



foi

**FAKULTET
ORGANIZACIJE
I INFORMATIKE**

Nova metoda za analizu složenih problema odlučivanja temeljena na analitičkom mrežnom procesu i analizi društvenih mreža

Nikola Kadoić

Mentorice:

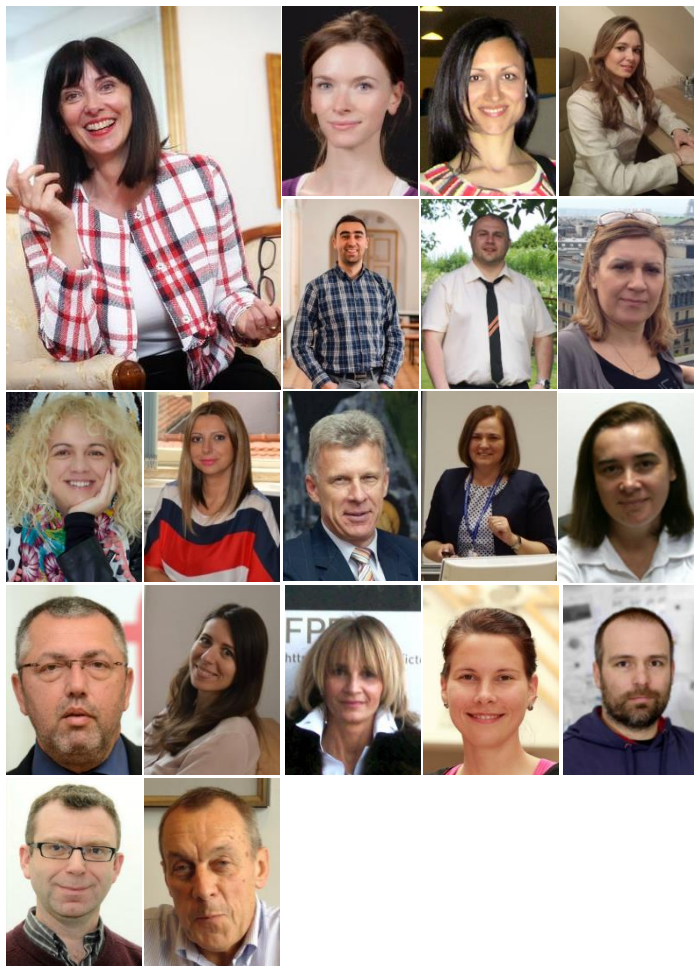
Prof.dr.sc. Blaženka Divjak

Izv.prof.dr.sc. Nina Begičević Ređep



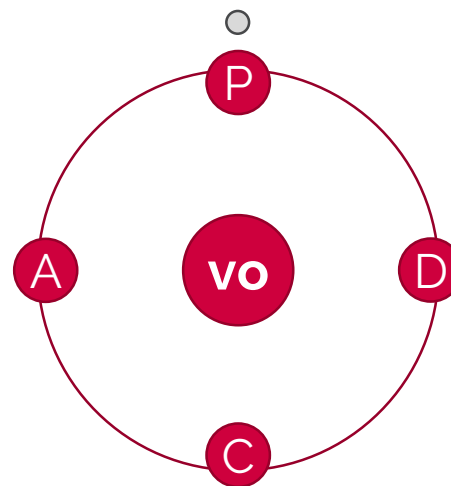
Ovaj rad sufinancirala je
Hrvatska zaklada za znanost

