

KOGNITIVNE I KAUZALNE MAPE U VIZUALIZACIJI ZNANJA

*Marija Juričić Devčić, Ivan Mrkonjić, Velimir Topolovec**

Učiteljski fakultet, Zagreb

**Odjel za informatiku, Sveučilište u Rijeci*

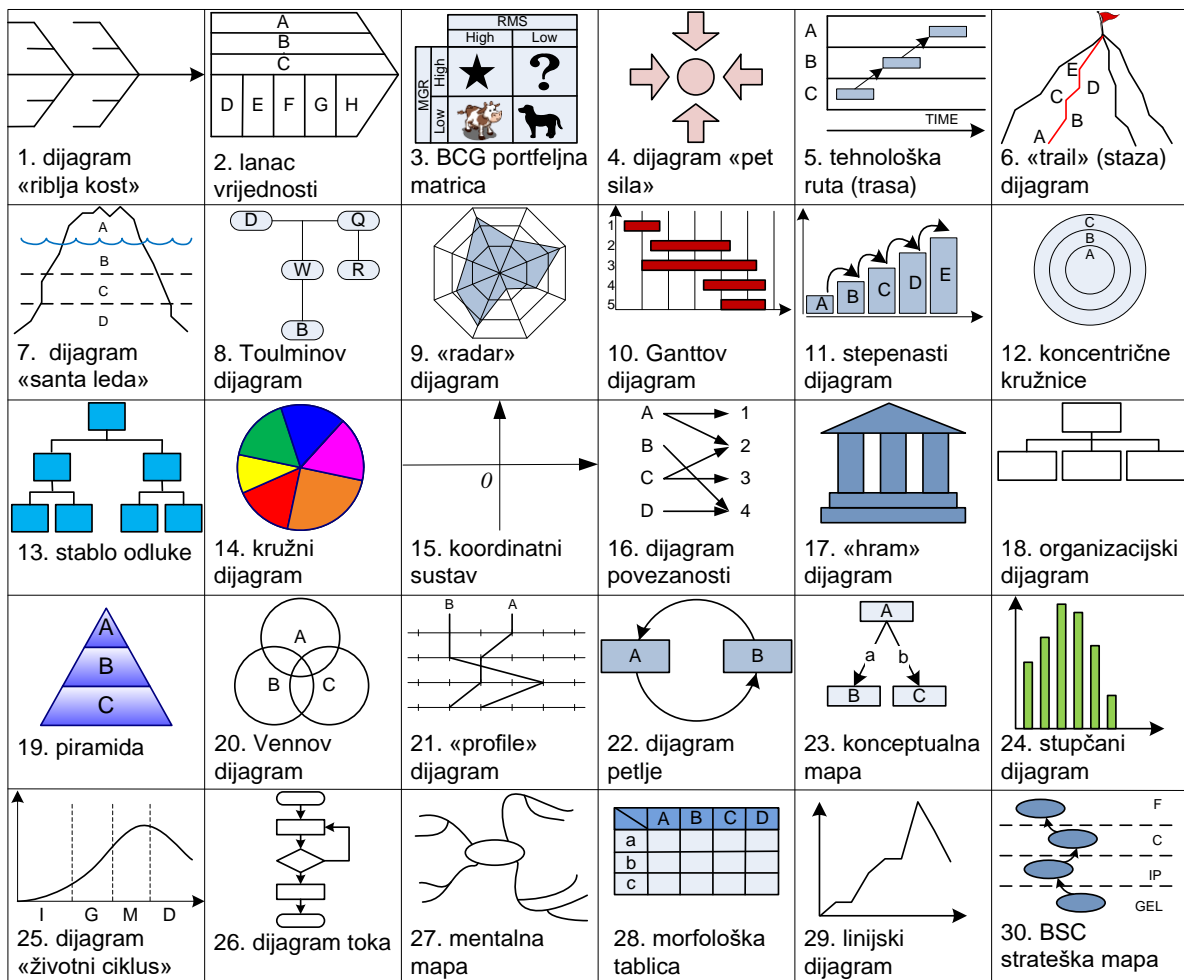
SAŽETAK

U ovom radu razmatramo kognitivne i kauzalne mape u vizualizaciji znanja. Nakon taksonomije kognitivnih mapa kroz podjelu na neusmjerene i usmjerene grafove, dajemo definiciju i obilježja kognitivnih i kauzalnih mapa i navodimo oblike u kojima se one upotrebljavaju. Kauzalne mape su u osnovi usmjerene kognitivne mape i prvenstveno omogućavaju bolje razumijevanje teme, a kako one prikazuju uzročno-posljedične veze, također pomažu i u upravljanju sustavima i istraživanju posljedica nekih djelovanja. Ako se primjenjuju u grupi, pomažu u izgrađivanju zajedničkog jezika u pregovaranju i traženju konsenzusa. Upotrebljavaju se najviše u strateškim i upravljačkim poslovima i istraživanjima. Također imaju primjenu u upravljanju proizvodom (*product management*) i upravljanju operacijama (*operations management*). Navodimo primjere uporabe kognitivnih i kauzalnih mapa.

Ključne riječi: *kognitivne mape, neusmjereni grafovi, usmjereni grafovi, kauzalne mape, primjene.*

UVOD

Vizualizacija podataka, informacija i znanja kao način reprezentacije služi kako za kreiranje, tako i za transfer, komunikaciju i korištenje znanja i veoma je važna u području obrazovanja (Chen, M. i dr., 2009). Postoje brojni tipovi različitih grafičkih i drugih prikaza kao i strogih formalnih metoda i jezika za reprezentaciju znanja. U svom radu Eppler, M. J. (2007), navodi više različitih prikaza (vidi sliku 1) i vrši njihovu taksonomiju.



Slika 1. Selekcija više različitih grafičkih prikaza.

Izvor: Eppler M. J., Platts K. (2007): »An Empirical Classification of Visual Methods for Management: Results of Picture Sorting Experiments with Managers and Students«. IV'07:335-341.

U ranim 70-tim godinama 20. stoljeća razvijene su strategije vizualizacija zasnovanih na mapama koje se sastoje od čvorova i veza. Te strategije oslanjaju se na niz 'uokvirenih' ideja (čvorova) povezanih s drugima pomoću označenih veza (crta). Ovaj pristup inspiriran je

uporabom dijagrama toka i organizacijskih dijagrama za komunikaciju znanja. Gotovo istovremeno i neovisno razvijaju se mentalne mape (Buzan), konceptualne mape (Novak) i drugi slični sustavi zasnovani na čvorovima i vezama.

Može se reći da su sve te mape objedinjene pod jednim zajedničkim nazivom: kognitivne mape. U ovom radu dat ćemo definiciju i taksonomiju kognitivnih mapa, te posebno razmotriti jednu značajnu vrstu kognitivnih mapa – kauzalne mape.

