

# Digital Maturity of Higher Education Institution: A meta model of the Analytical Network Process (ANP) and Decision EXpert (DEX)

---

Đurek, Valentina; Kadoić, Nikola; Dobrović, Željko

Source / Izvornik: **Proceedings of Central European Conference on Information and Intelligent Systems 2018, 2018, 223 - 230**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:826694>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository](#)



# Digitalna zrelost visoko obrazovnih institucija: Metamodel analitičkog mrežnog procesa i metode *decision expert*

Valentina Đurek

Grad Zabok  
ZIVTOV trg 10, 49210 Zabok  
valentina@zabok.hr

Nikola Kadoić

Fakultet organizacije i informatike  
Pavlinska 2, 42000 Varaždin  
nkadoic@foi.hr

Željko Dobrović

Veleučilište Velika Gorica  
Zagrebačka 5, Velika Gorica  
zeljko.dobrovic@vvg.hr

**Sažetak.** Razvojem informacijsko-komunikacijskih tehnologija (IKT), digitalna zrelost visokoobrazovnih institucija (VOI) postaje sve važnija. U ovom radu metode analitički mrežni proces (engl. *analytic network process*, ANP) i metoda *decision expert* (DEX) su prezentirane i demonstrirane na primjeru domena za određivanje digitalne zrelosti VOI-a. ANP je kvantitativna metoda. DEX je kvalitativna metoda. Razina digitalne zrelosti (RDZ) je dvokomponentna kombinacija rezultata implementacije dviju metoda. Dodatno, dizajniran je model entiteti-veze-atributu (engl. *entities, relationships, attributes, ERA*) tih dviju metoda kombiniranih za izračun dvokomponentne RDZ VOI-a.

**Glavne riječi.** ANP, DEX, metamodeliranje, digitalna zrelost, okvir, visokoobrazovne institucije

## 1 Uvod

Ovo istraživanje dio je šire studije koja ima za cilj kreirati instrument za mjerenje cjelokupne RDZ neke VOI. U ovom radu, RDZ je modeliran kao dvokomponentna mjera. Jedna komponentna predstavlja RDZ izračunat primjenom metode ANP, a druga komponenta predstavlja DRZ određen primjenom metode DEX.

Visoka kvaliteta i izvrsnost u istraživanju kod VOI nije moguća bez primjene IKT-a. IKT je osnova za nova postignuća, analizu i suradničku atmosferu. Korištenje i integracija IKT-a u učenju, podučavanju, istraživanju i transferu tehnologija doprinose digitalnoj zrelosti VOI-a. Koncept digitalne zrelosti je važan za VOI koje, zahvaljujući brzom razvoju IKT-a, imaju rastuću želju za razvojem novih nastavnih i poslovnih procesa i razumijevanje promjena u društvu, na tržištu i u organizacijama (Kampylis, Punie, & Devine, 2015; SCALE CCR, 2012).

Kvalitativna analize literature obuhvatila je nekoliko modela zrelosti s primjenom u podučavanju i 16 okvira za digitalnu zrelost u podučavanju. Rezultati analize pokazuju da ne postoje razvijeni okvir za digitalnu zrelost visokoobrazovnih institucija

(ODZVOI), kao ni instrumenta za procjenu digitalne zrelosti visokoobrazovne institucije (IPDZVOI) (Đurek, Begičević Ređep, & Divjak, 2017).

U razvoju ODZVOI-a i IPDZVOI-a primjenjuje se kompleksna metodologija koja obuhvaća skup metoda, tehnika i instrumenta, uključujući kvalitativnu analizu i usporedbu okvira za opisivanje digitalne zrelosti organizacija sa strateškim dokumentima na nacionalnoj i međunarodnoj razini i analiza postojeće projektne dokumentacije.

DEMATEL (engl. *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*) (Shih-Hsi Yin, 2012), metoda ANP (Divjak & Ređep, 2015), metoda sortiranja karata (Watts & Stenner, 2005), fokus grupe (Hines, 2000), kompozitni indeks (Hines, 2000), upitnici i intervjui se također koriste u razvoju okvira i instrument. Metode kvalitativne analize, metoda sortiranja karata, fokus grupe, Delphi metoda, omjer valjanosti sadržaja (engl. *content validation ratio*) (Lawshe, 1975) se koriste u području visokog obrazovanja i IKT-a kako bi se identificirale domene i elementi ODZVOI-a. ODZVOI sadrži sedam domena koje sadrže ukupno 43 elementa. S obzirom na limite u broju stranica rada, ne prikazujemo sve elemente i njihove opise.

Metode upitnika i intervjua su korištene u opisnoj fazi prilikom izrade ODZVOI-a i IPDZVOI-a, kao i u fazi revizije ODZVOI-a (fokus grupe). Razvijeni ODZVOI osnova je za strateško planiranje i odlučivanje o primjeni IKT-a u VOI s obzirom na zrelost pojedinih elemenata ODZVOI-a (Đurek i ostali, 2017).

Kako je digitalna zrelost višekomponentni koncept, moguće ga je analizirati pomoću metoda za višekriterijsko odlučivanje. Višekriterijska analiza je disciplina koja se bavi rješavanjem problema odlučivanja koji uključuje sukobljene kriterije. Višekriterijska analiza koristi razne metode kako bi kreirala modele preferencija s obzirom na informacije o problemu odlučivanja koje dobije od donositelja odluka (Figueira, Greco, & Ehrgott, 2005).