PROJEKT HIGHERDECISION



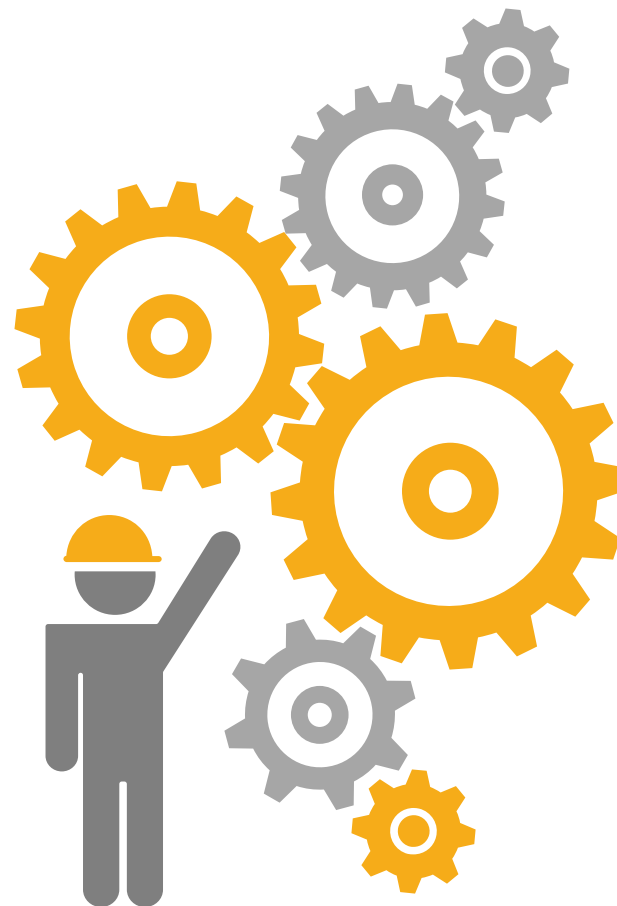
- Dvije osnovne **komponente**:

1. Razvoj metodološkog okvira donošenja strateških odluka u visokom obrazovanju (VO) i praćenje njihove provedbe.
2. Primjena, prilagodba i provjera dane metodologije na primjeru implementacije odluke o uvođenju otvorenog učenja i učenja na daljinu.



SADRŽAJ

1. Donošenje odluka u VO
2. Ciljevi i hipoteze istraživanja
3. Analitički mrežni proces
4. Analiza društvenih mreža
5. Metoda SNAP
6. Evaluacija metode SNAP
7. Zaključak



SADRŽAJ DOKTORSKOG RADA

1. Donošenje odluka u VO
2. Ciljevi i hipoteze istraživanja
3. Analitički mrežni proces
4. Analiza društvenih mreža
5. Metoda SNAP
6. Evaluacija metode SNAP
7. Zaključak



Koraci procesa znanosti o dizajniranju

1. DONOŠENJE ODLUKA U VO

- **Važnost** strateškog planiranja i odlučivanja u upravljanju VO institucijom
- **Karakteristike** hrvatskog VO u kontekstu strateškog planiranja i odlučivanja
- **Karakteristike** metoda za primjenu u VO
- Pregled **frekventnosti (F)** metoda korištenih za potrebe strateškog planiranja i odlučivanja + pridruživanje fazama strateškog planiranja (PDCA)

Problem

Prijedlog

Razvoj

Evaluacija

Zaključak

Karakteristika	ANP	AHP	Pro	Ele	Top
Strukturiranje	+	+	-	-	-
Višekriterijska	+	+	+	+	+
Zavisnosti	+	-	-	-	-
Kvantitativne s.	+	+	+	+	+
Kvalitativne s.	+	+	+-	+-	+-
Grupno	+	+	+-	+-	+-
Osjetljivost	+	+	+	+	+
Rizici	+	+	+	+	+
Koristi i troškovi	+	+	+	+	+

F	Metode (metodologije)
9	AHP
3	Linearno programiranje, DEA
2	ANP, BSC, Rudarenje podataka, KPI, TQM
1	TRIZ, PROMETHEE, Utemeljena teorija, teorija igara, analitike učenja, <i>cost-benefit</i> analiza, strukturno modeliranje jednadžbi

2. CILJEVI | HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Problem

- **C1.** Nadograditi metodu ANP (analitički mrežni proces) s elementima metode SNA (analiza društvenih mreža), a s ciljem premošćivanja nekih od nedostataka u primjeni metode ANP.