KOGNITIVNE MAPE

Termin 'kognitivna mapa' prvi put je upotrijebio Edward C. Tolman u radu «Kognitivne mape kod štakora i ljudi» 1948. godine. Iako Tolmanov termin nije imao današnje značenje, kasnije ga je iskoristio R. Axelrod kao naziv za mapu koja reprezentira način razmišljanja. Njegova knjiga iz 1976. godine «Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites» dala je veliki doprinos razvoju kognitivnih mapa.

Prema Axelrodu, kognitivna mapa je specifičan način reprezentiranja nečijih stavova o nekom ograničenom području, kao što je npr. politika. Ona prikazuje strukturu uzročno-posljedičnih stavova pojedinca i generira posljedice koje proizlaze iz te strukture.

Prema Chauvin i dr. (2009), kognitivne mape definiramo kao usmjereni graf čiji su čvorovi pojmovi. Pojam je označen tekstem, a lukovi grafa označeni su vrijednošću koja je mjera utjecaja među pojmovima. Taj utjecaj može biti pozitivan (označen predznakom +) i negativan (označen predznakom –).

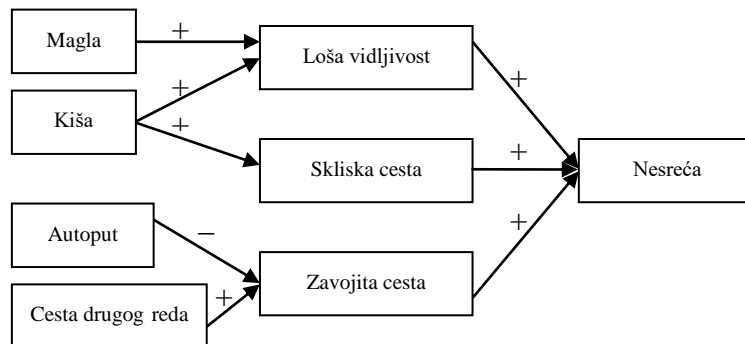
Definicija (kognitivne mape): Neka je C skup pojmova, a I skup vrijednosti utjecaja.

Kognitivna mapa definirana s C i I je usmjereni označeni graf $(V, label_V, A, label_A)$ za koji vrijedi:

- V je skup čvorova.
- $label_V : V \rightarrow C$ je bijekcija koja označava čvorove V pojmovima iz skupa C .

- $A \subseteq V \times V$ je skup lukova koje nazivamo *utjecaji*.
- $label_A : A \rightarrow I$ je funkcija koja označava utjecaj vrijednošću iz skupa I .

Primjer kognitivne mape nadahnut analizom sigurnosti na cesti prikazuje slika 2. U ovom primjeru kognitivna mapa je definirana na skupu vrijednosti utjecaja $I = \{+, -\}$.



Slika 2. Primjer jednostavne kognitivne mape.

Izvor: Chauvin, L., Genest, D., & Loiseau, S. (2009). Ontological Cognitive Map. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 18(5), 697-716.

Kognitivnu mapu možemo, dakle, definirati kao vizualnu reprezentaciju neke teme. Pomoću kognitivnih mapa možemo bolje organizirati, izgraditi i razumjeti određenu temu. Također možemo kombinirati više kognitivnih mapa u kolektivnu kognitivnu mapu. Ovo je specifično za rad skupine. Svi sudionici mogu tu kolektivnu mapu iskoristiti kako bi pronašli razlike u svojim kognitivnim mapama i stvorili zajedničko razumijevanje teme. Izrada i diskutiranje kognitivnih mapa može skupini pomoći u pretvaranju prešutnog znanja u eksplicitno znanje.

Sve kognitivne mape imaju *čvorove* i *lukove*. Kod različitih vrsta mapa oni mogu imati različite nazive, pa primjere tih naziva dajemo u tablici 1.

Tablica 1. Različiti načini imenovanja čvorova i lukova u kognitivnim mapama.

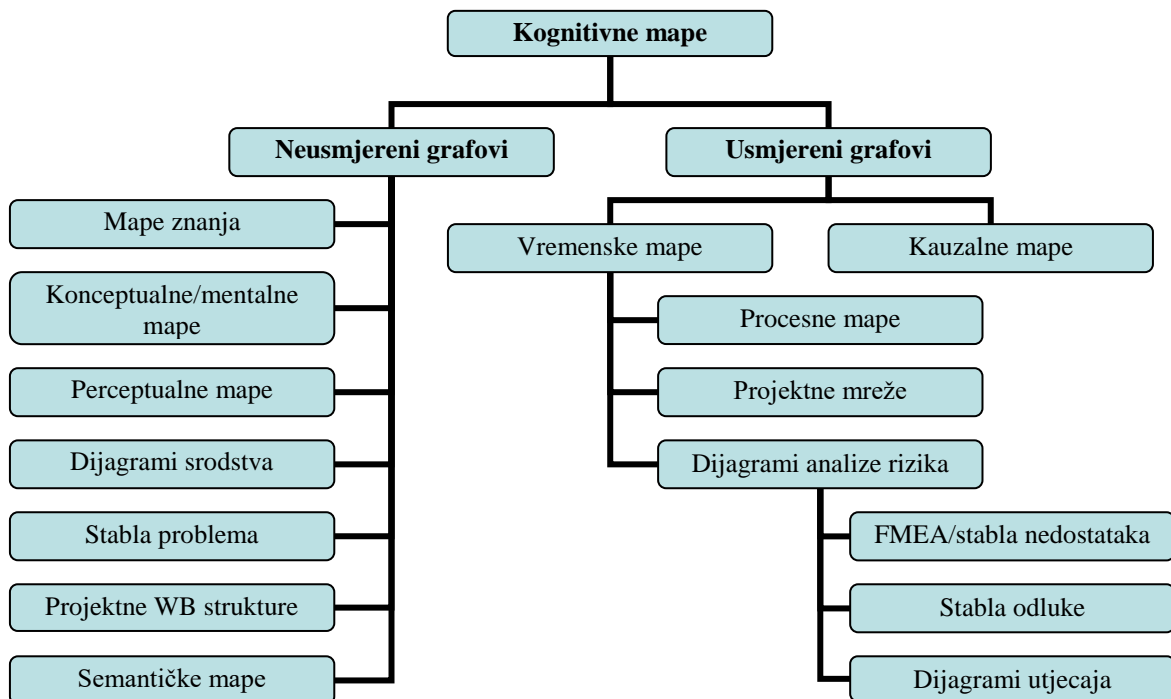
<i>čvorovi</i>	–	<i>lukovi</i>
<i>kausalni pojmovi</i>	–	<i>kausalne veze</i>
<i>elementi</i>	–	<i>mišljenja</i>
<i>čvorovi</i>	–	<i>veze</i>
<i>čvorovi</i>	–	<i>crte</i>
<i>točke</i>	–	<i>strelice</i>

Čvorovi mogu predstavljati pojam, varijablu, problem, entitet ili svojstvo. Mogu biti opisani jednom riječju, frazom, rečenicom ili čitavim odlomkom. Mogu sadržavati hiperlinkove koji ih povezuju s drugim čvorovima ili web stranicama.

