

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje

Vladimir Smojver

Dinamika procesa stvaranja ideja u timskom  
razvoju proizvoda

Zagreb, 2013.

Ovaj rad izrađen je na Katedri za konstruiranje i razvoj proizvoda Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, pod mentorstvom prof. dr. sc. Maria Štorge s Fakulteta strojarstva i brodogradnje i dr. Phila Casha s Danskog tehničkog sveučilišta, te je predan na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2012./2013.

## Popis kratica:

$G$  – mreža

$i$  – vremenski pomak

$\Sigma V$  – skup oznaka čvorova u grafu

$\Sigma A$  – skup aktivnosti

$\Sigma S$  – skup ideja

$\Sigma R$  – skup oznaka

$E$  – Skup relacija

$e$ - relacija

$t_0$  – početna točka aktivnosti

$t_d$  – trajanje aktivnosti

$N$  – skup cijelih brojeva

$\rho$ - skup pravila

$\delta$  - stvarna brzina rasta mreže

$\delta_e$  – prosječna brzina rasta mreže

$\delta_q$  - indikator relativnog rasta mreže

$m$  – ukupan broj relacija

$n$  - ukupan broj čvorova

## Sadržaj

<b>1</b>	<b>Proces stvaranja ideja - ideacija</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Pregled područja istraživanja</b> .....	<b>3</b>
2.1	Ideacija i mjerenje efikasnosti procesa generiranja ideja .....	3
2.2	Empirijske studije ideacije i rada u grupi.....	6
2.3	Analiza kompleksnih mreža u razvoju proizvoda .....	8
2.4	Organska vizualizacija kompleksnih mreža .....	10
<b>3</b>	<b>Opis eksperimenta procesa generiranja ideja</b> .....	<b>13</b>
3.1	Opis zadatka i načina provedbe eksperimenta .....	14
3.1.1	Faze eksperimenta .....	15
3.1.2	Karakterizacija sudionika .....	18
3.2	Prikupljanje podataka i kodiranje.....	18
3.3	Interakcija ispitivača i sudionika.....	22
<b>4</b>	<b>Vizualizacija i analiza rezultata</b> .....	<b>24</b>
4.1	Algoritam za kreiranje mreža .....	25
4.2	Kvalitativna analiza generiranih mreža .....	27
4.2.1	Aktivnosti – generirane ideje .....	28
4.2.2	Aktivnosti – kontekst generiranih ideja.....	29
4.2.3	Transakcije – kontekst generiranih ideja.....	31
4.2.4	Interpretacija rezultata kvalitativne analize.....	33
4.3	Kvantitativna analiza trenova rasta mreža.....	34
4.3.1	Postupak analize.....	35
4.3.2	Grafovi trendova rasta mreža.....	36
4.3.3	Interpretacija rezultata.....	39
<b>5</b>	<b>Diskusija i zaključak</b> .....	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Literatura</b> .....	<b>42</b>

## Popis slika:

Slika 1. Formalne metode za generiranje ideja .....	3
Slika 2. Usporedba postupka generiranja koncepata u realnim uvjetima i u laboratorijskim uvjetima .	8
Slika 3. Primjeri organske vizualizacije informacija .....	10
Slika 4. Primjer zapisa sljedivosti s pripadajućim grafičkim sučeljem korištenim u projektu TRENIN ..	11
Slika 5. Prikaz prostorije u kojoj se odvijao eksperiment .....	14
Slika 6. Slike konfiguracije balona .....	16
Slika 7. Sučelje Anvil aplikacije tijekom kodiranja video datoteka .....	19
Slika 8. MOED – kodovi za kontekst [40] .....	21
Slika 9. Koraci metodologije za analizu procesa ideacije .....	24
Slika 10. Mreža aktivnosti – generirane ideje, studentska studija .....	28
Slika 11. Mreža aktivnosti – generirane ideje, studija s profesionalcima .....	28
Slika 12. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, nestrukturirano, studentska studija .....	29
Slika 13. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, strukturirano, studentska studija .....	29
Slika 14. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, nestrukturirano, studija s profesionalcima.....	30
Slika 15. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, strukturirano, studija s profesionalcima.....	30
Slika 16. Mreža transakcije – kontekst ideja, nestrukturirano, studentska studija.....	31
Slika 17. Mreža transakcije – kontekst ideja, strukturirano, studentska studija.....	31
Slika 18. Mreža transakcije – kontekst ideja, nestrukturirano, studija s profesionalcima .....	32
Slika 19. Mreža transakcije – kontekst ideja, strukturirano, studija s profesionalcima .....	32
Slika 20. Rast mreže aktivnosti –ideja, studentska studija .....	36
Slika 23. Rast mreže aktivnosti –ideja, studija s profesionalcima .....	36
Slika 21. Rast mreže aktivnosti – kontekst ideja, studentska studija .....	37
Slika 24. Rast mreže aktivnosti – kontekst ideja, studija s profesionalcima .....	37
Slika 22. Rast mreže transakcije – kontekst ideja, studentska studija .....	38
Slika 25. Rast mreže transakcije – kontekst ideja, studija s profesionalcima.....	38
Slika 26. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, područja koja odgovaraj unegativnom trendu na grafu rasta (slika 21) .....	39

## Popis tablica:

Tablica 1. Tehnologije za snimanje podataka.....	14
Tablica 2. Kodovi za prvu fazu .....	19
Tablica 3. Kodovi za kodiranje konteksta ideje .....	21

## 1 Proces stvaranja ideja - ideacija

Agresivan rast, na kojem inzistira većina današnjih tvrtki, zahtijeva novi pristup razvoju proizvoda. Naglasak je stavljen na usmjeren, sistematičan i detaljno upravljani pristup koji za cilj ima generiranje (stvaranje) novih radikalnih i inovativnih proizvoda. Prema studiji Arthur D. Little-a iz 2005., od pet najuspješnijih identificiranih procesa, upravljanje idejama imalo je najveći utjecaj na porast prodaje novih proizvoda. Drugim riječima, korištenje učinkovitog upravljanja idejama rezultira dodatnih 7.2 posto prodaja novih proizvoda [1].

Kulkarni i Shah (1999) su opazili da mnoge intuitivne metode imaju velik broj zajedničkih elemenata, koje su nazvali komponentama procesa generiranja (stvaranja) ideja [3]. Te su komponente definirane kao kognitivni mehanizmi za koje se smatra da potiču ideaciju ili pomažu konstruktorima da savladaju mentalne blokade [3]. Ocjenjivanje pojedinih metoda generiranja (stvaranja) ideja (*eng. direct method*) iznimno je komplicirano. Razlog velike kompliciranosti je istodobno odvijanje različitih elemenata procesa generiranja (stvaranja) ideja. Alternativan pristup može biti identificiranje pojedinih komponenti specifičnih metoda generiranja (stvaranja) ideja te individualno ispitivanje svake od njih. Učinkovitost svake ideacijske metode se u tom slučaju može predvidjeti analizirajući svaku komponentu te ideacijske metode. Druga prednost ovog pristupa je to što su ideacijske komponente većinom prihvaćene kao predmet istraživanja u području analize konstrukcijskih procesa i kognitivne psihologije što omogućuje povezivanje procesa konstruiranja i teorija kognitivne psihologije o ideaciji [3].

Da bi napravila učinkovita podrška procesu generiranja (stvaranja) ideja, potrebno je najprije identificirati potencijalne izvore ideja tj. identificirati gdje i kako nastaju dobre ideje. Još bitnije, potrebno je shvatiti od kuda dobre ideje dolaze te koje pomake u postojećim procesima trebamo napraviti da bi maksimalizirali stvaranje dobrih ideja [4]. Neke od komponenti koje su indentificirane kao bitne u procesu ideacije su: provokativan poticaj (*eng. Provocative Stimuli*), suzbijanje predrasuda (*eng. Suspended Judgement*), fleksibilna prezentacija (*eng. Flexible Representation*), pomicanje referentnog sustava (*eng. Frame of Reference Shifting*), inkubacija (*eng. Incubation*), izlaganje primjerima (*eng. Example exposure*). [5]

Da bi se empirijske studije ideacije izvele na bilo kojoj razini, potrebno je definirati kako će se mjeriti učinkovitost pojedine ideacijske metode. Jedan od pristupa koji se može pronaći u literaturi je fokusiranje na sam ideacijski proces (slično kao kod istraživanja protokola) (referenca). Drugi pristup je fokusiranje na ishod, temeljeno na karakteristikama generiranih ideja.

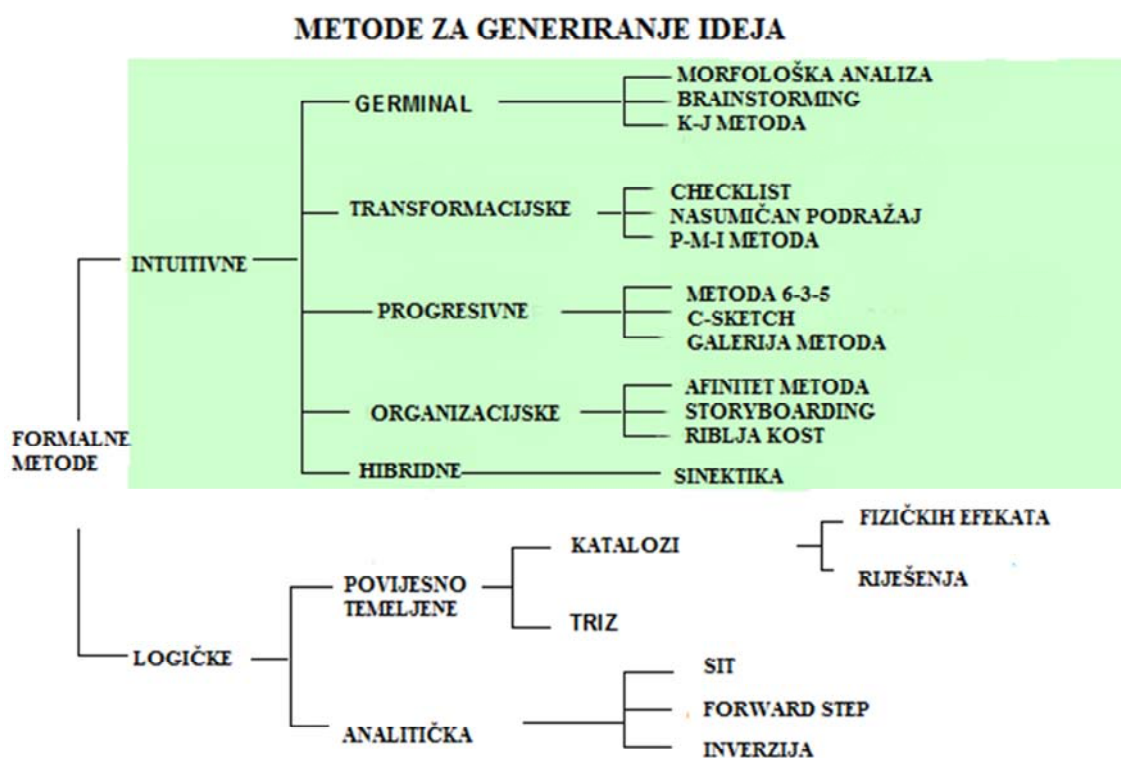
U ovom radu ćemo se fokusirati na ideacijske metode korištene u procesu konstruiranja, posebno obrađujući pozornost na dinamiku procesa u kontekstu ideja koje nastaju. Analizirajući dva primjera *brainstorming* sesija, dobivenih empirijskim eksperimentom, usredotočiti ćemo se na identifikaciju aktivnosti u procesu konstruiranja, opisivanje ideja koje nastaju kao rezultat tih aktivnosti, transakcije kojima se prenosi znanje te kontekste ideja za koje su transakcije izvedene. Cilj eksperimenta je kreiranje vizualnog prikaza rada u grupi, u obliku složenih mreža, te analiziranje tih mreža sa ciljem identifikacije gore navedenih svojstava.

Rad ima ukupno šest poglavlja. Uz prvo, uvodno, poglavlje, drugo poglavlje daje pregled područja istraživanja koja se bave ideacijom, analizom timskog rada i vizualizacijom kompleksnih mreža. U trećem poglavlju je opisan eksperiment kojim su prikupljeni podaci koji su poslužili za analizu ideacijsog procesa. U četvrtom poglavlju predstavljene rezultate analiziramo. Rad završava zaključkom i popisom literature.

## 2 Pregled područja istraživanja

### 2.1 Ideacija i mjerenje efikasnosti procesa generiranja ideja

Metode ideacije uglavnom su razvijene kako bi se sudionicima u razvoju pomoglo u generiranju alternativnih ideja. Alternativnom idejom smatra se svaka ideja koja je nova i inovativna, tj pruža drugačiji pristup rješavanju određenog problema. Sukladno literaturi postoji više formalnih pristupa generiranju (stvaranju) ideja [3] čija je klasifikacija prikazana na slijedećoj slici.



Slika 1. Formalne metode za generiranje ideja

Formalne metode za generiranje ideja u razvoju proizvoda mogu se klasificirati u dvije glavne kategorije – intuitivne metode i logičke metode. Intuitivne metode služe da bi se probile mentalne blokade kod ljudi. Logičke metode uključuju sustavnu dekompoziciju i analizu problema te se jako oslanjaju na baze podataka s tehničkim rješenjima i izravno korištenje znanstvenih i inženjerskih principa i/ili kataloga tehničkih rješenja.

Intuitivne metode mogu se podijeliti u pet kategorija [6], [7]:

- a) *Germinal* metode – Ove metoda služi za stvaranje potpuno novih ideja.



Primjeri ovih metoda su morfološka analiza (*eng. Morphological Analysis*) [8], *Brainstorming* [9] te K-J metoda [10].

- b) Transformacijske (*eng. transformational*) - Transformacijske metode generiraju nove ideje tako što modificiraju postojeće. Primjeri ovih metoda su *Checklist* [10] metoda, *Random Stimuli* [11] te PMI metoda [1].
- c) Progresivne (*progressive*) - Progresivne metode generiraju ideje tako što ponavljaju iste korake mnogo puta, te tako generiraju nove ideje u diskretnim progresivnim koracima. Primjeri metoda su 635 metoda [13], *C-sketch* [14] i *Gallery* metoda [15].
- d) Organizacijske (*organizational*) - Organizacijske metode pomažu konstruktorima da generiraju grupe ideja na neki smislen način. *Affinity Method* [15], *Storyboarding* [14] i *Fishbone* dijagrami [16] pripadaju ovoj grupi metoda.
- e) Hibridne (*hybrid*) - Hibridne metode kombiniraju više različitih pristupa, ovisno o zahtjevima pojedinih faza procesa generiranja ideja [17].

Logičke metode mogu se podijeliti u dvije kategorije:

- a) Povijesno utemeljene (*eng. History Based*) - Povijesno utemeljene metode koriste prijašnja rješenja koja se nalaze u raznim tehničkim bazama podataka. Na primjer, to mogu biti katalozi radnih principa proizašli iz tzv. „njemačke škole“ koje sadrže informacije o fizičkim učincima i mehaničkih rješenjima za veliki broj raznih funkcija [18].
- b) Analitičke (*eng. Analytical*) - Analitičke metode razvijaju ideje od principijalnih rješenja tako što sustavno analiziraju osnovne međusobne odnose, lance uzroka i posljedice (*causal chains*) te poželjne/nepoželjne attribute.

Za ovaj rad je od posebnog značaja *brainstorming* metoda koja se koristila za generiranje ideja u eksperimentu koji je opisan u daljnjem tekstu. *Brainstorming* je metoda koja potiče razvoj novih, neobičnih ideja zajedničkim djelovanjem grupe ljudi. U pravilu se za ovu metodu sastavljaju grupe od 3 – 20 osoba. Ovisno o problemu, grupe mogu biti sastavljene od stručnjaka iste struke, laika ili stručnjaka različitih struka. Voditelj *brainstorming* sesije priprema informativni materijal i uvodi grupu u

problematiku koja se analizira i pojašnjava. Pri tome pitanja ili zadaci ne smiju biti previše općeniti nego fokusirani na određeni cilj. Četiri osnovna pravila koja treba slijediti kod *brainstorming* metode su [9]:

1. Kombiniranje izloženih ideja
2. Komentari, ispravci i kritika nisu dopušteni
3. Kreiranje velikog broja ideja u najkraćem vremenu
4. Sloboda povezivanja i kreiranja neobičnih ideja

Usprkos velikom broju empirijskih dokaza o korisnosti ideacijskih metoda, postoji mali broj eksperimentalno dobivenih dokaza koji bi potvrdili njihovu učinkovitost u razvoju proizvoda. Nadalje, čini se da su pravila i procedure za korištenje ovih metoda određene neovisno o problemu koji se rješava. Stoga je u praksi potrebno uvesti mjere uspješnosti ili efikasnosti ideacije kako bi se eksperimentalno mogla utvrditi učinkovitost metoda za različite vrste tehničkih problema. Kako bi se inženjersko rješenje smatralo uspješno generiranom idejom ono mora biti, ne samo novo (neobično, neočekivano), već mora zadovoljavati i funkcijske zahtjeve (mora biti primjenjivo). Ideje u inženjerstvu u pravilu ne nastaju spontano već moraju proje svega zadovoljiti skup unaprijed definiranih tehničkih specifikacija definiranih od strane korisnika ili prilagođene od strane sudionika u razvoju. Te prilagodbe su posljedica procesa razvoja kroz koji sudionici, razvijajući proizvod, dolaze do novih spoznaja vezanih uz proizvod. Ideje koje nastaju u tom procesu su fokusirane na uspješno izvršavanje zadaće ili rješavanje inženjerskog problema (*eng. goal oriented* ili *eng. problem solving oriented*). Uspjeh razvojnog procesa a time i generiranih ideja određuje se po tome koliko dobro proizvod zadovoljava zadane ciljeve te koliko su sudionici u razvoju bili uspješni u pronalasku alternativnih i inovativnih rješenja koji pomažu u ispunjavanju tih ciljeva.

Za sveobuhvatnu studiju procesa ideacije u razvoju proizvoda moraju se identificirati ključne varijable i ideacijske komponente metoda koje se koriste u razvoju proizvoda, modelirati ih u obliku kognitivnih procesa i struktura, povezat s mjerama za procjenu uspješnosti rezultata te analizirati posljedice međusobne interakcije komponenti ideacije [6]. Takav pristup procesu ideacije omogućuje ocjenjivanje ideacijskih

metoda i predviđanje kako će biti njihov rezultat u različitim uvjetima što može doprinijeti razvoju novih teoretskih metoda [19].

Za provjeru uspješnosti ili učinkovitosti pojedine ideacijske metode potrebno je definirati dvije stvari: što mjerimo i na koji način se vrši mjerenje. Nadalje, treba odlučiti da li je bolje ocjenjivati postupak generiranja ideje (*eng. process based approach*) ili je bolje jednostavno ocijeniti konačan ishod ideacije tj. ideju generiranu ideacijskom metodom (*eng. outcome based approach*). U ovom radu smo se, kako je već rečeno, usmjerili na istraživanje postupka generiranja ideje bez ocjenjivanja dobrote rezultata idacijskog postupka.

