

## MOGUĆNOST PRIMJENE HOLOGRAMA U BRZOM RAZVOJU PROTOTIPOVA

Alem Kozar MA, email: [alem.kozar@iu-travnik.com](mailto:alem.kozar@iu-travnik.com)

Merima Delić MA, email: [merima.delic89@gmail.com](mailto:merima.delic89@gmail.com)

Doc.dr. Nevzudin Buzadija, email: [nevzudinb@bih.net.ba](mailto:nevzudinb@bih.net.ba)

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Bosna i Hercegovina

**Sažetak:** U radu se dokazuje pretpostavka da prikaz mašinskih dijelova u vidu holograma daje bolju vidnu percepciju od prikaza dijelova na tehničkom crtežu. Za hologramski prikaz mašinskih dijelova i sklopova korištena je hologram piramida. Nakon ispitivanja određenog broja ispitanika, izvršena je statistička obrada rezultata i primjenjena je Mamdani metoda fazi logike, čime se pretpostavka dokazala. Došlo se do zaključka da bi hologram mogao biti od koristi u brzom razvoju prototipa za virtualni prikaz 3D modela proizvoda. Ova metoda brzog prikaza prototipa predstavlja jednostavan i ekonomičan način prezentiranja ideje.

**Ključne riječi:** brza izrada prototipova, hologram, izum, prezentacija

## POSSIBILITY OF APPLAYING OF HOLOGRAM IN AN INSTANT PROTOTYPES DEVELOPMENT

**Abstract:** An new invention or innovation (in the form of a device) is usually presented by technical drawing. The development of information technology in recent years has led to the fact that it is relatively easy present the invention by hologram also. This paper proves the assumption that the appearance of mechanical parts in the form of a hologram provides better visual perception than the technical drawings. It is used hologram pyramid for holographic display of mechanical parts and assemblies. After survey of a number of examinees, we made the statistical analysis of results. Also, we applied the method of Mamdani fuzzy logic and the assumption is proved. The conclusion is that the hologram could be useful in the rapid prototyping for virtual presentation of a 3D product model. This method of rapid prototyping display represents a simple and cost-effective way for presenting ideas. Also, it can be used in the learning process.

**Keywords:** rapid prototyping, hologram, invention, presentation.

### 1. Uvod

Hologram se može definisati kao trodimenzionalni nepostojeći svijet koji je ograničen veličinom hologramske ploče na kojoj je hologram snimljen. Promjenom ugla posmatranja snimljeni predmet se može vidjeti sa različitih strana. **Hologram piramida** koristi tehniku koja se naziva „Pepperov duh“, an optical illusion, developed by Henry Dircks and John Pepper during the 19th century<sup>183</sup>. Ovaj hologram se u posljednje vrijeme najviše koristi za reklamiranje proizvoda zbog toga što se može hodati oko predmeta, a i za videokonferencije<sup>184</sup>. Koristeći komad stakla, pleksiglas, plastičnu foliju i specijalnu tehniku osvjetljavanja, mogu se napraviti predmeti koji se pojavljuju pa nestaju, postaju providni, ili se jedan predmet pretvara u drugi. Obično ovaj hologram se sastoji od tri strane piramide napravljene od nekog dobro reflektirajućeg stakla i displeja ili projektor na dnu ili vrhu

<sup>183</sup> Pepper's ghost could bring videoconferences to life, November 2009, New Scientist; 11/21/2009, Vol. 204 Issue 2735, p23

<sup>184</sup> A Ghostly Presence, PETERS, MITCHELL; Mitchell, Gail, June 2012, Billboard; 6/16/2012, Vol. 124 Issue 20, p10

konstrukcije. Može imati jednu, dvije, tri ili sve četiri reflektujuće površine za hologramski prikaz.