Lukovi predstavljaju veze među čvorovima. Kod konceptualnih i mentalnih mapa lukovi imaju semantičku oznaku (etiketu) koja opisuje prirodu povezanosti među čvorovima. Takve semantičke oznake obično sadržavaju riječi 'pripada', 'kada je', 'jer je' i slično.

Kognitivne mape mogu biti prikazane kao *neusmjerene* ili *usmjerene grafovi* (*neusmjerene* ili *usmjerene mape*). Kod neusmjerenih mapa lukovi su prikazani crtama i nemaju strelice. Kod usmjerenih mapa lukovi su prikazani strelicama. Kod obje vrste mapa lukovima koji predstavljaju veze među čvorovima mogu se pridružiti vrijednosti koje opisuju prirodu tih veza.

Scavarda i dr. (2004) dali su *taksonomiju* vrsta kognitivnih mapa kroz podjelu na neusmjerene i usmjerene grafove, a koju prikazuje slika 3.



Slika 3. Taksonomija kognitivnih mapa.

Izvor: Scavarda, A. J., Bouzdine-Chaneeva, T., Meyer Goldstein, S., Hays, J. M., Hill, A. V. (2004). A Review of the Causal Mapping Practice and Research Literature. *Second World Conference on POM and 15th Annual POM Conference*, Cancun, Mexico.

NEUSMJERENE KOGNITIVNE MAPE

Neusmjerene kognitivne mape prikazuju stupanj *povezanosti* ili *pripadanja* među čvorovima. Jedan od primjera takve mape je *pojmovnik* (leksikon) koji ima unakrsnu strukturu. Pojmovnik navodi riječi ili fraze zajedno s drugim predloženim terminima, a to mogu biti sinonimi, strani termini, uži termini, povezani termini u istoj hijerarhijskoj razini i antonimi. Nabrojat ćemo vrste mapa koje prema Scavardi i dr. (2004) spadaju u neusmjerene mape i odrediti njihovu primjenu:

Mape znanja (knowledge maps) su široko prihvaćene u bibliotekarstvu i upravljanju znanjem. Prema R. A. Howardu (1989), mapa znanja je dijagram relevantnosti (značajnosti) izgrađen kako bi obuhvatio znanje pojedinca, autora dijagrama.

Konceptualne i mentalne mape su namijenjene pojedincima, za organizaciju vlastitog znanja. Konceptualne mape mogu imati neusmjerene i usmjerene lukove, a obično se svakom luku pridružuje semantička oznaka.

Perceptualne mape se koriste u marketingu, a služe za vizualizaciju percepcije kupaca i potencijalnih kupaca. Obično su odnosi među proizvodima prikazani unutar ravnine. Specifičnost ove mape jest što ona nema lukove. Čvorovi su prikazani u ravnini, a njihova međusobna udaljenost proporcionalna je psihološkoj 'udaljenosti' (sličnosti) među pojmovima koje ti čvorovi predstavljaju.

Dijagrami srodstva (affinity diagrams) su neusmjerene mape koje ukazuju na strukturu osnovnih podtema u okviru jedne šire teme, a služe za organizaciju velikog broja ideja u prirodne skupine. Također doprinose reprezentaciji kompleksnih struktura znanja i imaju široku primjenu u društvenim znanostima i menadžmentu, kao način organizacije i opisa podataka, određivanja granica skupina i kategorizacije problema.

Stabla problema (issue trees) slično kao i dijagrami srodstva raščlanjuju temu u više problema koji se dalje istražuju.

Projektna WB struktura (work breakdown structure) raščlanjuje projekt u njegove glavne komponente i pomaže projektnim menadžerima u sastavljanju popisa zadaća koje treba ostvariti da bi završili projekt.

Semantičke mape (semantic maps) upotrebljavaju učenici kao grafički alat za reprezentaciju pojmova i veza među njima, te kao model za pronalaženje osnovnih ideja u nekom tekstu.

Relativno nov pristup kreiranju kognitivnih mapa je *CRA analiza* (Centering Resonance Analysis). Tom metodom se iz velike količine tekstova razvija semantička mreža riječi na osnovu načina na koji su imenice i pridjevi ugrađeni u imeničnoj frazi.

USMJERENE KOGNITIVNE MAPE

Kod usmjerenih kognitivnih mapa lukovi su mjera uzročno-posljedičnih veza među čvorovima. Usmjerene mape dijelimo na dva osnovna tipa: *vremenske mape* i *kauzalne mape*.

Vremenske mape složene su u odnosu na vremensku komponentu i uključuju alate za procjenu rizika, procesne mape i projektne mreže.

Alati za procjenu rizika mogu biti stabla odluke i dijagrami utjecaja, koji dopuštaju čvorove odluke i čvorove vjerojatnosti.

Procesne mape prikazuju niz koraka u procesu s logičkim ako-onda (if-then) uvjetima.

Projektne mreže prikazuju niz zadataka koji su potrebni kako bi se završio projekt.

Kauzalne mape su usmjerene kognitivne mape. Eden, Ackermann i Cropper su 1992. predložili naziv 'kauzalne' umjesto 'kognitivne' za ovu vrstu mapa, kako bi naglasili vrstu odnosa i veza među čvorovima u mapi. Kauzalne veze predstavljaju mišljenje o uzročno-posljedičnom odnosu među čvorovima, povezujući čvorove jednosmjernim strelicama od uzroka do posljedice.

Kod nekih kauzalnih mapa definira se *kauzalna vrijednost luka*. To je broj $w_{jk} \in \{0,1\}$, koji upućuje na nepostojanje (0) ili postojanje (1) luka između čvorova j i k . Kod kauzalnih mapa

moguća je struktura cikličkog grafa gdje lukovi formiraju ciklus, pa čak i između samo dva čvora (u tom slučaju je $w_{jk} = 1$ i $w_{kj} = 1$), što tada upućuje na *povratnu vezu*.

U nekim kauzalnim mapama kauzalna vrijednost je mjera odnosa među čvorovima (npr. korelacija).

Kao i sve kognitivne mape, kauzalne mape omogućavaju bolje razumijevanje teme, a kako one prikazuju uzročno-posljedične veze, također pomažu i u upravljanju sustavima i istraživanju posljedica nekih djelovanja. Ako se primjenjuju u grupi, pomažu u izgrađivanju zajedničkog jezika u pregovaranju i traženju konsenzusa. Upotrebljavaju se najviše u strateškim i upravljačkim poslovima i istraživanjima.