U literaturi su predložena četiri kriterija po kojima bi se mogla mjeriti uspješnost ideacijske metode [19]:

1. Novina (*novelty*) - mjeri koliko je neka ideja neobična ili neočekivana u usporedbi sa drugim idejama. Svaka ideja koja je nova nije nužno i inovativna.
2. Raznolikost (*variety*) - govori koliki je opseg generiranih ideja. Na primjer, generiranje više sličnih ideja rezultira niskom raznolikošću te je posljedica toga manja vjerojatnost dobivanja inovativne ideje.
3. Kvaliteta (*quality*) - opisuje izvedivost generirane ideje te pokazuje koliko je ideja blizu zadovoljavanju tražene specifikacije.
4. Kvaniteta (*quantity*) - opisuje ukupan broj generiranih ideja – porastom broja generiranih ideja rasta vjerojatnost da se generira dobra ideja.

## 2.2 Empirijske studije ideacije i rada u grupi

Kako bi se uspješno razvile nove ideacijske metode ili provele eksperimentalne studije koje bi procijenile njihovu učinkovitost, potrebno je poznavati teorije kreativne spoznaje koje se bave kognitivnim modelima percepcije, mentalnih spojeva itd. Modeli kreativne spoznaje, temelje se na kontroliranim eksperimentima u kojima se određeni mentalni procesi izoliraju koristeći pojednostavljene zadatke. Ipak, ovakvi kognitivni pristupi nisu izravno primjenjivi na proces razvoja proizvoda koji je višeznačan te se sastoji od složenih zadataka, što kao rezultat daje veliki broj kognitivnih aktivnosti koji su u stalnom međudjelovanju što otežava analizu [5].

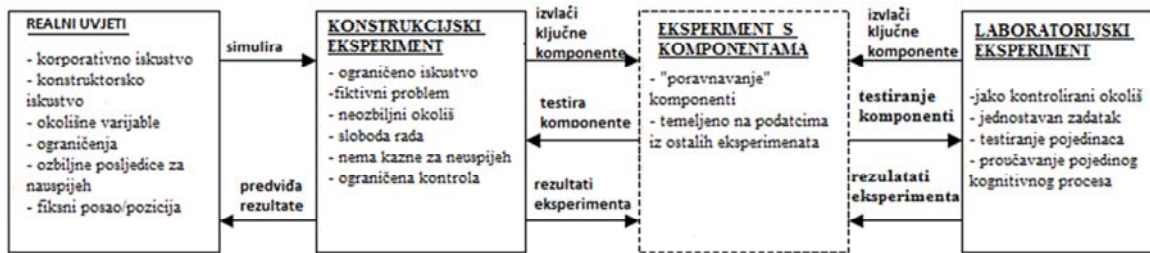
Povećavanje opsega analize postojećih kognitivnih modela zahtijeva značajan odmak od postojećih normi kognitivnih znanosti.

Eksperimentalne metode, kao što su studije slučajeva (*eng. case studies*) [20], [21], studije protokola [22], [23] te kontrolirani testovi [24] koriste se za proučavanje razvojnog procesa i/ili srodnih kognitivnih aktivnosti. U usporedbi s tradicionalnim kognitivnim istraživanjima, rezultati kognitivnog istraživanja procesa razvoja proizvoda preciznije simuliraju proces razvoja u realnim uvjetima (tj. manja kontrola nad radnim uvjetima, složeniji zadaci). Nedostatak je dugo trajanje eksperimenta i mukotrpno analiziranje rezultata (npr. studije protokola). Za svaki porast broja promatranih varijabli i interakcija, znatno raste i potreban trud za izvođenje eksperimenta. Naime, pojedinog sudionika eksperimenta, ili tim sudionika, ne može se više puta ispitivati s istim zadatkom, već je potrebno kreirati novi zadatak za svako ispitivanje. Drugi nedostatak je da rezultati, zbog toga što su empirijski, imaju određena ograničenja: ne mogu se ekstrapolirati na druge uvjete, jer nije u potpunosti poznato ponašanje ostalih relevantnih varijabli.

Da bi doskočili nedostacima postojećih kognitivnih metoda i istraživanja procesa razvoja, razvijena je kvazi-eksperimentalna metoda [6], [19]. Razvoj ove metoda temelji se na proučavanju kognitivnih procesa vezanih za ključne komponente ideacije te njihovu međusobnu interakciju. Ove ključne komponente (npr. inkubacija) su mehanizmi za koje se smatra da u suštini doprinose procesu ideacije ili pomažu sudionicima u razvonom procesu savladati mentalne blokade. Upravo se zato te komponente bilježe i analiziraju u opisanom eksperimentu. Kao što je ranije navedeno, procjena specifične ideacijske metode kao cjeline nije učinkovita zbog velikog broja aktivnosti koji se odvijaju istovremeno. Stoga se u analizi koja je prezentirana u ovom radu naglasak stavlja na identifikaciju ključnih komponenti ideacijskog procesa u smislu inženjerskih aktivnosti i te interakcija među komponentama (sudionicima timskog rada) kroz analizu transakcija informacija i znanja među pojedincima u svrhu generiranja ideja.

Velika većina modela u kognitivnim teorijama dobivena je u strogo kontroliranim eksperimentima koji su bili izvedeni u laboratorijskim uvjetima te su kao predmet skperimnta imali jednostavnih zadatake. Zbog toga treba prilikom sličnih studija

posebno voditi računa kako postoji mala sličnost između laboratorijskih uvjeta i postupcima generiranja koncepata u realnim uvjetima što je objašnjeno na slici 2.



Slika 2. Usporedba postupka generiranja koncepata u realnim uvjetima i u laboratorijskim uvjetima

### 2.3 Analiza kompleksnih mreža u razvoju proizvoda

Mreža je skup entiteta, koje nazivamo čvorovima (*node*) koji su međusobno povezani relacijama koje nazivamo bridovima (*edge*). Matematičku proučavanje mreža proizlazi iz teorije grafova. Sve do nedavno, matematička teorija grafova nije imala veliki utjecaj na proučavanje primjera mreža iz stvarnog života, obzirom da su svojstva tih mreža znatno različita od svojstava slučajnih grafova [25]. Mreže su također često bile predmet istraživanja društvenih znanosti. Tipične studije društvenih mreža bave se temama centričnosti (koji su pojedinci najviše povezani sa drugima ili imaju najviše utjecaja na druge) i zajednica (kako su pojedinci međusobno povezani unutar mreže). U prošlom desetljeću došlo je do znatnog pomaka u istraživanju kompleksnih mreža, pri čemu se naglasak pomaknuo sa analiza pojedinačnih malih grafova i svojstava pojedinačnih čvorova ili veza u tim grafovima, prema razmatranju statističkih svojstava grafova većih razmjera [25].

U navedenom razdoblju sve veći broj matematičara, fizičara, znanstvenika društvenih znanosti i informatičara surađuje u stvaranju generalne teorije mreža. Metode iz statističke fizike uspješno su primijenjene za analizu složenih mreža te su doprinijele otkrivanju iznenađujućih statističkih strukturalnih svojstava za koje se pokazalo da imaju veliki utjecaj na funkcionalnost, dinamičnost, robusnost i osjetljivost mreža [26]. Ovom napretku je doprinio i razvoj računala, tj. povećanje brzine računanja, te razvoj novih algoritama, koju omogućavaju empiričko proučavanje realnih mreža. Neka od pitanja na koje znanstvenici koji se bave mrežama pokušavaju dati odgovor su:

- Koje se topološke mjere mogu koristiti da bi se karakterizirala svojstva mreža?

- Koja svojstva dijele različite mreža iz stvarnog svijeta, i zašto?
- Kako napraviti učinkovite algoritme koji bi odredili ta svojstva?
- Kako strukturalna svojstva utječu na dinamiku informacija koje se šire po takvim mrežama, te otpornost tih mreža na šum, zatajenje komponenti sustava ili ciljanje napade?
- Koji je najbolji način za traženje određenih čvorova mreže, ako su poznata neka njezina svojstva?

Odgovor na ova pitanja mogao bi imati veliki utjecaj, ne samo na naše razumijevanje mnogih prirodnih i društvenih sustava koji se mogu modelirati pomoću mreža, već i na našu sposobnost da učinkovito koristimo složene mreže u istraživanju socio-tehničkih sustava. Potencijalne primjene uključuju bolje pretraživanje inženjerskih informacija, kontroliranje širenje inovacija, razumijevanje evolucije strukture znanja u razvoju tehničkih sustava, upravljanje kognitivnim organizacijama koje se bave razvojem, razumijevanje sustava proizvod - usluga ili predviđanje potencijalne štete nastale od interakcije ljudske aktivnosti i inženjerskih sustava u socio-tehničkim sustavima.

Tehnike planiranja i analitički modeli koji razvoj inženjerskih sustava gledaju kao mrežu isprepletenih komponenti već su predstavljene u literaturi [271.127], [28], [29]. No ta se istraživanja nisu posebno bavila statističkim svojstvima mreža temeljenih na projektima razvoja kompleksnih sustava iz prakse. Pokazano je da te mreže imaju svojstva slična biološkim, društvenim i tehnološkim mrežama. Također je otkrivena izrazita asimetrija distribucije ulaznih i izlaznih tokova informacija u mrežama koje opisuju proces razvoja proizvoda, što implicira određena svojstva vezana za njihovu funkcionalnost, osjetljivost i robusnost (otpornost na grešku) [30].

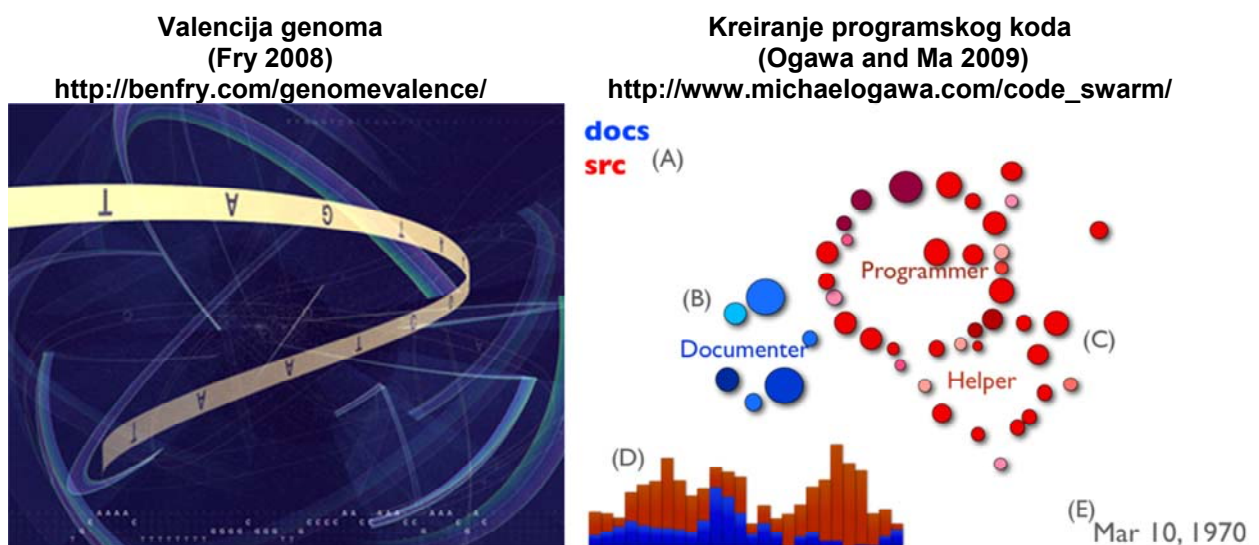
Većina pristupa opisanih u literaturi je fokusirana na strukturalna svojstva promatranih mreža. No da bi razumjeli ponašanje nekog sustava koji je modeliran u obliku mreže, potrebno je razmotriti mehanizme pomoću kojih se mreža stvara te kako se strukturalna i svojstva mreže mijenjaju tokom vremena. Za tu svrhu, potrebno je koristiti alate i metode za dinamičku analizu mreža. Osim toga, dobra vizualizacijska mreža omogućuje otkrivanje skrivene strukture mreža te povećava razumijevanje sustava

koji se modelira mrežom, doprinoseći time novim otkrićima i predviđanjima budućih trendova ponašanja modeliranih sustava [30].

## 2.4 Organska vizualizacija kompleksnih mreža

Organska vizualizacija je pristup koji koristi animacije i simulacije generirane na računalu za kvalitativnu analizu kompleksnih i dinamičnih mrežnih struktura. Ovaj se pristup temelji na oponašanju organskih svojstava i ponašanja živih sustava pri kreiranju mreže. Organski pristup vizualizaciji predložio je Fry [31] temeljem simulacije svojstava poput evolucije, interakcije, ponašanja, reprodukcije i umiranja u kreiranju tehnike za vizualizaciju, razumijevanje i interpretaciju kompleksnih mrežnih struktura.

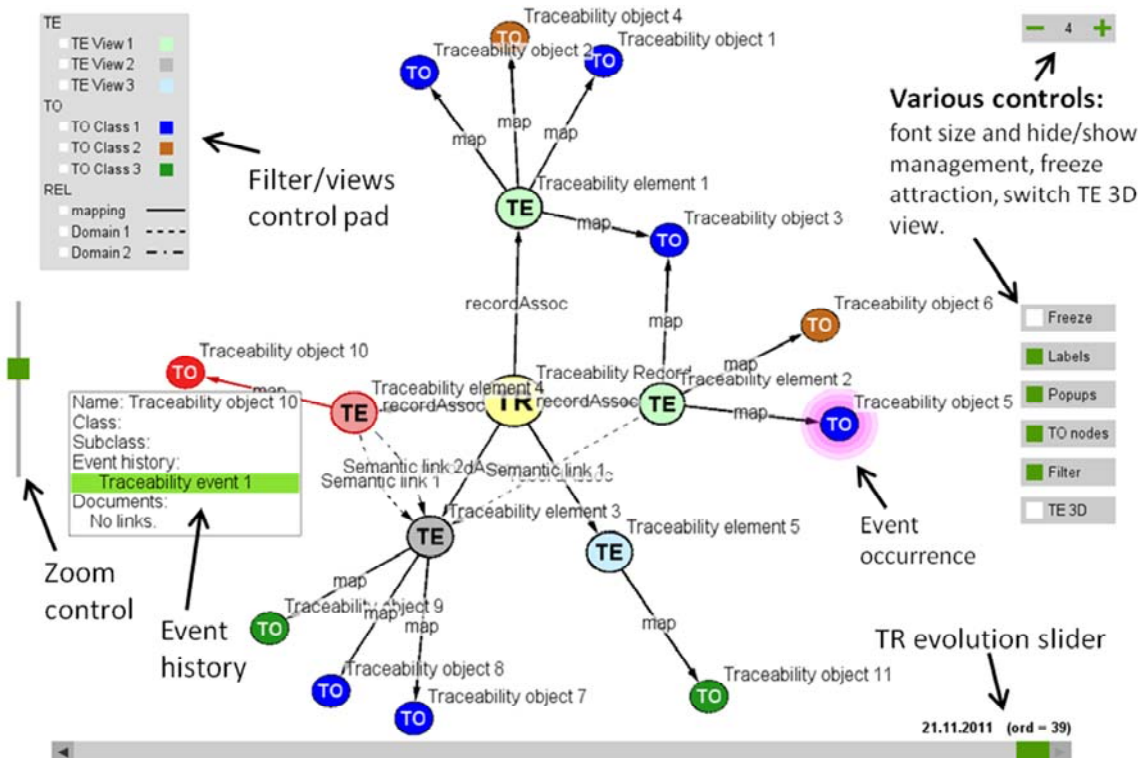
Organska vizualizacija se izvorno koristila za objašnjavanje fabule knjige unutar dinamičkog interaktivnog okruženja. Za tu svrhu, razvijen je sustav pravila koji je sadržaj knjige prezentirao linearno, te se pomoću njega stvorila trodimenzionalna mreža u kojoj su jedinstvene riječi bile međusobno spojeni čvorovi. Ti čvorovi su bili uže grupirani ako su se odgovarajuće riječi nalazile relativno blizu u tekstu [24]. Mreža je napravljena tako da se riječi koje su se češće pojavljivale u tekstu pojave na površini 3D mreže. Kasnije se isti projekt koristio za stvaranje vizualizacijske platforme za prikaz genoma čiji je cilj bio vizualna identifikacija pojavljivanja određenih genetskih sekvenci. Još jedan primjer korištenja organske vizualizacije je na primjeru Ogawa i Ma [1.132], koji su vizualno analizirali povijest aktivnosti programera u razvoju računalnih programa.



Slika 3. Primjeri organske vizualizacije informacija

Organski sustavi su po definiciji otvoreni sustavi koji služe za obradu podataka [251.125], pokazuju reagiranje na podražaj i koriste samo-organizaciju kao osnovni mehanizam prilagodbe na promjene koji dolaze iz okoline. Ako takva pravila prenesemo na ne-organske sustave, kao što su procesi razvoja inženjerskih sustava, ideja organske vizualizacije postaje iznimno privlačna za analizu mreža čija se evolucija odvija prilikom izvođenja tih procesa.

Za primjenu u industriji i organizacijama koje se bave razvojem i proizvodnjom, Stanković i ostali [33] su primijenili paradigmu organske vizualizacije za analizu dinamike evolucije zapisa slijedivosti koji nastaje primjenom TRENIN sustava za slijedivost inženjerskih informacija ([www.trenin.org](http://www.trenin.org)) [30]. Da bi modelirali kompleksne semantičke mreže zapisa slijedivosti koje se sastoje od kontekstualnih informacija i informacijskih objekata, korišten je OrganicVIZ ([www.organicviz.org](http://www.organicviz.org)) alat za analizu kompleksnih mreža. Za takvu je primjenu bilo potrebno kreirati semantičku mrežu zapisa slijedivosti koja se tvori prema unaprijed određenoj ontologiji slijedivosti po principu koji je prikazan na slici 4.



**Slika 4. Primjer zapisa slijedivosti s pripadajućim grafičkim sučeljem korištenim u projektu TRENIN**

U odnosu na izvorne postulate organske vizualizacije [31], OrganicVIZ koristi i proširuje sljedeća svojstva za vizualizaciju informacija u industrijskim i proizvođačkim



područjima:

- Strukturiranje – agregacija elemenata koji mogu tako tvoriti kompleksnije strukture; usmjeren označen multigraf je primijenjen za strukturiranje; pretpostavka je da grupiranje čvorova u zajednice ovisi o ontologiji koja omogućuje višestruke relacije između pojmova.
- Rast – porast u veličini ili količini strukture; pretpostavka je da će sustav koji se modelira u promatranom vremenu povećati broj elemenata i relacija.
- Homeostaza – održavanje ravnoteže unutrašnjeg stanja; raspored označenog multigrafa se održava „snagom polja sila“ koja se računa u ovisnosti o povezanosti čvorova sa njihovim okolišem. Relaksacija temeljem prigušivanja u fluidu se primjenjuje da bi se postigao „glatki“ raspored nakon što se primijeni poticaj na mreži.
- Odziv – reakcija na poticaj i svjesnost o okolišu; interakcija se primjenjuje preko raznih filtera, izravna interakcija prema grafnim objektima (*graph entities*) ili neizravna preko grafičkog sučelja.
- Adaptivnost – prilagodba koja omogućuje preživljavanje u promjenjivom okolišu; čvorovi ne mogu biti obrisani ali mogu biti zakriveni. Raspored će se uvijek preračunati ovisno u već postojećim strukturama određenim ontologijom i ne-skrivenim čvorovima.
- Kretanje – struktura ili neki njeni elementi mogu se pomaknuti unutar ravnine, čvorovi se mogu pomicati, kao rezultat dodavanja novih čvorova postojećoj strukturi, da bi izbjegli preklapanje, ili se mogu pomicati kao rezultat dodavanja novih odnosa.
- Reprodukcijska sposobnost entiteta da stvaraju nove istovrsne entitete; novi čvorovi koji ulaze u vizualiziranu mrežu kroz vrijeme se pozicioniraju ovisno o ontologiji i već-postojećim strukturama. Tako se smještaju u blizinu entiteta s kojima su srodni.