Tokom istraživanja, informacije mogu biti dane u različitim oblicima. Pretvaranje iz jednog oblika u drugi je poželjno budući da može premostiti razlike između različitih metodoloških pristupa i obogatiti

mogućnosti individualne metode. Metode DEMATEL, ANP, kompozitni indeks i DEX su korištene prilikom razvoja IPDZVOI-a i metodologije za izračun razine zrelosti određene VOI.

DEMATEL se koristi za kreiranje strukture i određivanja veza utjecaja među elementima.

ANP se koristi kako bi se odredile težine domena i elemenata u IPDZVOI-u.

Kompozitni indeks i metoda DEX se koriste za integraciju rezultata i određivanje razine digitalne zrelosti. Pomoću tih rezultata moguće je rangirati VOI-e.

U ovom radu, bit će predstavljen metamodel metoda za višekriterijsko odlučivanje: kvantitativne metode ANP i kvalitativne metode DEX. Obje su primijenjene u procjeni digitalne zrelosti VOI-a.

Rad je podijeljen u nekoliko sekcija. Kvantitativna metoda ANP opisana je u sekciji 2. Kvalitativna metoda DEX opisana je u sekciji 3. Dvokomponentna mjera digitalne zrelosti VOI-a dana je u sekciji 4. Metamodel ANP-DEX integracija u dvokomponentnu mjeru digitalne zrelosti VOI-a dan je u sekciji 5. Rad završava zaključkom i diskusijom o budućim koracima istraživanja.

## 2 Analitički mrežni proces (ANP)

Specifična metoda za odlučivanje i procjenjivanje od strane ljudi je analitički mrežni proces (ANP). ANP se može opisati kao metoda koja dekomponira probleme odlučivanja u mrežu koja se sastoji od manjih dijelova (Saaty, 1999).

U metodologiji metode ANP, struktura problema odlučivanja predstavljena je kao mreža koja predstavlja sustav od dijelova koji su vitalni za srž problema odlučivanja. Mreža može biti proširena uvođenjem veza između grupa elemenata i povratnih veza. ANP je proširenje metode koja se zove analitični hijerarhijski proces (AHP) (Saaty, 1999) koje omogućava kreiranje mreže iz hijerarhije kao krajnji cilj postepenog proširenja broja hijerarhijskih veza. Usporedbe u parovima izvode se s obzirom na sve kombinacije zajedničkih veza između faktora i njihovih grupa (Saaty, 1999).

Metoda AHP je najviše korištena metoda za višekriterijsko odlučivanje u VO (Kadoić, Begičević Ređep, & Divjak, 2016). Temelji se na uspoređivanju elemenata odlučivanja u parovima. Kod uspoređivanja u parovima koristi se Saatyjeva skala. Skala se sastoji od devet stupnjeva (1-9). Vrijednost 1 označava situaciju u kojoj su oba elementa u paru jednako međusobno važna s obzirom na element usporedbe. Vrijednost 3 predstavlja slabu dominaciju jednog elementa iz para nad drugim elementom iz para s obzirom na element usporedbe. Vrijednost 5 predstavlja jaku dominaciju jednog elementa iz para nad drugim elementom iz para s obzirom na element usporedbe. Vrijednost 7 predstavlja dokazanu dominaciju jednog elementa iz para nad drugim

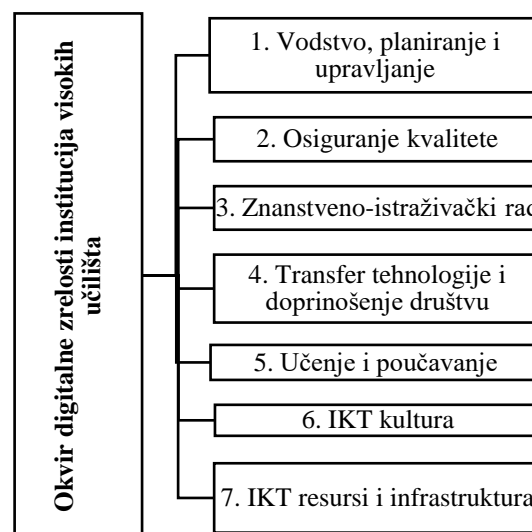
elementom iz para s obzirom na element usporedbe. Vrijednost 9 predstavlja apsolutnu dominaciju jednog elementa iz para nad drugim elementom iz para s obzirom na element usporedbe (Begičević, 2008; Saaty, 2008).

Kada je postupak uspoređivanja u parovima završen, izračunava se omjer nekonzistencije. Četiri su osnovna koraka u metodi AHP (Begičević, 2008; Saaty, 2008). Prvi korak je kreiranje hijerarhijske strukture nakon koje slijedi izvršavanje uspoređivanja u parovima elemenata strukture koji su na istoj razini s obzirom na nadređene elemente u hijerarhiji. Treći korak je izračun prioriteta elemenata, a završni korak predstavlja provođenje analize osjetljivosti.

U ANP, dizajn mreže jedan je od najvažnijih koraka u metodi budući da motivira donositelja odluka da napravi fundamentalnu analizu problema odlučivanja. Dizajn mreže problema odlučivanja je ključni faktor u pronalaženju prikladnog rješenja problema odlučivanja. Ne postoje precizne upute u literaturi kako dizajnirati mrežu. (Saaty & Vargas, 2006).