U kauzalnim vezama često se primjenjuju riječi kao što su 'ako-onda', 'jer je', 'tako da je', 'kao što je', 'stoga je' i slično.

Kauzalna mapa može se prikazati kao dijagram, ali i kao pridružena matrica. Za N čvorova pridružena matrica sadrži skup kauzalnih vrijednosti svih parova čvorova:

$$W = \{w_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N\}.$$

Kao i sve druge kognitivne mape, kauzalne mape su rezultat stručnog mišljenja. Postoje dva različita pristupa koji su uobičajeni za iznalaženje podataka za kolektivnu (grupnu) kauzalnu mapu. To su grupna 'oluja ideja' (*brainstorming*) i intervju. 'Oluja ideja' može biti strukturirana i nestrukturirana (formalna i neformalna). Intervju može biti s deduktivnim ili induktivnim pristupom.

KAUZALNE MAPE

Kauzalne mape su osnovni alat u upravljanju operacijama (*operations management* - OM). U literaturi se spominju pod raznim nazivima, kao što su:

- Ishikawin dijagram (dijagram 'riblja kost'),
- kotač (kolut) učinaka (impact wheel),

- stablo problema (issue tree),
- strateška mapa,
- alat za procjenu rizika (FMEA),
- dijagram uzroka i posljedice.

U području upravljanja operacijama istraživači često upotrebljavaju kauzalne mape kao ključni alat za izgradnju teorije i prijenos informacija u empirijskim istraživanjima. Kauzalne mape koriste se u 'olujima ideja' (*brainstorming*) i strukturiranim intervjuima.

Stručnjacima i znanstvenicima kauzalne mape mogu biti korisne na više načina. Neki od aspekata uporabe kauzalnih mapa su slijedeći:

1. *Alat za dijagnostiku* (Pomažu u identifikaciji i rješavanju mogućeg uzroka problema.)
2. *Alat za komunikaciju* (Učinkovito uspostavljaju uzročno–posljedične veze.)
3. *Alat za ublažavanje rizika* (Pomažu u predviđanju neželjenih posljedica i ublažavanju rizika.)
4. *Alat za kontrolu* (Pomažu u pronalaženju najboljih mjesta za kontrolne točke.)

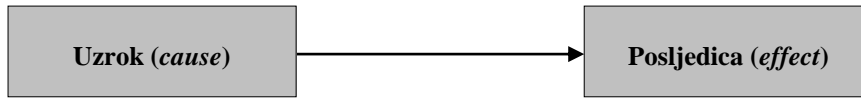
Kauzalne mape imaju slijedećih *pet karakteristika*:

1. *Racionalnost* – Nema istovjetnih čvorova i prikazani su samo važni lukovi.
2. *Potpunost* – Ne nedostaje niti jedan važan čvor.
3. *Preciznost* – Čvorovi pridruženi mapi su precizno definirani.
4. *Točnost* – Oznake i vrijednosti pridruženi lukovima su točni.
5. *Vizualnost* – Slični čvorovi su blizu jedan drugom i lukovi se ne sijeku, osim ako to nije nužno.

Opće prihvaćene *metode prikupljanja podataka* za formiranje kauzalne mape su:

- neformalna 'olujna ideja',
- formalna 'olujna ideja',
- strukturirani intervju.

Kod svih oblika kauzalnih mapa karakteristično je da su poveznice (lukovi) usmjerene i prikazane strelicama. Kako kauzalne mape prikazuju uzročno-posljedične veze, jasno je da će osnovni elementi kauzalnih mapa biti veze oblika prikazanog na slici 4.



Slika 4. Osnovni element kauzalne mape.

Ukratko ćemo opisati šest ranije navedenih oblika kauzalnih mapa koje se najčešće koriste u upravljanju operacijama. Prvih pet imaju hijerarhijsku strukturu, dok posljednji dijagram može biti i ciklički graf čiji lukovi formiraju lanac.

ISHIKAWIN DIJAGRAM

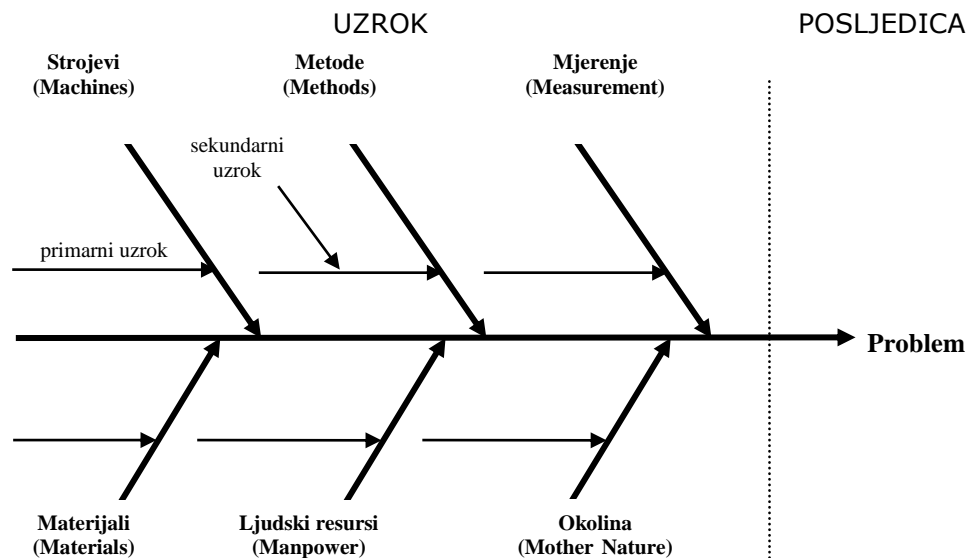
Ishikawin dijagram dobio je ime po japanskom sveučilišnom profesoru *Kaoruu Ishikawi* koji je prvi razvio taj alat 60-tih godina 20. stoljeća. Dijagram je također poznat pod imenom 'riblja kost' jer strukturom podsjeća na kostur ribe.

Koncept dijagrama sastoji se u slijedećem: Problem se upisuje na desnoj strani dijagrama, na mjestu gdje dolazi 'glava ribe'. Polazi se od šest kategorija koje se u engleskoj jezičnoj verziji nazivaju '6M':

- *strojevi* (**M**achines)
- *metode* (**M**ethods)
- *mjerenje* (**M**easurement)
- *materijali* (**M**aterials)
- *ljudski resursi* (**M**anpower)
- *okolina* (**M**other Nature - environment)

Te kategorije predstavljaju *uzroke* (*causes*). Nije nužno držati se ovih šest polaznih točaka. Mogu se izabrati druge ili dodati nove. U kreiranju dijagrama obično se koristi 'oluja ideja'. Mogući uzroci dodaju se na odgovarajuća mjesta kao horizontalne strelice ('kosti'), a njima se

moгу pridodati specifičniji uzroci kao 'sporedne kosti'. Na taj način se problem može raščlaniti koliko god je potrebno (slika 5). Maksimalna upotrebljiva dubina stabla obično je oko četiri nivoa. Ako se dijagram produbljuje, sve ga je teže razumjeti i koristiti.