OrganicVIZ alat je korišten za analizu procesa ideacije koja je prikazana u ovom radu.

### 3 Opis eksperimenta procesa generiranja ideja

Eksperiment koji je korišten u ovom radu je nastao kao dio istraživanja provedenog u okviru izrade doktorskog rada Dr. Phil Casha na Sveučilištu u Bathu [34]. Tema doktorata bila je karakterizacija odnosa između procesa stvaranja ideja u laboratorijskim uvjetima, te procesa stvaranja ideja u praksi. U sklopu istraživanja, provedeno je više eksperimenata u kojima su se *brainstorming* metodom generirale ideje za rješavanje specifičnih inženjerskih problema.

U eksperimentu su sudjelovale dvije grupe sudionika – studenti i profesionalni inženjeri. Za eksperiment je nasumično odabrano dvanaest studenata te tri profesionalca. Studenti su odabrani sa smjera konstruiranje i razvoj proizvoda studija strojarstva Sveučilišta u Bathu, čime se osiguralo da svi sudionici imaju relativno homogeno predznanje i iskustvo koje u prosjeku iznosi 10 mjeseci industrijske prakse te 4 godine akademskog obrazovanja. Studenti su tijekom studija upoznati s osnovnim principima i tehnikama razvoja proizvoda, te su imali prijašnje iskustvo s generiranjem koncepata u razvoju novih proizvoda. Ovo specifično iskustvo je bilo posebno važno, jer sudionici koji nemaju iskustva u razvoju proizvoda, ili sudjelovanja u *brainstorming* sesijama ne bi bili u stanju učinkovit izvršiti eksperiment, te bi to zahtijevalo znatno više vremena za pripremu.

Dvanaest studenata je nasumično izabrano iz grupe od 40 nakon kratkog opisa obaveza koje će studenti koji budu sudjelovali u studiji imati. Ova grupa od dvanaest studenata je naknadno podijeljena u 4 grupe od 3 studenta. Sastavi grupa su određeni nasumično, te su studenti naknadno potvrdili kompatibilnost grupe s ciljem provjere učinkovitosti rasporeda.

Veličina grupe od 3 studenata je određena, jer se smatralo da ta veličina grupe ispunjava zahtjeve potrebne za učinkoviti *brainstorming* [9] dok istovremeno omogućuje učinkovitu usporedbu sa aktivnostima sudionika kontrolne studije (profesionalci).

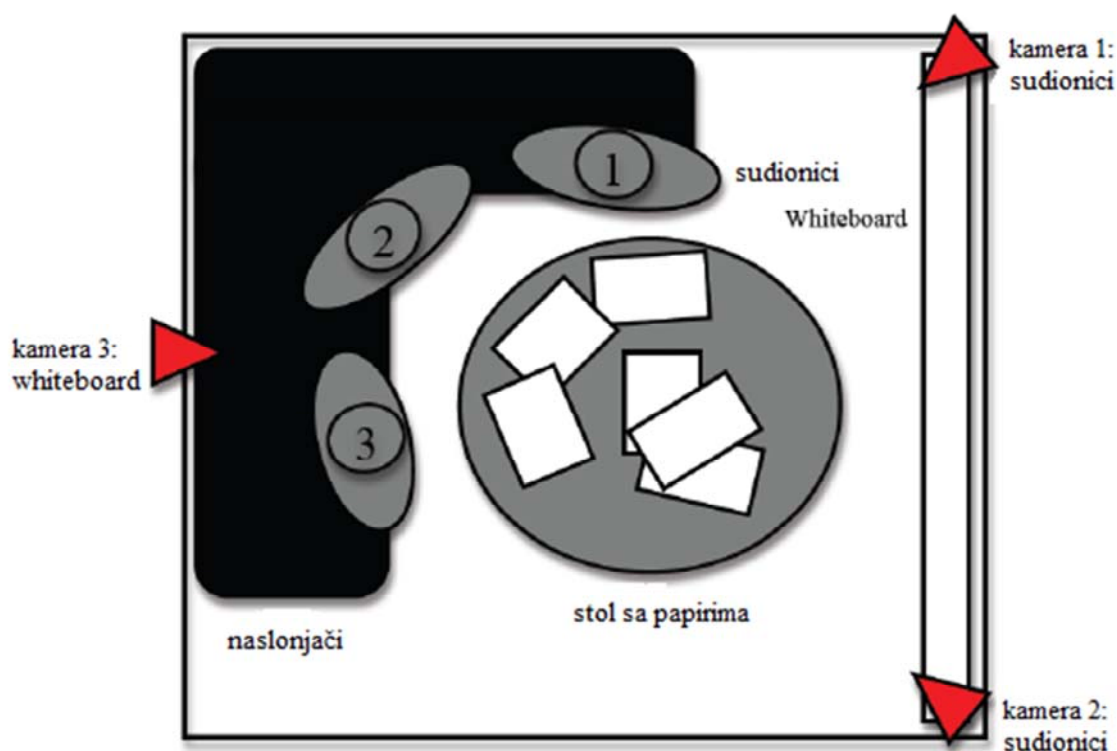
Timovi su postavljene zadatke radili u izoliranom radnom prostoru. Radni prostor je sadržavao stolice, stol, papir formata A3 te bijelu ploču. Aktivnosti su se snimale koristeći tri kamere – dvije usmjerene prema sudionicima (s ciljem potpunog bilježenja njihovih aktivnosti i transakcija), dok je treća kamera bila usmjerena prema

bijeloj ploči. Svaki sudionik je također dobio *LiveScribe* digitalnu olovku koja omogućuje digitalno bilježenje vlastitih bilješki i skica te radni blok.

Tablica 1. Tehnologije za snimanje podataka

Tehnologija	Što snima/pohranjuje
Kamera	Dva pogleda na aktivnosti sudionika uključujući stol te pogled na bijelu ploču.
Panopto	Sinkronizacija slike sa kamera.
LiveScribe pen	Bilješke sudionika.

Raspored prostorije u kojoj se odvijao eksperiment je prikazan na slijedećoj slici.



Slika 5. Prikaz prostorije u kojoj se odvijao eksperiment

### 3.1 Opis zadatka i načina provedbe eksperimenta

Prije početka eksperimenta, sudionicima su podijeljeni listovi s informacijama na kojima je bila opisana struktura zadatka koji će obavljati. Sudionicima nije objašnjena svrha studije. Nakon što je studija bila gotova, sudionici su dobili izvještaje na kojima je bila navedena svrha studije te njihov doprinos studiji. Detalji eksperimenta, te pojedine faze eksperimenta, opisani su dalje u tekstu.

### 3.1.1 Faze eksperimenta

**1 Faza** - Na početku prve faze sudionici su dobili naputak koji ih je nije ni na koji način ograničavao u odabiru metode izvršavanja zadaće. Tekst naputka:

Trebate konstruirati univerzalni nosač za kameru namijenjen za upotrebu na bespilotnoj letjelici. Letjelicu će koristiti fotograf amater, prvenstveno za izradu fotografija „mrtve“ prirode. Koristite bilo koje dostupne izvore informacija za stvaranje vaših ideja te zabilježite korisne informacije.

**2 Faza** - Naputak na početku druge faze sadržavao je objašnjenje *brainstorming* tehnike, te je sudionicima objasnio *brainstorming* primjere uz detaljnu specifikaciju balona kao letjelice. Također, u naputku su se nalazile dvije slike koje prikazuju konfiguraciju balona (slika 7) Tekst naputka:

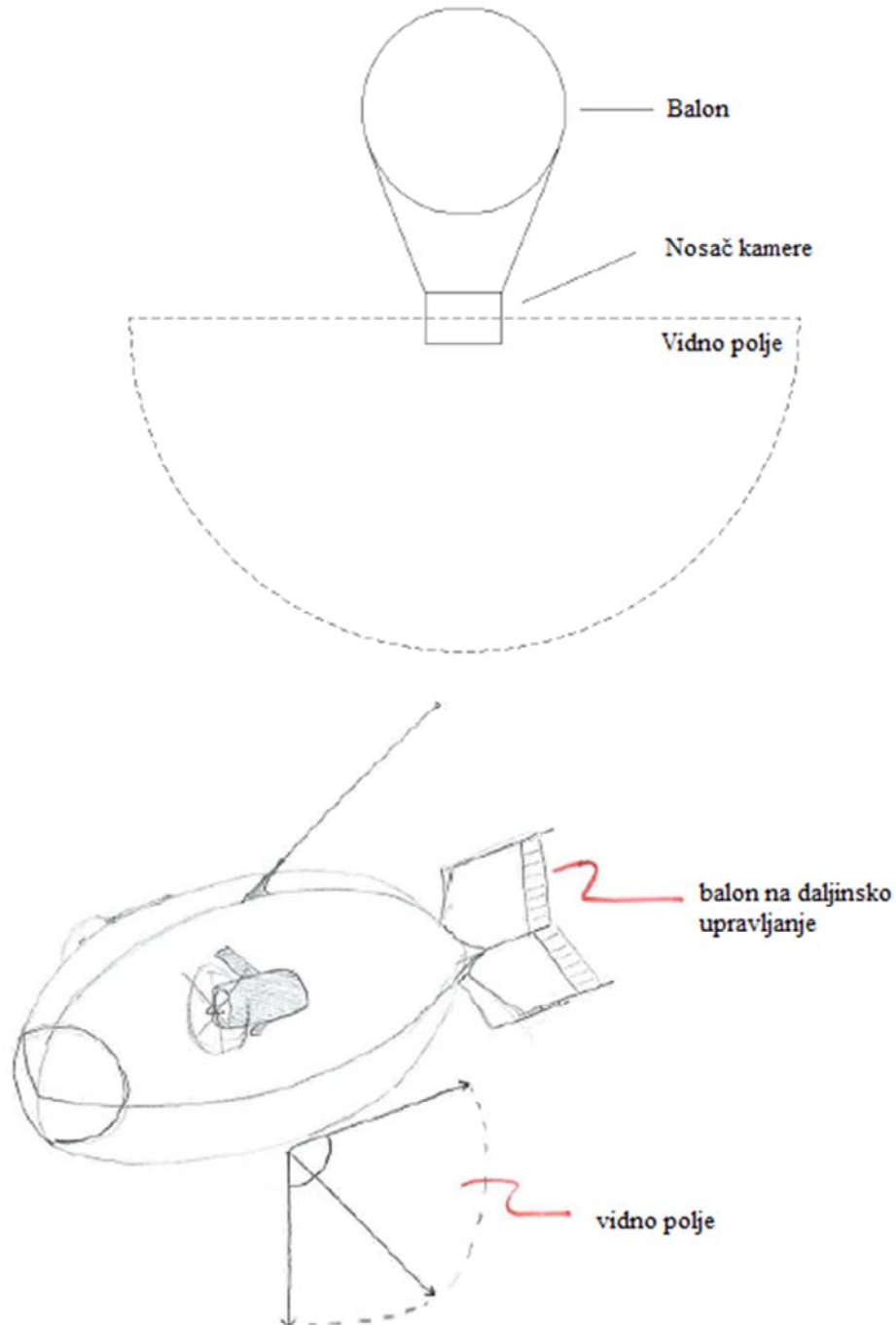
Za vrijeme ovog zadatka želimo da koristeći *brainstorming* tehniku izvršite sljedeći zadatak. Cilj ovog zadatka je generirati što više izvedivih ideja u zadanom vremenu. Molimo vas da ove ideje zabilježite na bijeloj ploči no slobodno, po potrebi, radite druge bilješke.

Koristeći zadanu specifikaciju, kreirajte različite koncepte držača kamere koji može prihvatiti bilo koju kameru dok je ovješena ispod balona od helija. Držać mora biti u stanju orijentirati kameru prema bilo kojoj točki u polusfernom području ispod balona te se njima mora moći daljinsko upravljati.

Tehnička specifikacija:

Ukupna masa kamere i držača	6kg
Cijena držača	\$75
Radni vijek (po punjenju)	1.5 sati
Brzina rada – rotacija za 360°	maksimalno 30s minimalno 10s
Tip kontrole	preko prijenosnog računala (laptop)
Domet kontrolora	100 m
Sloboda rotacije	360°X180°
Volumen	200 x 200 x 150mm
Veza s balonom	Fleksibilna
Oblik balona	Sfera

Konstrukcija balona je konačna te je pogodna za bilo kakvu vezu za držačem. Bilo kakvo gibanje držača treba minimalizirati ako je moguće, vibracije se mogu zanemariti.



**Slika 6. Slike konfiguracije balona**

**3 Faza** - Naputak za treću fazu sadržavao je detaljnije informacije o dostupnim proizvodnim kapacitetima te je poticao sudionike da koncepte razviju u detalje. Time

je sudionicima omogućeno da dalje razvijaju svoje ideje prije konačne faze odlučivanja. Tekst naputka:

Za vrijeme ovog zadatka želimo da u detalje razvijete jedan (1) od koncepata generiranih za vrijeme brainstorming sesije koristeći slijedeći naputak. Slobodno smijete koristiti dodijeljeno računalo i radnu bilježnicu te proizvoljnu literaturu. Svoj koncept razradite što detaljnije. Svaki korak zabilježite u vašem dnevniku – predložite detaljno, izvedivo, dimenzionirano rješenje.

Ostali detalji:

Dostupni alatni strojevi za proizvodnju: tokarilica, glodalica, injekcijsko lijevanje i laserski rezač.

Predviđeni način sklapanje: ručno

Nakon ovog koraka vaš rad će biti prosljeđen tehničaru, koji će izraditi funkcionalni prototip. Stoga, rad mora sadržavati: gabaritne dimenzije, dimenzije svih kritičnih dijelova, materijal koji će se koristiti, detaljan opis principa rada svih sustava, opis postupka sklapanja, opis kako konstrukcija izvršava svoju zadaću te preferirane metode izrade.

Podatke koji izostavite tehničar će pokušati sam zaključiti, iako nije upoznat s projektom. Stoga, napravite što više moguće posla u zadanom vremenu.

**4 Faza** – U konačnoj fazi su sudionici dobili naputak da odaberu i razviju jednu ideju koja će se onda dalje razvijati do razine prototipa. Sudionici su kombinirali elemente koncepata iz faze 3. Tekst naputka:

Za vrijeme ovog zadatka želimo da ocijenite vaše prijedloge detaljnih skica (razvijene u prošlom zadatku). Cilj ovog zadatka je odabrati i razviti jednu ideju, ili kombinaciju ideja, u konačno rješenje koje će biti prosljeđeno u proizvodnju. Molimo učinite sljedeće:

S vašim kolegama, koristeći razvijene detaljne skice, odaberite jedno konačno rješenje koji najbolje zadovoljava zadatak i tehničku specifikaciju. Molimo da taj konačno rješenje zabilježite na jednom arku papira formata A3.

### 3.1.2 Karakterizacija sudionika

Prije i nakon eksperimenta provedeni su upitnici kako bi se dobilo osnovno referentno stanje te da bi se osiguralo da sudionici predstavljaju širu studentsku populaciju. Korištena su tri pisana testa – upitnik o prijašnjem iskustvu sudionika, *Kirton Adaption-innovation Inventory* (KAI) test [35] koji mjeri kreativan stil sudionika, te Torrance test [36] koji mjeri kreativno razmišljanje. Upitnici su korišteni kako bi se opisao profil sociološkog i povijesnog konteksta sudionika. Korištenjem ovih upitnika dobilo se referentno stanje sa kojima se mogu uspoređivati rezultati studije.

#### Prijašnje iskustvo sudionika

Upitnik o prijašnjem iskustvu sudionika je proveden na početku studije prije prve faze. Upitnik je procijenio socijalne i povijesne aspekte bitne za izvedivost studije: osobne podatke, sociometričke informacije, obrazovanje, profesionalno iskustvo te osobni razvoj. Sudionicima je upitnik dan u pisanom obliku te su ga mogli riješiti privatno, u svoje vrijeme (rješavanje testa se nije promatralo u sklopu studije).

#### KAI Test

KAI test je proveden na početku studije prije prve faze nakon upitnika o iskustvu sudionika. Cilj KAI testa je bio procijeniti latentnu kreativnost sudionika. Ovaj test je doprinio karakterizaciji osobnih vještina sudionika. KAI test je sudionicima dan u pismenom obliku, te su sudionici imali 5 minuta da ga riješe.

#### Torrance Test

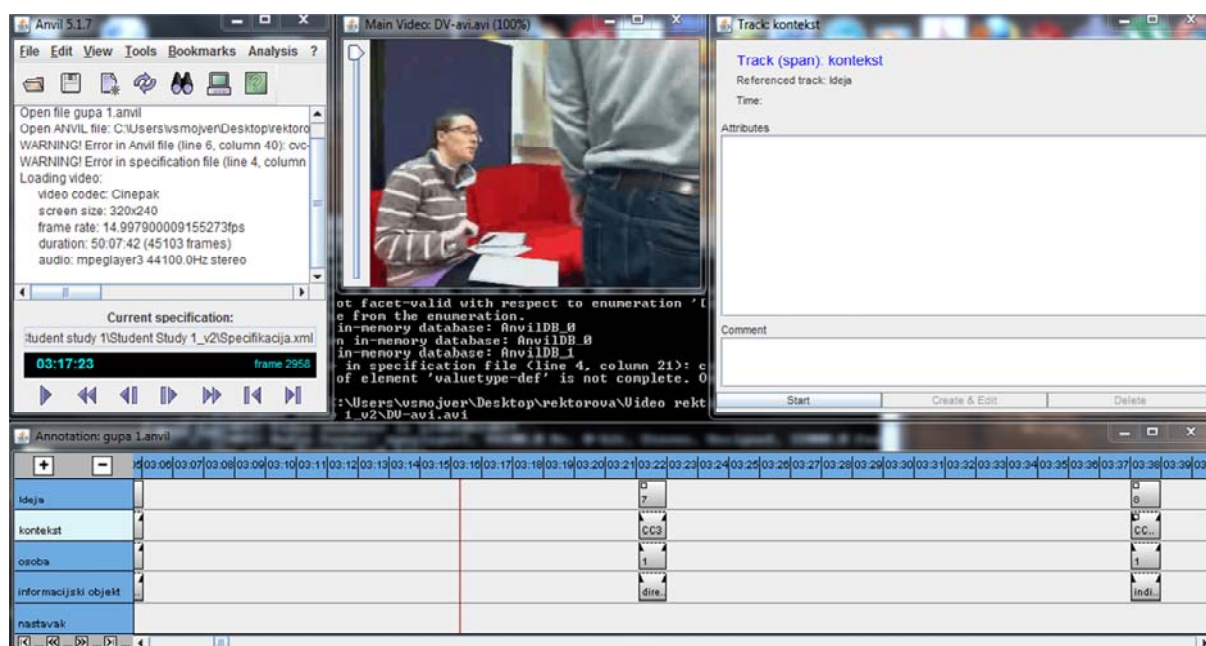
Torrance test je proveden nakon četvrte faze, ali prije nego su sudionici dobili konačni izvještaj. Svrha Torrance testa bila je procijeniti razinu kreativnog razmišljanja sudionika. Ovo je također doprinijelo karakterizaciji osobnih vještina sudionika. Torrance test je sudionicima dan u pismenom obliku.