## 2. Hipoteza

Ako neki čovjek ima ideju za neki izum (neki skop ili uređaj, konstrukciju), da bi tu ideju prezentovao drugima neophodno je da taj izum napravi ili nacрта. Izrada je obično vrlo skupa i teška. Tehnički crtež izuma je obično vrlo teško shvatiti, čak i za ljude koji dobro poznaju tehniku, a pogotovo za investitore i menadžere. Međutim, prikaz pomoću hologram piramide je dosta jeftin i relativno lak za prezentaciju. Ljudi koji vide hologramski prikaz mnogo lakše razumiju neki sklop, dio, uređaj i slično u odnosu na tehnički crtež. Dakle, hipoteza je: ***prikaz mašinskih dijelova u vidu holograma daje bolju vidnu percepciju od prikaza dijelova na tehničkom crtežu.***

## 3. Tok istraživanja

Da bi se dokazala (ili opovrgla) ova hipoteza neophodno je uraditi slijedeće zadatke: Najprije je potrebno napraviti uređaj koji će davati hologramski prikaz mašinskih dijelova i sklopova, tj. hologram piramidu. Zatim je potrebno napraviti hologramski prikaz više različitih mašinskih dijelova. Provesti će se ispitivanje više ispitanika. Ispitanici će biti podvrgnuti testiranju bez prethodne pripreme, a testiranje se sastoji iz dva dijela:

1. Testiranje ispitanika na osnovu tehničkog crteža mašinskog dijela. Crtež ima dovoljan broj projekcija, presjeka i detalja. Potrebno je da ispitanici nacrtaju taj dio u izometriji (trodimenzionalni prikaz dijela), a tačnost crteža će biti ocjenjena ocjenama od 1 do 5, za svakog pojedinačno.

2. Crtanje mašinskog dijela na osnovu hologramskog prikaza. Ispitanici će vidjeti mašinski dio na hologram piramidi i zatim potrebno je da nacrtaju taj dio u izometriji (trodimenzionalni prikaz dijela), a tačnost crteža će biti ocjenjena ocjenama od 1 do 5, za svakog pojedinačno.

Dobiveni rezultati će se određenim statističkim metodama obraditi, tj. izvršiće se ocjena tačnosti aritmetičke sredine i standardne devijacije osnovnog skupa, provjera hipoteze o jednakosti aritmetičkih sredina dva osnovna skupa pomoću T testa. Pored dokazivanja hipoteze statističkim metodama, potrebno je hipotezu dokazati i primjenom Mamdani metode fazi logike na dobijene rezultate.

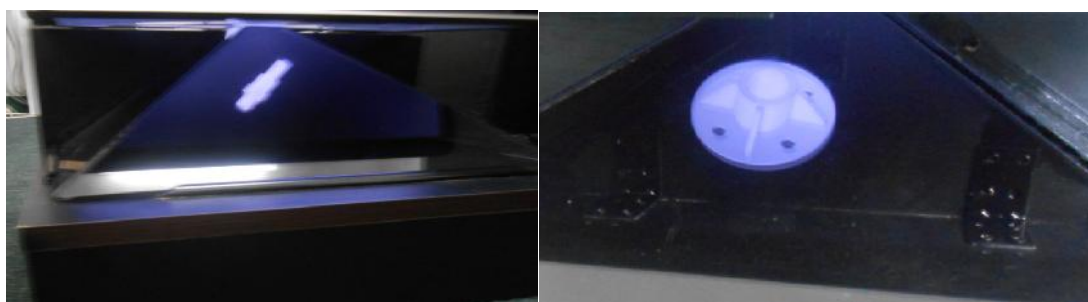
## 4. Hologram piramida

Napravljena je hologram piramida sa tri strane od zatamnjenog stakla i projektor na vrhu konstrukcije. Ključno za pravilan prikaz slike je staklo, preciznost u izradi, kvalitet projektor, tačan ugao nagiba stakla i tačan raspored projekcija u video zapisu. Da bi se poboljšala vidljivost objekta prikazanog u hologramu ugrađena je i LED sijalica koja je priključena na 12V akumulator. Izgled sklopljenog holograma prikazan je na slici 1.



Slika 1. Izgled izrađene hologram piramide

Pomoću softvera za 3D modeliranje napravljeni su modeli više mašinskih dijelova. Od tih modela napravljene su animacije tri projekcije svakog dijela. Animacije su u vidu fajla u nekom od video formata (npr. avi) odgovarajuće rezolucije. Pomoću softvera za obradu videa komponovane su tri projekcije svakog dijela u jedan video koji će na hologram generatoru dati hologramski prikaz. Nakon što se video pokrene na hologram piramidu se reflektuje svjetlost sa projektora i mašinski element se vidi u punom obliku, kao na slici 2.