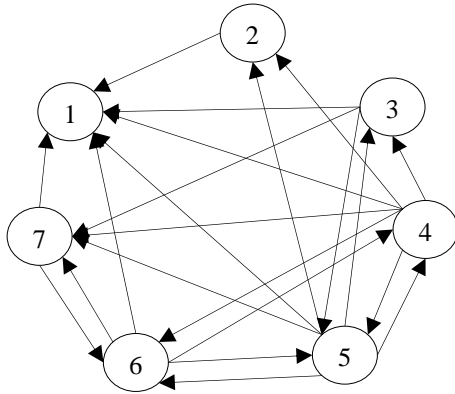
Zaključno, nekoliko je koraka u metodi ANP koje treba slijediti:

1. U prvom koraku metode potrebno je napraviti identifikaciju komponenata, mrežnih elemenata i veza među njima. Ovaj korak se može podijeliti na tri osnovna zadatka: identifikacija mrežnih elemenata koji su kriteriji i alternative u problemu odlučivanja, grupiranje elemenata u komponente (klustere) s obzirom na neke zajedničke osobine i konačno, analiziranje veza među elementima strukture. Treći zadatak može biti podržan korištenjem metode koja se zove DEMATEL.



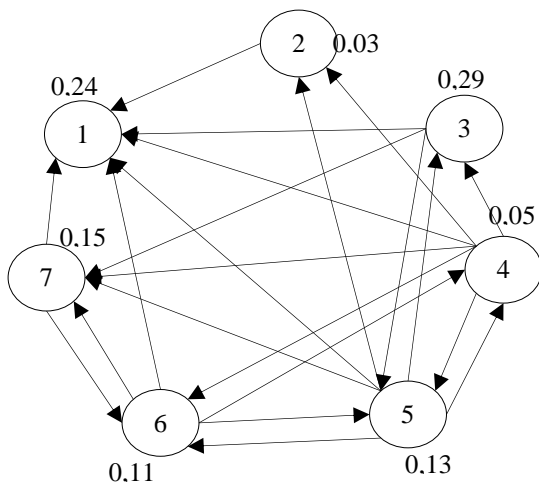
Slika 1. Mrežni elementi ODZVOI-a

2. Drugi korak se sastoji od nekoliko zadataka: izračun prioriteta elemenata istih klastera, izračun prioriteta elemenata s obzirom na elemente drugih klastera pri čemu se određuje koji elementi su više utjecajni u odnosu na druge i u kojoj mjeri su više utjecajni od drugih



**Slika 2.** Veze između mrežnih elemenata ODZVOI-a (brojevi 1-7 odnose se na domene ODZVOI-a sukladno Slici 1)

3. U trećem koraku odrađuje se usporedba klastera u parovima i izračunavaju se prioriteta klastera s obzirom na druge klustere.
4. U četvrtom koraku potrebno je otežiti netežinsku supermatricu po blokovima korištenjem prioriteta pojedinih klastera, a rezultat tog postupka je težinska supermatrica. Težinska supermatrica je stohastička po stupcu.
5. U zadnjem koraku posebno je izračunati graničnu supermatricu. Nju dobijemo potenciranjem težinske supermatrice do konvergencije. Elementi u svakom stupcu predstavljaju konačne prioritete elemenata



**Slika 3.** Težine domena (elemenata mreže) ODZVOI-a

Rezultati koraka 2-5 prikazani su na Slici 3. Težine domena na slici su samo demonstracijske (za stvarne težine potrebno je osigurati da potrebne procjene daju eksperti iz područja).

Ograničenja metode ANP uključuju velik broj usporedbi u parovima koje je potrebno napraviti, dugotrajan proces primjene metode i veliki potencijal nerazumijevanja usporedbi koje je potrebno odraditi od

strane korisnika. Kompleksnost uspoređivanja u parovima može biti smanjena ukoliko ANP integriramo s metodom DEMATEL (Kadoić, Begičević Ređep, & Divjak, 2017; Đurek, Kadoić, & Begičević Ređep, 2018). Ovaj pristup je primijenjen u primjeru izračuna prioriteta ODZVOI-a (Slika 2). DEMATEL je korišten za identificiranje najjačih veza u mreži čime su neke veze (slabije) eliminirane. To je smanjilo broj usporedbi u parovima koje je potrebno napraviti.

Inputi potrebni za izračun prioriteta domena, kao i pripadajuće usporedbe u parovima prikupljeni su od strane članova uprava nekoliko VOI-a koji su sudjelovali na radionicama organiziranima u sklopu projekta *Higher Decision*. Stoga su rezultati samo demonstrativni. Za kompletno istraživanje, razina elemenata (ne samo domena) mora biti uzeta u obzir. Dodatno, veći broj sudionika mora biti uključen u davanje inputa u potpunom istraživanju kako bi se dobili rezultati relevantni za VO generalno.

### 3 Decision EXpert (DEX)

Decision EXpert (Bohanec i ostali, 2013) je višekriterijska metoda za modeliranje odluka. To je kvalitativna višekriterijska analiza odluke koja omogućava podršku donositeljima odluka prilikom evaluacije i odabira alternativa odlučivanja korištenjem diskretnih atributa (kriterija) i funkcija koje se temelje na pravilima. (Mihelčić & Bohanec, 2017).

DEX metoda se sastoji od skupa alternativa za odlučivanje koje su fundamentalne za evaluaciju i analizu. Alternative su opisane sa skupom varijabli koje zovemo atributi (kriteriji), koji predstavljaju neke promatrane ili evaluirane karakteristike alternativa (Bohanec i ostali, 2013).

