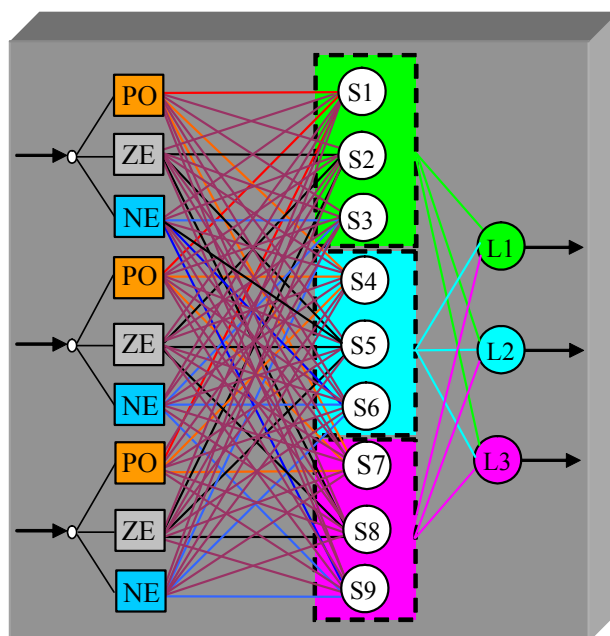




Dr. sc. Ahmet SHALA

## Hyrje në Inteligjencë Artificiale



## Përmbajtja

<b>I.1. Hyrje në Inteligjencë Artificiale</b> .....	<b>4</b>
<b>I.2. Makinat inteligjente</b> .....	<b>4</b>
I.2.1. Përcaktimi i inteligjencës .....	4
<b>I.3. Historiku e Inteligjencës Artificiale“Dark Ages – vitet e errëta” ose lindja e Inteligjencës Artificiale(1943-1956)</b> .....	<b>7</b>
<b>I.4. Ngritja e inteligjencës artificiale, ose era e shpresave të mëdha (1956 - 1960)</b> .....	<b>8</b>
<b>I.5. Premtime të pa përmbushura - impakti i realitetit (1960 –1970)</b> .....	<b>9</b>
<b>I.6. Teknologjia e sistemeve eksperte -çelësi i suksesit (1970 –1980)</b> .....	<b>10</b>
<b>I.7. Si ti bëjmë makinat të mësojnë - rilindja e ANN-ve (1980 – e tutje)</b> .....	<b>12</b>
<b>I.8. Llogaritjet evolutive - Evolutionary computation – të mësuarit duke vepruar (1970 – deri më sot)</b> .....	<b>13</b>
<b>I.8. Era e re e inxhinierisë së njohurive – llogaritjet me fjalë. (1990 deri me sot)</b> .....	<b>14</b>
<b>Pyetje në të cilat dhamë përgjigje në Pjesën e I-rë</b> .....	<b>16</b>
<b>II.1. Çka është Fuzzy Logjik?</b> .....	<b>18</b>
II.1.1. Pse të përdoret Fuzzy Logjik? .....	20
II.1.2. Kur të mos përdoret Fuzzy Logjik.....	21
<b>II.2. Matlab - Fuzzy Logic Toolbox</b> .....	<b>21</b>
II.2.1. Çfarë mund të bëjë Fuzzy Logic Toolbox?.....	21
II.2.2. Një shembull udhëzues: Fuzzy dhe Jo-Fuzzy .....	22
II.2.3. Gjykimi Jo-Fuzzy .....	23
II.2.4. Gjykimi Fuzzy.....	25
II.2.5. Rrjedhim.....	26
<b>II.3. Modulet e Rregullatorit Fuzzy Logjik</b> .....	<b>27</b>
<b>II.3.1. Bashkësia Fuzzy</b> .....	<b>27</b>
II.3.2. Funkcionet shoqëruese .....	30
II.3.3. Operatorët logjik.....	32
II.3.4. If-Then (Nëse-Atëherë) rregullat .....	34
<b>II.4. Sistemet Fuzzy Konkluduese</b> .....	<b>34</b>
<b>(FIS - Fuzzy Inference Systems)</b> .....	<b>34</b>
II.4.1 Krijimi i FIS file-ve në Fuzzy Logic Toolbox .....	36
Shembull: Krijimi i FIS file-it për parashikimin e shpërblimit për ushqimin në një restorant .....	36

II.4.2 Krijimi i FIS file-ve në Fuzzy Logic Toolbox. Shembull: Shembull:Krijimi i FIS file-it për monitorim të temperaturës së CPU-së përmes rregullimit-kontrollit të shpejtësisë së ventilatorit.....	44
II.4.2.1 Përdorimi i FL-së ‘ventilatori’ në Matlab>simulink.....	49
II.4.3 Krijimi i FIS file-ve në Fuzzy Logic Toolbox.....	52
Shembull:Krijimi i FIS file-it për përcjellje sa më të saktë të trajektores së platformësmobile me përdorim të Rregullatorit Fuzzy Logjik [27]. .....	52
<b>Pyetje në të cilat dhamë përgjigje në Pjesën e II-të .....</b>	<b>60</b>
<b>III.1. Rrjetat Neurale Artificiale, ANN-Artificial Neural Network .....</b>	<b>62</b>
<b>III.2 çka janë ANN-të.....</b>	<b>63</b>
<b>III.3 ANN-të &amp; sistemi nervor biologjik .....</b>	<b>64</b>
<b>III.4. Historiku i ANN-ve .....</b>	<b>65</b>
<b>III.5. Përdorimi i ANN-ve.....</b>	<b>66</b>
<b>III.6. Analiza e ANN-ve.....</b>	<b>67</b>
<b>III.7. Struktura e ANN-ve .....</b>	<b>69</b>
<b>III.8. Ushtrimi i ANN-ve.....</b>	<b>71</b>
<b>III.9. Madhësia e ANN-ve.....</b>	<b>72</b>
<b>III.10. Projektimi i ANN-ve – Algoritmi transmetues kthyes (Backpropagation Algorithm).....</b>	<b>73</b>
III.11.1 Dizajnimi i Rrjetës Neurale Artificiale Double-Sigmoidal [31] në Matlab/Simulink .....	77
III.11.2 Dizajnimi i Rrjetës Neurale Artificiale Sigmoidal-Lineare [32] në Matlab/Simulink .....	82
<b>III.11. Zgjedhja e arkitekturës së Rrjetës Neurale.....</b>	<b>86</b>
<b>Pyetje në të cilat dhamë përgjigje në Pjesën e III-të .....</b>	<b>87</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>88</b>

