematično kako IKT mogu doprineti pojedinim sektorima da svoj rad i razvoj planiraju u skladu sa očekivanim promenama klime. Ulogu IKT autori ilustruju kroz konkretne primere kao što je korišćenje aplikacija u oblasti medicine (Cell-PREVEN, ALERTA) za praćenje promena u obrascima boljevanja koje nastaju kao posledica izmenjenih klimatskih uslova [18]. Analitička podrška konkretnim rešenjima *e-adaptacije* su, između ostalog, GIS i novi pristupi u prikupljanju podataka kao što je *crowdsensing* – prikupljanje podataka od velikog broja korisnika (mase ljudi) putem pametnih uređaja (mobilni telefoni, tableti i slično).

### 3.2. Alati

Na osnovama koncepta *e-resilience* nastali su i novi alati za DRM. Jedan od njih je RABIT (engl. *Resilience Assessment Benchmarking and Impact Toolkit*) [19]. Centralna komponenta ovog alata je benčmarking uloge IKT u otpornosti sistema koji se analizira. RABIT je tako postavljen da su atributi otpornosti povezani sa poznatim PDCA (Plan-Do-Check-Act) ciklusom, a u delovima za nivo organizacije i modelom za standardizaciju ERM (engl. *Enterprise Risk Management*) koji se koristi za upravljanja rizikom u poslovnim sistemima [20]. Osnovni izlaz RABIT alata je specifična matrica koja podseća na klasičnu matricu ocene uticaja (Tabela 2) ali umesto da se ocena vrši po klimatskim faktorima data je po atributima otpornosti (pod-svojsstvima otpornosti sistema). Za svaki od ovih atributa mapiraju se prioriteti (markeri otpornosti), a za svaki od prioriteta daju *e-resilience* intervencije zajedno sa nivoom angažovanosti (nivo zajednice, nivo opštine, nacionalni nivo). Jedan od izlaza je i *matrica markera* u kojoj se za svaki atribut daje marker otpornosti a zatim za svaki marker i agregatni skor upotrebe IKT. RABIT ima nekoliko vizualizacija outputa: *semafor* (crveno za visoke prioritete gde je nivo upotrebe IKT 0-33%; žuto za prioritete srednjeg nivoa sa upotrebom IKT 34-66% i zelene za niske prioritete u kojima je nivo upotrebe IKT 67-100%) i *točak otpornosti* (koja vizualizuje matricu markera).

### 3.3. Druga shvatanja

Konceptualizacija i operacionalizacije *e-resilience* koju su dali Ospina i Hiks, nije jedina odnosno ovaj pojam se u literaturi može pronaći i u drugom kontekstu. Primer je elektronska trgovina. Singleton i saradnici [21] uvode koncept *e-resilience* da bi analizirali ranjivost maloprodajnih objekata na rast onlajn kupovine (u zavisnosti od veličine maloprodajnog objekata i njegove lokacije u prostoru). Ovde su IKT drugačije viđene odnosno kao negativni faktor za razliku od konteksta klimatskih promena (pristup Ospine i Hiksa).