DEX je hijerarhijska metoda što znači da su atributi (kriteriji) organizirani u hijerarhiju koja predstavlja dekompoziciju problema odlučivanja na potprobleme. *Bottom-up* smjer u hijerarhiji označava zavisnost što znači da atributi na višoj razini zavise o elementima na nižoj razini, tj. o elementarnijim elementima. Najelementarniji atributu, još zvani osnovni atributi, javljaju se kao krajnji čvorovi hijerarhije predstavljaju osnovne karakteristike alternativa koje je moguće promotriti (identificirati). Atributi na višim razinama, koji zavise o jednom ili više elemenata niže razine, zovu se agregirani atributi koji reprezentiraju evaluaciju alternativa. Najgornji atributi (obično je jedan takav) zovu se korijeni i oni predstavljaju konačnu evaluaciju alternativa (Mihelčić & Bohanec, 2017).

Nadalje, DEX je kvalitativna metode. Dok je većina metoda za višekriterijsko odlučivanje kvantitativna te koriste numeričke vrijednosti, kvalitativne metode koriste kvalitativne (opisne) vrijednosti. U DEX-u, svaki atribut ima vrijednosnu skalu koja je reprezentirana uobičajenim riječima, kao

što je *nizak, srednji, visok, vrlo visok*. Skale su obično kratke te sadrže dvije to pet mogućih vrijednosti. Vrijednosti skale su uobičajeno poredane preferencijalno. Atributi koji imaju takve skale još zovemo kriterijima (Figueira i ostali, 2005). Konačno, DEX je metoda temeljena na pravilima. *Bottom-up* abrogacija vrijednosti alternativa definirana je u terminima pravila odlučivanja koja su specificirana od strane donositelja odluka.

U ovom radu, prezentirat ćemo i demonstrirati metodu DEX u tri osnovna koraka (Bohanec et al., 2013) na primjeru dviju domena s obzirom na ograničenje duljine rada (Transfer tehnologija i doprinos društvu te Znanstveno istraživački rad).

1. Kreiranje hijerarhijske strukture – problem odlučivanja modelira se kroz stablo odluke koje se može interpretirati na tri načina: dekompozicija, zavisnosti i agregacija. Kvalitativna skala definira se za svaki element stabla. Skala se koristi od nekoliko vrijednosti. Na razini listova stabla, mnogo je kriterija koji se agregiraju u jedan cilj u korijenu stabla. Hijerarhijsko stablo za slučaj domena digitalne zrelosti dan je na Slici 1. Tamo je 7 elemenata na razini listova koji se agregiraju u jedan element u korijenu stabla. Ovdje također govorimo o demonstracijskom primjeru jer stvarni listovi (elementi modela zrelosti) nisu trenutno uključeni u istraživanje.
2. Pravila odlučivanja – pravila odlučivanja predstavljaju osnovni mehanizam zaključivanja i odlučivanja u metodi DEX (Mihelčić & Bohanec, 2017). Na elementarnoj razini su kriteriji koji se mjere na svojim jedinstvenim skalama. Vrijednosti u prezentiranom primjeru uključuju dvije vrijednosti (Tablica 1). Funkcije su definirane na razini agregiranih kriterija (nizak, srednji, visok) na razini korijena stabla i one opisuju koje vrijednosti će poprimiti agregirani kriterij za svaku kombinaciju vrijednosti s niže razine

**Tablica 1.** Vrijednosti domena

Domena	Vrijednost 1	Vrijednost 2
1.Vodstvo, planiranje i upravljanje	nizak	visok
2.Osiguranje kvalitete	nizak	visok
3.Znanstveno-istraživački rad	nizak	visok
4.Transfer tehnologija i doprinos društvu	nizak	visok
5.Učenje i podučavanje	nizak	visok
6.IKT kultura	nizak	visok
7.IKT resursi i infrastruktura	nizak	visok

Slika 4 predstavlja pravila odlučivanja za razinu korijena ODZVOI Kolone predstavljaju domene sa Slike 1, a redovi prikazuju različite kombinacije

vrijednosti po domenama i razinu zrelosti za svaku od 128 kombinacija.

	1	2	3	4	5	6	7	DMFHEI
1	low	low	low	low	low	low	low	low
2	low	low	low	low	low	low	high	low
3	low	low	low	low	low	high	low	low
4	low	low	low	low	low	high	high	low
5	low	low	low	low	high	low	low	low
6	low	low	low	low	high	low	high	low
7	low	low	low	low	high	high	low	low
8	low	low	low	low	high	high	high	medium
9	low	low	low	high	low	low	low	low
10	low	low	low	high	low	low	high	low
11	low	low	low	high	low	high	low	low
12	low	low	low	high	low	high	high	medium
13	low	low	low	high	high	low	low	low
14	low	low	low	high	high	low	high	medium
15	low	low	low	high	high	high	low	medium
16	low	low	low	high	high	high	high	>=medium
.								
.								
	1	2	3	4	5	6	7	DMFHEI
57	low	high	high	high	low	low	low	medium
58	low	high	high	high	low	low	high	>=medium
59	low	high	high	high	low	high	low	>=medium
60	low	high	high	high	low	high	high	>=medium
61	low	high	high	high	high	low	low	>=medium
62	low	high	high	high	high	low	high	>=medium
63	low	high	high	high	high	high	low	>=medium
64	low	high	high	high	high	high	high	>=medium
65	high	low	low	low	low	low	low	low
66	high	low	low	low	low	low	high	low
67	high	low	low	low	low	high	low	low
68	high	low	low	low	low	high	high	medium
69	high	low	low	low	high	low	low	low
70	high	low	low	low	high	low	high	medium
71	high	low	low	low	high	high	low	medium
72	high	low	low	low	high	high	high	>=medium
.								
.								
	1	2	3	4	5	6	7	DMFHEI
113	high	high	high	low	low	low	low	medium
114	high	high	high	low	low	low	high	>=medium
115	high	high	high	low	low	high	low	>=medium
116	high	high	high	low	low	high	high	>=medium
117	high	high	high	low	high	low	low	high
118	high	high	high	low	high	low	high	high
119	high	high	high	low	high	high	low	high
120	high	high	high	low	high	high	high	high
121	high	high	high	high	low	low	low	>=medium
122	high	high	high	high	low	low	high	>=medium
123	high	high	high	high	low	high	low	>=medium
124	high	high	high	high	low	high	high	>=medium
125	high	high	high	high	high	low	low	high
126	high	high	high	high	high	low	high	high
127	high	high	high	high	high	high	low	high
128	high	high	high	high	high	high	high	high