Slika 2. Dva mašinski elementa prikazana pomoću hologram piramide

## 5. Rezultati istraživanja

Ispitano je ukupno 31 ispitanik. Svi oni su nacrtali jedan 3D mašinski dio kako ga vide na tehničkom crtežu i drugi 3D mašinski dio kako ga vide na hologramu. Crteži ispitanika su ocjenjeni ocjenama: ocjena 1 - ispitanik nije uspio nacrtati dio, ocjena 2 - ispitanik je nacrtao tačan oblik dijela, ali sa dosta netačnih detalja, ocjena 3 - ispitanik je uspio nacrtati dio sa nekoliko netačnih detalja, ocjena 4 - ispitanik je uspio nacrtati dio sa vrlo malo netačnih detalja i ocjena 5 - ispitanik je uspio nacrtati dio sa svim tačnim detaljima. Rezultati su prikazani u vidu grafikona na slici 3. Statistička obrada podataka je prikazana u tabeli 1.

Tabela 1. Statistička obrada podataka

| n                                                                               | The technical drawing A<br>X                 | The hologram B<br>Y                           |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| the sum $\Sigma$                                                                | 83                                           | 108                                           |
| arithmetic mean                                                                 | $\bar{x} = 2,677419$                         | $\bar{y} = 3,483871$                          |
| standard deviation $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ | $\sigma_A = \frac{19}{\sqrt{31}} = 3,376932$ | $\sigma_B = \frac{3871}{\sqrt{31}} = 7,26672$ |
| standard deviation assessment for a basic set $s = \sigma \sqrt{\frac{n}{n-1}}$ | $s_A = 1,399693$                             | $s_B = 1,287659$                              |

### 5.1. Ocjena tačnosti aritmetičke sredine osnovnog skupa

Za vjerovatnoću  $P = 95\% = 0,95$ , aritmetička sredina osnovnog skupa za uzorak A:  
 $2,184694 < \mu_A < 3,170144$ , a aritmetička sredina osnovnog skupa za uzorak B:  
 $3,030584 < \mu_B < 3,937158$

Dobiveni rezultati pokazuju kvalitet crteža koje su nacrtali ispitanici iz dva dijela testiranja, izražen ocjenama. Na osnovu rezultata može se zaključiti da se aritmetička sredina oba crteža nalazi u intervalu povjerenja, te je kvalitet bolji kod crteža dobivenih na osnovu hologramskog prikaza.

### 5.2. Ocjena tačnosti standardne devijacije osnovnog skupa

Za vjerovatnoću  $P = 95\% = 0,95$ , standardna devijacija osnovnog skupa za uzorak A:  
 $0,997981 < \sigma_A < 1,801405$ , a standardna devijacija osnovnog skupa za uzorak B:  
 $0,918101 < \sigma_B < 1,657217$

Može se zaključiti da je kvalitet bolji kod crteža dobivenih na osnovu hologramskog prikaza.

### 5.3. Provjera hipoteze o jednakosti aritmetičkih sredina (Student-ov t test)

Postavlja se hipoteza da su aritmetičke sredine  $\bar{X}_1$  i  $\bar{X}_2$  osnovnih skupova međusobno jednake, tj.  $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ . Potrebno je ispitati hipotezu, a to se svodi na ispitivanje razlike aritmetički sredina uzorka. Ako je ta razlika slučajna, hipoteza se prihvata, istinita je. Obrnuto, ako je razlika signifikantna, hipoteza o jednakosti aritmetičkih sredina osnovnih skupova, odnosno o pripadnosti uzoraka jednom te istom osnovnom skupu, odbacuje se kao netačna. Da bi se hipoteza potvrdila prvo je potrebno testirati nultu hipotezu, koja glasi: *Hologramski prikaz mašinskih dijelova daje istu vidnu percepciju kao i prikaz dijelova na tehničkom crtežu.* Alternativna hipoteza je *prikaz mašinskih dijelova u vidu holograma daje bolju vidnu percepciju od prikaza dijelova na tehničkom crtežu.* Ako nulta hipoteza bude tačna tad se alternativna hipoteza odbacuje. Ako je nulta netačna alternativna hipoteza se prihvata i sve pretpostavke su tačne.