## I.1. Hyrje në Inteligjencë Artificiale

Në këtë pjesë do të diskutojmë historinë e inteligjencës artificiale nga koha e ideve dhe shpresave të mëdha në vitet 1960 në dis-iluzione dhe ndërprerjen në vitet 1970;

Nga zhvillimi i sistemit të parë ekspert në vitet 1970 deri në maturinë e teknologjisë së sistemeve eksperte dhe aplikacionet e tyre masive në fusha të ndryshme në vitet 1980-'90.

Nga modeli binar i neuroneve vitet 1940 deri në zhvillimin dramatik të rrjetave neurale artificial në vitet 1980.

Nga prezantimi i teorisë fuzzy në vitet 1960 deri në produktet klienteliste 'fuzzy' në 1980 dhe pranimi i "soft computing" dhe kalkulimit me fjalë në 1990.

## I.2. Makinat inteligjente

**Pyetjet** e ngritura nga filozofët gjatë shekujve:

- Si punon mendja e njeriut?
- A mund të kenë mendje jo-humanët?

Përgjigjet:

- Po, makinat mund të bëjnë çdo gjë që njerëzit bëjnë - bazohet në modelin llogaritës-kompjuterik.
- Jo, sjelljet e sofistikuara, zbulimet krijuese dhe zgjedhjet morale shkojnë përtej qëllimit të ndonjë makine.

### I.2.1. Përcaktimi i inteligjencës

Inteligjenca e dikujt është aftësia e tij për të kuptuar dhe mësuar gjërat.

Inteligjence është aftësia për të menduar dhe kuptuar në vend të bërjes së gjërave sipas instinktit ose në mënyrë automatike.

Pra inteligjenca ka të bëjë me aftësinë për të menduar dhe kuptuar.

Ç 'nëkupton të menduarit?

Të menduarit është aktiviteti i përdorimit të trurit për të konsideruar një problem ose për të krijuar një ide.

Inteligjenca përcaktohet si: "aftësia për të mësuar dhe kuptuar, për të zgjidhur problemet dhe për të marrë vendimet"

### Çfarë bëjnë makinat?

- A mund të mendojnë makinat? (1940)
- A mendojnë makinat? Përgjigja nuk është me një Po ose Jo por kemi një përgjigje që kërkon qartësim - Fuzzy.

Qëllimi i inteligjencës artificiale si shkencë:

- Të bësh makinat të bëjnë gjëra që kërkojnë inteligjencë nëse do të bëheshin nga njerëzit. (Boden 1977)

**Alan Turing**, britanik, pionier i shkencave kompjuterike (1912-1954).

- Në vitin 1930 zbulon: Central Limit Theorem – Teoremën kufizimit qendror, kurse në vitin 1937 shkruan punimin për “computable numbers – numrat e llogaritshëm”
- Lufta e Dytë Botërore – paraqet një shkak kyç në deshifrim, makina Enigma – makinë kodimi-dekodimi e ushtrisë gjermane
- Pas Luftës së Dytë Botërore – dizajnon “Automatic Computing Engine – Makina llogaritëse automatike”.
- Shkruan programin e parë të aftë të luajë një lojë të plotë shahu.
- Konceptet teorike mbi kompjuterin universal.
- Eksperiencë praktike në ndërtimin e sistemeve code-breaking.

Pyetjet që **Turing** griti për inteligjencën artificiale janë:

- A ka mendim pa eksperiencë-përvojë?
- A ka mendje pa komunikime?
- A ka gjuhë pa jetë?

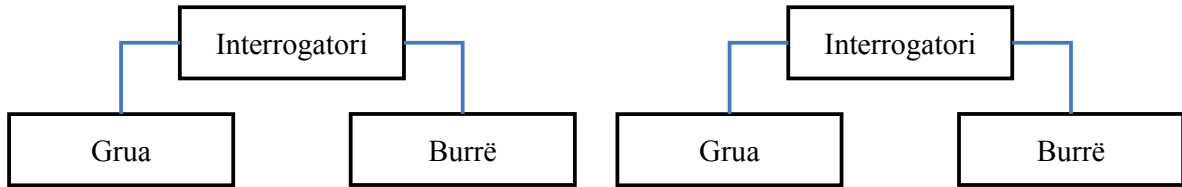
Kështu të gjitha këto janë variacione të pyetjes themelore të inteligjencës artificiale: A mund të mendojnë makinat?