Prijedlog

- **C2.** Odrediti klase problema na kojima metoda ANP nadograđena s metodom SNA daje rezultate koji su usporedivi s rezultatima metode ANP, uz uvjet da je odlučivanje učinkovitije.

Razvoj

- **H1.** Korisnička složenost kombinirane metode SNA-ANP manja je od korisničke složenosti metode ANP.
- **H2:** Primjena kombinirane metode SNA-ANP daje usporedive rezultate s rezultatima metode ANP za određene klase problema uz uklanjanje nekih nedostataka metode ANP odlučivanja.

Evaluacija

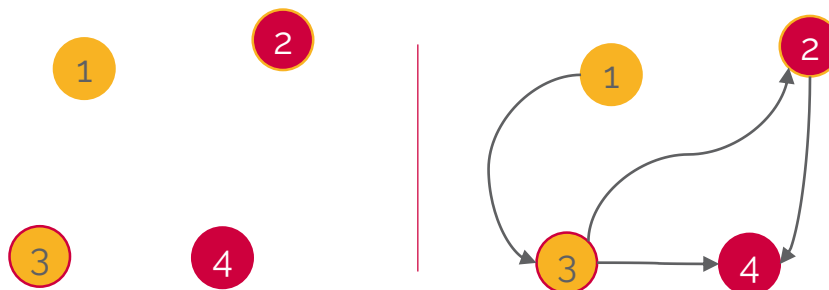
Zaključak

- Ograničenje: istraživanje obuhvaća razinu kriterija (bez alternativa)

3. ANALITIČKI MREŽNI PROCES

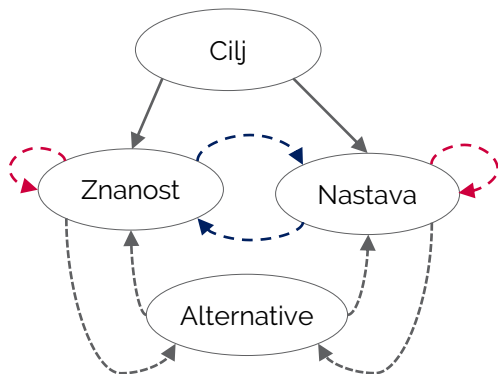
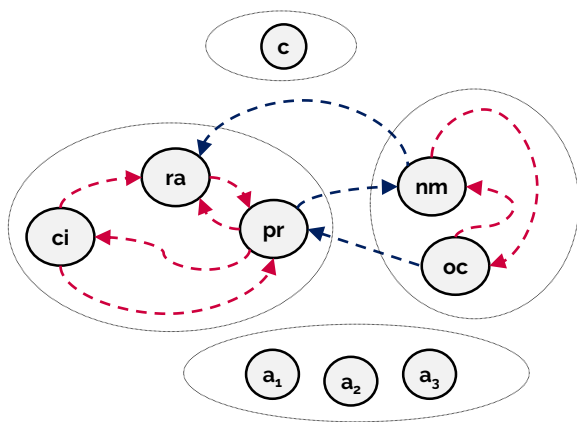
- Problem
- Prijedlog
- Razvoj
- Evaluacija
- Zaključak

- **Utjecaj/zavisnost**
 - Utjecaj: djelovanje na koga ili što tako da mijenja postupke
 - Zavisnost: stanje onoga koji je zavisan; uvjetovanost, nesamostalnost; ovisnost
- **Utjecaj/zavisnost među kriterijima**
 - [ALTERNATIVE] Promjena vrijednosti alternative po jednom kriteriju **mijenja** vrijednost alternative po drugom kriteriju
 - [CILJ] Realizacijom cilja prvog kriterija **mijenja** se realizacija cilja drugog kriterija