$$H_0: \bar{x} = \bar{y}$$

Za testiranje hipoteze na osnovu Student-ovog t testa prvo je potrebno izračunati ocjene standardne devijacije za Tehnički crtež A i Hologram B, preko izraza:

$$s_A^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x})^2 = 1,95914$$

$$s_B^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (y_i - \bar{y})^2 = 1,658065$$

Kad su poznate standardne devijacije pristupa se izračunavanju t testa, prema izrazu za test:

$$t_1 = \frac{|\bar{x}_A - \bar{x}_B|}{\sqrt{(n_1 - 1)s_A^2 + (n_2 - 1)s_B^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} = 2,36$$

Iz tabele za  $t_1 = 2,36$  i  $k = n_1 + n_2 - 2 = 60$ , očita se vrijednost  $P(|t| \geq t_1) = 0,02$  što je manje od 0,05. ( $t_1$  za 0,05 iznosi 1,96). Tako je razlika između  $\bar{x}_A$  i  $\bar{x}_B$  signifikantna, pa se nulta hipoteza odbacuje kao netačna i alternativna hipoteza je tačna.

## 5.4. Mamdani Fuzzy Inference System

Metoda Mamdani predstavlja novi pristup problemima upravljanja nelinearnim sistemima. Fazi sistemi se najčešće koriste za modeliranje metodom odlučivanja u prisustvu neizvjesnosti. Kada se uzmu u obzir osobine fazi promjenjivih i cjelokupnog fazi sistema, kao i rezultate dobijene testiranjem na realnim numeričkim podacima, izabrani pristup se pokazao adekvatnim.<sup>185</sup> Fazi logika ne definiše precizno pripadnost jednog elementa određenom skupu, već se ta pripadnost mjeri najčešće u procentima. Fazi upravljanje obezbjeđuje formalnu metodologiju za predstavljanje, manipulaciju i implementaciju ljudskog heurističkog predznanja o tome kako kontrolisati jedan, određeni sistem.

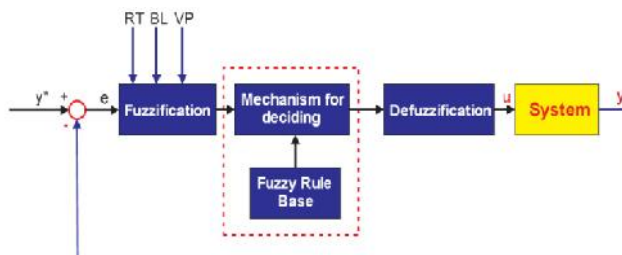


Figure 3. The Fuzzy controller structure [4]

Sa slike su vidljive komponente fazi kontrolera. Baza pravila sadrži znanje o tome kako najbolje kontrolisati sistem u formi skupa logičkih (if – then) pravila. Fazifikacija modifikuje signale ulaza tako da mogu biti upoređeni sa pravilima u bazi fazi pravila. Mehanizam za odlučivanje je mehanizam za procjenjivanje koja kontrolna pravila su relevantna za trenutno stanje sistema i odlučuje logičkim sklopom kakav će biti upravljački signal, tj. ulaz u proces. Defazifikacija transformiše zaključak mehanizma za odlučivanje u oblik signala da ovaj može biti signal koji predstavlja ulaz u proces.<sup>186</sup> Za sprovođenje istraživanja korišten je MATLAB R2009b. Prvi korak u projektovanju predstavlja izbor ulaza i izlaza kontrolera. Promjenjive koje nose informaciju o ponašanju sistema treba da budu ulazi kontrolera. Neizraziti regulator je Mamdani kontroler, akumulacija aktiviranih zaključaka koristi maksimalan operator. Definisane su jezičke varijable: Rezultati, Hologram i Tehnički crtez. sva tri imaju diskretne vrijednosti iz raspona [1, 5]. Lista varijabli korištenih u fazi sistemu je data u Tabeli 2.