## 3.2 Prikupljanje podataka i kodiranje

Nakon što su sudionici dobili konačni izvještaj, pristupilo se kreiranju podataka za analizu temeljem zapisa koji su kreirani tijekom eksperimenta. Za ovo se koristila tzv. analiza protokola, tehnika koja omogućuje verbalizaciju snimljenog materijala. Za tu svrhu, materijali koji su snimljeni tijekom izvođenja eksperimenta kodiraju kako bi se mogli iskoristiti za kreiranje mreže. Za ovaj eksperiment bilo je potrebno definirati

nove vrste kodova. Naime, kodovi koji se koriste u ovakvim studijama nisu normirani, te se novi kodove definiraju za svaku studiju zasebno ovisno o cilju. Kodovi koji su generirani za ovaj rad svojstveni su samo za ovaj slučaj.

Video snimke koje su kamere napravile tijekom eksperimenta pretvorene su u .mp4 datoteke te nakon toga konvertirane u .avi format kako bi bile kompatibilne sa *open source* aplikacijom za kodiranje video datoteka koji se koristio u ovom radu - Anvil ([www.anvil-software.org](http://www.anvil-software.org)).



Slika 7. Sučelje Anvil aplikacije tijekom kodiranja video datoteka

Kodiranje je za potrebe ovog rada napravljeno na sljedeći način. U prvoj fazi su za svaku snimljenu *brainstorming* epizodu identificirani trenuci nastanka novih ideja, te označeni vremenski indeksi u kojima se one pojavljuju. Pod idejom se podrazumijevala bilo koju nova spoznaju koja doprinosi rješavanju problema kako je to definirano u radu Howard et al. 2010 [37]. Osim toga u sklopu prijašnje studije (Cash, 2012) kodirane su aktivnosti i transakcije ovih epizoda.

Tablica 2. Kodovi za prvu fazu

Grupa	Kod	Opis
Ideja	<ul style="list-style-type: none"> <li>redni broj ideja</li> </ul>	Svaki put kada se pojavi nova ideja, stavi se oznaka u videu
Aktivnost	<ul style="list-style-type: none"> <li>definiranje cilja</li> <li>rješavanje problema</li> <li>istraživanje</li> </ul>	Definira svojstvo ideje temeljeno na postupku jednog člana radne grupe.



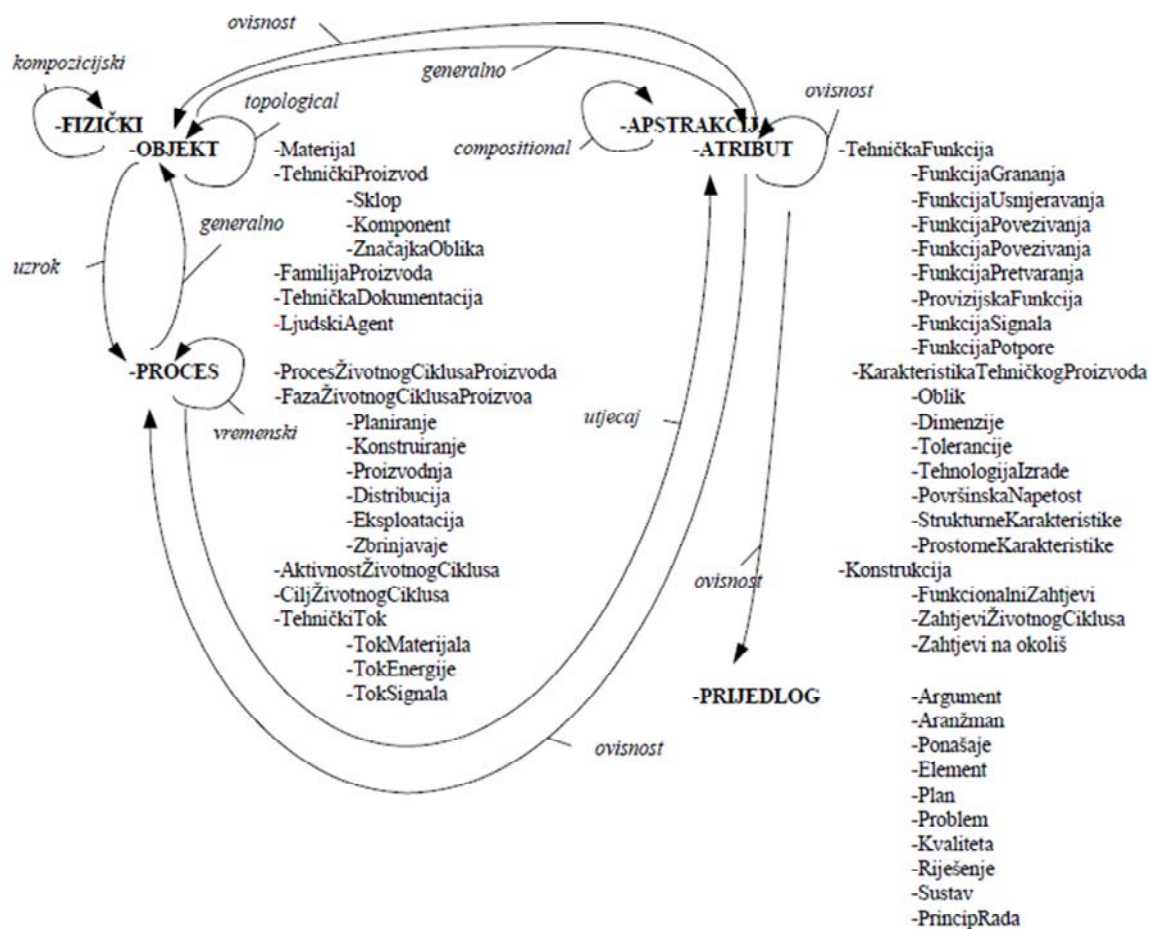
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ograničavanje</li> <li>• evaluacija</li> <li>• donošenje odluke</li> <li>• refleksija</li> </ul>	
Transakcija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prepoznavanje potrebe</li> <li>• sugestija</li> <li>• slaganje</li> <li>• konfrontacija</li> <li>• orijentiranje</li> <li>• raščišćavanje</li> <li>• iznošenje mišljenja</li> <li>• zahtijevanje informacije</li> <li>• informiranje</li> <li>• interpretiranje</li> </ul>	Definira svojstvo ideje temeljenu na interakciji više članova grupe.

Svakoj ideji su nakon toga u okviru ovog rada kodiranjem pridružena sljedeća svojstva:

- c) Kontekst ideje
- d) Osoba koja je ideju generirala
- e) Informacijski objekt koji je potaknuo stvaranje ideje
- f) Prethodna ideja na koju se novo stvorena ideja nastavlja

#### Kontekst ideje:

Kontekst ideje povezuje svaku ideju s fazom u životnom ciklusu proizvoda te samim proizvodom i atributima njegovih komponenti. Kontekst sukladno tome može biti objekt, proces ili atribut. U studiji je kontekst definiran sukladno ontologiji za konstruiranje i razvoj proizvoda MOED (*eng. Merged Ontology for engineering Design*) [38] (slika 8) Osim postojećih pojmova u ontologiji, među kodove je bilo potrebno dodati i tehničko rješenje koje nije predviđeno ontologijom na prvoj razini taksonomije pojmova koji su korišteni.



Slika 8. MOED – kodovi za kontekst [38]

U tablici 3 su prikazani kodovi za označavanje konteksta ideje.

Tablica 3. Kodovi za kodiranje konteksta ideje

Grupa	Kod	Opis
Objekt	• CC1	Materijal
	• CC2	Sklop
	• CC3	Dio
	• CC4	Značajka oblika
	• CC23	Tehničko rješenje
	• CC5	Familija proizvoda
	• CC6	Tehnička dokumentacija
Proces	• CC7	Planiranje
	• CC8	Konstruiranje
	• CC9	Proizvodnja
	• CC10	Distribuiranje
	• CC11	Eksploatiranje
	• CC12	Odlaganje
Atribut	• CC13	Tehnička funkcija
	• CC14	Oblik

	• CC15	Dimenzije
	• CC16	Tolerancije
	• CC17	Tehnologija izrade
	• CC18	Površinska napetost
	• CC19	Strukturne karakteristike
	• CC20	Funkcionalni zahtjevi
	• CC21	Zahtjevi životnog ciklusa proizvoda
	CC22	Zahtjevi na okoliš

Osoba koja je ideju generirala:

Svojstvo „osoba“ označava člana promatrane grupe koji je iznio ideju. Članovi grupe su označeni brojevima 1, 2 i 3. Detaljan opis sudionika sesija dostupan je u doktorskom radu Cash 2012 [34].

Informacijski objekt koji je potaknuo stvaranje ideje:

Ovo svojstvo govori na koji su način postojeći informacijski objekti inspirirali stvaranje nove ideje. U načelu, kodirale su se dvije vrste inspiracije: direktnu i indirektnu.

Direktna inspiracija je ona koja se koristi u nepromijenjenom obliku u usporedbi sa „sirovim“ informacijskim objektom kojeg je osoba pronašla: („Ja sam to pronašao“). Ovo svojstvo je pridruženo idejama za koje je bilo očito da su ih sudionici dobili iz zapisa znanja (sudionik ideju pročitao sa prije pripremljenog komada papira). Indirektna inspiracija je ona koja je potakla osobu kod stvaranja ideje („bio sam inspiriran“). Ovo svojstvo je pridruženo idejama koje su sudionici iznijeli koristeći svoja prijašnje stečena znanja i iskustva.

Prethodna ideja na koju se novo stvorena ideja nastavlja:

Ovo svojstvo označava ideju na koju se novo stvorena ideja nastavlja bilježeći na taj način evoluciju ideja.

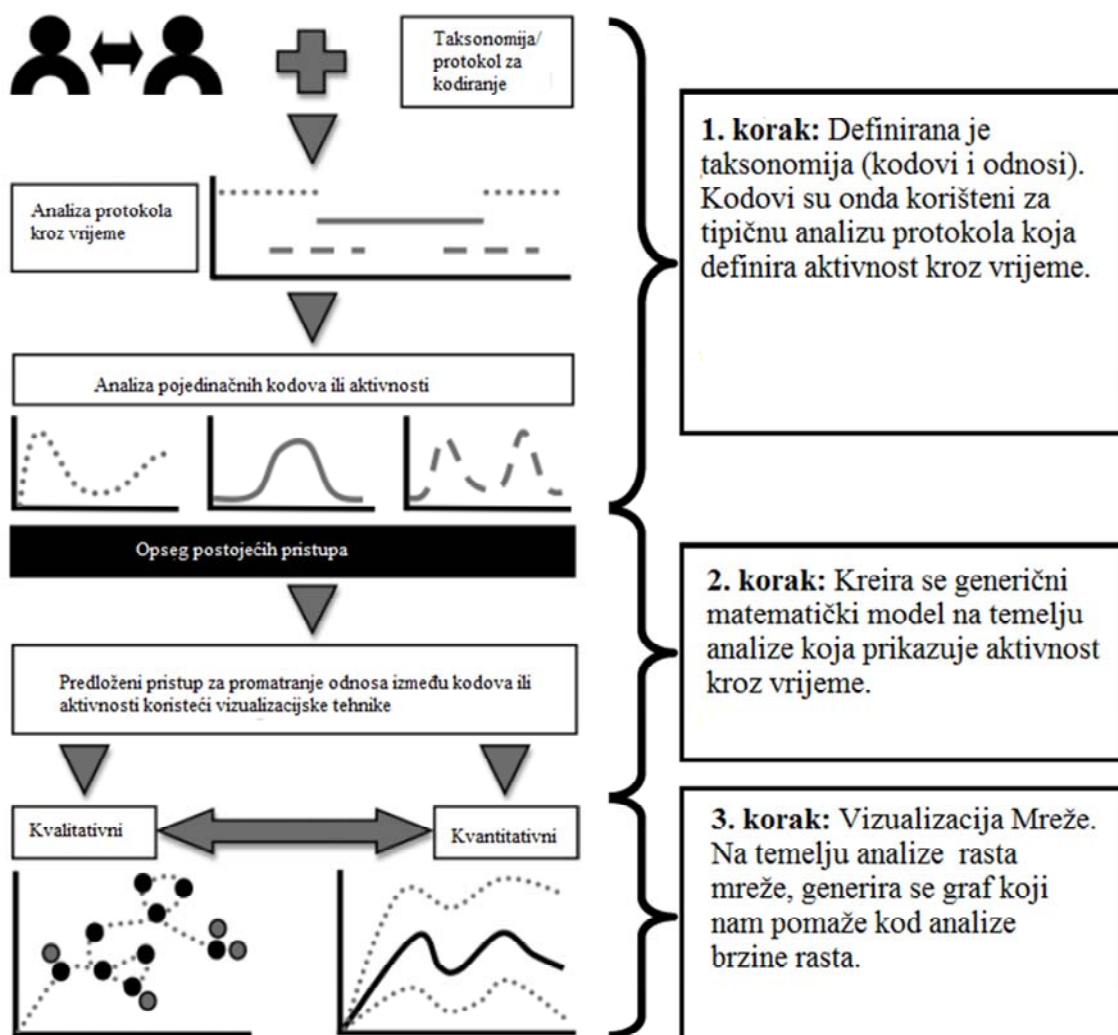
### 3.3 Interakcija ispitivača i sudionika

Za vrijeme provođenja studije nije bilo izravne interakcije između sudionika i istraživača – naputci su sudionicima dani u pisanom obliku bez davanja verbalnih uputa ili druge interakcije. Za vrijeme izvođenja studije, istraživač nije bio u prostoru u kojem se odvijala studija te nije bio u bilo kakvoj interakciji sa sudionicima. Ipak, bilo je potrebno imati način komunikacije sa sudionicima u slučaju pitanja ili problema. Da

bi se izbjegla potencijalna nepristranost ispitivača, fiksna pitanja i odgovori su napisani prije početka studije. Ako bi sudionici pitali jedno od zapisanih pitanja, odgovor je pročitao na glas da bi se osigurao da svaki puta bude dan isti odgovor. Kada su sudionici postavili novo pitanje, ispitivač im je odgovorio, te su i pitanje i odgovor bili zapisani, i dodani u skup fiksnih pitanja. Ovaj sustav je osigurao konzistenciju među svim timovima, a ipak je omogućio određenu dozu fleksibilnosti.

## 4 Vizualizacija i analiza rezultata

U okviru ove faze rada podaci dobiveni u eksperimentalnim studijama i kodirani analizirani su s ciljem definiranja odnosa između aktivnosti, transakcija, ideja i konteksta ideja u procesu ideacije na kvalitativan i kvantitativan način. Postupak vizualizacije i statističke analize koji je primijenjen je općenit, te se može primijeniti da bilo koji skup podataka ovog tipa. Metoda koja se koristila predložena je u radu Casha i ostalih [39]. Vizualizaciju i analizu rezultata možemo podijeliti u tri glavna koraka:



Slika 9. Koraci metodologije za analizu procesa ideacije

- 1) Potrebno je pripremiti odgovarajući skup podataka koji će se modelirati mrežnim pristupom. Taksonomija pojmova koji opisuju podatke i njihovi međusobni odnosi definiraju se od slučaja do slučaja.

- 2) Izrada mreže korištenjem matematičkih modele teorije grafova temeljem podataka čime se generirani kodovi pretvaraju u matematički model kompleksne mreže
- 3) Interaktivna vizualizacija evolucije mreže koja omogućuje kvalitativnu analizu procesa ideacije. Statistička analiza dodatno generira kvalitativni prikaz evolucije mrežne strukture te u odnosu na dodavanja čvorova i relacija.

#### 4.1 Algoritam za kreiranje mreža

U okviru ovog rada, kreirana su 3 vrste mreža, koje su analizirane u daljnjem tekstu. To su mreže koje prikazuju ovisnost aktivnosti u inženjerskom procesu i ideja, aktivnosti u inženjerskom procesu i konteksta ideja, te transakcije među sudionicima timskog rada i konteksta ideja.

Temeljeno na podacima dobivenim tijekom eksperimenta, mreža  $G$  će biti heterogena tj. sadržavati će više od jednog tipa čvora i relacija. Nadalje, moguće je da na postoje višestruke veze između čvorova, ovisno o učestalosti razvoja pojedine ideje tijekom *brainstorming* sesije. U kontekstu napravljene studije, generirane mreža se smatraju dinamičkom mrežom čvorova i relacija [40]. Takva mreža predstavlja aktivnost kreiranja ideja – povezivanje ideja i aktivnosti procesa ideacije, kao i transakcija među sudionicima sesije i konteksta ideja koji su bili predmet transakcija, gledano u vremenskoj instanci  $i$  snimljene sesije. Da bi se mreža uspješno generirala, potrebno je definirati nekoliko pod-koraka.

**Korak 1.** Definiranje tipova čvorova koji će se primijeniti u izradi mreže  $G$ .

Neka svaki od definiranih kodova u taksonomiji konstituira se skup oznaka čvorova u grafu  $\Sigma V$ . U ovom slučaju postoje dva tipa čvorova – aktivnosti (transakcije)  $\Sigma A$  te ideje (kontekst ideja)  $\Sigma S$ , stoga slijedi  $\Sigma V = \Sigma A \cup \Sigma S$ .

Skupovi čvorova imaju slijedeći definiciju:

- Aktivnosti  $A$  iz seta  $\Sigma A$  koje se provode su: definiranje cilja, rješavanje problema, istraživanje, ograničavanje, evaluacija, donošenje odluke, refleksija.
- Transakcije  $A$  iz seta  $\Sigma A$  koje se provode su: prepoznavanje potrebe, sugestija, slaganje, konfrontacija, orijentiranje, raščišćavanje, iznošenje mišljenja, zahtijevanje informacije, informiranje, interpretiranje.

- kontekst ideja  $S$  iz seta  $\sum S$  koji se koriste su kodovi koji su definirani MOED ontologijom za objekte, procese i atribute.

**Korak 2.** Definiranje tipova relacija koje će se primijeniti u izradi mreže  $G$ .

Neka je  $\sum_R$  konačan skup oznaka u grafu koje su uvedeni da u mreži definiraju semantičke odnose. U ovom slučaju, koriste se dvije vrste oznaka relacija grafa u  $\sum_R$ :

- Vremenska koja pokazuje vremenski kontekst tj. redosljed aktivnosti/transakcija.
- Pridruživanje koje obilježava izravnu vezu tj. generiranje pojedine ideje koja ima svoj inženjerski kontekst.

Strogo gledano, koraci 1 i 2 uključuju dva dodatna pridruživanja: od oznaka čvorova  $\sum V$  do svakog čvora  $v$  u skupu čvorova  $V$  te od oznaka relacije iz  $\sum_R$  do svake relacije  $e$  u skupu relacija  $E$ . Kada su ovim pridruživanjem uspostavljeni čvorovi grafa  $v$  iz skupa čvorova  $V$  će biti nazvani sukladno taksonomiji kodova aktivnosti (transakcija) ili rednom broju ideje (oznaci konteksta ideje) dok će relacije  $e$  koji pripadaju skupu relacija  $E$  biti nazvani kao poveznice jednog od dva ponuđena tipa.