**Slika 4.** Pravila odlučivanja za ODZVOI (razina domena)

3. Jednom kad se hijerarhijski model kreira i nakon što se pravila odlučivanja definiraju, finalni korak je evaluacija alternativa. Jednom kad se alternative evaluiraju, međusobnim uspoređivanjem možemo utvrditi koja je najbolja. Vrijednosti alternative po

pojedinih kriterijima se određuju principom diskretizacije kontinuiranoga prostora vrijednosti. To može biti napravljeno na jedan od dva načina definirana u literaturi

- Prvi pristup koji se može koristiti zove se pristup *praga*. Vrijednosti iznad vrijednosti praga pridružuju se najboljim vrijednostima na skali kriterija (visok). Interval ispod praga se dijeli na nekoliko jednakih intervala (ovisno o skali kriterija) koje uokviruju vrijednosti kriterija. To se radi za svaki kriterij zasebno.
- Drugi pristup diskretizacije temelji se na izračunu percentila i vrijednosti koje pripadaju intervalu 25-75 percentila klasificiraju se kao vrijednost „srednja“ na skali kriterija.

Treći korak metode DEX prezentiran je na u Tablici 2 na primjeru dviju VOI.

**Table 2.** Evaluacija alternativa

Alternative	VOI1	VOI2
1.Vodstvo, planiranje i upravljanje	Srednja	Srednja
2.Osiguranje kvalitete	Visoka	Visoka
3.Znanstveno-istraživački rad	Visoka	Visoka
4.Transfer tehnologija i doprinos društvu	Niska	Visoka
5.Učenje i podučavanje	Visoka	Visoka
6.IKT kultura	Niska	Visoka
7.IKT resursi i infrastruktura	Niska	Niska
1.Vodstvo, planiranje i upravljanje	Visoka	Visoka

Tablica 2 sadrži primjere dviju institucija visokog obrazovanja i njihove vrijednosti na razini domena. One su vezane za dva od 128 pravila odlučivanja sa Slike 4, i za oba slučaja ukupna razina zrelosti je *srednja*.

## 4 Dvokomponentna mjera digitalne zrelosti visokoobrazovnih institucija

U procesu razvoja okvira i instrumenta za određivanje digitalne zrelosti visokoobrazovnih institucija, odlučeno je da će mjera zrelosti biti dvokomponentna, tj. sastoji se od dva dijela:

- Prva komponenta je kvantitativna i rezultat je primjene metode ANP,
- Druga komponenta je kvalitativna i rezultat je primjene metode DEX.

Nekoliko je razloga za to što će razina zrelosti biti dvokomponentna mjera:

- Neki aspekti okvira digitalne zrelosti su kvalitativni, a neki su kvantitativni,
- Primjena dviju metoda bit će svojevrsna kontrola, ili u najmanju ruku mehanizam usporedbe prilikom određivanja ukupne razine zrelosti neke visokoobrazovne institucije. Npr. ako ANP rezultira s visokom kvantitativnom mjerom digitalne zrelosti, a DEX metoda sa niskom kvalitativnom vrijednosti, daljnja analiza je obvezatna.
- Dvije metode, ANP i DEX, imaju različite mehanizme agregacije i moguće je da kad određena VOI ima vrlo nisku vrijednost na nekim elementima i iako su ostale vrijednosti visoke, tada (1) kvantitativna vrijednost dobivena primjenom metode ANP će biti samo malo niža od najveće vrijednosti, ali (2) kvalitativna vrijednost dobivena metodom DEX može biti niska, budući da polazna vrlo niska vrijednost može prevladati kroz cijelu hijerarhiju.
- ANP i DEX su međusobno komplementarne metode.

## 5 Meta model ANP-DEX integracije na primjeru dvokomponentne mjere digitalne zrelosti visokoobrazovnih institucija

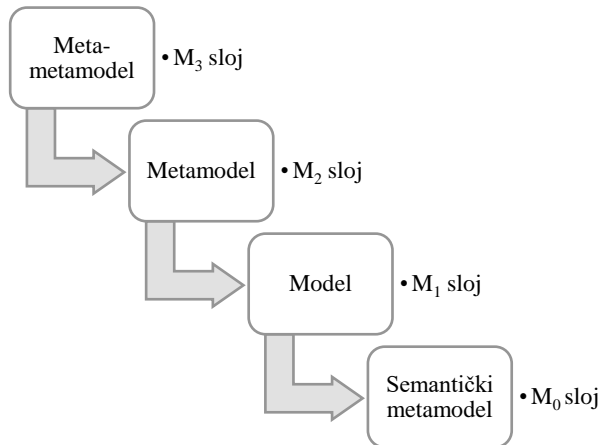
Paradigma modeliranja jedna je od najvažnijih koncepata za realizaciju integracije na razini cjelokupnog poduzeća. Model je pojednostavljen stvarnosti, kopija sustava. Kao rezultat procesa apstrakcije, model reflektira opće, esencijalne i trajne karakteristike s pozicija cilja modeliranja, i služi kao formalna specifikacija za opisivanje funkcionalnosti, strukture i ponašanje sustava.