**Turing** lojë e imitimit (Turing imitation game), në vend të pyetjes: A mund të mendojnë makinat? Ai ngre pyetjen: “Mund të bëjnë makinat një test-sjellje inteligjente”

Një kompjuter mund të programohet të bëjë një bisedë me një njeri rreth 5 minuta dhe të ketë 30% shans të ngatërrojë njeriun-interrogatorin që në vend të makinës është një njeri”, (parashikim i **Turing**-ut për vitet 2000 **vërejtje jona**: kjo mund të thuhet se është arritur dhe tejkaluar).

Sipas **Turing**, sjellja inteligjente e një kompjuteri është aftësia për të arritur një performansë në nivel të njeriut në punët e njohura. Pra kompjuteri e kalon testin nëse interrogatori nuk mund të dallojë makinën nga një njeri mbi bazën e përgjigjeve të pyetjeve të tij)

Loja e imitimit sipas **Turing**, ka dy faza:



**Objektivi:** Interrogatori duhet të zbulojë bazuar në përgjigjet kush është burri dhe kush gruaja, ndërkohë që burri përpiqet t'i mbushë mendjen interrogatorit që është gruaja.

**Objektivi:** Kompjuteri bën të njëjtën gjë si burri, pra ka për qëllim të ngatërrojë interrogatorin, është i programuar të bëjë gabime sikurse një njeri që do të bënte.

**Vërejtje:** Simulimi fizik i një njeriu nuk është i rëndësishëm për inteligjencën artificiale, por simulimi mendor- i mendjes.

### Testi Turing

Cilësitë që e bëjnë këtë test universal janë:

- Komunikimi ndërmjet makinës dhe njeriut përmes terminaleve, siguron një pikëpamje standarde dhe objektive mbi inteligjencën artificiale.
- Testi është i pavarur nga detajet e eksperimentit. Interrogatori është i lirë të bëjë çfarëdo pyetje në çfarëdo fushe, dhe të përqendrohet në përmbajtjen e përgjigjes së siguruar.

Testi siguron një bazë për verifikim dhe vlefshmëri të sistemeve të bazuara në njohuri.

- Një program mendohet inteligjent në njëfushë të ngushtë ekspertize duke e vlerësuar mbi bazën e krahasimit të performansës së tij me performansën e një eksperti-njeri.

### Makinat inteligjente: Çfarë duhet të bëjnë?

Nga këndvështrimi praktik, një makinë inteligjente duhet të ndihmojë njerëzit të marrin vendime, të kërkojnë për informacione, të kontrollojnë objekte komplekse dhe së fundi të kuptojnë kuptimin e fjalëve.

Qëllimi “nuk” është krijimi i makinave me inteligjencë si njerëzit.

Për të ndërtuar një sistem kompjuterik inteligjent, duhet të kapim, të organizojmë dhe të përdorim njohuritë e ekspertit-njeri në fusha të ngushta të ekspertizës.

### **I.3. Historiku e Inteligjencës Artificiale“Dark Ages – vitet e errëta” ose lindja e Inteligjencës Artificiale(1943-1956)**

Puna e parë e njohur në Inteligjencë Artificiale – Artificial Intelligence (AI): nga **W.McCulloch dhe W. Pitts: Modeli i neuroneve të trurit.**

Në vitin 1943, prezantuan një model Rrjete Neurale Artificiale; në të cilën çdo neuron u përcaktua nënjërën nga gjendjet binare 1=on ose 0=off.

Ata demonstuan që modeli i rrjetës së tyre neurale ishte ekuivalent me makinën Turing.

Ata provuan që funksionet llogaritëse mund të kalkuloohen nëpërmjet rrjetës së neuroneve të lidhura.

Ata treguan që struktura të thjeshta të rrjetës mund të mësojnë.

Eksperimentet demonstuan që modeli binar i neuroneve nuk ishte korrekt.

Një neuron ka karakteristika të theksuara jo-lineare, nuk mund të konsiderohet si një pajisje me dy gjendje.

**McCulloch** (amerikan, themeluesi i dytë i AI-ve, pas Turing) hodhi themelet e llogaritjeve neurale - neural computing dhe ANN (Artificial Neural Networks – Rrjetat Neurale Artificiale).

Pas një ndërprerje në vitet 1970, ANN-të u rikthyen kah fundi i viteve 1980.

Gjatë Luftës së Dytë Botërore – McCulloch luajti rol kyç në Manhattan Project që ndërtoi bombën atomike-bërthamore.

McCulloch ishte këshilltar në projektin e ENIAC-ut që projektoi EDVAC-un, një makinë që mund të ruante programin.

McCulloch, inkurajoi dhe mbështeti M.Minsky dhe D.Edmonds për ndërtimin e kompjuterit të parë me rrjetë neurale në vitin 1951.

**Claude Shanon**, amerikan, me 1950 publikon një artikull mbi makinat që luajnë shah.

Një lojë tipike shahu përfshinë rreth  $10^{120}$  lëvizje të mundshme.

Kompjuterii tipit von-Neumann me **1 lëvizje për ms (milisekond)** do t'i duheshin  **$3 \times 10^{106}$**  vite për të bërë lëvizjen e parë.

Demonstron nevojën e përdorimit të heuristikës (mësimi nga eksperiencia) në kërkimin e zgjidhjes.

**J.McCarthy**, Martin Minsky dhe Claude Shannon organizojnë një workshop në Dartmouth College, në vitin 1956. Marrin pjesë 10 hulumtues, sponsorizohet nga IBM. **Këtu lind shkencë e re e quajtur Inteligenca Artificiale.**

#### **I.4. Ngritja e inteligjencës artificiale, ose era e shpresave të mëdha (1956 - 1960)**

Kjo periudhë përshkruhet me entuziazëm dhe plotë ide, por me sukses të kufizuar.