**Korak 3.** Kreiranje mreže  $G$  na temelju dostupnih skupova oznaka, njihovo preslikavanje u čvorove i relacije te skupa pravila potrebnih za definiranje čvorova i relacija. Neka skup pravila  $p$  uključuje uvjete potrebne za definiranje čvorova i relacija i sve specifičnosti koje se mogu dogoditi u odnosu na ulaznu listu podataka za analizu potrebnu za stvaranje relacije.

U ovom slučaju, snimljene sesije su raščlanjene u listu aktivnosti (transakcija) i ideja (konteksta ideja), zajedno sa oznakom njihovog pojavljivanja u sesiji te njihovom trajanju. Tako je za svaku aktivnost (transakciju)  $A$  iz  $\sum_A$  te za svaku ideju (kontekst ideja)  $S$  iz  $\sum_S$  početna je točka definirana kao  $t_0: \sum_V \rightarrow \mathbb{N}$  i trajanje definirano kao  $t_d: \sum_V \rightarrow \mathbb{N}$ . Temeljeno na ovoj listi moguće je kreirati mrežu za svaku vremensku točku sesije poštivajući sljedeće pravila iz skupa pravila  $p$ :

- Aktivnosti (transakcije) se ne smatraju jedinstvenima, stoga se u slučaju

njihovog pojavljivanja u listi, mreži dodaje novi čvor označen u skladu sa  $\Sigma_A$ .

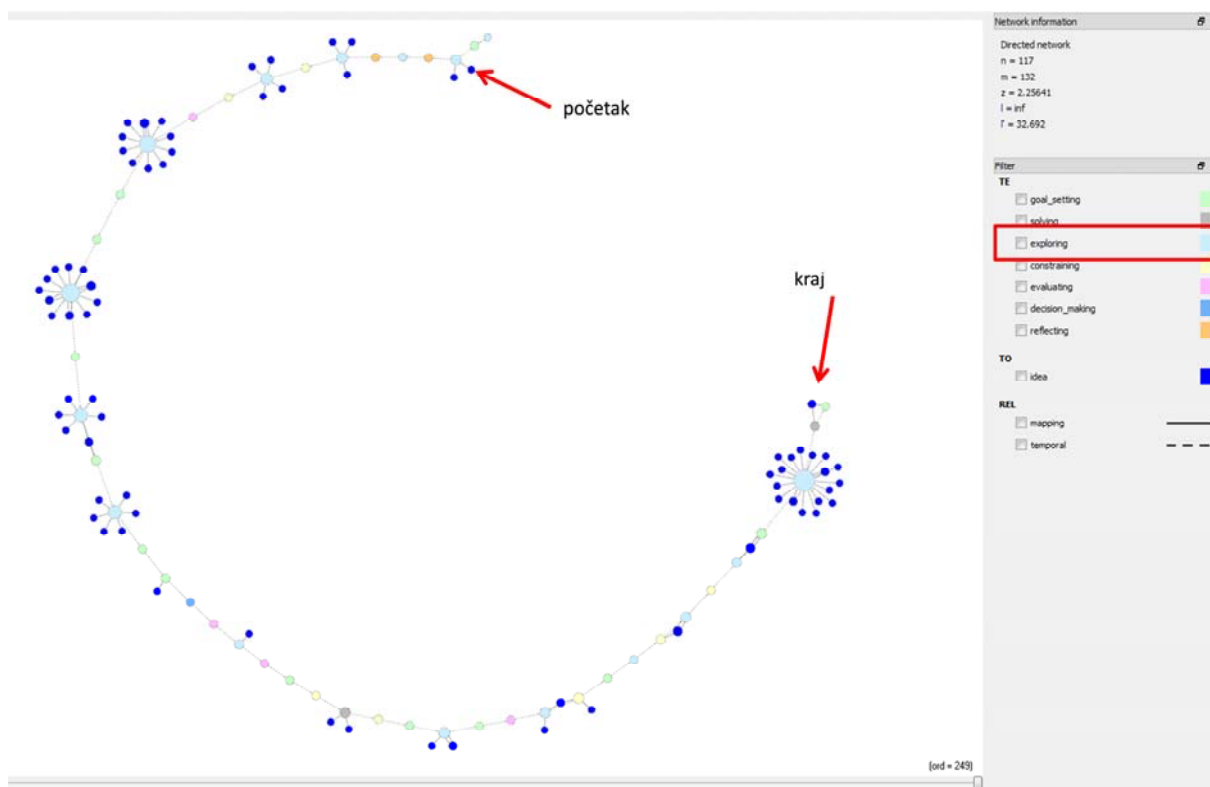
- Ideje (kontekst ideje) se smatraju jedinstvenim elementima (potrebni za identifikaciju iteracija u kojima se ideja razmatra jednom ili više puta). Stoga, za svaku oznaku iz  $\Sigma_S$  u mreži postoji samo jedan označeni čvor.
- Aktivnosti (transakcije)  $A_1$  i  $A_2$  povezane su vremenskom relacijom  $e_t$ , tj.  $e_t = \{A_1, A_2\}$  ako se dvije aktivnosti (transakcije) vremenski preklapaju. Uz uvjet da je početna točka  $t_0(A_1)$ ,  $t_0(A_2)$  te trajanja  $t_d(A_1)$ ,  $t_d(A_2)$  te pretpostavku da čvorne početne točke tvore uredan skup, aktivnost (transakcija)  $A_1$  se vremenski preklapa sa aktivnosti (transakcijom)  $A_2$  ako je sljedeće istinito:  $t_0(A_2) \in [t_0(A_1), t_0(A_1) + t_d(A_1)]$ .
- Aktivnost (transakcija)  $A$  i ideja (kontekst ideje)  $S$  povezani su relacijom pridruživanja  $e_m$ , tj.  $E_m = \{A, S\}$  ako se vremenski preklapaju, te tako zadovoljavaju  $t_0(S) \in [t_0(A), t_0(A) + t_d(A)] \vee t_0(A) \in [t_0(S), t_0(S) + t_d(S)]$ . Posljedično se može pojaviti više relacija između aktivnosti (transakcije) i ideje (konteksta ideje) ako je ideja (kontekst ideje) ponovno korišten za vrijeme trajanja aktivnosti (transakcije).

## 4.2 Kvalitativna analiza generiranih mreža

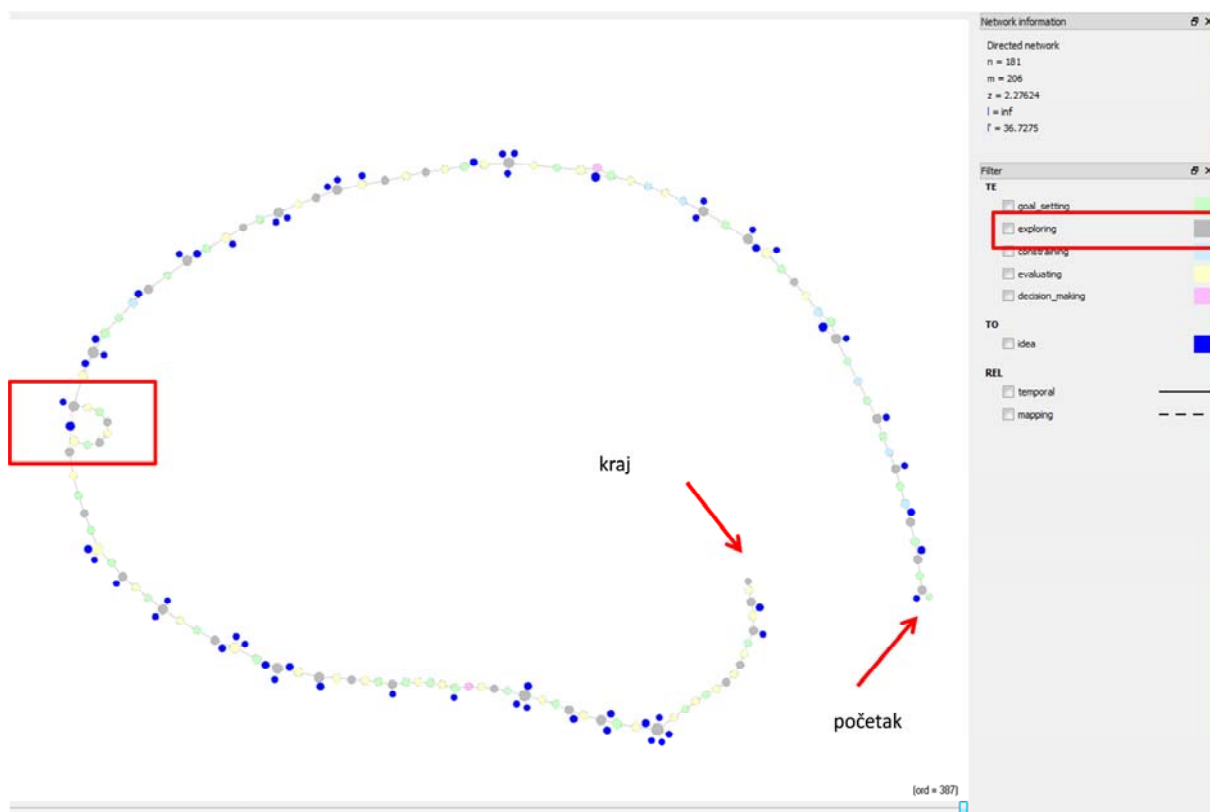
Kao što je već rečeno OrganicVIZ alata za analizu kompleksnih mreža iskorišten je za se vizualizaciju niza stanja mreže u diskretnim vremenskim razmacima pokazujući tako promjenu kvalitativnu promjenu konfiguracije mreža kroz cijelo vrijeme trajanja eksperimentalnih sesija. Za svaku od prethodno navedenih mreža analizirana su stanja sa i bez primjene algoritma za definiranje zajednica (*eng. community structuring*) [25], koji je integriran u alat kako bi se kvalitativno vidjelo koji entiteti mreže su povezani s drugima. U svakom o kreiranih mreža posebno se ističe značajka veličine čvorova, koja kvalitativno ilustrira svojstvo stupnja (*eng. degree*) za svaki čvor, ilustrirajući na taj način najutjecajnije čvorove u mreži temeljem broja relacija koje prolaze kroz njih. Na sljedećim slikama prikazane su generirane mreže u konfiguraciji nakon što je pojedina sesija završena. Za svaku od tri vrste mreže dani su prikazi za studiju s grupom studenata i studiju s grupom profesionalca. Legenda uz sliku objašnjava strukturalna svojstva svake mreže, kodirane vrijednosti aktivnosti i transakcija, dok su konteksti ideja opisani napomenom na slici.



### 4.2.1 Aktivnosti – generirane ideje

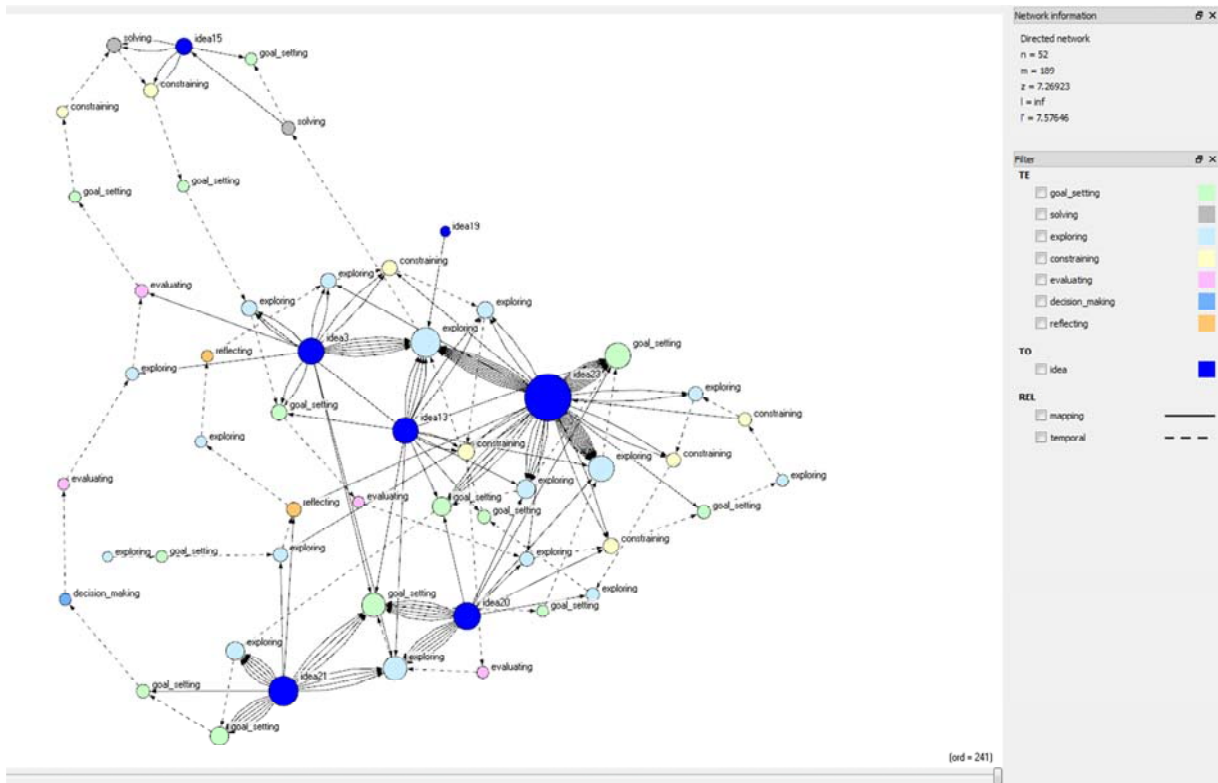


Slika 10. Mreža aktivnosti – generirane ideje, studentska studija

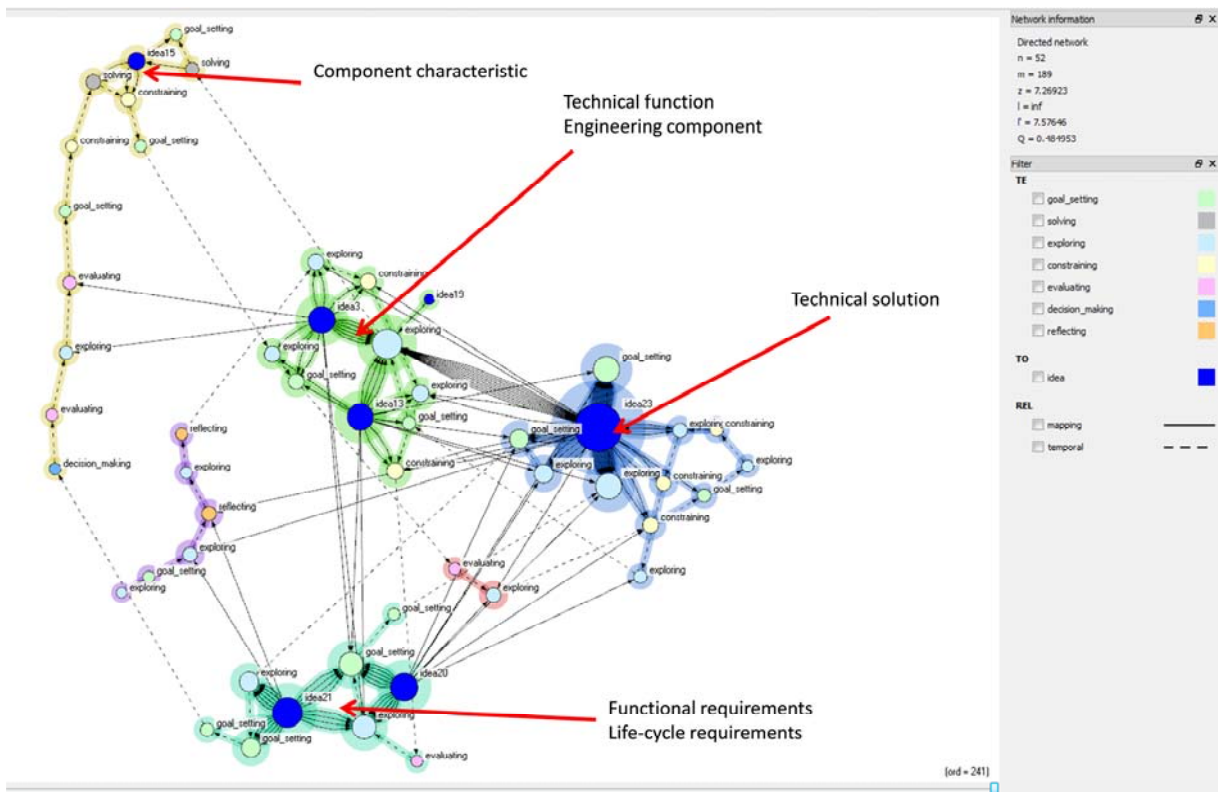


Slika 11. Mreža aktivnosti – generirane ideje, studija s profesionalcima

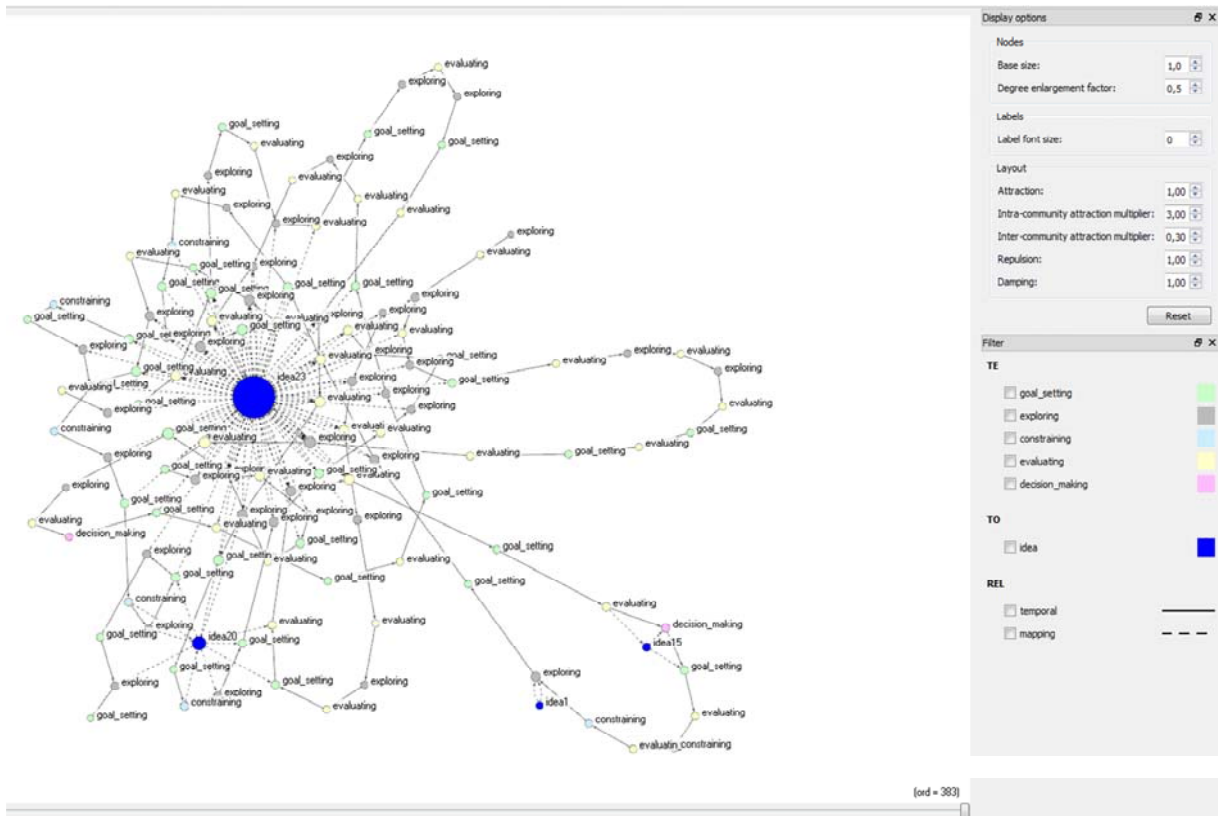
### 4.2.2 Aktivnosti – kontekst generiranih ideja