3. ANALITIČKI MREŽNI PROCES

- Problem
- Prijedlog
- Razvoj
- Evaluacija
- Zaključak



	c	nm	oc	ra	ci	pr	a1	a2	a3
c	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nm	0.33	0	1	0	0	1	0.2	0.4	0.6
oc	0.67	1	0	0	0	0	0.8	0.6	0.4
ra	0.25	1	0	0	0.5	0.6	0.2	0.4	0.6
ci	0.25	0	0	0	0	0.4	0.2	0.5	0.3
pr	0.5	0	1	1	0.5	0	0.6	0.1	0.1
a1	0	0.5	0.5	0.2	0.4	0.6	0	0	0
a2	0	0.3	0.2	0.2	0.5	0.3	0	0	0
a3	0	0.2	0.3	0.6	0.1	0.1	0	0	0

	C	Z	N	A
C	0	0	0	0
Z	0.5	0.33	0.33	0.5
N	0.5	0.33	0.33	0.5
A	0	0.33	0.33	0

	c	nm	oc	ra	ci	pr	a1	a2	a3
c	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nm	0.17	0	0.3	0	0	0.3	0.1	0.2	0.3
oc	0.33	0.3	0	0	0	0	0.4	0.3	0.2
ra	0.12	0.3	0	0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3
ci	0.12	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.1
pr	0.26	0	0.3	0.5	0.2	0	0.3	0.1	0.1
a1	0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0	0	0
a2	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0
a3	0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0	0	0

k → ∞

3. ANALITIČKI MREŽNI PROCES



- **Ograničenja** – Saaty skala
- **Velik** broj usporedbi u parovima
- Analiza nekonzistencije je **otežana**
- **Utjecaj** strukture na prioritete
- **Nerazumijevanje** usporedbi kriterija odnosu na treći kriterij (*ra, pr* → *ci*)
- **Nerazumijevanje** usporedbi klastera (*self*, alternative)
- **Refleksivnost** ?
- Usporedbe s obzirom na **cilj** ?
- **Neodvojivost** kriterija i alternativa
- **Stohastičnost** supermatrice (prilagodba unutarnjoj strukturi; stupac *ci*, stupac *pr*)

	c	nm	oc	ra	ci	pr	a1	a2	a3
c	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nm	0.33	0	1	0	0	1	0.2	0.4	0.6
oc	0.67	1	0	0	0	0	0.8	0.6	0.4
ra	0.25	1	0	0	0.5	0.6	0.2	0.4	0.6
ci	0.25	0	0	0	0	0.4	0.2	0.5	0.3
pr	0.5	0	1	1	0.5	0	0.6	0.1	0.1
a1	0	0.5	0.5	0.2	0.4	0.6	0	0	0
a2	0	0.3	0.2	0.2	0.5	0.3	0	0	0
a3	0	0.2	0.3	0.6	0.1	0.1	0	0	0

	C	Z	N	A
C	0	0	0	0
Z	0.5	0.33	0.33	0.5
N	0.5	0.33	0.33	0.5
A	0	0.33	0.33	0

	c	nm	oc	ra	ci	pr	a1	a2	a3
c	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nm	0.17	0	0.3	0	0	0.3	0.1	0.2	0.3
oc	0.33	0.3	0	0	0	0	0.4	0.3	0.2
ra	0.12	0.3	0	0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3
ci	0.12	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.1
pr	0.26	0	0.3	0.5	0.2	0	0.3	0.1	0.1
a1	0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0	0	0
a2	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0
a3	0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0	0	0

$k \rightarrow \infty$

4. ANALIZA DRUŠTVENIH MREŽA

Problem

- Kompleksna **metodologija** za analizu složenih društvenih struktura
- **Elementi** mreže su ljudi, organizacijske jedinice, organizacije, razna tijela, države ... projekti, radovi, ključne riječi ... **kriteriji!**

Prijedlog

- 5 faza: **zahtjev**, **plan** (opseg, forma, metode), **prikupljanje** podataka, **analiza** prikupljenih podataka (primjena metoda i izrada izvještaja), **zaključak**

Razvoj

- **Metode** za analizu društvenih mreža:

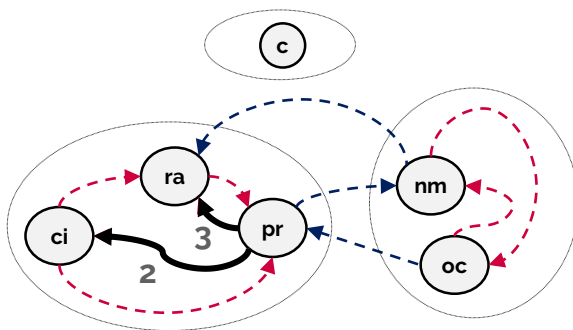
- Mjere centraliteta
 - Stupanj centraliteta (engl. *degree*)
 - Centralitet blizine (engl. *closeness*)
 - Centralitet „smještanja između“ (engl. *betweenness*)
 - Informacijski centralitet
 - PageRank centralitet
 - ostali
- Podstrukture (klike, n -klike, klanovi, n -klanovi, plexusi, k -plexusi, lambda skupovi, točke prekida)

Evaluacija

Zaključak

4. ANALIZA DRUŠTVENIH MREŽA

Problem
Prijedlog
Razvoj
Evaluacija
Zaključak



↓

	c	nm	oc	ra	ci	pr
c	0	0	0	0	0	0
nm	0.33	0	1	0	0	1
oc	0.67	1	0	0	0	0
ra	0.25	1	0	0	0.5	0.6
ci	0.25	0	0	0	0	0.4
pr	0.5	0	1	1	0.5	0

- Prilikom davanja procjene donositelj odluke mora:
 - Procijeniti težinu veze $ra \rightarrow pr$
 - Procijeniti težinu veze $ci \rightarrow pr$
 - Usporediti prethodne dvije težine
- DEMATEL skala (0-4)

pr	ra	ci
ra	1	2
ci	0.5	1

Analiza „PUNE” težinske usmjerene mreže veza među kriterijima „Rušenje” granica klastera

D	nm	oc	ra	ci	pr
nm	0	3	1.4	1	4
oc	4	0	2	0.9	1
ra	4	0.9	0	4	4
ci	1	1	1	0	4
pr	0	3	4	4	0

4. ANALIZA DRUŠTVENIH MREŽA

Problem

- „Filtriranje” mjera centraliteta (potencijal za novu metodu)
 - Stupanj centraliteta (engl. *degree*)
 - Odlazni stupanj centraliteta (O)
 - Dolazni stupanj centraliteta (I)

Prijedlog

D	nm	oc	ra	ci	pr	O	I	r
nm	0	3	1.4	1	4	9.4	9	0.4
oc	4	0	2	0.9	1	7.9	7.9	0
ra	4	0.9	0	4	4	12.9	8.4	4.5
ci	1	1	1	0	4	7	9.9	-2.9
pr	0	3	4	4	0	11	13	-2

Razvoj

- PageRank centralitet ... $G=0.85S+0.15E$... G^∞
 - Originalni težinski PageRank
 - „ne-stohastični” PageRank temeljem DEMATELA
 - „ne-stohastični” PageRank

Evaluacija

Zaključak

5. METODA SNAP

Problem

Prijedlog

Razvoj

Evaluacija

Zaključak

- 12 inačica metode SNAP (6 parova, 3+3)
- Ukupnu težinu kriterija određuju: (1) važnosti kriterija s obzirom na cilj odlučivanja (snaga) te (2) važnosti kriterija s obzirom na utjecaje (zavisnosti) među kriterijima
- „neparni” SNAP = AHP + „parni” SNAP (aritmetička sredina)

	Specifičnost primjene	Važnost s obzirom na cilj	Bez važnosti s obzirom na cilj
Stupanj centraliteta	Normalizacija stupca r razlikom stvarno najvećeg i najmanjeg r -a	SNAP1	SNAP2
	Normalizacija stupca r najmanjim r -om uvećanim za 1	SNAP3	SNAP4
	Normalizacija s $4(n-1)$	SNAP5	SNAP6
PageRank centralitet	„Ne-stohastični” PageRank temeljen na DEMATEL-u	SNAP7	SNAP8
	Originalni PageRank	SNAP9	SNAP10
	„Ne-stohastični” PageRank	SNAP11	SNAP12