Kompjuteri shihet jo vetëm si një mjet llogaritës; ai mund të bëjë më tepër se aq.

Përcaktohet gjuha e programimit e nivelit të lartë **LISP** (shkurtesa nga: **List Processing** – Procesimi i listave), nga **J. McCarthy**.

Në vitin 1958, **J. McCarthy**, amerikan, prezanton një artikull “**Programs with Common Sense**”, ku propozon një program të quajtur **Advice Taker**, i cili kërkon zgjidhje për probleme të përgjithshme të botës.

Ai tregoi si mund të gjeneron plane (p.sh të drejtosh një automjet në aeroport, mbi bazën e aksiomave të thjeshta).

Programi pranon aksioma të reja, pra pranon njohuri të reja nëfusha të ndryshme ekspertize pa u ri-programuar.

I pari sistem i plotë i bazuar mbi njohuritë që inkorporoi principet qendrore të prezantimit të njohurive dhe arsytimit.

**Martin Minsky**, amerikan, zhvilloi njëkëndvështrim anti-logjik në prezantimin e njohurive dhe arsytimin. Teoria e tij e frames-kornizave (1975), ishte një kontribut i madh në inxhinierinë e njohurive.

**Frank Rosenblatt**, amerikan, vazhdoi punën rreth ANN-ve dhe siguroi teoremën e konvergencës së perceptroneve, që demonstroi që algoritmi i tij “learning- i të mësuarit” mund të rregullojë forcën e lidhjeve të një perceptroni (1962).

Një prej projekteve me ambicioze në këtë kohë ishte “General Problem Solver –GPS” i autorëve **Newell** dhe **Simon**.

GPS – një program për qëllime të përgjithshme që simulonte metodat njerëzore-humane të zgjidhjes së problemeve.

GPS ishte përplekja e parë për të ndarë teknikat e zgjidhjes së problemit nga të dhënat. U bazua në teknikat që sot njihen “**means-ends analysis**”.

**Newell** dhe **Simon** supozuan që problemi që duhet të zgjidhet duhet të përcaktohet në termat e gjendjeve (states). Analiza **means-ends** përdoret për të përcaktuar diferencën ndërmjet gjendjes aktuale dhe gjendjes së dëshiruar, dhe pastaj zgjedhjen dhe aplikimin e operatoreve për të arritur gjendjen e dëshiruar (goal state). Nëse gjendja-qëllimi nuk mund të arrihet nga gjendja aktuale, një gjendje e re më afërme qëllimit duhet të përcaktohet, dhe procedura përsëritet derisa të arrihet gjendja e dëshiruar. Bashkësia e operatoreve përcakton planin e zgjidhjes.



GPS dështoi në zgjidhjen e problemave komplekse.

Programi GPS bazohej në logjikën formale dhe si i tillë mund të gjenerojë një numër të pafundmë të operatoreve tëmundshëm, gjë që rezulton jo-eficient.

Sasia e kohës dhe memoria që GPS kërkon për të zgjidhur problemet në kohë reale bëri që projekti tëbraktisej-abandonohej.

Hulumtuesit e AI-ve u përpoqën të simulojnë procesin kompleks të tëmëduarit duke shpikur metoda të përgjithshme për të zgjidhur grupe të gjëra të problemeve.

Përngjasimeve të tilla, sot iu referohemi si **weak methods**, pra aplikohet informacion i varfër rreth fushës së problemit; kjo sjell performansë të dobët të programit të zhvilluar.

U paraqiten nga shkencëtarë ide të reja në fushat e prezantimit të njohurive, algoritmetë të mësuarit, llogaritje neurale dhe llogaritje me fjalë. Këto ide nuk mundën të implementohen në këtë kohë pasi kompjuterët kishin aftësi të kufizuara

Lotfi Zadeh, lindur në Azerbajxhan – vepron në ShBA, ne vitin 1960, publikon artikullin e tij te famshëm “Fuzzy sets”. ky artikull konsiderohet si themeli i teorisë së bashkësisë fuzzy (fuzzy - nënkupton qartësim).

### **I.5. Pretime të pa përmbushura - impakti i realitetit (1960 –1970)**

Me 1970 euforia rreth AI-ve kaloi, dhe financimet e qeverive për projektet e AI-ve u anuluan.

**AI** ishte akoma një fushë e re shkencore-akademike dhe me pak aplikacione praktike.

Arritjet e deri atëhershme shiheshin thjesht si lojëra, pasi asnjë sistem AI ne atë kohë nuk mund të menaxhonte problemet në kohë reale.

Nga mesi i vitit 1950, hulumtuesit e AI-ve bënë pretime se do të ndërtonin makina inteligjente për të gjitha qëllimet me një bazë njohurish të shkallës njerëzore deri në vitet 1980, dhe se do të “tejkalonin” inteligjencën njerëzore nga vitet 2000.

Në vitin 1970 vunë re se këto kërkesa ishin shumë optimiste. Projektet real-world në fushën e AI-ve rezultuan te pasuksesshme.

Vështirësitë kryesore për AI-të në fund të viteve 1960 ishin:

- Hulumtuesit e AI-ve zhvillonin metoda të përgjithshme për klasa të gjëra të problemeve. Programet e hershme përmbanin pak ose aspak njohuri rreth fushës së problemit.
- Shumë prej problemeve që AI-të u përpoqën të zgjidhnin ishin shumë të gjëra dhe shumë të vështira.