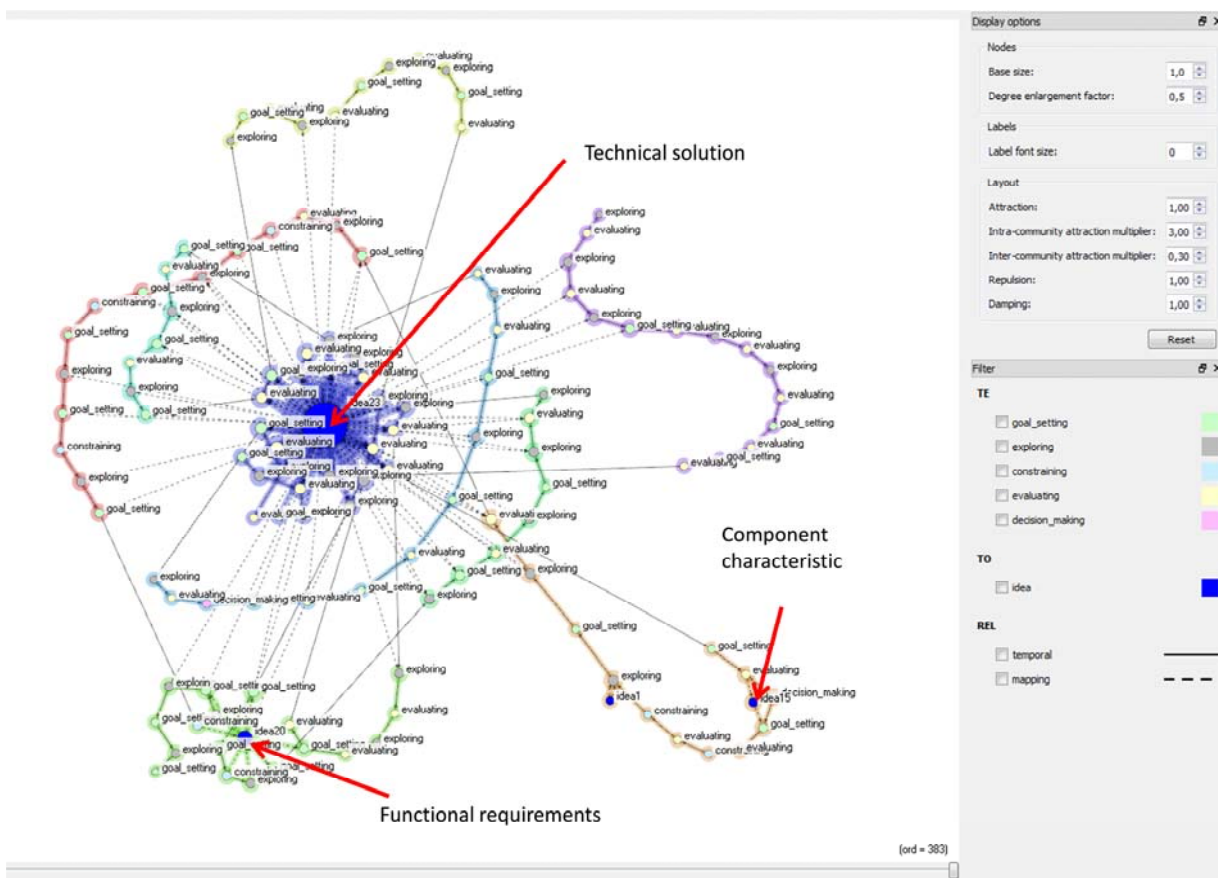
Slika 12. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, nestrukturirano, studentska studija



Slika 13. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, strukturirano, studentska studija



Slika 14. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, nestrukturirano, studija s profesionalcima

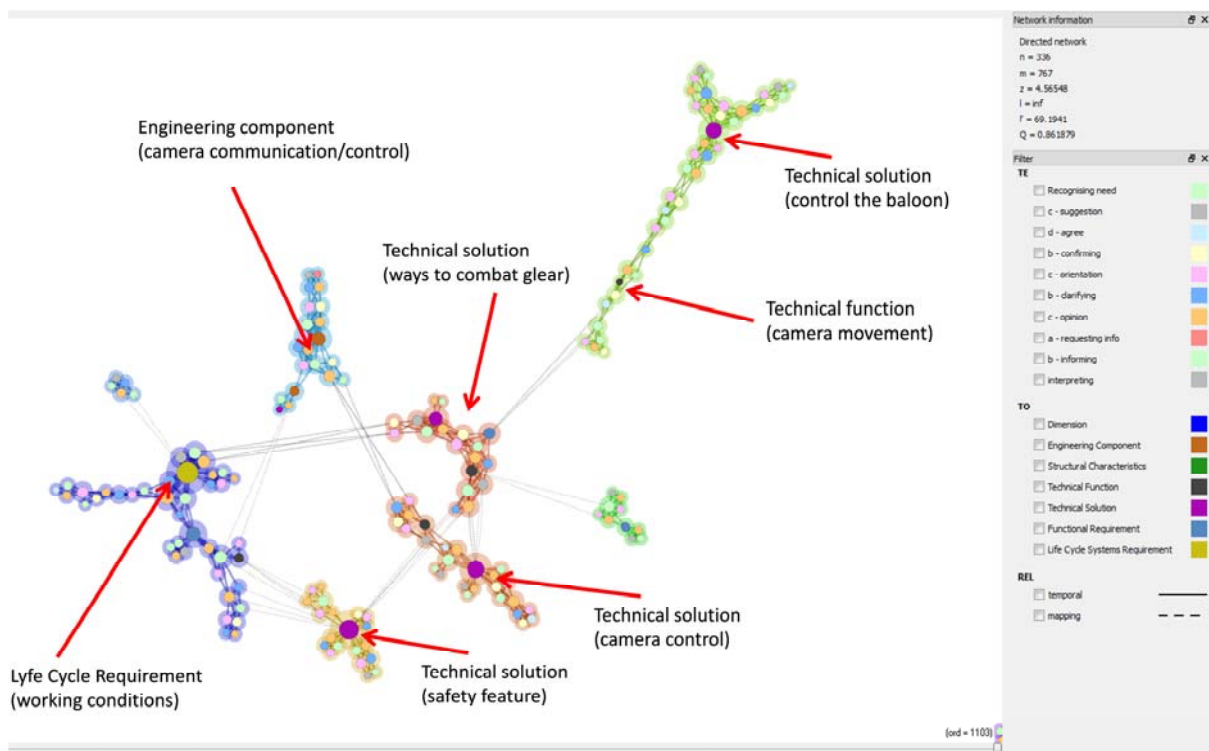


Slika 15. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, strukturirano, studija s profesionalcima

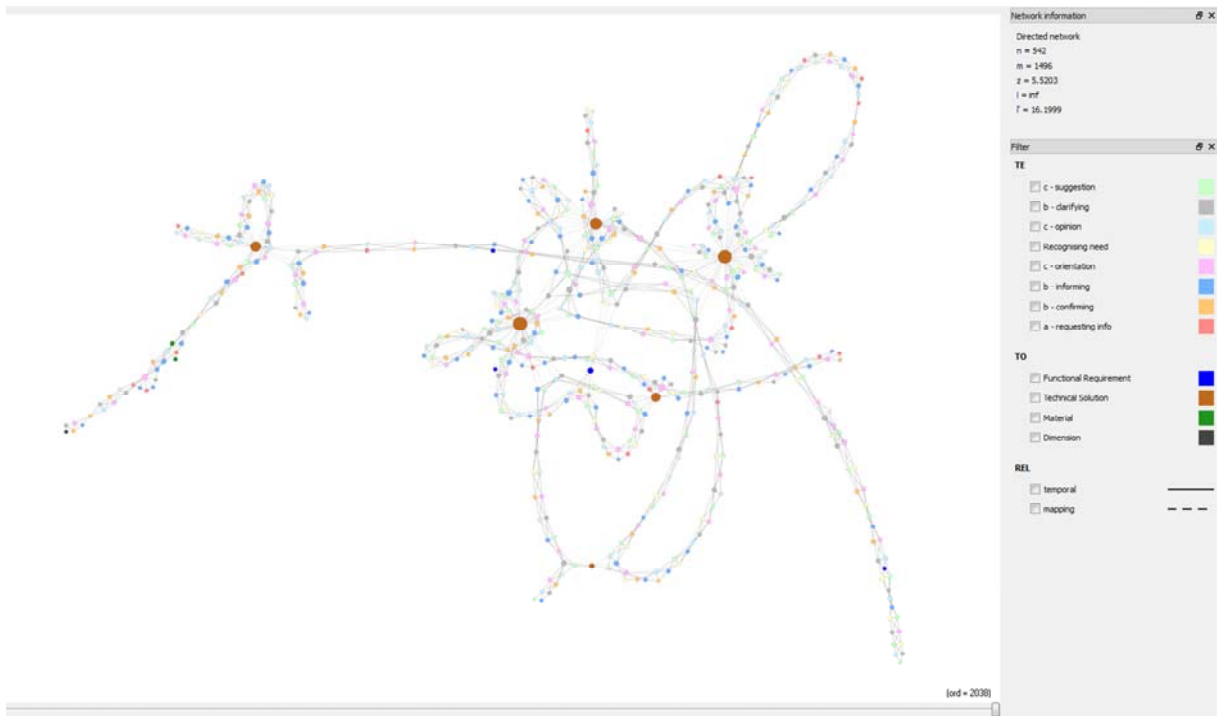
### 4.2.3 Transakcije – kontekst generiranih ideja



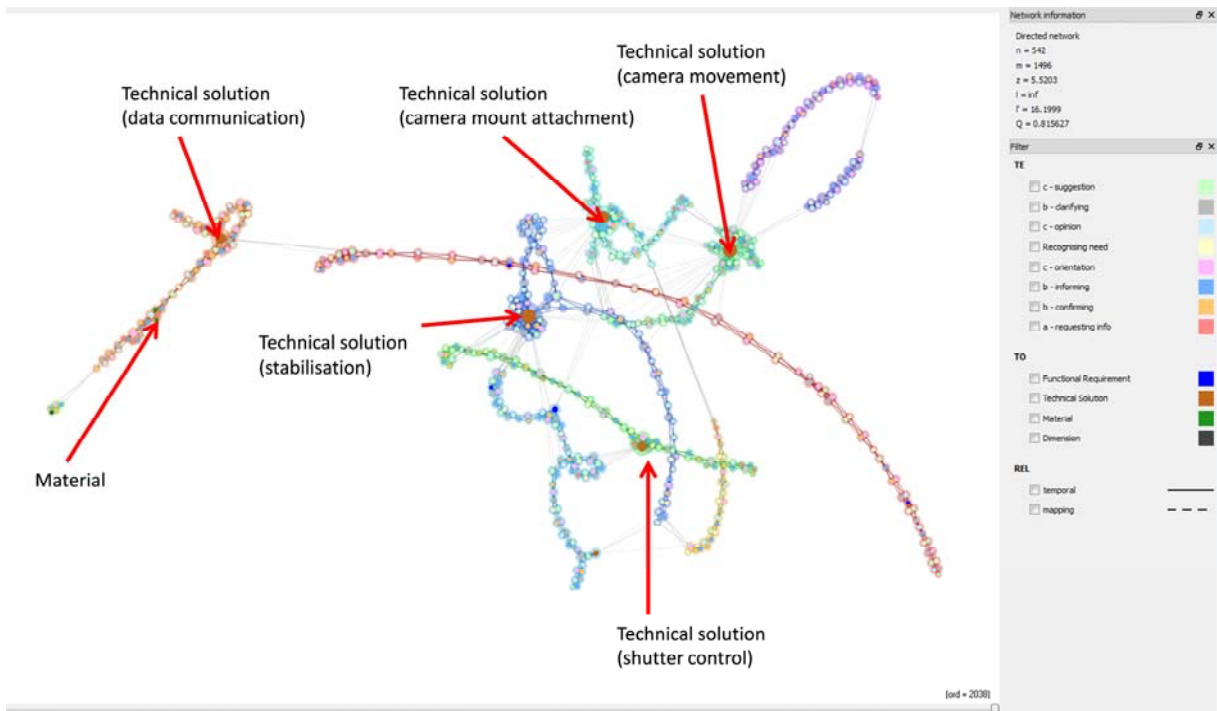
Slika 16. Mreža transakcije – kontekst ideja, nestrukturirano, studentska studija



Slika 17. Mreža transakcije – kontekst ideja, strukturirano, studentska studija



Slika 18. Mreža transakcije – kontekst ideja, nestrukturirano, studija s profesionalcima



Slika 19. Mreža transakcije – kontekst ideja, strukturirano, studija s profesionalcima

#### 4.2.4 Interpretacija rezultata kvalitativne analize

**Mreže aktivnosti - generirane ideje (slike 10 i 11).** Ono što jasno vidljivo je da je tijekom aktivnosti generiranja ideja bio linearan kod obje promatrane grupe (studenti i profesionalci) Bitno je napomenuti da na ovakav ishod izravno utječe činjenica da smo u oba slučaja u analizi zanemarili trajanje ideje. Na takav pristup smo se odlučili zbog činjenice da je inicijalno eksperiment zamišljen samo u svrhu kvantificiranja skupa ideja koje nastaju tijekom promatrnih sesija, te da je jako teško točno definirati trajanje ideje. Ono što je znakovito je da je jasno vidljivo kako je u oba slučaja aktivnost „istraživanje“ glavni generator ideja, što je posebno izraženo kod studentske grupe obzirom da su pojedine instance te aktivnosti nositelji velikog broja generiranih ideja što se vidi iz zvjezdolikog izgleda nekih od čvorova koji predstavljaju pojedinu instancu tih aktivnosti. To se također može tumačiti i činjenicom da su studenti u radu slijedili strukturirani pristup, te su za svaki korak kreirali niz rješenja prije nego što su odlučivali što dalje. Kod profesionalca to nije toliko izraženo, s obzirom da je njihov pristup bio neformalniji, te su u svakom koraku generirali dvije-tri ideje te se fokusirali na detaljniju razradu istih što se vidi iz drugih mreža koje slijede.

**Mreže aktivnosti – kontekst ideja (slike 12 do 15).** Mreže koje pokazuju vezu aktivnosti i konteksta generiranih ideja imaju puno kompleksniju strukturu, obzirom da trajanje ideja za njih nije toliko važno. Ono što se pokazuje ovdje je inženjerski kontekst ideje i to na općenitoj razini. Zbog toga se pojedini konteksti kojima su se bavile aktivnosti na početku sesija, vežu i za aktivnosti na njihovom kraju ukoliko ose kontekst ponavljao. Za obje grupe prikazani su nestrukturirani i strukturirani prikazi mreža. Ono što je jasno vidljivo je da su se studenti u svojem radu fokusirali na nekoliko različitih konteksta sukladno metodologiji razvoja koja se podučava na ovoj akademskoj razni. Prije svega vidi se da su razmišljali o funkcijskim zahtjevima uz zahtjeve koji proizlaze iz životnog ciklusa proizvoda, nakon čega su posebnu pažnju posvetili tehničkim rješenjima pojedine funkcije, ali i načinu na koji se funkcija implementira u pojedinu komponentu. Na kraju su se u procesu generiranja ideja dotaknuli i nekih od ključnih karakteristika komponenti. Za razliku od studenata gdje se jasno mogu razlikovati tri velike zajednice u mreži, vidljivo je da se prikaz procesa generiranja ideja od strane profesionalaca grupira oko jedne velike zajednice, tj. Konteksta tehničkih rješenja. Očito je da su profesionalci puno više u svojem radu posvetili idejama koje su vezane uz pojedine radne principe tehničkih rješenja, te da

im je manje vremena trebalo ustvari za raščišćavanje zadatka i razumijevanje što je potrebno napraviti, tako da nisu previše raspravljali o aspektima poput životnog ciklusa ili karakteristika komponenti, nego su tijekom cijele studije generirali i nadograđivali svoje ideje vezane uz specifična tehnička rješenja.

**Mreže transakcije – kontekst ideja (slike 16-20).** Ove mreže povezuju pojedinu transakciju za prijenos informacija i znanja s specifičnim kontekstom ideje koja se generirala. Kao i kod prethodne dvije vrste mreže vidljiva je sličnost u strukturi mreže između studenata i profesionalaca. Razlika je prije svega što transakcije kod studenata nisu kontinuirane, obzirom da je bilo i praznog hoda u njihovoj *brainstorming* epizodi, za razliku od profesionalaca čije su transakcije dobro povezane tijekom cijelog trajanja studije. Za studente je izdvojena najveća komponenta nakon primjene algoritma za kreiranje zajednica u mreži, gdje se vidi kojim specifičnim funkcijama i tehničkim rješenjima su se bavili (kontrola i pomicanje balona, kontrola kamere, sigurnosne značajke, komunikacija te radni uvjeti). Profesionalci su se, što se moglo pretpostaviti i iz prethodnih mreža, do veće razine detalja u svojem procesu generiranja ideja bavili specifičnim rješenjima i njihovim značajkama (komunikacije, stabilizacije, pomicanja, povezivanja kamere na balon, te kontrole uključivanja kamere, s posebnim naglaskom na materijal i dimenzije za generirana rješenja). Ono što je pomalo neobično je da se kod studenata može vidjeti struktura koja je kompleksnija, dok je kod profesionalaca u ovom slučaju ona nešto linearnija što se može objasniti većom fokusiranošću na konkretni zadatak kod profesionalaca. Za ovu mrežu trajanje ideje također nije imalo posebnog utjecaja, iako se može pretpostaviti da bi taj podatak donio određenu iterativnost u mreže.

### 4.3 Kvantitativna analiza trenova rasta mreža

Vizualizirane mreže koristeći grafove kvalitativno prikazuju dinamičku strukturu aktivnosti traženja informacija što omogućuje analitičaru da se fokusira na periode iteracija u postupku generiranja ideja ili kontekst u kojem su ideje najviše generirane. No, ovaj je pristup ograničen bez dodatne analize koja bi omogućila identifikaciju i kvantitativnu karakterizaciju trendova rasta mreža. Ovaj postupak je ključan za analizu dinamike mreža te uspoređivanje ili agregiranje više različitih mreža [39]. Stoga se kvantitativna analiza brzine rasta mreže smatra preduvjetom za kvantifikaciju obrasca aktivnosti u generiranju ideja.