6. EVALUACIJA METODE **SNAP**

Problem

- **Usporedivost** rezultata metode SNAP s metodom ANP (C2 i H2)
 - Softverska simulacija
 - 3 studije slučajeva

Prijedlog

- **Korisnička složenost** metode SNAP (C1 i H1)
 - Provedba upitnika (3 studije slučajeva)

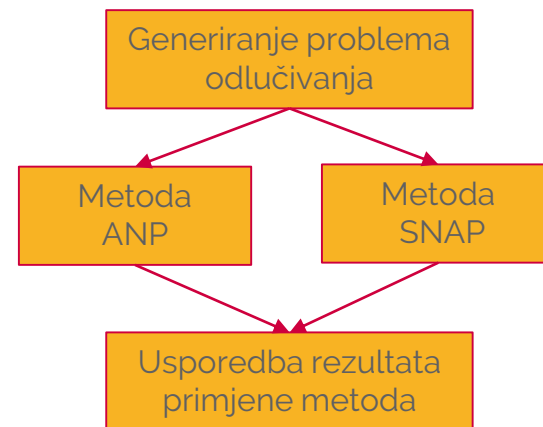
Razvoj

- Usporedba **karakteristika** metode*
- **Kvalitativna** analiza

Evaluacija

- 3 studije slučajeva:
 - Određivanje težina kriterija u problemu evaluacije znanstvenika,
 - Određivanje težina domena u modelu za procjenu digitalne zrelosti visokih učilišta,
 - Određivanje prioriteta strateških ciljeva u Strateškoj mapi ciljeva na Fakultetu organizacije i informatike.

Zaključak



6. EVALUACIJA METODE **SNAP**

Problem

- **Softverska simulacija**

- **SNAP10** pokazuje najbolje rezultate (originalni stohastički PageRank centralitet)
- SNAP=SNAP11

Prijedlog

- **Studije slučajeva i korisnička složenost**

	n	R1	Spearman	Broj poslova ANP	Broj poslova SNAP	Trajanje davanja inputa ANP	Trajanje davanja inputa SNAP
1	7	100	1	672	84	25	15
2	7	100	1	672	84	30	15
3	33	30*	1	1419	1134	35	15

Razvoj

Evaluacija

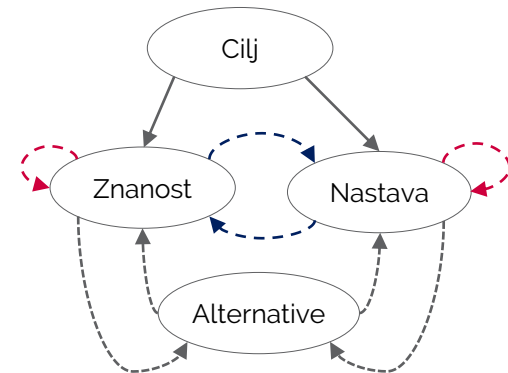
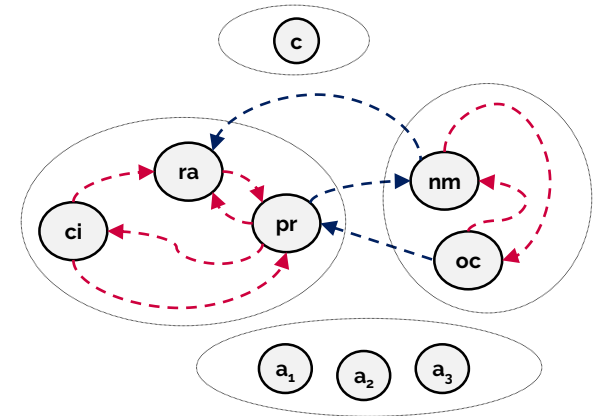
Zaključak