Në vitin 1971, qeveria Britanike pezulloi mbështetjen për kërkimet e AI-ve, pasi nuk u panë rezultate domethënëse.

## I.6. Teknologjia e sistemeve eksperte -çelësi i suksesit (1970 –1980)

Në fillim hulumtuesit e AI-ve besonin që algoritmi i kërkimit dhe teknika të arsyetimeve të mençura – clever, mund të shpikeshin për të zhvilluar metoda të përgjithshme, njerëzore të zgjidhjes së problemeve.

Kështu, një mekanizëm kërkim-përçellime të përgjithshme do të mbështetej në hapa elementartë arsyetimit, për të gjetur zgjidhjet komplete dhe mund të përdorte njohuri të varfra-pakta rreth fushës.

Dështimi i metodave **weak – të varfrabëri** që hulumtuesit të kuptonin që e vetmja mënyre për të përfutur rezultate praktike ishte të zgjidhnin raste tipike që u përkisnin fushave të ngushta të ekspertizës duke bërë kështu hapa të mëdhenj arsyetimi.

Programi DENDRAL – u zhvillua për analiza kimike.

Projekti mbështetet nga NASA, sepse kërkoheshin program për të përcaktuar strukturën molekulare të dheut në planetin Mars, bazuar në të dhënat spektrale të masës, të siguruar nga një spektrometer i masës.

Metodat tradicionale- të zakonshme, të zgjidhjes së problemeve të tilla, mbështetet në teknikën **gjenero-dhe-testo**.

Së pari gjenerohen të gjitha strukturat molekulare përbërëse të mundshme sipas spektrograf-it të masës, dhe pastaj për çdo strukturë përcaktohet ose predikohet masë-spektri i cili testohet kundrejt spektrit aktual.

Këto metoda dështonin sepse numri i strukturave të mundshme që mund të gjeneroheshin arrinte në miliona, problemi bëhej intractable - i pa përcjellshëm (koha e ekzekutimit eksponenciale sipas madhësisë së problemit).

Grupi që punoi për programin DENDRAL ishin: Edward Feigenbaum, Bruce Buchanan (shkencëtar kompjuterësh) dhe Joshua Lederberg (fitues i çmimit Nobel në gjenetikë).

Nuk kishte asnjë algoritëm shkencor që të mundësonte hartën e spektrit të masës në strukturën e tij molekulare.

Puna e Feigenbaum-it kishte për qëllim të inkorporonte ekspertizën e Lederberg-it në një program kompjuterik për të bërë që ai të funksiononte si një njeri në nivel eksperti.

Këto programe u quajtën sisteme-programe eksperte.

DENDRAL –paraqet sistemin parë të suksesshëm të bazuar në njohuri.

Çelësi i suksesit qëndroi në skicimin dhe mapping-hartimin e njohurive teorike të fushës nga forma e tyre të përgjithshme në rregulla specifike.

DENDRAL njihet si “paradigm shift – ndryshim bazik” më i madhi në AI: një ndryshim nga qëllimi i përgjithshëm, njohuri të pakta që mungojnë, metodat weak-të varfra, në teknika specifike sipas fushës dhe me njohuri intensive.

Për DENDRAL u zhvillua një program kompjuterik që arriti nivelin e performansës së një kimisti-njeri me eksperiencë.

Ky projekt çoi në lindjen e një ideje thelbësore të një metodologjie të re të sistemeve eksperte – inxhinieria e njohurive, e cila përdorë teknikat e nxënies-mësimit, analizës, dhe shprehjes në rregulla të dijes së ekspertit.

**MYCIN** – njëzetë projekt i ndërmarrë nga Feigenbaum në fushën e **diagnozifikimit mjekësor**.

Sistem ekspert i bazuar në rregulla për diagnoza të sëmundjeve infektive të gjakut.

Ka një sërë karakteristikash të një **SE – Sistemi Ekspert**:

- Performon në nivelin e një eksperti-njeri.
- Njohuritë e MYCIN konsistojnë në 450 rregulla të pavarura, të formës IF-THEN (nëse-atëherë), të përfituara nga njohuritë e ekspertit gjatë intervistave.
- Njohuritë në formën e rregullave janë të ndara nga mekanizmi i arsytimit.
- Tipar i ri i MYCIN-it ishte paqartësia e shoqëruar me njohuritë. U fut faktori i besueshmërisë (certainty factor). Arsytimi në kushte të tilla ishte pjesa më e rëndësishme e sistemit.

**PROSPECT** – sistem ekspert, sistem probabilitik (i gjasës), për eksplorimin e mineraleve (1974-1983).

Për të paraqitur njohuritë e tyre (9 ekspertëkontribuuan me njohuritë dhe ekspertizën e tyre), PROSPECT përdorin një strukturë të kombinuar që inkorporoi rregullat dhe rrjetin semantik.

Në eksplorimet gjeologjike, vendimet e rëndësishme bëhen duke u përballur me pasiguri, me njohuri jo të plota ose fuzzy. Për të trajtuar të tilla njohuri, PROSPECTOR inkorporoi rregullat e Bayes-it.

PROSPECT u përdorur nga një kompani minierash dhe mundësoi zbulimin e një depozite me vlerë prej 100 milion \$.

Nga fundi i viteve 1970, u rrit numri i SE-ve të suksesshme, gjë që tregonte se AI-të po zhvendosen nga kërkimet laboratorike drejt mjedisit komercial.

U zhvilluan gjuhë speciale për AI-të, si: LISP, PROLOG dhe OPS.

Me 1986 raportohet një numër i SE-ve të suksesshme në fusha të ndryshme si: kimi, elektronikë, inxhinieri, mjekësi, kontroll të proceseve, në shkencë ushtarake, etj.