Dobar model uključuje elemente koji imaju široke efekte i izostavlja manje elemente koji su irelevantni za danu razinu apstrakcije. Kako je stvarnost jako kompleksna, može biti opisana s više različitih aspekata koje zovemo pogledi. To su semantički bliske apstrakcije sustava. Najviša razina apstrakcije razina metamodeliranja (Raffai, 2008).

Generalno, metamodeliranje je analiza, konstrukcija i razvoj okvira, pravila, ograničenja, modela, teorija koje su primjenjive i korisne za modeliranje predefiniране klase problema. Taj koncept je sastavljen od dva termina – meta i modeliranje. Zbog toga, modeliranje je konstrukt prikupljanja koncepata unutar određene domene, precizna definicija konstrukata i pravila potrebnih za kreiranje semantičkih modela. Kao što je model apstrakcija fenomena stvarnog svijeta, metamodeliranje je tek druga apstrakcija koja naglašava svojstva modela u formi apstraktnog jezika za definiranje različitih medapodataka.

Autori (Vangheluwe & de Lara, 2002) opisuju modeliranje kao kompleksni sustav složenih zadataka

s komponentama i aspektima čija struktura i ponašanje ne mogu biti opisani u pojedinačnom sveobuhvatnom formalizmu. Termin metamodel zapravo označava jezik modeliranja modela. Prefiks *meta* indicira da se radi o konceptu na višoj razini apstrakcije nego što je jezik modeliranja. Metamodel može omogućiti načine za opisivanje apstraktne sintakse, specifične sintakse ili semantika jezika



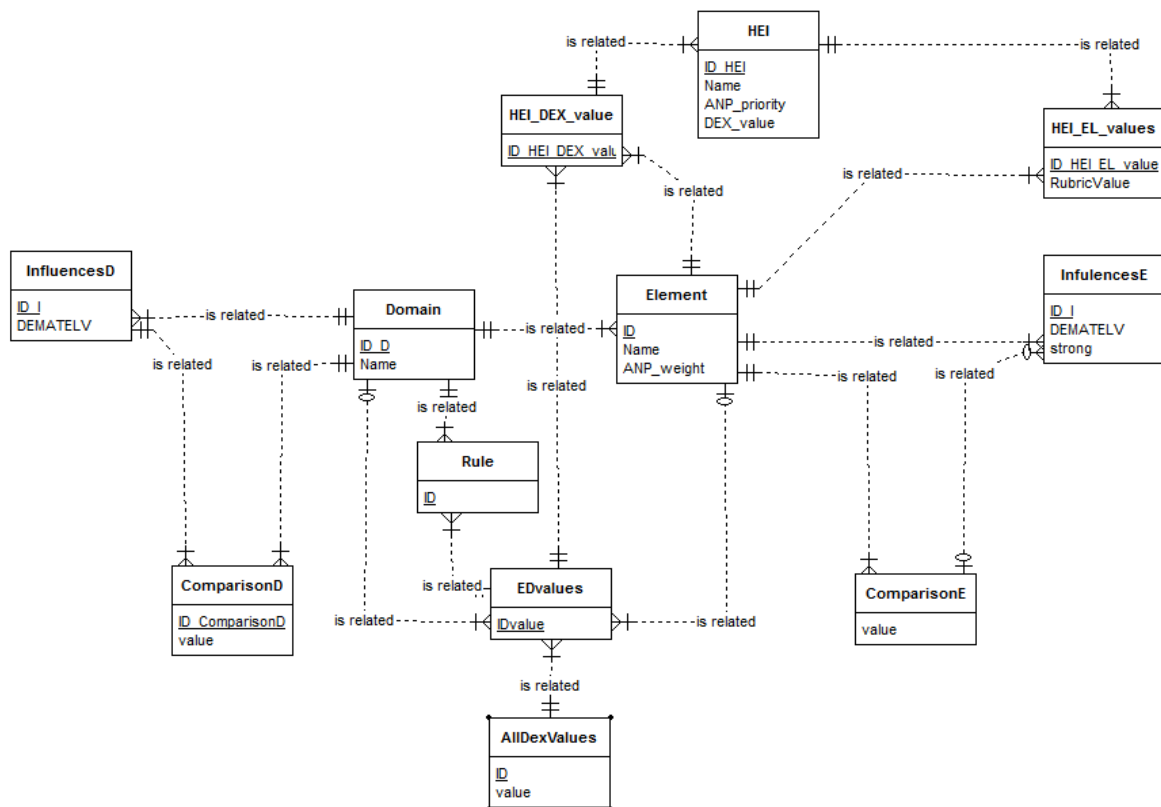
Slika 5: Četirislojna arhitektura metamodeliranja

Object Management Group (OMG) je nezavisna organizacija koja se fokusirana omogućavanje standarda koji su specifično vezani za modeliranje programa, poslovnih procesa, informacijskih sustava i drugo. Najpoznatija i najkorištenija specifikacija je *Unified Modeling Language (UML)* specifikacija. U

njezinom konceptu arhitekture podržane modelima koji je jedan od osnova jezika UML, OMG grupa predlaže četirirazrednu metaarhitekturu (Slika 5) koja obuhvaća jezike s obzirom na njihove karakteristike i omogućava te jezike s kojima mogu biti povezani na neki način (Karsai, Nordstrom, Ledeczi, & Sztipanovits, 2000), (J. Sprinkle, 2004), (Jonathan Sprinkle, Rumpe, Vangheluwe, & Karsai, 2010).