ESCAP (engl. *Economic and Social Commission for Asia and the Pacific*), regionalni hab pri Ujedinjenim nacijama, *e-resilience* definiše kao sposobnost IKT sistema da se odupru, oporave i prilagode spoljnim poremećajima kao što su prirodne katastrofe [22]. Uz ovu definiciju je dodato da se *e-resilience* takođe odnosi na korišćenje IKT za postizanje otpornosti društva. ESCAP je razvio set alata (engl. *e-resilience toolkit*) za DRM pre svega namenjenih regionu Azija-Pacifik koji je viđen kao najpogođeniji prirodnim katastrofama [23]. U skladu sa definicijom *e-resilience* ESCAP opisuje ulogu IKT po kategorijama DRM i to iz perspektive dvojake uloge IKT: otpornost samih IKT i IKT kao podrška otpornosti društva. Dalje su svi alati razvrstani u matrici koja u vrstama sadrži aspekte *e-resilience* (razumevanje i sagledavanje rizika; planiranje mreže, planiranje vanrednih situacija, humanitarni odgovor, spremnost, politika, komunikacija sa građanima), a u kolonama vrste hazarda (zemljotres, poplava, ciklon/tajfun, cunami, klizište, vulkanska erupcija, izlivanje ledničkog jezera, ekstremni meteorološki uslovi). Za svaku kombinaciju je dat set alata sa primerima primene. Primer rešenja koje se dobija na ukrštanju planiranja mreže i klizišta je prenosiva bazna stanica (u formi ranca, engl. *backpack LTE*) koja koristi satelitski prenos i ima pokrivenost od 8km. Postoji i niz multi-hazard rešenja, mahom u formi simulacionih softvera (InaSAFE, GeoDASH i drugi).

## 4. Zaključak

Doprinos IKT adaptaciji na klimatske promene je značajan i biće sve značajniji. Kako bi se iskoristili svi potencijali i objektivno sagledali doprinosi neophodno je da postoji sveobuhvatan i sistematičan uvid u značaj IKT za otpornost sistema na izmenjene klimatske prilike. U tu svrhu pored pojedinačnih rešenja (za konkretne klimatske uticaje i sisteme) razvijaju se i opšti koncepti poput *e-resilience*. Njihov cilj je da na jednom mestu detaljno oslikaju ulogu IKT u suočavanju sa klimatskim promenama. Iako su konkretna rešenja otišla daleko u svom razvoju, sveobuhvatni konceptualni okviri i njihova operacionalizacija su još uvek u razvoju. Jedan od pravaca daljih istraživanja je povezivanje IKT i ISO standarda za adaptaciju na klimatske promene - *ISO/DIS 14091* (engl. *Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment*) koji je u fazi definisanja.

## Zahvalnica

Ovaj rad je rezultat istraživanja na projektu TR 36022 "Upravljanje kritičnom infrastrukturom za održivi razvoj u poštanskom, komunikacionom i železničkom sektoru Republike Srbije" koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- [1] World Bank, *Climate Change-overview*, Available at: <https://www.worldbank.org/en/topic/climatechange/overview>
- [2] UNDP Studija o socio-ekonomskim aspektima klimatskih promena u Republici Srbiji, 2019. Dostupno na: <https://www.undp.org/content/dam/serbia/Nacr%20Studije%20o%20Socio-ekonomskim%20aspektima%20klimatskih%20promena%20u%20Republici%20Srbiji.pdf>
- [3] M. Berners-Lee, *How bad are bananas?: the carbon footprint of everything*. Greystone Book, 2011.
- [4] ICTFOOTPRINT. *What is ICT carbon footprint?*, 2020. Available at: <https://ictfootprint.eu/en/about/ict-carbon-footprint/ict-carbon-footprint>
- [5] J., Malmmodin and D. Lundén (2018). "The energy and carbon footprint of the global ICT and E&M sectors 2010–2015". *Sustainability*, 10(9), 3027.
- [6] ITU Brochure, *Radio communications and Climate Change*, 2013, Available at: <https://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=en&year=2009&issue=04&ipage=26&ext=html#fig2>
- [7] ITU. *Information and communication technologies for climate change adaptation in cities*, ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities, 2015, Available at: <https://www4.unfccc.int/sites/NAPC/Documents/Supplements/ICTs-for-climate-change-adaptation.pdf>
- [8] N. Bojković and M. Petrović, "Mogućnosti evaluacije doprinosa informaciono-komunikacionih tehnologija smanjenju karbonskih emisija". *Zbornik radova „Postel*, pp. 78-86, 2011