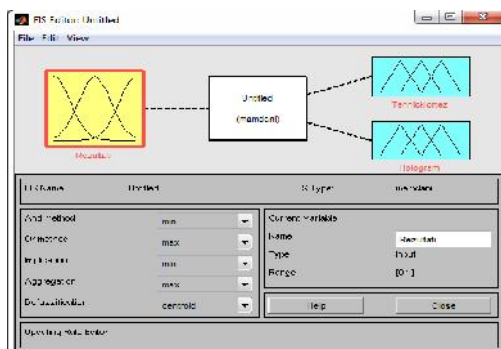
Tabela 2: Lista varijabli korištenih u fazi sistemu

| Lingvističke varijable                  | Tip varijable | Lingvistički uslovi                        |
|-----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------|
| Rezultati–moguće ocjene                 | Input         | RGL - loši<br>RGD – dobri<br>RGO – odlični |
| Hologram–na osnovu hologramskog prikaza | Output        | RGL - loši<br>RGD – dobri<br>RGO – odlični |
| VP – Na osnovu tehničkog crteža         | Output        | RGL - loši<br>RGD – dobri<br>RGO – odlični |

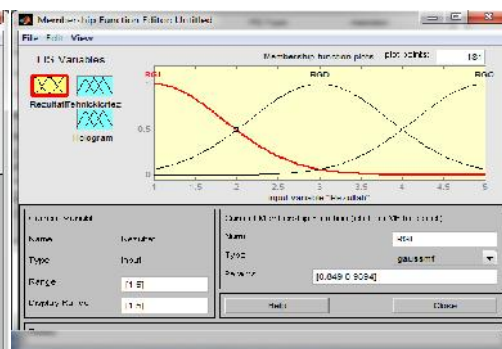
<sup>185</sup> Nevzudin Buzadjija and Dragi Tiro, "Methodology for Better Online Learning Efficiency in Blended Learning System By Means of Mamdani Fuzzy Logic," Journal of Automation and Control Engineering, Vol. 1, No. 4, pp. 321-325, Dec., 2013. doi: 10.12720/joace.1.4.321-325

<sup>186</sup> Nevzudin Buzadjija and Dragi Tiro, "Methodology for Better Online Learning Efficiency in Blended Learning System By Means of Mamdani Fuzzy Logic," Journal of Automation and Control Engineering, Vol. 1, No. 4, pp. 321-325, Dec., 2013. doi: 10.12720/joace.1.4.321-325

Sljedeći korak je izbor kontrolne promjenjive, odnosno ulaza u proces. Da bi kontroler mogao da donese odluku o vrijednosti upravljačke promjenjive, mora da prima dovoljno informacija putem signala ulaza. Također, kontroler mora imati izlaz koji će upravljati sistemom tako da ga dovede u zahtjevano stanje sa željenim performansama. Sve ovo se definiše u FIS editoru u kojem se unose osnovni ulazni i izlazni signali, njihove osobine i vrijednosti koje mogu primiti pojedine varijable.