	Aktivnost - N = 34 (5)	Prosjek	Mod	ANP	SNAP
1	Određivanje postojanja utjecaja među elementima	2.63	2	*	*
2	Određivanje težina utjecaja među elementima	3.21	3		*
3	Uspoređivanje važnosti elemenata s obzirom na cilj	3.32	4	*	
4	Uspoređivanje važnosti elemenata s obzirom na druge elemente	3.84	4	*	
5	Uspoređivanje važnosti klastera s obzirom na druge klastera	4.86	5	*	

6. EVALUACIJA METODE SNAP

Problem
Prijedlog
Razvoj
Evaluacija
Zaključak

- **Ograničenja** – Saaty skala
- **Velik** broj usporedbi u parovima
- Analiza nekonzistencije je **otežana**
- **Utjecaj** strukture na prioritete
- **Nerazumijevanje** usporedbi kriterija odnosu na treći kriterij
- **Nerazumijevanje** usporedbi klastera (*self*, alternative)
- **Refleksivnost** ?
- Usporedbe s obzirom na **cilj** ?
- **Neodvojivost** kriterija i alternativa
- **Stohastičnost** supermatrice (prilagodba unutarnjoj strukturi; stupac *ci*, stupac *pr*)



6. EVALUACIJA METODE SNAP

Problem

Prijedlog

Razvoj

Evaluacija

Zaključak

- **Ograničenja istraživanja:**
 - Razina jednog kontrolnog kriterija, bez alternativa
 - Ograničeni „uzorak” softverske simulacije
 - 4 varijante metode ANP u simulaciji (radi karakteristika metode ANP)
- Mogući **smjerovi** nastavka istraživanja:
 - Agregacija geometrijskom sredinom (važnost/snaga + utjecaj) + normalizacija
 - Množenje matrice utjecaja snagom kriterija prije primjene SNAP12
 - Snaga kriterija na glavnu dijagonalu matrice utjecaja
 - Povećati DEMATEL skalu (7=4)
 - Uključenje alternativa u istraživanje
 - Primjena metode na više kontrolnih kriterija
 - Uključenje načina utjecaja među kriterijima (pozitivan i negativan utjecaj)

7. ZAKLJUČAK

Problem

- C1. Nadograditi metodu ANP (analitički mrežni proces) s elementima metode SNA (analiza društvenih mreža), a s ciljem premošćivanja nekih od nedostataka u primjeni metode ANP. ✓

Prijedlog

- C2. Odrediti klase problema na kojima metoda ANP nadograđena s metodom SNA daje rezultate koji su usporedivi s rezultatima metode ANP, uz uvjet da je odlučivanje učinkovitije. ✓

Razvoj

- H1. Korisnička složenost kombinirane metode SNA-ANP manja je od korisničke složenosti metode ANP. ✓

Evaluacija

- H2: Primjena kombinirane metode SNA-ANP daje usporedive rezultate s rezultatima metode ANP za određene klase problema uz uklanjanje nekih nedostataka metode ANP odlučivanja. ✓

Zaključak

7. ZAKLJUČAK

Problem

Prijedlog

Razvoj

Evaluacija

Zaključak

- **Diseminacija** istraživanja (artefakta) – zadnji korak metode
 - **Konferencijski radovi** (EDEN16, **EDEN17**, MIPRO17, SOR17, CECIIS17, MIPRO18, CECIIS18, KOI18, KOI18, ICCSIT18)
 - **Radovi u časopisima** (JIOS18, **CJOR18**, TEM17, TEM18, JCP18, CRORR18)
 - WOS=7
 - Scopus=8
 - Inspec=6
 - SCIE=1





foi

**FAKULTET
ORGANIZACIJE
I INFORMATIKE**

Nova metoda za analizu složenih problema odlučivanja temeljena na analitičkom mrežnom procesu i analizi društvenih mreža

Nikola Kadoić

Mentorice:

Prof.dr.sc. Blaženka Divjak

Izv.prof.dr.sc. Nina Begičević Ređep



Ovaj rad sufinancirala je
Hrvatska zaklada za znanost