### 4.3.1 Postupak analize

Da bi se pozabavili problemom kvantifikacije dinamike mreže, pristup se fokusira na promatranje brzine rasta broja relacija u mreži u odnosu na broj čvorova u vremenu. Ono što se ovakvom analizom očekuje je razumijevanje ponašanja koje stoji iza kreiranja mreže određene konfiguracije strukture kao što je npr. poznavanje udjela evolucije koji čini glavni dio mreže, kada je točno taj glavni dio mreže kreirana tijekom promatrane studije, kad je tom dijelu elementa mreže ponovno pristupalo s ciljem povezivanja s novim čvorovima koji su s vremenom dodani u mrežu. Ova analiza je napravljena prema prijedlogu Cash i ostalih [39]. Za analizu se pretpostavljaju dvije mjerene jedinice: stvarna brzina rasta  $\delta$  te prosječna i normalizirana brzina rasta mreže  $\delta_e$  koja se definira na sljedeći način:

Za svaki vremenski pomak  $i$  u kojem je dodan čvor ili je povećan stupanj čvora (*eng. degree*) u odnosu na pripadajući ukupan broj relacija  $m$  ili ukupan broj čvorova  $n$ , stvarni rast  $\delta_{is}$  se mjeri sljedećim izrazom:

$$\delta(i) = m(i) - n(i) \quad (1)$$

Druga mjera,  $\delta_e$ , u obzir uzima ukupnu veličinu mreže na kraju studije, od koje se onda uzima prosječna vrijednost za sve vremenske pomake  $i$ . Ovo se radi u odnosu na ukupan broj pomaka  $i=p$  koji se nalaze u sesiji kao  $i$  na ukupan broj subrelacija  $m_p$  i čvorova  $n_p$ . Stoga se  $\delta_e$  za svaki vremenski pomak  $i$  definiran sljedećim izrazom:

$$\delta_e(i) = i \cdot (m_p - n_p) / p \quad (2)$$

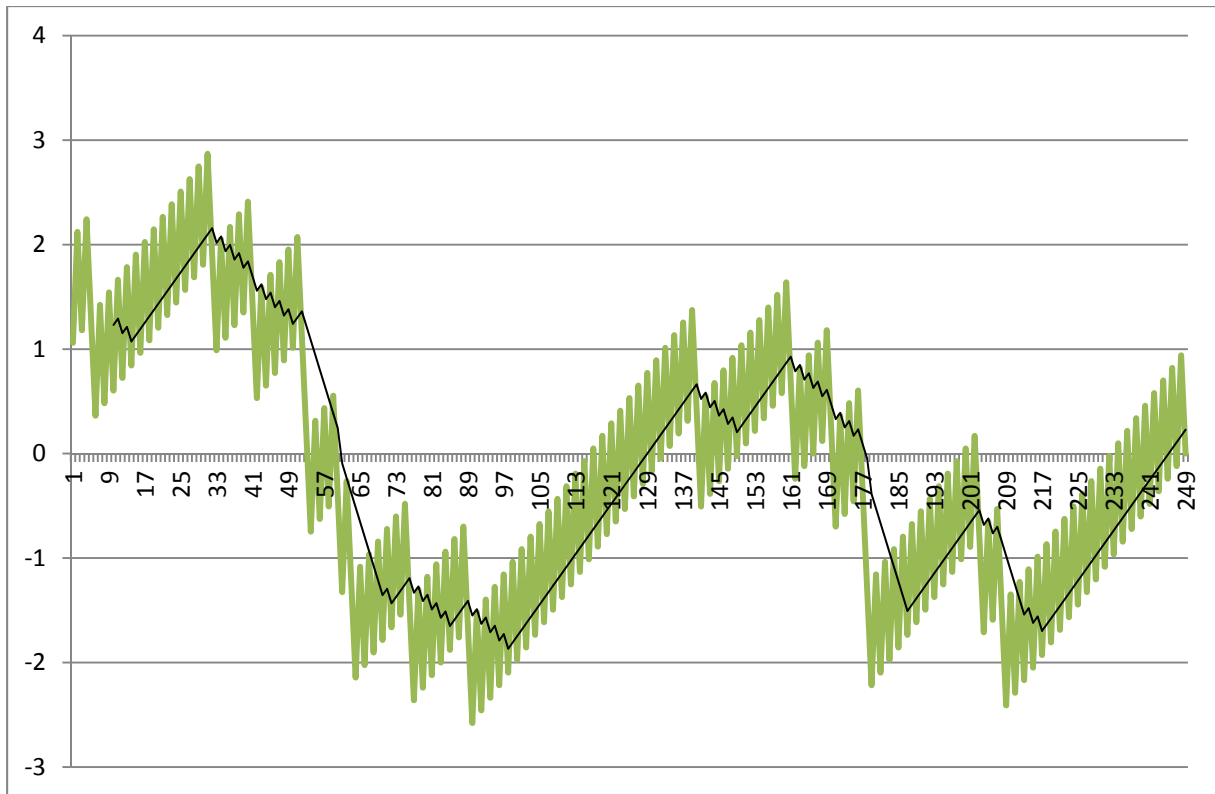
Za konkretnu studiju procesa generiranja ideja, analiza pokazuje višak relacija u odnosu na čvorove što opravdava oduzimanje čvorova od relacija tako da se većina vrijednosti nalazila iznad apscise. Konačno, indikator relativnog rasta mreže,  $\delta_q$ , po vremenskom pomaku  $i$  definiran je sa izrazom:

$$\delta_q(t) = \delta_e(t) - n(t) \quad (3)$$

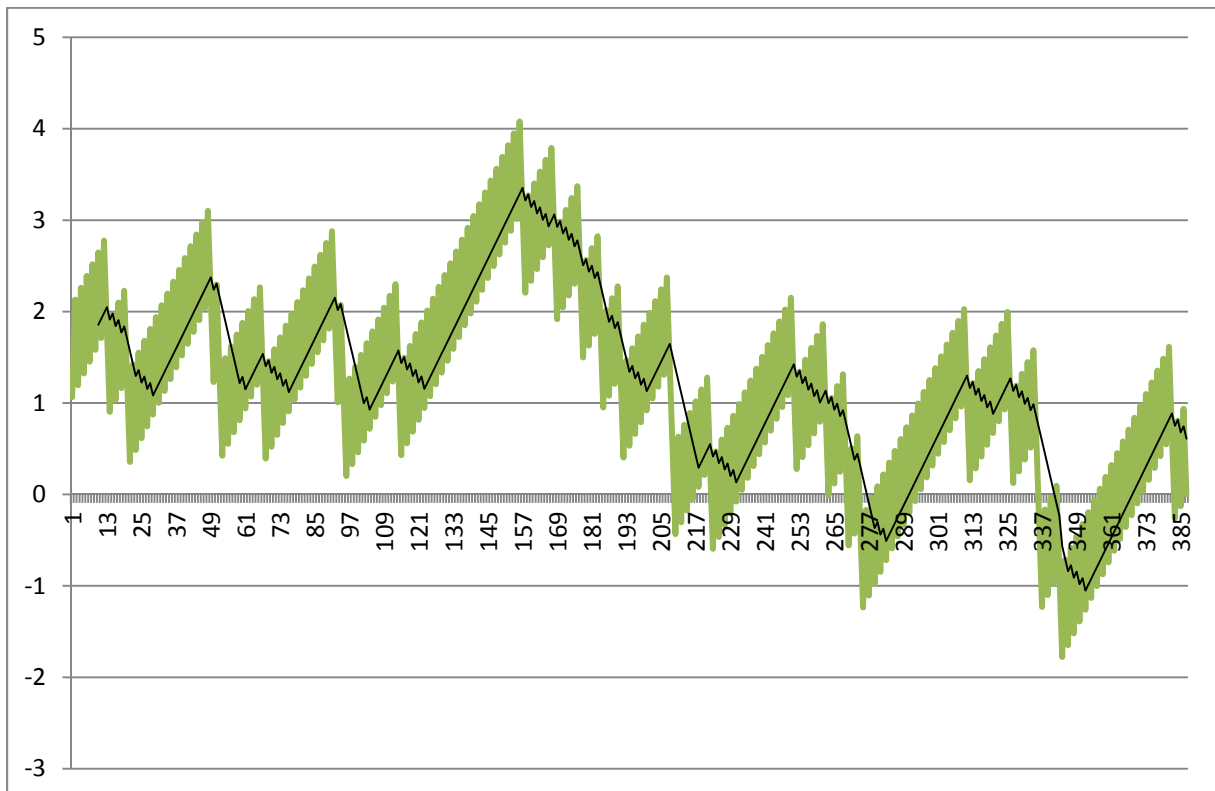
U sljedećem poglavlju pokazani su grafovi relativnog rasta mreža s podacima o vremenu studije na apscisi te indikatorom relativnog rasta na ordinati. Na grafovima nazubljene zelene linije odgovaraju relativnom rastu povezanim sa svakim novim čvorom odnosno relacijom koja se dodaje u mrežu, dok tamna debela linija predstavlja prosječnu vrijednost izračunatu za svaki od 10 koraka u studiji.



### 4.3.2 Grafovi trendova rasta mreža

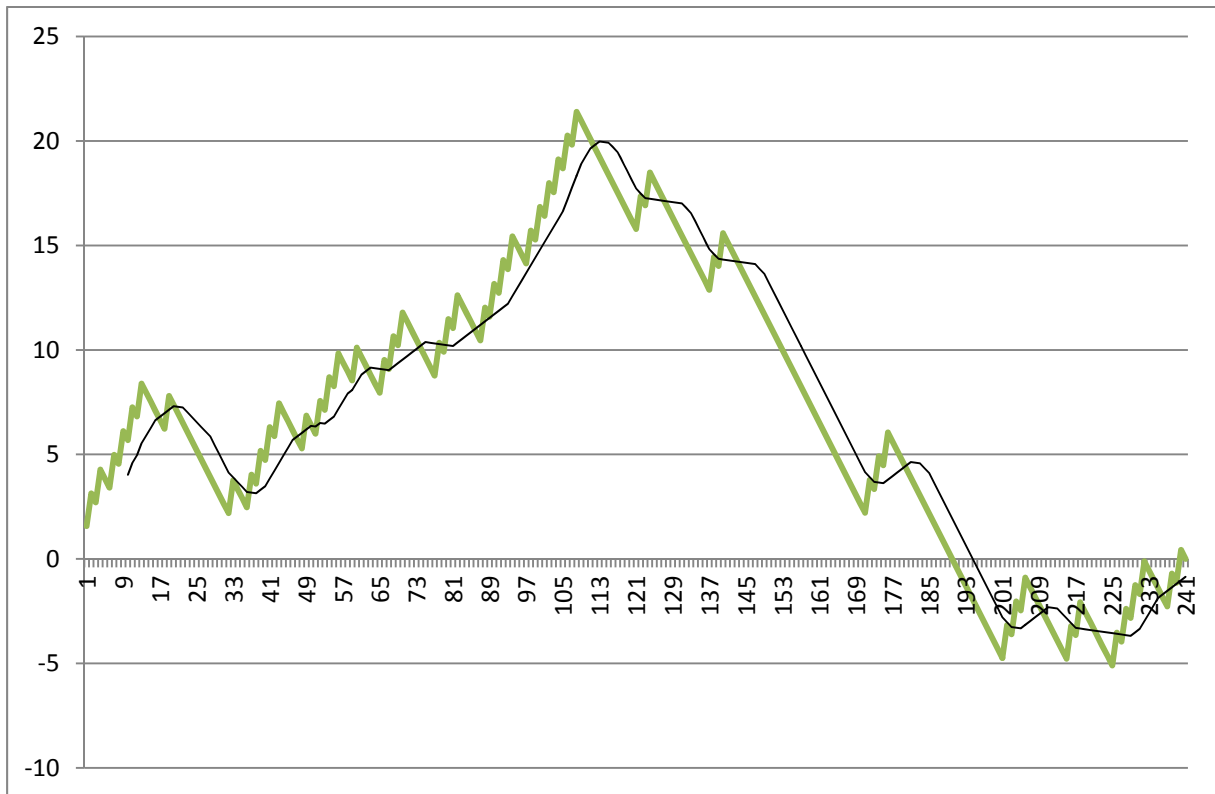


Slika 20. Rast mreže aktivnosti –ideja, studentska studija

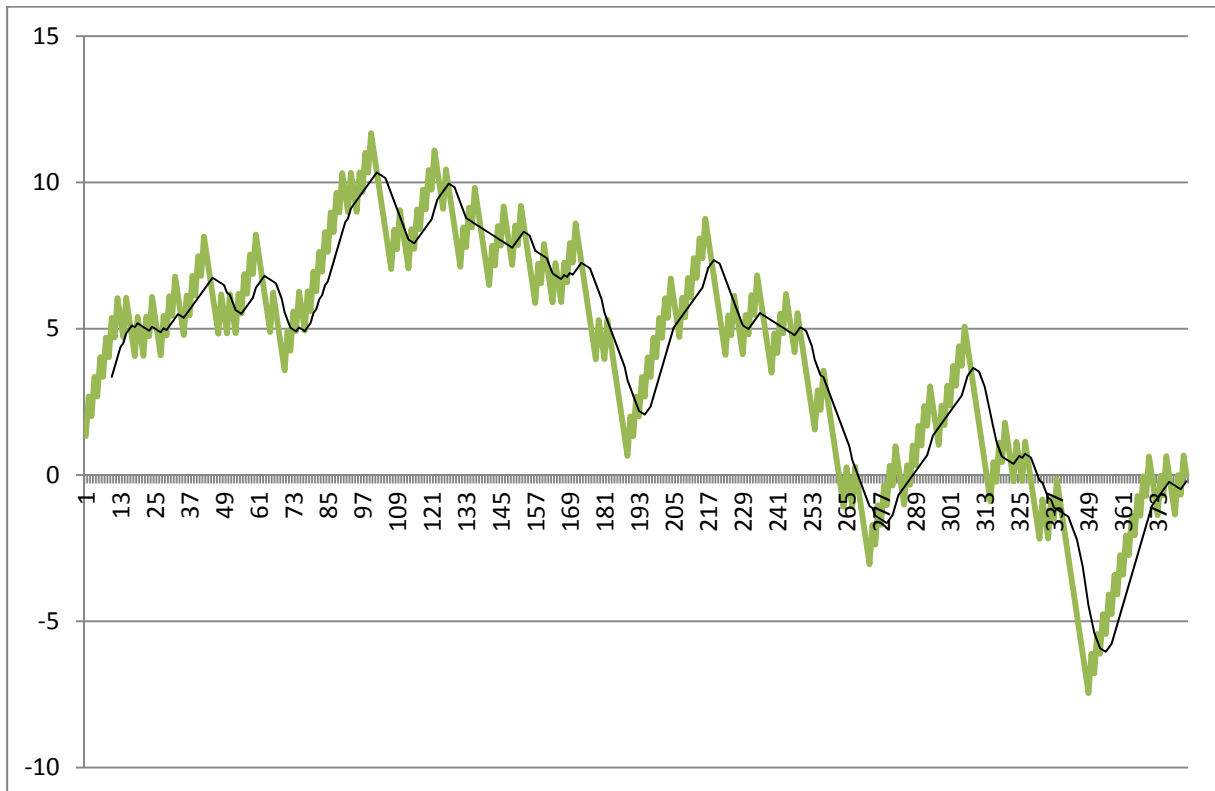


Slika 21. Rast mreže aktivnosti –ideja, studija s profesionalcima

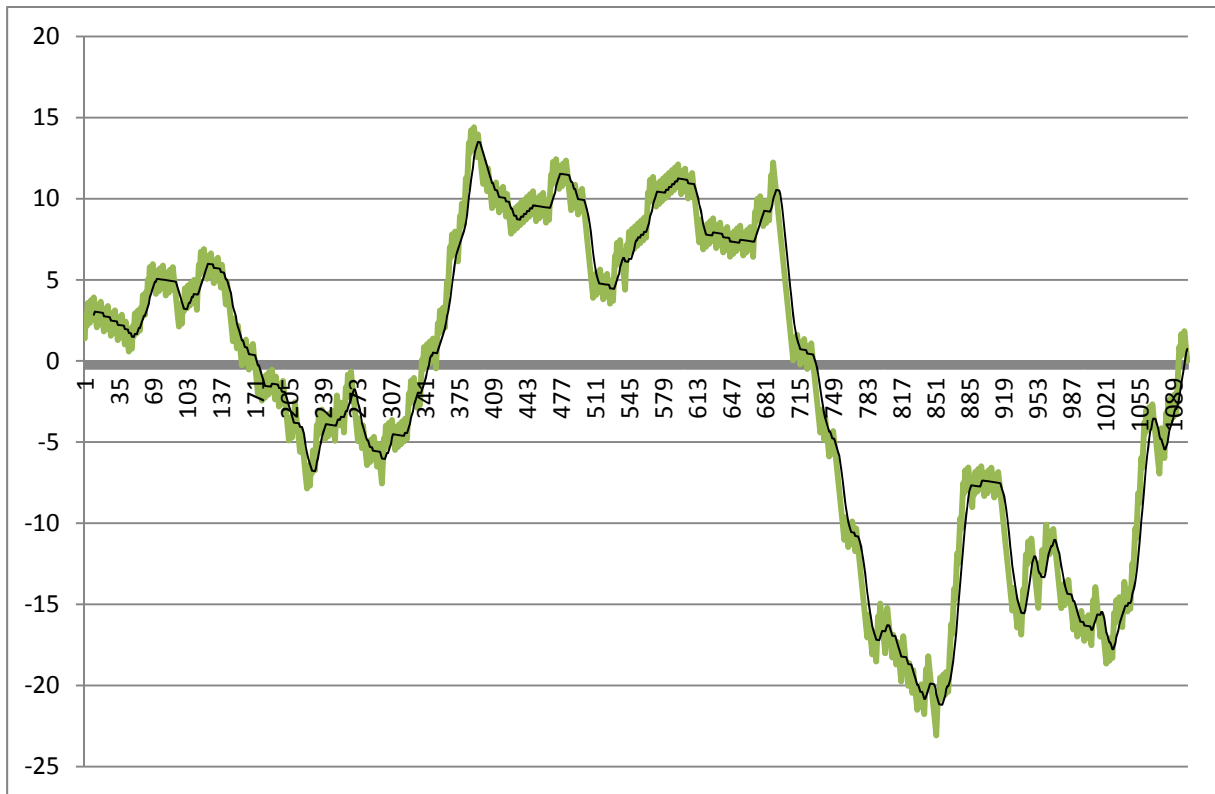
Dinamika procesa stvaranja ideja u timskom razvoju proizvoda