- [9] M. Petrović and N. Bojković. “Pravci standardizacije postupaka ocene ekoloških uticaja informaciono-komunikacionih tehnologija”. *Zbornik radova „Postel*, pp. 69-78, 2012
- [10] M. Berković, A. Kosovac and A. Džebo, A. “Analysis methodologies of assessment of impact teleworking on the decrease carbon emissions of physical mobility”. In *2013 36th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 519-525). IEEE. (2013, May).
- [11] D. A. Higón, R. Gholami, and F. Shirazi, F. (2017). ICT and environmental sustainability: A global perspective. *Telematics and Informatics*, 34(4), 85-95.
- [12] S. Qureshi, S. “Climate change adaptation for sustainable development: the information and communication technology (ICT) paradox”, Editorial note to vol. 29, Issue 4. pp. 625-629, 2019
- [13] ITU. Recommendation L.1400 (02/11). Overview and general principles of methodologies for assessing the environmental impact of information and communication technologies. 2011. Available at: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1400-201102-I/en>
- [14] ICTFOOTPRINT. *Map of ICT Methodologies*, 2020 Available at: <https://ictfootprint.eu/en/ict-methodologies/map-ict-methodologies>
- [15] A. V. Ospina, D. Faulkner and K. Dickerson. Resilient pathways: the adaptation of the ICT sector to climate change. *ITU Report*. 2014
- [16] L. Horrocks, J. Beckford, N. Hodgson, C. Downing, R. Davey and A. O’Sullivan. “Adapting the ICT sector to the impacts of climate change—final report. *Defra contract number RMP5604*. Defra: London, 2010. Available at: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/183486/infrastructure-aea-full.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/183486/infrastructure-aea-full.pdf)
- [17] A. V. Ospina and R. Heeks . Linking ICTs and Climate Change Adaptation: A Conceptual Framework for e-Resilience and e-Adaptation. In *Linking ICTs and Climate Change Adaptation: A Conceptual Framework for e-Resilience and e-Adaptation* (pp. 39-39). 2010
- [18] E. Heeks and A. V. Ospina, “Conceptualising the link between information systems and resilience: A developing country field study”. *Information Systems Journal*, 29(1), pp. 70-96, 2019.
- [19] A. V. Ospina and R. Heeks, *Resilience Assessment Benchmarking and Impact Toolkit (RABIT): Implementation Handbook*, 2016, Available at: <http://www.niccd.org/resilience>
- [20] S. P. Tarle, M. Petrović and N. Bojković, “Upravljanje rizikom prema modelu ISO 31000 u pružanju poštanskih usluga”. *Zbornik radova „Postel*, pp. 75-84, 2009.
- [21] A. D. Singleton, L. Dolega, D. Riddlesden and P. A. Longley. “Measuring the spatial vulnerability of retail centres to online consumption through a framework of e-resilience.” *Geoforum*, 69, 5-18, 2016
- [22] ESCAP, *E-Resilience in Asia and the Pacific*, 2020, Available at: <https://drrgateway.net/e-resilience/about>
- [23] ESCAP, *Asia-Pacific E-Resilience Toolkit*, 2020, Available at: <https://drrgateway.net/e-resilience/about>

**Abstract:** *The increasing occurrence of the consequences of extreme weather conditions, such as floods, landslides, forest fires, has made the issues of adaptation to climate change to become an indispensable element of many development agendas. The role of information and communication technologies (ICT) in this context is twofold. On the one hand, it is aimed at increasing the ability of ICT systems to resist, recover and adapt to the impacts arising from natural disasters. On the other hand, ICTs are recognized as an important resource in increasing the resilience of other sectors and society as a whole. In order to offer an integrated view of the role of ICT in dealing with climate change, new concepts have been developed, such as e-resilience and e-adaptation. These concepts are analysed in this paper from the perspective of their interpretation and tools for their operationalization.*

**Keywords:** *climate change, ICT, e-resilience, e-adaptation, critical infrastructure.*

**INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES  
AS A SUPPORT FOR ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE**

Marijana Petrović