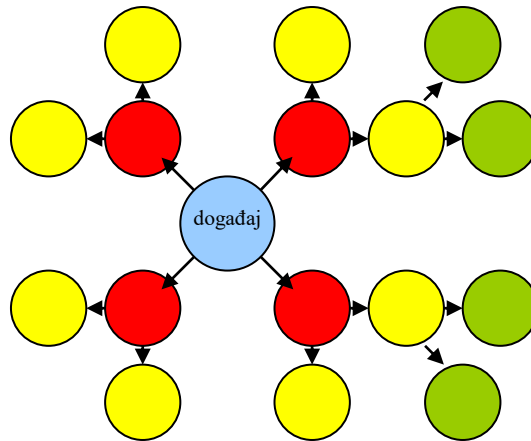
Slika 5. Ishikawin dijagram.

KOTAČ UČINAKA

Kotač učinaka (*impact wheel*) je jednostavna struktura koja pomaže u potpunosti istražiti moguće posljedice specifičnih događaja. Posebno, njegova dobra strana je u tome što pomaže u otkrivanju neočekivanih i neželjenih posljedica odluke, kao i u upravljanju istim posljedicama. Ovaj dijagram je korisna metoda za istraživanje budućnosti. Obično nastaje kao rezultat 'oluje ideja' – voditelj grupe u krug na sredini slike upisuje događaj ili promjenu o kojoj se diskutira, a zatim usmjerava diskusiju na tri točke:

1. *zaključci* (učinci promjene – crtaju se kao krakovi, odnosno 'žbice' kotača),
2. *vjerojatnosti* (vjerojatnost svakog učinka),
3. *posljedice* (dobre i loše strane svakog učinka).

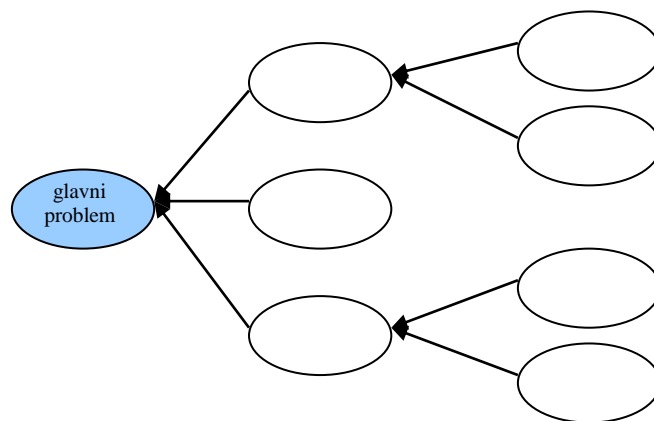
Nakon toga postupak se ponavlja za svaki od učinaka. Na taj način formira se dijagram koji se širi od sredine radijalno i može imati više nivoa (slika 6).



Slika 6. *Primjer kotača učinaka s 4 nivoa.*

STABLO PROBLEMA

Dijagram 'stablo problema' (*issue tree*) je alat koji također spada u kauzalne mape. Kod ovog dijagrama nastojimo problem razbiti u glavne komponente (uzroke problema). Obično se glavni problem nalazi na lijevoj strani dijagrama, a dalje se raščlanjuje u manje probleme na desnoj strani (slika 7). I ovaj je dijagram hijerarhijski, pa može imati više nivoa.



Slika 7. *Primjer stabla problema s 3 nivoa.*

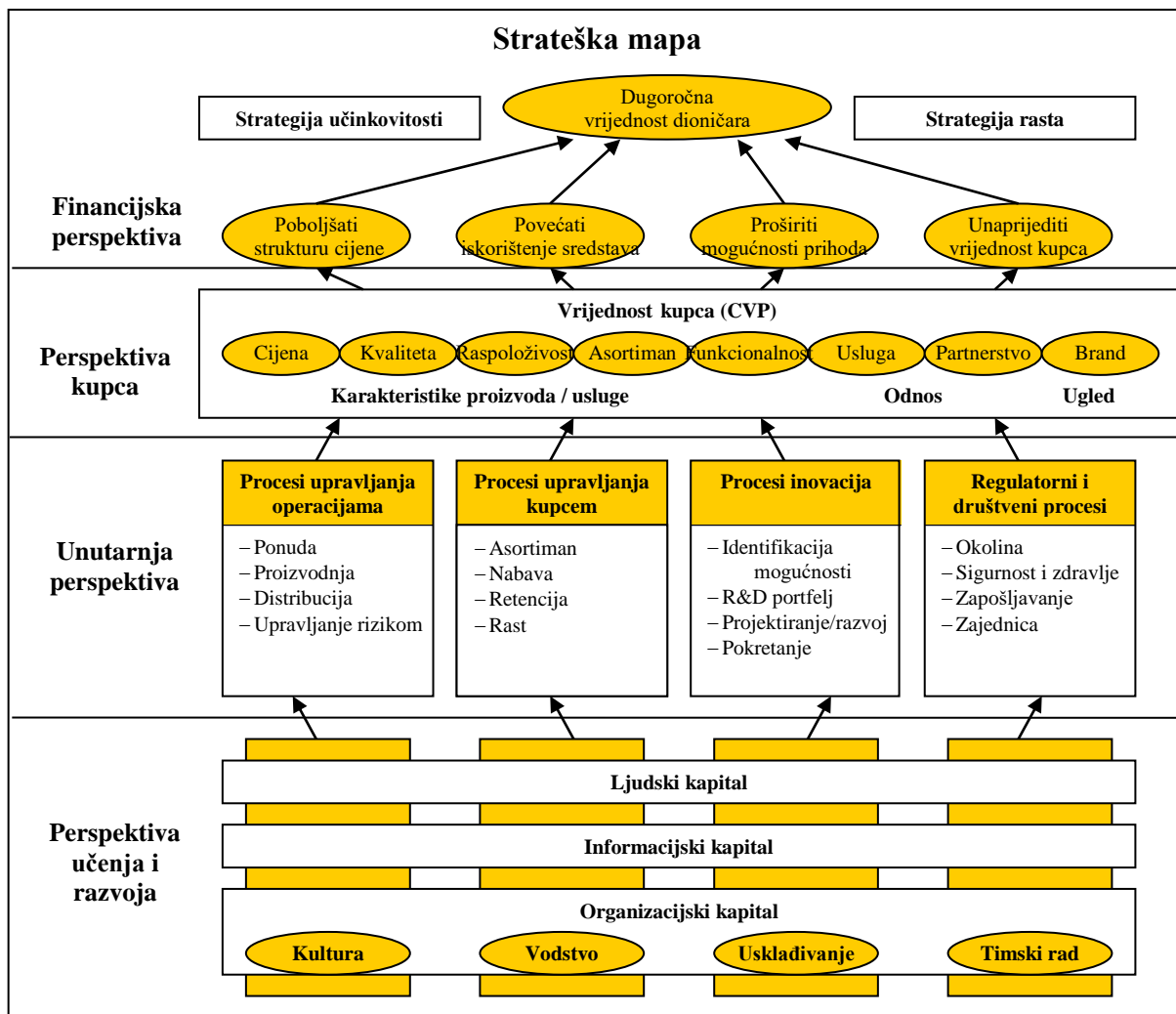
STRATEŠKA MAPA

Strateška mapa je vrsta kauzalne mape koja služi za razvoj i vizualizaciju strategije. Razvili su je R. S. Kaplan i D. P. Norton potkraj 90-tih godina prošlog stoljeća, kao moćan alat za iznošenje kritičnih odnosa koji zahtijevaju dublje razumijevanje i primjenu određene