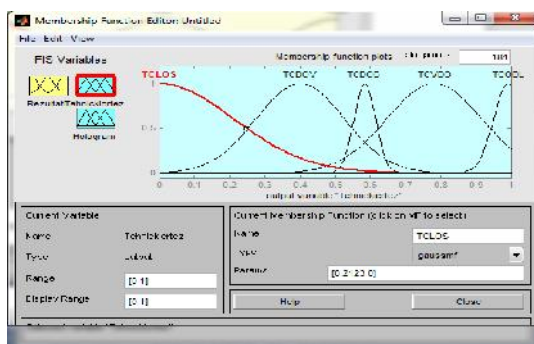


Slika 4. FIS Editor

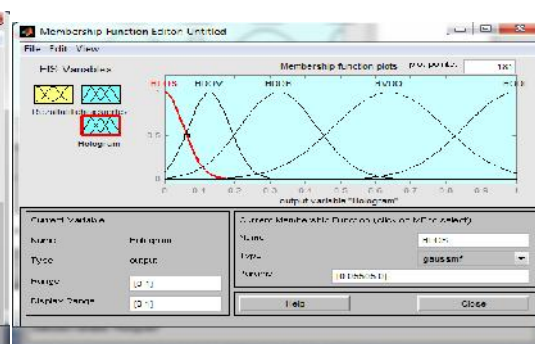


Slika 5. Editor funkcija pripadnosti za varijablu Rezultati

Kako je fazi logika izgrađena od struktura koje se oslanjaju upravo na kvalitativnim opisima kojima se koristi svakodnevno, u prirodnom jeziku, jednostavnost upotrebe fazi logike se sama nameće. Lingvističke promjenjive bi trebalo da imaju i lingvističke vrijednosti. Kakva će biti funkcija pripadnosti zavisi od uslova i ponašanja sistema. U ovom slučaju za sve promjenjive je uzeta gausova kriva raspodjele vrijednosti koje mogu imati pojedine varijable. Ovaj postupak se naziva i kodiranje. Ona se često koristi u procesu određivanja fazi skupa izlaznih promjenjivih fazi kontrolera. Izlazi tada prihvataju konačan broj diskretnih i određenih vrijednosti. Svaki crež iz eksperimenta ocjenjen je na osnovu tačnosti nacrtanog dijela, ocjenom od 1 do 5. Alternativna hipoteza  $H_1$ , da hologramski prikaz mašinskih dijelova daje bolju vidnu percepciju od prikaza dijelova na tehničkom crtežu, pokušat će se dokazati i ovom metodom. Na osnovu izvršenog eksperimenta, ispitanici koji su crtali na onovu tehničkog crteža dobili su sljedeće ocjene: 9 ispitanika ocjenu 1 (TCLOS), 7 ispitanika ocjenu 2 (TCDOV), 2 ispitanika ocjenu 3 (TCDOB), 11 ispitanika ocjenu 4 (TCVDO), 2 ispitanika ocjenu 5 (TCODL). Ispitanici koji su na osnovu hologramskog prikaza dobili su ocjene: 3 ispitanika ocjenu 1 (HLOS), 4 ispitanika ocjenu 2 (HDOV), 7 ispitanika ocjenu 3 (HDOB), 9 ispitanika ocjenu 4 (HVDO), 8 ispitanika ocjenu 5 (HODL).



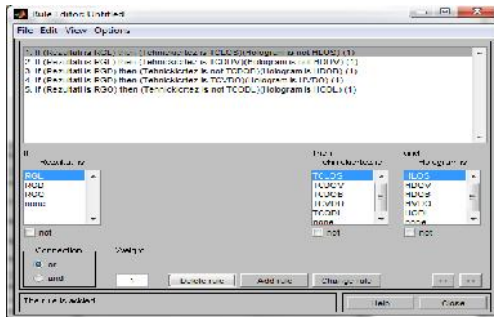
Slika 6. Editor funkcija pripadnosti za varijablu Tehnickiertez



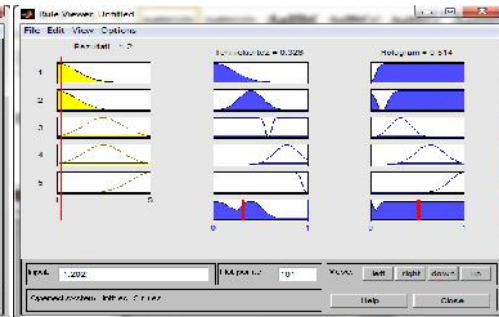
Slika 7. Editor funkcija pripadnosti za varijablu Hologram

Cilj fazi kontrolera je da se fazi logikom ucrtta preslikavanje ulaza u izlaze kontrolera. Primarni mehanizam za to je lista if – then tvrdnji, koje se nazivaju pravilima. Sva pravila se

izvšavaju paralelno i njihov redoslijed nije bitan. Ovakva lista pravila se naziva baza pravila. Pravila se odnose na lingvističke promjenjive i na njihove osobine. Ako su prethodno definisani svi termini i sve osobine koje definišu te termine, tj. promjenjive, može se pristupiti projektovanju sistema koji interpretira pravila. Pravila su definisana u Editoru pravila na slici 8.