Sloj M0 su sami podaci. To mogu biti objekti u programskom jeziku, tankovi tablica u bazama podataka i drugo. Sloj M1 sadrži model podataka na razini M0. U slučaju objekata, programski jezici na sloju M1 su predložci objekata – klase. U sustavu upravljanja bazama podatka na razini M1 je definicija tablica i kako su podaci pohranjeni (npr. SQL DDL naredbe). Na toj razini može se naći entiteti-veze slika sustava. Na razini M2 su metamodeli – jezici koji omogućuju sintaksu modela. Konačno na sloju M3 je meta-metamodel razina. Elementi više metarazine omogućuju kreiranje blokova za definiranje elemenata niže razine. Dok se odabire način modeliranja sustava, najuobičajeniji izbor je izbor jezika na razini M2. Taj izbor diktira kako će sustav sustava izgledati, koje će elemente sadržavati, koja će mu biti ograničenja i koju svrhu model ima.

Određivanjem jezika na razini M2, može započeti modeliranje na razini M1 i konačna implementacija na razini M0. OMG je definirao razinu M3 kao Meta-Object Facility (MOF). Jezik je rekurzivno opisan, može biti opisan uz pomoć elemenata koje definira, tako rješavajući problem postojanja modela više razine. MOF jezik predstavlja jezik generičku startnu



Slika 6. ERA model ANP-DEX integracije (modeliranje razine zrelosti VOI-a)

poziciju za kreiranje blokova koji mogu biti korišteni za kreiranje jezika razine M2.

Kao dio ovog rada, pripremili smo ERA model ANP-DEX integracija za slučaj dvokomponentne mjere digitalne zrelosti VOI-a. ERA model sadrži podatke o entitetima (tablicama), vezama među entitetima i atributima entiteta.

Model je prikazan na Slici 6. Model se sastoji od nekoliko entiteta:

1. Domain – sadrži podatke o domenama iz ODZVOI-a i njihove opise
2. Element – sadrži podatke o elementima svih domena. Nakon što se primijeni ANP, konačna težina elementa bit će upisana u ovu tablicu
3. Rule – sadrži sva pravila definirana u metodi DEG na razini domena i na razini korijena
4. EDvalues – sadrži moguće vrijednosti koje mogu biti postignute za pojedini element, domenu i u korijenu hijerarhijskog stabla (DEX)
5. AllDexValues – sadrži popis svih mogućih vrijednosti (elemenata, domena, korijena)
6. InfluencesE – sadrži podatke o utjecajima između kriterija koji su identificirani na DEMATEL skali
7. ComparisonE – sadrži podatke o usporedbama u parovima između elemenata s obzirom na druge elemente
8. ComparisonD – sadrži podatke o utjecajima između domena koji su identificirani korištenjem metode DEMATEL
9. InfluencesD – sadrži podatke o usporedbama u parovima između domena s obzirom na druge domene
10. HEI – contains data about HEIs and their priorities obtained by applying the ANP method, as well as results obtained by applying the DEX method (two-component result of DML)
11. HEI\_Dex\_value – sadrži podatke o vrijednostima koje su postignute od strane VOI s obzirom na svaki element u DEX hijerarhiji
12. HEI\_EI\_value – sadrži podatke o svim vrijednostima koje su postignute od strane VOI s obzirom na svaki ANP element. U ovoj situaciji, rubrika će biti korištena kao metoda prikupljanja podataka. Rubrika se sastoji od pet vrijednosti po elementu koje su opisane preko izjavnih rečenica koje su evaluirane od strane eksperata u području visokog obrazovanja.

Entiteti 1-5 i 11 se odnose na metodu DEX. Entiteti 6-9 se odnose na metodu ANP. Entitet 10 se odnosi na ANP-DEX integraciju (dvokomponentna mjera digitalne zrelosti). Entiteti su povezani vezama kako je prezentirano na Slici 6. U fazi kreiranje softvera koji bi podržao ovu integraciju, moguće je da će doći do nekih promjena u ERA modelu.

Osim mogućih promjena, funkcije koje podupiru prikupljanje podataka te primjenu metoda ANP i DEX također moraju biti implementirane.

## 6 Zaključak

U ovom radu se predlaže dizajn dvo-komponentne mjere za digitalnu zrelost visokoobrazovnih institucija. To je drugačiji pristup od trenutno poznatih metoda koje se koriste u razvoju različitih okvira i instrumenata vezanih uz koncepte *spremnosti* i *zrelosti*. Ovaj pristup ima neke prednosti kako je prikazano u radu. Dvokomponentni dizajn je modeliran korištenjem ERA modela.

U budućem istraživanju, planirano je da eksperti iz područja digitalne zrelosti VOI-a i članovi uprava VOI-a daju svoje inpute vezano uz težine utjecaja među elementima i domenama, usporedbe u parovima elemenata i domena i vezano uz DEX vrijednosti te dizajn pravila odlučivanja u metodi DEX. Nakon toga težine elemenata mogu biti izračunate.

U fazi evaluacije, instrument će biti primijenjen na nekoliko VOI-a u Hrvatskoj, a rezultati će biti uspoređeni sa digitalnom zrelošću tih institucija koje će biti određene kvalitativnom analizom. Konačno, bit će moguće odrediti dvokomponentnu razinu zrelosti hrvatskih VOI-a.