strategije. Također je poznata pod nazivom 'balanced scorecard' ili BSC strateška mapa (slika 8).

Kaplan i Norton naglašavaju nekoliko ključnih parametara koji su važni za uspješno provođenje i nadzor strategije. To su:

- financijska perspektiva
- perspektiva kupca
- unutarnja perspektiva
- perspektiva učenja i razvoja



Slika 8. Predložak za BSC stratešku mapu.

Izvor: http://www.valuebasedmanagement.net/methods_strategy_maps_strategic_communication.html

ALAT ZA PROCJENU RIZIKA (FMEA – Failure Mode and Effects Analysis)

Uporaba kauzalnih mapa česta je i u *procjeni rizika te upravljanju rizicima*. U tu svrhu koriste se dijagrami kao što su:

- stablo nedostataka (*fault tree analysis*),
- stablo događaja (*event tree analysis*),
- analiza stanja greške i posljedica – FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

Ove kauzalne mape imaju za cilj identificirati sve vrste potencijalnih nedostataka, kao i njihove uzroke i posljedice. Korisne su u dizajniranju proizvoda i procesa, u poboljšanju razumijevanja sustava, fokusirajući se na umanjenje rizika, te u otkrivanju uzroka nedostataka.

Najpoznatija među spomenutim metodama je FMEA, koju možemo okarakterizirati kao sistematičnu metodu pronalaženja stanja greške u procesima i proizvodima. Analiza se svodi na subjektivnu procjenu triju parametara pomoću skale od 1 do 10. Ti parametri su:

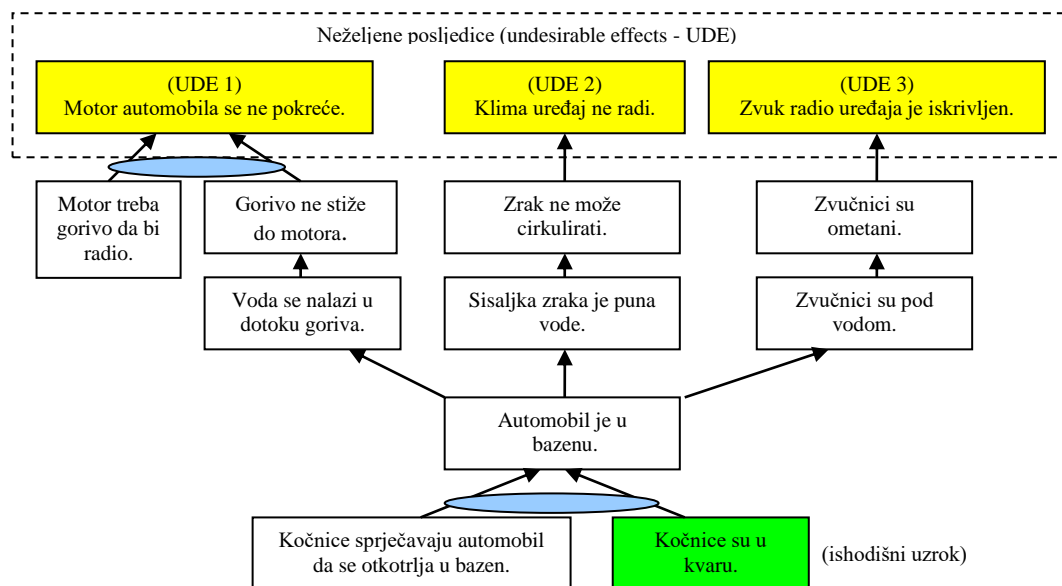
- *ozbiljnost* (Serenity) – učinak nedostatka ili greške na cijenu, vrijeme i kvalitetu,
- *pojavljivanje* (Occurrence) – frekvencija pojavljivanja, procjena vjerojatnosti pojavljivanja greške,
- *otkrivanje* (Detection) – vjerojatnost otkrivanja problema.

Umnožak ova tri parametra definira se kao *broj prioriteta rizika* (RPN – Risk Priority Number). Načini rada s visokim RPN faktorom su kandidati za poduzimanje akcije smanjenja rizika.

Gore spomenuti alati za procjenu rizika spadaju u dijagrame koje zovemo *stabla odluke*, a uključuju takozvane 'čvorove vjerojatnosti' koji opisuju slučajne događaje. Korak dalje su *dijagrami utjecaja* koji dozvoljavaju obje odluke i kod kojih su vjerojatnosti kontinuirane varijable.

DIJAGRAM UZROKA I POSLJEDICE

Dijagram uzroka i posljedice je alat koji služi za poboljšanje kvalitete. Može se smatrati proširenjem Ishikawinog dijagrama, s tim da nema unaprijed zadanu strukturu ribljevog kostura, a varijable su predstavljene ovalima. U otkrivanju ishodišnog uzroka problema služimo se metodom '5 zašto', odnosno pet puta postavljamo pitanje 'zašto je nastao određeni problem?'. Posebna vrsta ovog dijagrama je Goldrattovo 'stablo trenutne stvarnosti' (Current Reality Tree - CRT), tehnika za identifikaciju ishodišnih uzroka. Kod ovog dijagrama dopuštena je uporaba logičkog 'i' među odnosima koji vode prema uzroku problema. Za generiranje dijagrama preporuča se tehnika 'oluje ideja'. Dijagram može imati strukturu mreže, dakle, ne mora biti hijerarhijski (slika 9).



Slika 9. Primjer 'stabla trenutne stvarnosti'.