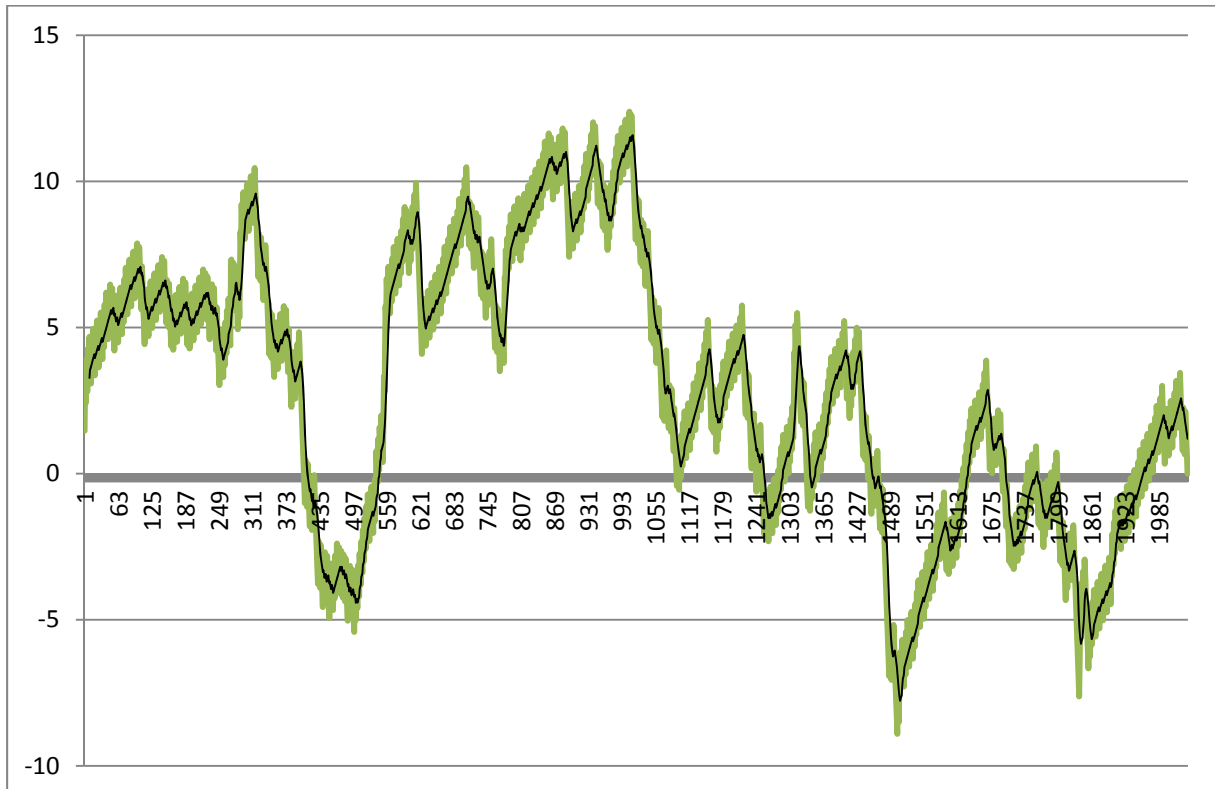
Slika 22. Rast mreže aktivnosti – kontekst ideja, studentska studija



Slika 23. Rast mreže aktivnosti – kontekst ideja, studija s profesionalcima



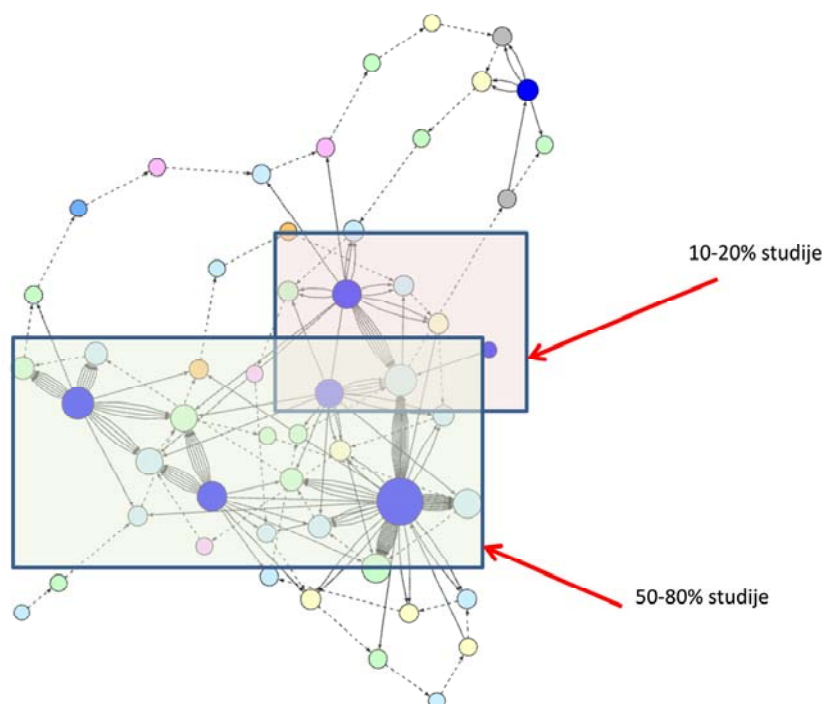
Slika 24. Rast mreže transakcije – kontekst ideja, studentska studija



Slika 25. Rast mreže transakcije – kontekst ideja, studija s profesionalcima

### 4.3.3 Interpretacija rezultata

Pozitivni trendovi na prikazanim grafovima odgovaraju lancu aktivnosti i transakcija, dok negativni predstavljaju dodavanje relacija u smislu evolucije ideje ili konteksta ideje. Ono što se može vidjeti na primjeru mreže aktivnosti i konteksta ideje za studentsku grupu (slika 26) kod koje su se relacije koje utječu na definiranje zajednica kreirale između 10-20% ukupnog vremena studije i 50-80% tog vremena.



**Slika 26. Mreža aktivnosti – kontekst ideja, područja koja odgovaraj u negativnom trendu na grafu rasta (slika 21)**

Na ovaj način mogu se interpretirati i ostali grafovi čime se dobiva detaljniji uvid u dinamiku ideacijskog procesa za svaku analiziranu sesiju. Ako se usporede rezultati sesija u kojima su sudjelovali studenti sa onima u kojima su sudjelovali profesionalci, može se generalno reći da su profesionalci generirali ideje u kontinuiranom procesu za razliku od studenata čija je sesija bila razlomljena. Također se korištenjem ove metode može vidjeti u kojem dijelu sesije se grupa bavila specifičnim kontekstom. Inženjeri su vrlo rano (prva trećina sesije) raspravili pitanja funkcionalnosti i ograničenja, te su tijekom ostatka se fokusirali na tehnička rješenja, dok su se studenti pitanjima funkcionalnosti i zahtjeva iz životnog ciklusa proizvoda vraćali tijekom cijele studije.

## 5 Diskusija i zaključak

Postojeće metode analize protokola povezanih sa aktivnostima sudionika razvoja proizvoda se u pravilu oslanjaju na jedan od dva pristupa . Prvi pristup promatra svaku kodiranu aktivnost zasebno, dok ih drugi povezuje sa širim kontekstom interesa koji se proučava. Detaljniji primjer drugog navedenog pristupa za proces ideacije se može vidjeti u radu Donga i ostalih [44] koji su u svojoj analizi kognitivnog procesa u razvoju proizvoda identificirali određen broj međupovezanih varijabli kao što su: sastav tima, arhitektura tima, kultura, energija, itd. U ovom su slučaju Dong i ostali analizirali ove varijable koristeći nekoliko mjera (npr. duljina trajanja svake aktivnosti), koristeći grafički prikaz komunikacija te numeričkom analizom ukupnog postotka komunikacija u odnosu na njihov predloženi model. U svakom od ovih slučajeva pojavljivale su se poteškoće u povezivanju više varijabli te identificiranju uzorakana razini više varijabli koje međusobno djeluju. Stoga, iako slični pristupi imaju potencijal za istraživanje procesa konstruiranja, ograničeni su u identificiranju ključnih odnosa u kompleksnoj interakciji između aktivnosti i ideja.

Metoda koju je autor rada koristio u analizi procesa ideacije vizualizacijom i proučavanjem kompleksnih uzoraka omogućuje kvalitativno i kvantitativno proučavanje odnosa između aktivnosti i ostalih varijabli u ideacijskom procesu, te ja kao takva novost u području istraživanja. U okviru ovog rada, pokazana je ovisnost aktivnosti i transakcija s kontekstom ideacije, no kodirana su i druga svojstva koja će u daljnjem radu omogućiti uvid u utjecaj osoba, te njihovog kreativnog potencijala na proces generiranja ideja. Nadalje, korištenjem ove metode koja je inicijalno predložena za analizu aktivnosti traženja informacija od strane pojedinca u razvojnom procesu, uspješno je primijenjena i proširena na analizu timskog rada, što samo za sebe predstavlja dodatni doprinos, te predloženu metodu definira kao standardnu u području analize sličnih protokola. Podaci koji su dobiveni eksperimentom s fokusom na ocjenjivanje raznolikosti generiranih ideja i njihovu kvantitetu (broj generiranih ideja), poslužili su za dinamičku analizu procesa generiranja ideja u razvojnom procesu.

Rezultati eksperimenta daju nam uvid u metodologiju rada u grupe profesionalaca u odnosu na grupu studenata, te nam omogućuje razumijevanje pristupa rješavanja postavljanog problema iz perspektive ideacijskog procesa. Prvo, uočena je bitna

razlika u pristupu dviju grupa. Dok je pristup studenata bio jako formalan i strukturiran profesionalci su radili na znatno neformalniji način s značajnim fokusom na rješavanje tehničkih detalja. Unatoč neformalnom pristupu, profesionalci su se izravno fokusirali na generiranje rješenja na konkretne tehničke probleme, zanemarujući pretjerano analiziranje funkcija te potreba životnog ciklusa proizvoda. Ovo je oprečno sa radom studenata, koji su veliki dio svog vremena proveli analizirajući potrebe koje proizlaze iz životnog ciklusa proizvoda, što naposljetku nije doprinijelo kvalitetnom izvršenju zadatka.

Ovu razliku u pristupu možemo prije svega pripisati razliku u iskustvu studenata i profesionalaca. Profesionalci imaju mnogo usredotočeniji i učinkovitiji pristup, generirajući manji volumen ideja (gotovo 40% manje), ali ideja koje izravno doprinose rješavanju problema. Studenti su generirali veći volumen ideja, no ukupna količina ideja koje doprinose rješavanju problema je znatno manja ili neupotrebiva. Ipak, zanimljivo je primijetiti znatno viši postotak kreativnih ideja kod studenata nego kod profesionalaca. Pretpostavka je da će se daljnjom obradom rezultata eksperimenta i za druge studentske grupe, dobiti potvrda obrasca ponašanja promatranih populacija, te povezivanjem istog s kvalitativnim rezultatima – ocjenom uspješnosti ideacije, moći predložiti korekcije u izvođenju ili pripremi ideacijskih *brainstorming* sesija.

Osim očitih prednosti metode koja je pokazana, treba napomenuti i neke nedostatke. Prije svega, derivirani trendovi rasta mreže su naravno vezani uz kontekst, te pokazuju samo veličinu promjene na mreži zbog čega je relativno teško zaključiti što ta promjena znači u odnosu na analizirani skup podataka. Također, navedena metoda je limitirana na sustave određenog stupnja kompleksnosti ili broja relacija u mreži, prije nego što postane nemoguća za određivanje u postojećem obliku, na čemu svakako treba nastaviti raditi u idućim fazama istraživanja. Osim toga, bilo bi interesantno povezati rezultate ove studije sa analizama komponenti kognitivnog procesa na primjerima koji su identificirani u istraživanjima koja su pokazana u uvodnom dijelu, te na taj način dodatno verificirati metodu koja bi uz dodatne analize strukturnih i ponašajnih svojstava mreže mogla predstavljati novi pristup određivanju uspješnosti ili efikasnosti procesa ideacije.

## 6 Literatura

1. Little, A. D.: How Companies Use Innovation to Improve Profitability and Growth, Innovation Excellence study, Boston, 2005.
2. Kulkarni, S. V., & Shah, J. J.: Survey for evidence of components of creativity, 1999.
3. Hernandez, N. V., Shah, J. J., Smith, S. M.: Understanding design ideation mechanisms through multilevel aligned empirical studies, Design Studies, 2010.
4. Kulkarni, S. V., & Shah, J. J.: Survey for evidence of components of creativity, Technical Report ASU/DAL/IG/99-7, Design Automation Lab, Arizona State University 1999.
5. Shah, J. J., Smith, M. S., Vargas-Hernandez, N., Gerken, D. R., Wulan, M.: Empirical studies of design ideation: alignment of design experiments with lab experiments, Proceedings of the American Society for Mechanical Engineering (ASME) DTM Conference, Chicago, 2003.
6. Shah, J. J., Kulkarni, S. V., Vargas-Hernandez, N.: Guidelines for Experimental Evaluation of Idea Generation Methods in Conceptual Design, Journal of Mechanical Design, vol. 122, no. 4, pp. 377-384, 2000.
7. Shah, J.: Experimental Investigation of Collaborative Techniques for Progressive Idea Generation in Proceedings of ASME Design Theory and Methodology Conference, Atlanta, GA, 1998.
8. Zwicky, P.: Discovery, Invention, Research through Morphological Analysis McMillan, New York, 1969.
9. Osborn, A.: Applied Imagination Scribners, New York, 1979.
10. Hogarth, R.: Judgment and Choice—The Psychology of Decision Wiley, New York, 1980.
11. DeBono, E.: Lateral Thinking: Creativity Step by Step Harper and Row, New York, 1970.

12. Rhorbach, B.: Creative nach Regeln: Methode 635, eine neue Technik zum Lösen von Problemen' *Absatzwirtschaft* Vol 12, 1969.
13. Shah, J.; Method 5-1-4 G—A variation on Method 635, MAE 541 Class Notes, Arizona State University, 1993.
14. VanGundy, A. B.: *Techniques of structured problem solving*, 2nd ed. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1988.
15. Quantum Improvement Consulting Affinity diagrams, <http://shell.rmi.net/~lifestar/qiwizard/affinity.html>, 1998.
16. Fogler, H., and Le Blanc, S.: *Strategies for Creative Problem Solving*, Prentice Hall, 1995.
17. Gordon, W. J.J.: *Synectics, the Development of Creative Capacity*, Harper, New York, 1961.
18. Pahl, G., Beitz, W.,: *Engineering Design – A Systematic Approach*, 2nd ed. Springer, London, 1996.
19. Shah, J. J., Smith, S. M., Vargas-Hernandez, N.: Metrics for Measuring Ideation Effectiveness, *Design Studies*, vol. 24, no. 2, pp. 111-134, 2003.
20. Altshuller, G.: *Creativity as an Exact Science*, Gordon and Breach, New York, 1984.
21. Ward, A., and Sobek D.: Principles of Toyota's Set Based Concurrent Engineering Process, ASME DTM Conference, 1996.
22. Ericsson, K., and Simon, H.: *Protocol Analysis - Verbal Reports as Data*, MIT Press, 1984.
23. Waldron M., and Brook R.: Analyzing Inter and Intra Group Information Exchanges in Conceptual Collaborative Design, ASME DTM Conference, 1994.
24. Schön, D.: *Teaching and learning as a design transaction*, Research in Design Thinking, Delft Press, 1991.



25. Newman, M. E. J.: The structure and function of complex networks, *SIAM Review* 45, pp. 167-256, 2003.
26. Braha, D., Bar-Yam, Y.: The Statistical Mechanics of Complex Product Development: Empirical and Analytical Results. *Management Science*, Vol. 53 No.7, pp. 1127–1145. INFORMS, 2007.
27. Braha, D., Maimon, O.: *A Mathematical Theory of Design: Foundations, Algorithms, and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1998.
28. Yassine, A., Braha, D.: Complex concurrent engineering and the design structure matrix method. *Concurrent Engrg.* 11(3) 165–176, 2003
29. Klein, M., Sayama, H., Faratin, P., Bar-Yam, Y.: The dynamics of collaborative design: Insights from complex systems and negotiation research. D. Braha, A. Minai, Y. Bar-Yam, eds. *Complex Engineered Systems: Science Meets Technology*. Springer, New York, 158–174, 2006.
30. Štorga M., Pavković N., Bojčetić N., and Stanković T.: Traceability of Engineering Information Development in PLM Framework, In *Proceedings of the 8th International Conference on Product Lifecycle Management - PLM'11*, Eindhoven, The Netherlands, 2011
31. Fry, B.J.: *Visualizing Data*, O'Reilly Media, Inc., 2008.
32. Ogawa, M., Ma K.L.: code\_swarm: A Design Study in Organic Software Visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 15 Iss. 6, pp. 1097-1104, 2009.
33. Stanković, T., Štorga, M., Stojić, I., Savšek, T.: Traceability visualisation toolkit, In *Proceedings of the 12th International DESIGN Conference DESIGN 2012*, FSB, Zagreb, The Design Society Glasgow , 2012
34. Cash P., *Characterising the Relationship Between Practice and Laboratory-based Studies of Designers for Critical Design Situations*, doktorski rad, University of Bath UK, 2012.
35. Kirton, M., *Adaptors and innovators: A description and measure*, *Journal of Applied Psychology* (61:5), pp 622–629, 1976.

36. Torrance, E. P.: Torrance tests of creative thinking: Norms – Technical manual: Figural (streamlined) Forms A & B, 2007.
37. Howard, T. J., Culley, S. J., Dekoninck, E.: Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature, *Design studies* 29 (2):160-180, 2010.
38. Ahmed S. and Štorga M.: Merged Ontology for Engineering Design: Contrasting an empirical and a theoretical approach to develop engineering ontology, Cambridge University Press, USA: AIEDAM - Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Vol. 23 No.4, 2009.
39. Cash, P., Stanković, T., Štorga, M.: Visualisation information analysis to explore complex patterns in the activity of designers, ASME DTC, 2013.
40. Harary, F., & Gupta, G.: Dynamic graph models, *Mathematical and Computer Modelling*, pp. 79-87, 1997.
41. Cooper, E. and Scott J. E.: Product innovation and technology strategy, Product Development Institute, 2009.
42. Schön, D.: Teaching and learning as a design transaction, in *Research in Design Thinking*, Delft Press, 1991.
43. Kulkarni, S. V.: A Framework for the Experimental Evaluation of Idea Generation Techniques, MS Thesis, Arizona State University, Tempe, AZ, 2000.
44. Dong, A., Moere, A.V.: Visualising Collaboration in Very Large Design Teams, Proceedings of the 15th International Conference on Engineering Design – ICED'05, Melbourne, The Design Society, Australia, 2005

Autor: Vladimir Smojver

Naslov: Dinamika procesa stvaranja ideja u timskom razvoju proizvoda

Sažetak:

U ovom radu se koristi metoda vizualizacije kompleksnih mreža za kvalitativnu i kvantitativnu analizu dinamike procesa ideacije u razvoju proizvoda. U radu se analiziraju *brainstorming* epizode u kojima su sudjelovale grupe studenata i profesionalaca, fokusirajući se pri tome na aktivnosti, transakcije, ideje i kontekst ideja koje u tom procesu nastaju. Primjenom statističke analize rasta mreža kojima se modeliraju prikupljeni podaci, u radu se omogućuje razumijevanje kompleksnih međudjelovanja između različitih komponenti ideacijskog procesa u vremenu.

Ključne riječi:

*Timski rad u razvoju proizvoda*

*Proces ideacije*

*Analiza kompleksnih mreža*

*Organska vizualizacija informacija*

Author: Vladimir Smojver

Title: Dynamics of ideation process in teamwork product development

Summery:

This work applies complex networks visualization method for qualitative and quantitative analysis of the ideation process dynamics during product development. In presented research the team based brainstorming sessions performed with participation of students and professional engineers were analyzed, with focus on activities, transactions, ideas and ideas context. By application of statistical analysis of networks growth, the research supports understanding of complex interactions between different components of ideation process in a time.

Keywords:

*Teamwork in product development*

*Ideation process*

*Complex networks analysis*

*Organic information visualisation*