Osim u području VOI-a i digitalne zrelosti, ovaj dvokomponentni pristup može biti apliciran u drugim kontekstima koji su vezani uz istraživanje spremnosti i zrelosti. Dodatno, ovaj pristup može biti primijenjen kod generalnog višekriterijskog odlučivanja

## Zahvala

Hrvatska zaklada za znanost podržala je ovaj rad preko projekta IP-2014-09-7854.

## Literatura

- Begičević, N. (2008). *Višekriterijski modeli odlučivanja u strateškom planiranju uvođenja e-učenja. Doktorski rad*. Varaždin: University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics.
- Bohanec, M., Žnidaršič, M., Rajković, V., Bratko, I., & Zupan, B. (2013). DEX Methodology: Three Decades of Qualitative Multi-Attribute Modeling. *Informatica*, 37, 49–54. Retrieved from <http://kt.ijs.si/>
- Divjak, B., & Ređep, N. B. (2015). Strategic Decision Making Cycle in Higher Education: Case Study in E-learning. *International Conference e-Learning 2015 STRATEGIC*. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED562492.pdf>
- Đurek, V., Begičević Ređep, N., & Divjak, B. (2017). Digital Maturity Framework for Higher Education Institutions. In V. Strahonja & V. Kirinić (Eds.). *Conference Proceedings Central European Conference on Information and Intelligent Systems 2017* (pp. 99–106). Varaždin:



- University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics.
- Durek, V., Kadoić, N., & Begičević Ređep, N. (2018). Assessing the Digital Maturity Level of Higher Education Institutions. *Proceedings of 41st Jubilee International Convention, MIPRO 2018*, 747–752. Varaždin: University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics.
- Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2005). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. *International Series in Operations Research & Management Science*, 25(3), 627–649.
- Hines, T. (2000). An evaluation of two qualitative methods (focus group interviews and cognitive maps) for conducting research into entrepreneurial decision making. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 3(1), 7–16.
- Kadoić, N., Begičević Ređep, N., & Divjak, B. (2016). E-learning decision making: methods and methodologies. In *Re-Imagining Learning Scenarios* (pp. 24). Budapest, Hungary: European Distance and E-Learning Network.
- Kadoić, N., Begičević Ređep, N., & Divjak, B. (2017). Decision Making with the Analytic Network Process. In M. Kljajić Borštnar, L. Zadnik Stirn, J. Žerovnik, & S. Drobne (Eds.). *SOR 17 Proceedings* (pp. 180–186). Bled, Ljubljana: Slovenia Society Informatika – Section for Operational Research.
- Kampylis, P., Punie, Y., & Devine, J. (2015). *Promoting effective digital-age learning: a European framework for digitally-competent educational organisations*. European Union, 2015: Joint Research Centre.
- Lawshe, C. H. (1975). A Quantitative Approach to Content Validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575.
- Mihelčić, M., & Bohanec, M. (2017). Approximating incompletely defined utility functions of qualitative multi-criteria modeling method DEX. *Central European Journal of Operations Research*, 25(3), 627–649. <https://doi.org/10.1007/s10100-016-0451-x>
- Raffai, M. (2008). Model Oriented Enterprise Integration: Metamodel for Realizing the Integration. In *Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems II* (pp. 807–816). Boston, MA: Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-76312-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-0-387-76312-5_1)
- Saaty, T. L. (1999). Fundamentals of the analytic network process — Dependence and feedback in decision-making with a single network. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(2), 129–157.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.
- Saaty, T. L., & Cillo, B. (2008). *A Dictionary of Complex Decision Using the Analytic Network Process, The Encyclicon, Volume 2* (2<sup>nd</sup> ed.). Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2006). *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks* (pp. 278). New York: Springer US.
- SCALE CCR. (2012). Up-scaling creative classrooms in Europe. Retrieved from <http://is.jrc.ec.europa.eu/pages/EAP/SCALECCR.html>
- Karsai, G., Nordstrom, G., Ledeczki, A., & Sztipanovits, J. (2000). Specifying graphical modeling systems using constraint-based meta models. U *CACSD. Conference Proceedings. IEEE International Symposium on Computer-Aided Control System Design (Cat. No.00TH8537)* (str. 89–94). IEEE. <http://doi.org/10.1109/CACSD.2000.900192>
- Sprinkle, J. (2004). Model-integrated computing. *IEEE Potentials*, 23(1), 28–30. <http://doi.org/10.1109/MP.2004.1266937>
- Sprinkle, J., Rumpe, B., Vangheluwe, H., & Karsai, G. (2010). Metamodelling. U *Metamodelling. Lecture Notes in Computer Science* (str. 57–76). [http://doi.org/10.1007/978-3-642-16277-0\\_3](http://doi.org/10.1007/978-3-642-16277-0_3)
- Vangheluwe, H., & de Lara, J. (2002). Meta-Models are models too. U *Proceedings of the Winter Simulation Conference* (Sv. 1, str. 597–605). IEEE. <http://doi.org/10.1109/WSC.2002.1172936>
- Yin, S.-H. (2012). Application of DEMATEL, ISM, and ANP for key success factor (KSF) complexity analysis in R&D alliance. *Scientific Research and Essays*, 7(19), 1872–1890.
- Watts, S., & Stenner, P. (2005). Doing Q methodology: theory, method and interpretation. *Qualitative Research in Psychology*, 2, 67–91. <https://doi.org/10.1191/1478088705qp022oa>