Slika 8. Editor pravila



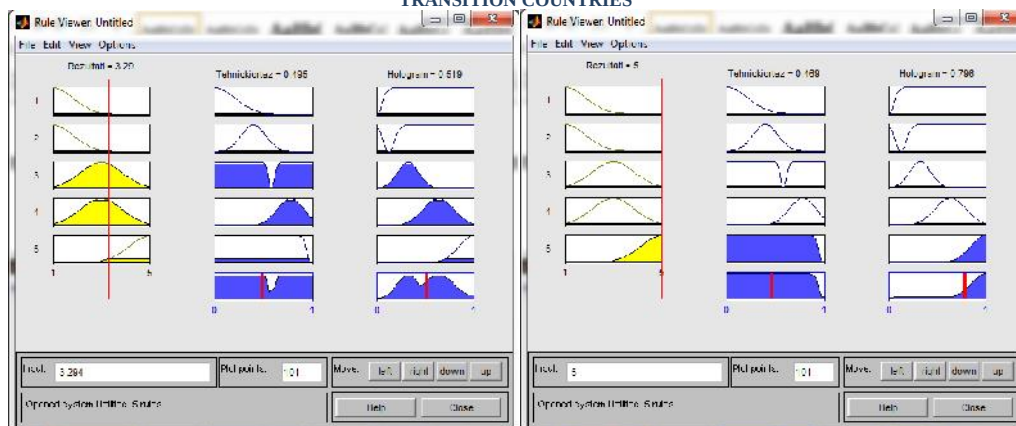
Slika 9. Preglednik pravila za ispitanike sa slabijom vidnom percepcijom

Pravila koja su definisana u Editoru pravila predstavljaju bazu pravila na osnovu koje kontroler donosi određene odluke, tj. zaključke na bazi kojih se preporučuju određene akcije prema postizanju određene vrijednosti željenog izlaznog signala.

Pravila su sljedeća:

1. If (Rezultat is RGL) then (Tehnickicrtez is TCLOS) (Hologram is not HLOS) (1)
2. If (Rezultat is RGL) then (Tehnickicrtez is TCDOV) (Hologram is not HDOV) (1)
3. If (Rezultat is RGD) then (Tehnickicrtez is not TCDOB) (Hologram is HDOB) (1)
4. If (Rezultat is RGD) then (Tehnickicrtez is TCVDO) (Hologram is HVDO) (1)
5. If (Rezultat is RGO) then (Tehnickicrtez is not TCDL) (Hologram is HODL) (1)

Npr. peto pravilo je: Ako je rezultat eksperimenta odličan onda izlaz na osnovu tehničkog crteža nije odličan, a na osnovu holograma je odličan. Iz baze pravila može se uočiti da je korištena metoda izbora prilikom određivanja pravila. Defazifikacija predstavlja u suštini proces suprotan procesu fazifikacije pa se naziva i dekodiranje. Ovo je u stvari proces koji treba da pretvori rezultat agregacije, koji u osnovi predstavlja presjek površine, u signal koji je razumljiv procesu. Podešavanje početnog fazi sistema može da se opiše sljedećim primjerom. Na slici 9. su data pravila za ispitanike koji imaju slabiju vidnu percepciju i ocjene su u intervalu 1-2. Rezultati dobijeni modifikovanim fazi sistemom, sa centrom gravitacije kao metodom defazifikacije, su dobili da ti ispitanici postižu bolje rezultate na osnovu hologramskog prikaza u odnosu na tehničke crteže. Za crtanje trodimenzionalnog izgleda ova kategorija ispitanika postiže znatno bolje rezultate na osnovu hologramskog izgleda jer je rezultat dobijen Mamdami fazi sistemom 0,514, a što pripada u najvećoj mjeri fazi skupu „srednje“ jačine efikasnosti, za razliku na tehničke crteže gdje je dobijen rezultat 0,326. Sa slike 10. se vidi da ispitanici koji imaju srednju vidnu percepciju prema trodimenzionalnom izgledu objekta na osnovu dvodimenzionalnih projekcija, postižu bolje rezultate na osnovu hologramskog prikaza u odnosu na tehničke crteže. Za crtanje trodimenzionalnog izgleda ova kategorija ispitanika postiže znatno bolje rezultate na osnovu hologramskog izgleda, jer je rezultat dobijen Mamdami fazi sistemom 0,519, a što pripada u najvećoj mjeri fazi skupu „srednje“ jačine efikasnosti, a tehnički crtež ima rezultat 0,495.