Izvor: http://en.wikipedia.org/wiki/Current_reality_tree_%28TOC%29

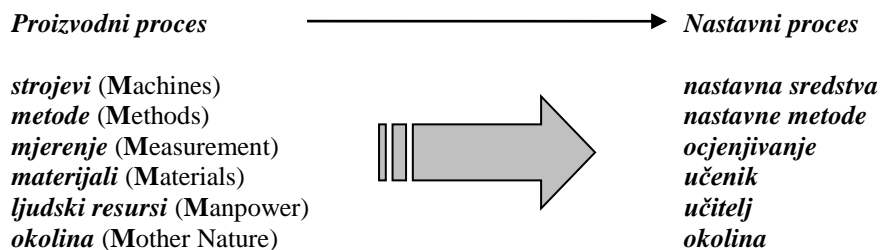
PRIMJENE KOGNITIVNIH I KAUZALNIH MAPA

PRIMJENE U NASTAVI MATEMATIKE

Dat ćemo dva prijedloga korištenja kauzalnih mapa u nastavi matematike (ili u nastavi općenito). Ove primjene odnose se na dijagnosticiranje i otklanjanje uzroka određenog problema u nastavnom procesu.

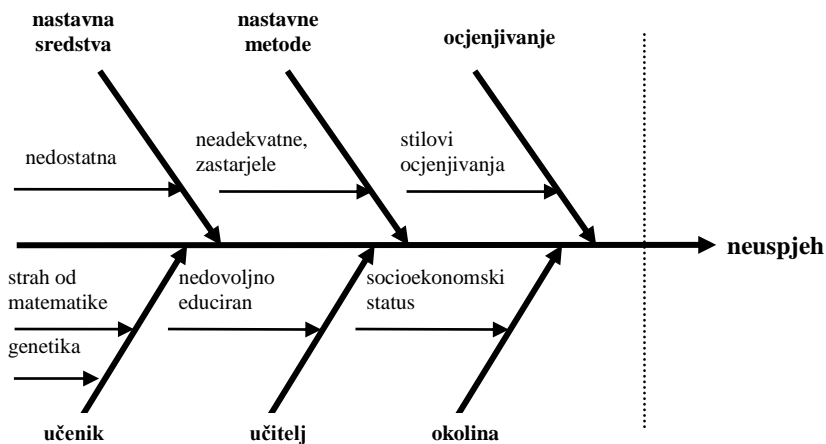
NEUSPJEH U NASTAVI MATEMATIKE

Ako *proizvodni proces* zamijenimo *nastavnim procesom*, neki od aspekata uporabe kauzalnih mapa postaju zanimljivi i kad je u pitanju nastava, te problemi s kojima se u nastavi susrećemo. Ovdje ćemo promotriti problem neuspjeha u nastavi matematike i pokušati ga prikazati Ishikawinim dijagramom. Kategorije '6M' ćemo prilagoditi nastavnom procesu (slika 10).



Slika 10. Prilagodba kategorija '6M' nastavnom procesu.

Obzirom na ove nove kategorije uzroka, formiramo Ishikawin dijagram kao na slici 11.

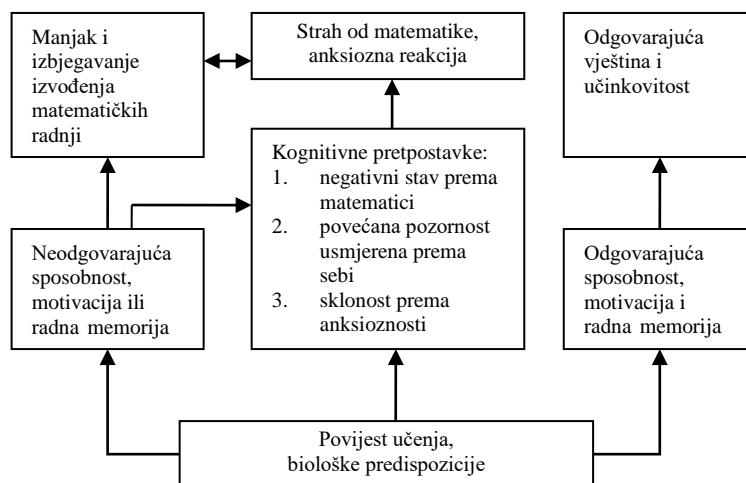


Slika 11. Ishikawin dijagram neuspjeha u nastavi matematike.

Složeniji aspekti ovog problema mogu se promatrati uz dodavanje novih nivoa dijagrama, odnosno detaljnijim razlučivanjem uzroka problema.

STRAH OD MATEMATIKE

Ashcraft i dr. (2007) prikazali su povezanost straha od matematike s biološkim i kognitivnim faktorima pomoću dijagrama kojeg prikazuje slika 12.

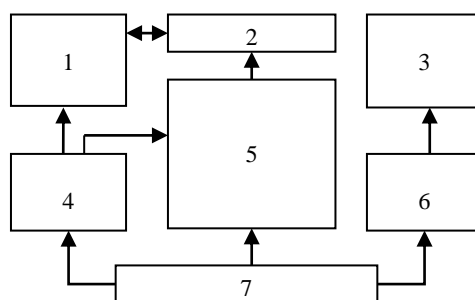


Slika 12. Strah od matematike.

Izvor: Ashcraft, M. H., Krause, J. A., & Hopko, D. R. (2007). Is math anxiety a mathematical learning disability? In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 329-348). Baltimore: Paul H. Brookes.

Obzirom na veze između uzroka i posljedice koje su ovdje predstavljene strelicama, ovaj dijagram možemo smatrati kauzalnom mapom. Kod njega primjećujemo i jednu povratnu vezu (dvosmjerna strelica!).

Na primjeru ovog usmjerenog grafa pokazat ćemo kako se formira pridružena kauzalna matrica. Čvorove ćemo numerirati kako prikazuje slika 13.



Slika 13. Numeracija čvorova kauzalne mape 'strah od matematike'.

Grafu sa 7 čvorova pridružujemo kvadratnu matricu W dimenzija 7×7 čiji su elementi nule i jedinice. Element matrice w_{ij} u i -tom retku i j -tom stupcu jednak je 1 ako postoji strelica grafa koja ide iz čvora i (uzrok) prema čvoru j (posljedica). U protivnom je $w_{ij} = 0$. Prema tome, matrica kauzalne mape na slici 12 jednaka je

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

PRIMJENE U OCJENJIVANJU

Allan C. Jeong (2010) predlaže nove metode i softver za ocjenjivanje učeničkih kauzalnih mapa, u kojima oni pokazuju svoje uzročno-posljedično razumijevanje.

Softverski alat jMAP razvijen je kako bi učenicima omogućio kreiranje vlastitih kauzalnih mapa uz komunikaciju s drugim učenicima i nastavnikom.

Pomoću ovog programa moguće je konstruiranje kauzalnih mapa, njihovo konvertiranje u pripadnu matricu, razmjenjivanje individualnih i kolektivnih mapa među učenicima i stručnjacima (nastavnicima), grafičko uspoređivanje mapa te određivanje stupnja preklapanja mapa, uspoređivanje mapa kroz vremenski period nastajanja, te statističko uspoređivanje mapa.