Teknologjia e SE-ve tashmë është e maturuar - pranuar.

Arsyet pse nuk duhet tëmbivlerësojmëteknologjinë e SE:

- SE kufizohen në një fushë të ngushtë të ekspertizës.
- Për shkak të fushës së ngushtë SE-të nuk janë aq fleksibile sa ç'mund të jetë një njeri.
- SE-të kanë aftësi shpjeguese të kufizuar; mund të tregojnë sekuencën e rregullave të ndjekura, por nuk mund të lidhin njohuritë e akumuluar, heuristike në një kuptim më të thellë në fushën e problemit.
- SE-të janë të vështira për të verifikuar dhe vlerësuar vlefshmërinë e tyre. Nuk ka teknika për të testuar plotësinë dhe konsistencën e tyre.
- SE-të sidomos ato të hershmet, kanë pak ose aspak aftësi për të mësuar nga eksperiencia e tyre.

### **I.7. Si ti bëjmë makinat të mësojnë - rilindja e ANN-ve (1980 – e tutje)**

Në mesin e viteve 1980 hulumtuesit, inxhinierët dhe ekspertët zbuluan që ndërtimi i një sistemi ekspert kërkonte më tepër se sa thjeshtë blerja e një sistemi arsyetimi ose mbështjellësi (shelli) i sistemit ekspert dhe vendosja e rregullave në të.

Hulumtuesite AI-ve vendosën të hedhin një vështrim në Rrjetat Neurale.

Arsyeja më e madhe e vonësës së zgjidhjes ishte teknologjike:nuk kishte PC (kompjuterë) të fuqishëm për të modeluar dhe eksperimentuar me ANN-RrNA-të (Artificial Neural Network – Rrjetat Neurale Artificiale).

Nëvitin 1980, fusha e ANN-ve pësoi një rritje dramatike për shkak:

- Të nevojës për përpunim informacioni sikur-truri i njeriut,
- Përparimeve në teknologjinë e kompjuterëve dhe progresi në neuro-shkencë (mjekësi).

Pati kontribute të mëdha në teori dhe dizajn.

- Grossberg themeloi parimin e ri të vetë-organizimit, që krijoi bazën e një klase të re të rrjetave Neurale Artificiale.
- Rrjetat e Hopfield-it.
- Hartat vetë-organizuese të Kohonen-it.
- Përforcimi i të mësuarit - Reinforcement learning dhe aplikimet e tij në fushën e rregullimit- kontrollit.
- Algoritmi i të mësuarit transmetues-kthyes (Back-Propagation Learning Algorith), për trajnimin e perceptroneve multilayer (shumështresore).

## **I.8. Llogaritjet evolutive - Evolutionary computation – të mësuarit duke vepruar (1970 – deri më sot)**

Inteligjenca natyrale e njeriut është produkt i evolucionit.

Nëpërmjet simulimit të evolucionit biologjik, presim tëzbulojmë se si sistemet e gjalla drejtohen drejt inteligjencës së nivelit të lartë (high-level intelligence).

Natyra mëson duke vepruar; sistemeve biologjike nuk u është reguar si të adaptohen në një mjedis specifik – ato thjesht konkurrojnë për të mbijetuar.

Speciet që përshatën më mirë kanë shansin më të madh për tu riprodhuar, për të kaluar kështu materialin e tyre gjenetik, gjeneratës tjetër.

Modeli evolutiv në AI bazohet në modelet llogaritëse të selektimit (përzgjedhjes) natyror dhe gjenetikës.

Ky model punon duke gjeneruar popullacion të ri, dhe duke e përsëritur këtë proces disa herë.

Llogaritjet evolutive (Evolutionary computation) kombinojnë tre teknika kryesore:

- GA: Algoritmet Gjenetike (Genetic Algorithms)
- Strategjitë evolutive
- Programimin gjenetik.

**John Holland** – jep konceptin e GA-ve në fillim të viteve 1970. Ai zhvilloi një algoritëm për manipulimin e “kromozomeve” artificiale (vargje të shifrave binare), duke përdorur operacione të tilla gjenetike si selektimi, kryqëzimi dhe mutacioni.

Në fillim të viteve 1960, propozohen metoda të reja optimalizimi të quajtura strategji evolucionare.

Për zgjidhjen e problemeve të optimalizimit në inxhinieri, sugjerohet ideja e ndryshimeve të rastit në parametra, sikurse ndodh në mutacionin natyror.

Programimi gjenetik paraqet një aplikacion të modelit gjenetik të të mësuarit në programim. Programimi gjenetik gjeneron programe kompjuterike si zgjidhje.

Interesi në programimin gjenetik u simulua (vitet '90) nga John Koza.

Ai përdori operatorët gjenetik për të manipuluar kodet simbolike që prezantojnë programet LISP.

Programimi gjenetik bën që kompjuterët të zgjidhin problemet pa qenë të programuar në mënyrë eksplicite.

## **I.8. Era e re e inxhinierisë së njohurive – llogaritjet me fjalë. (1990 deri me sot)**

Rrjetat Neurale mund të mësojnë, t'i adaptohen ndryshimeve në mjedisin e problemit, nxjerrjen e pattern-ave (modelit) në situatat ku rregullat nuk njihen, dhe merren me informacion fuzzy ose jokomplet.

Ata sillen si një black box – kuti e zezë dhe u mungon aftësia shpjeguese.