Slika 10. Preglednik pravila za ispitanike sa srednjom vidnom percepcijom

Slika 11. Preglednik pravila za ispitanike sa dobrom vidnom percepcijom

Na slici 11. data su pravila za ispitanike koji imaju solidnu vidnu percepciju, ocjenu 5. Rezultati dobijen modifikovanim fazi sistemom, sa centrom gravitacije kao metodom defazifikacije, su dobili da ti ispitanici postižu bolje rezultate na osnovu hologramskog prikaza u odnosu na tehnički crtež. Za crtanje trodimenzionalnog izgleda ova kategorija ispitanika postiže znatno bolje rezultate na osnovu hologramskog prikaza, pa je rezultat dobijen Mamdami fazi sistemom 0,796, a što pripada u najvećoj mjeri fazi skupu „visoke“ jačine efikasnosti, za razliku na tehnički crtež gdje je dobijen rezultat 0,469. Kao što se može uočiti, i ovom metodom je dokazano da ispitanici koji su gledali mašinski dio u hologramu imaju bolje rezultate u odnosu na tehnički crtež dat u ortogonalnim projekcijama. Ispitanici, gledajući mašinski dio u hologramu imaju mnogo bolju preglednost i brže uoče sve detalje na datom dijelu, a potroše i manje vremena na crtanje istog. Nacrani dio pomoću tehničkog crteža ima više grešaka i potrebno je više vremena za crtanje. Ovim je još jednom dokazana alternativna hipoteza da hologramski prikaz mašinskih dijelova daje mnogo bolju vidnu percepciju od prikaza dijelova na tehničkom crtežu.

## 6. Zaključak

Na samom početku rada data je hipoteza koja glasi: „Hologramski prikaz mašinskih dijelova daje bolju vidnu percepciju od prikaza dijelova na tehničkom crtežu“. U ovom radu na osnovu rezultata Student-ovog t testa utvrđeno je da razlika između aritmetičkih sredina uzoraka nije slučajna. Odnosno, ispitanici koji su gledali mašinski dio u hologramu imaju bolju vidnu percepciju i ovim zaključkom je hipoteza dokazana. Da bi potvrdili zaključak do kojeg se došlo na osnovu statističke metode, Mamdami fazi metodom urađeno je testiranje hipoteze. Došlo se do zaključka da ispitanici iz različitih kategorija loši, dobri i odlični uvijek imaju bolje rezultate crteža nacrtanih gledajući u hologram generator. Na osnovu dobivenih rezultata još jednom je potvrđena hipoteza. Na osnovu rezultata eksperimenta i tačnosti hipoteze može se vidjeti da bi hologram mogao biti od koristi u brzom razvoju prototipa za virtualni prikaz 3D modela proizvoda - objekta koji se može zakretati, presijecati i analizirati.

Ova metoda brzog prikaza prototipa predstavlja jednostavan i ekonomičan način prezentiranja ideje. Rezultati dobijeni istraživanjem pokazuju da postoji statistički signifikantna razlika u vidnoj precepciji, ali ona nije toliko velika kako se očekivao prije ovog istraživanja. Razlog navedenog može biti u načinu izvđenja eksperimenta, kao i vrsti izrađenog holograma.

## References

- [1] Pepper's ghost could bring videoconferences to life, November 2009, New Scientist; 11/21/2009, Vol. 204 Issue 2735, p23
- [2] A Ghostly Presence, PETERS, MITCHELL; Mitchell, Gail, June 2012, Billboard; 6/16/2012, Vol. 124 Issue 20, p10
- [3] Nevzudin Buzadjija and Dragi Tiro, "Metodology for Better Online Learning Efficiency in Blended Learning System By Means of Mamdani Fuzzy Logic," Journal of Automation and Control Engineering, Vol. 1, No. 4, pp. 321-325, Dec., 2013. doi: 10.12720/joace.1.4.321-325
- [4] G. Chen and T. T. Pham, *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems*, CRC Press, Boca Raton, FL, 2001, pp. 145 – 170.