Kauzalne mape prikazane su pomoću čvorova (pravokutnika) koji predstavljaju činjenice, i veza (strelica) koje predstavljaju kauzalne (uzročno-posljedične) veze. Strelice su jednosmjerne i imaju *težinu* koja se manifestira debljinom strelice, a predstavlja jačinu utjecaja među čvorovima (1=slab, 2=umjeren, 3=jak), te *predznak* utjecaja (+ ili -), koji je naznačen bojom strelica (crna za pozitivan i crvena za negativan utjecaj). Također se mjeri i *potkrijepljenost* (0=nikakva, 1=slaba, 2=umjerena, 3=jaka), što se grafički prikazuje vrstom strelica (nikakva, točkasta, iscrtana i puna linija).

jMAP se može koristiti kao sredstvo za ocjenjivanje učenikovog razumijevanja uzročno-posljedičnih veza. Također se pokazao kao koristan alat u istraživanju i razumijevanju procesa učenja.

PRIMJENE U INFORMACIJSKIM TEHNOLOGIJAMA

Kauzalne mape se mogu na različite načine primjenjivati u informacijskim tehnologijama. Jednu od primjena smo spomenuli ranije – to je primjena u procjeni rizika. Narayanan i dr. (2005) navode specifične primjene kauzalnih mapa u IS/IT, kao što su:

- otkrivanje kognitivnih različitosti unutar rukovodećeg tima;
- istraživanje prihvaćanja UML (Unified Modeling Language) u razvoju IT projekata;
- podrška razvoja informacijskih sistema;
- analiza i oblikovanje strategije.

ZAKLJUČAK

Kognitivnu mapu definiramo kao vizualnu reprezentaciju određene teme pomoću koje tu temu bolje možemo organizirati, izgraditi i razumjeti. Kognitivne mape mogu biti neusmjerene i usmjerene grafovi.

Kauzalne mape su usmjerene kognitivne mape s karakterističnim vezama među čvorovima koje pokazuju odnos uzrok – posljedica. Lukovi kauzalnih mapa su jednosmjerne strelice. Osim pomoću usmjerenog grafa, kauzalnu mapu možemo prikazati i pridruženom kauzalnom matricom.

Prednost i obilježje kognitivnih i kauzalnih mapa je u tome što one reprezentiraju određenu informaciju jezgrovitije od odgovarajućeg tekstualnog opisa. Stoga imaju široku primjenu u raznim aspektima struke i znanosti.

Kauzalne mape pokazale su se korisnim alatom u informacijskim tehnologijama, upravljanju rizikom, upravljanju proizvodom i upravljanju operacijama. U ovom radu predložili smo uporabu kauzalnih mapa u nastavi, što predstavlja nov pristup s nebrojenim mogućnostima. Predmet našeg daljnjeg istraživanja bit će nove primjene, kao i procjena efikasnosti njihove uporabe.

LITERATURA

- Al-Shehab, A. J., Hughes, R. T., & Winstanley, G. (2005). Modelling Risks in IS/IT Projects through Causal and Cognitive Mapping. *The Electronic Journal of Information Systems Evaluation*, 8(1), 1-10.
- Ashcraft, M. H., Krause, J. A., & Hopko, D. R. (2007). Is math anxiety a mathematical learning disability? In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 329-348). Baltimore: Paul H. Brookes.
- Axelrod, R. (1976). *Structure of decision: The cognitive maps of political elites*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Chauvin, L., Genest, D., & Loiseau, S. (2009). Ontological Cognitive Map. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 18(5), 697-716.
- Chen, M. et al. (2009). Data, Information and Knowledge in Visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 29(1), 12-19.
- Eden, C. F., Ackermann, F., & Cropper, S. (1992). The analysis of cause maps. *Journal of Management Studies*, 29(3), 309-324.
- Eppler, M. J., & Platts K. (2007). An Empirical Classification of Visual Methods for Management: Results of Picture Sorting Experiments with Managers and Students. IV'07:335-341.
- Howard, R. A. (1989). Knowledge Maps. *Management Science*, 35(8), 903-922.
- Jeong, A. C. (2010). Assessing Change in Learner's Causal Understanding Using Sequential Analysis and Causal Maps. In Shute, V. J., Becker, B. J. (Editors), *Innovative Assessment for the 21st Century*. Springer.
- Juričić Devčić, M., Topolovec, V., & Mrkonjić, I. (2011). Concept Maps in Mathematics Teaching, Learning and Knowledge Assessment. International Conference EDUvision,

“Modern Approaches to Teaching the Coming Generations”, Ljubljana.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P., (1996). *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard Business Press.

Narayanan, V. K., & Armstrong, D. J. (2005). *Causal Mapping for Research in Information Technology*. Idea Group Publishing.

Perusich, K. (Editor) (2010). *Cognitive Maps*. Intech.

Scavarda, A. J., & Bouzdine-Chaneeva, T., Meyer Goldstein, S., Hays, J. M., Hill, A. V. (2004). *A Review of the Causal Mapping Practice and Research Literature. Second World Conference on POM and 15th Annual POM Conference*, Cancun, Mexico.

Tergan, S. O., & Keller, T. (Editors) (2005). *Knowledge and Information Visualization*, Springer.

INTERNET ADRESE

Cognitive Mapping. <http://intraspec.ca/cogmap.php>

CSCL-jmap. <http://cscl.wikispaces.com/jmap>

Current reality tree. http://en.wikipedia.org/wiki/Current_reality_tree_%28TOC%29

FMEA metoda u upravljanju rizicima. <http://www.scribd.com/doc/59005887/Fmea-u-Upravljanju-Rizicima>

Impact Wheels. <http://minitrends.com/impact-wheels/>

Ishikawa diagram. http://en.wikipedia.org/wiki/Ishikawa_diagram

Operations management. http://en.wikipedia.org/wiki/Operations_management

Perceptual mapping. http://en.wikipedia.org/wiki/Perceptual_mapping

Strategy maps – Kaplan Norton.

http://www.valuebasedmanagement.net/methods_strategy_maps_strategic_communication.html

Autori:

Mr. sc. Marija Juričić Devčić, viši predavač

Učiteljski fakultet

Sveučilište u Zagrebu

Savska cesta 77, 10000 Zagreb, Hrvatska

e-mail: marija.juricic.devcic@ufzg.hr

Mr. sc. Ivan Mrkonjić, viši predavač

Učiteljski fakultet

Sveučilište u Zagrebu

Savska cesta 77, 10000 Zagreb, Hrvatska

e-mail: ivan.mrkonjic@ufzg.hr

Prof. dr. sc. Velimir Topolovec, redoviti profesor u trajnom zvanju

Odjel za informatiku

Sveučilište u Rijeci

Omladinska 14, 51000 Rijeka, Hrvatska

e-mail: topolovecv@yahoo.com, topolovecv@gmail.com