Procesi i trajnimit të Rrjetave Neural me teknologjinëaktualeështë i ngadalshëm, dhe ri-trajnimi frekuentor ( i kohë-pas-kohshëm) mund të sjellëvështirësi serioze.

Sistemet klasike eksperte janë të mira për aplikime në sisteme të mbyllura me hyrje precize dhe dalje logjike.

Ata përdorin njohuritë e ekspertit në formën e rregullave, dhe nëse kërkohet, mund të ndërveprojnë me përdoruesin për fakte të veçanta.

Vështirësia me e madhe qëndronnë atë se jo gjithnjënjohuritë e ekspertit mund të shprehen me rregulla, ose të shpjegohen rreshtat e arsytimit të tyre.

Kjo i pengon sistemet eksperte të nxjerrin njohuri të fshehta dhe si rrjedhojëçon nëdështim.

Për të kaluar këtë kufizim llogaritjet neuralemund të përdoren për të nxjerrë njohuri të fshehura në sasi të mëdha të të dhënave për të përcaktuar rregullat për sisteme eksperte.

ANN-të mund tëpërdoren për korrektimin e rregullave në sistemet eksperte tradicionale të bazuara në rregulla.

Pra atje ku njohuritë janë jo të plota, ANN-të mund të përmirësojnë njohuritë dhe atje ku njohuritë janë inkonsistente (jo të përshtatura) me disa të dhëna, ANN-të mund të rishikojnë rregullat.

Njëjetër teknologji e rëndësishme që merret me njohuri dhe tëdhëna jo të qarta është Fuzzy Logjika – Fuzzy Logic (FL).

Shumica e metodave për trajtimin e imprecizionit (pasaktësisë) në sistemet eksperte klasike bazohen në konceptet e probabilitetit.

Por ekspertet nuk mendojnë me vlera të probabilitetit, por në terma të tillë si shpesh, zakonisht, ndonjëherë, me raste, rrallë, etj..

Fuzzy Logjika lidhet me përdorimin e vlerave fuzzy që marrin kuptimin e fjalëve, arsytimin njerëzor dhe marrjen e vendimeve.

Nëthemel FL-ve ndodhet koncepti i variablave linguistike-gjuhësore. Vlerat e variablave linguistike janë fjalët më shpesh se numrat.

**Shembull:**Nëse shpejtësia është e madhe **Atëherë** distanca e ndaljes është e gjatë

**If** speed is high **Then** stopping distance is long

Nëse shpejtësia është e vogël **Atëherë** distanca e ndaljes është e shkurtër

**If** speed is low **Then** stopping distance is short.

Sistemet eksperte, fuzzy dhe neurale janë tëfaturuara-pranuara-njohura dhe aplikohen në shumë fusha.

Secila teknologji merret me paqartësinë e njohurive njerëzore.

Secila teknologji ka gjetur vend në inxhinierinë e njohurive.

Ato komplementojnë (plotësojnë) njëra tjetrën.

Njëgërshetim i tyre përmirëson sistemet e bazuara në njohuri.

## Pyetje në të cilat dhamë përgjigje në Pjesën e I-rë

1. Përgjigjet me “Po” dhe “Jo” lidhur me pyetjet e ngritura nga filozofët për makinat inteligjente.
2. Si përcaktohet Inteligjenca apo çfarë nënkupton ajo?
3. Cilat janë kontributet në fushën e AI-ve të Alan Turing?
4. Çfarë ishte puna e parë në fushën e AI-ve e Mc Culloch dhe W. Pitts-it?
5. Cilët ishin organizatorët e workshop-it në Dartmouth College me 1956, sa hulumtues morën pjesë, kush e sponsorizoj dhe çfarë lindi-doli nga ky workshop?
6. Çfarë pritej nga AI-të në kohën-Erën e shpresave të mëdha (1956-60), apo çfarë “makine inteligjente” kishte ide që të dizajnohej duke përdorur AI-të? Cilët ishin hulumtuesit që përkrahnin-shtynin këto ide?
7. Cilat ishin vështirësitë kryesore për AI-të në vitet 1960-70 apo premtimet e pa përmbushura nga hulumtuesit e AI-ve?
8. Çfarë nënkuptojmë me Sistem-Program Ekspert (SE)?
9. Për çfarë shërbente Sistemi Ekspert DENDRAL, nga cili grup i ekspertëve u zhvillua, cilat ishin fushat e ekspertizës së tyre?
10. Për çfarë shërbente Sistemi Ekspert MYCIN, nga kush u zhvillua?
11. Për çfarë shërbente Sistemi Ekspert PROSPECT, nga sa ekspertë u zhvillua? Me përdorim praktik të tij çfarë ishte vlera monetare e pasurisë së zbuluar?
12. Cilat janë arsyet se pse nuk duhet të mbivlerësohen teknologjia e Sistemeve Eksperte?
13. Cilat ishin arsyet-shkaqet e rikthimit të hulumtuesve tek teoria ANN-ve, në vitin 1980?
14. Veçuar kontributet e mëdha në teori dhe dizajn të ANN-ve në vitin 1980 e tutje?
15. Çfarë janë llogaritjet evolutive dhe cilat janë tre teknikat kryesore që ato kombinojnë?
16. Çfarë janë Algoritmet Gjenetike, kush e dha konceptin e tyre dhe në çka bazohet teoria e tyre?
17. Çfarë është programimi gjenetik, çfarë u simulua për herë të parë dhe nga kush?
18. Në erën e re të inxhinierisë së njohurive (1990 e tutje) cilat janë mangësitë e Sistemeve Eksperte?
19. Në erën e re të inxhinierisë së njohurive (1990 e tutje) ANN - Rrjetat Neurale Artificiale çfarë karakteristika-aftësi kanë?
20. Në erën e re të inxhinierisë së njohurive (1990 e tutje) te FL – Fuzzy Logjik, cila është rregulla kryesore, çfarë variabla përdorë dhe si nënkuptohet saktësia, dhe cilat janë vlerat më të shpeshta të këtyre variablave?



Pjesa II-të  
Fuzzy Logjik – Fuzzy Logic

## II.1. Çka është Fuzzy Logjik?

*Fuzzy Logic është çdo gjë që ka të bëjë me domethënien relative të saktësisë: Sa e rëndësishme është që të jetë saktësisht e drejt kjo kur të marrim ndonjë përgjigje të vrazhdë?*

*Të gjithë librat për FL-të fillojnë me disa vlerësime të mira për to, por kjo nuk është pa-përrjashtim.*

*Këtu do të paraqesim se çka kanë thënë disa njerëz të mençur deri më tani.*

### **Henri Matisse:**

Saktësia nuk është e vërtetë.

### **René Dubos:**

Nganjëherë shumë-maturia të largon nga më e rëndësishmja.

### **Charles Sanders:**

Pasaktësia nuk duhet të nënvlerësohet në botën e logjikës ashtu si edhe fërkimi në mekanikë.

### **H. L. Mencken:**

Unë besoj se asgjë nuk është pakushte e vërtetë, prandaj jam kundër çdo formulimi të të vërtetës pozitive dhe çdo njeriu që e bën atë.

### **Albert Einstein:**

Ligjet e matematikës që nuk i referohen realitetit, janë më pak të besueshme, dhe nëse ato nuk janë të besueshme atëherë ato nuk i referohen realitetit.

### **Lotfi Zadeh:**

Me rritjen e kompleksitetit, formulimi i saktësisë e humbë kuptimin dhe formulimet kuptimplota e humbin saktësinë.

Disa margaritarë të urtësisë popullore gjithashtu e imitojnë këtë ide.

Mos e humb shikimin përpara pyllit me lisa.

Mos u bë dorë-shtrenjtë as qesharak i lirë.

FL-të janë vegla për zgjidhje të problemeve.

FL-të janë fushë interesi e hulumtuesve sepse ato i ndërlidhin shumë mirë rëndësinë dhe saktësinë – diçka që njerëzit e kanë menaxhuar për një kohë të gjatë.

FL-të nganjëherë duken të vjetruara sidomos për ata që nuk janë të njohur me to, por pasi që të fitoni njohuri të mjaftueshme lidhur me to do t'i pranoni.

FL-të janë edhe të vjetra edhe të reja, por shkenca mbi FL-të sidomos në kombinim me Rrjetave Neurale Artificiale – Artificial Neural Network (ANN) dhe Algoritmet Gjenetike – Genetic Algorithms(GA) është mjaft e re.

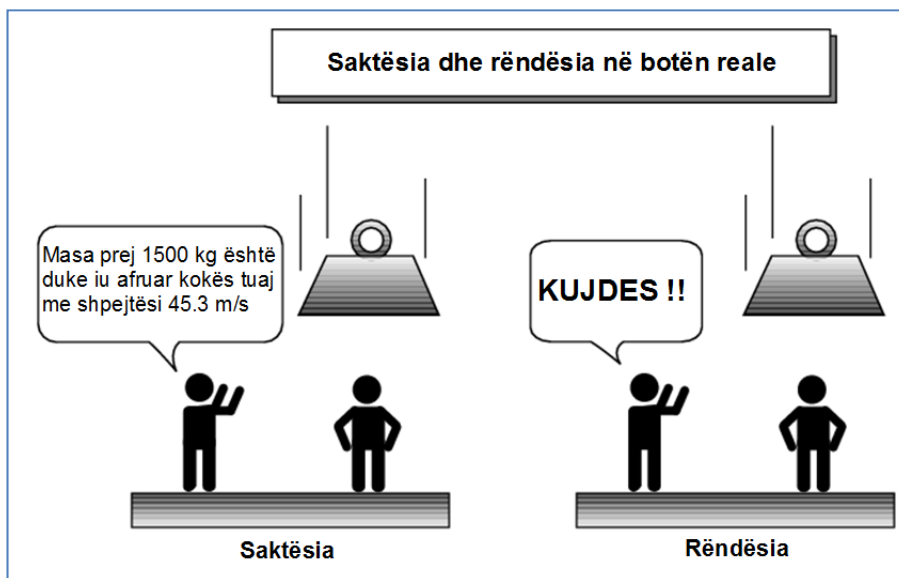


Figura II-1. Krahasimi i Saktësisë dhe Rëndësisë

FL-të janë të **përshtatshme** për të pasqyruar një hapësirë të hyrjeve në një hapësirë të daljeve. Kjo është pika fillestare për çdo gjë, dhe këtu rëndësi të madhe ka fjala “përshtatshme”.

Pasqyrimin e hapësirës së hyrjeve në hapësirën e daljeve po e sqarojmë përmes disa shembujve:

Ju më tregoni çfarë ka qenë shërbimi në restorant dhe unë do të ju tregoj se sa duhet të jetë shpërblimi (bakshishi).

Ju më tregoni se sa të nxehtë e dëshironi ujin dhe unë do të rregulloj valvulet si duhet.

Ju më tregoni se sa larg nga ju është subjekti dhe unë do të rregulloj fokusin për ju.

Ju më tregoni se sa shpejtë është duke shkuar vetura dhe me çfarë force është duke punuar motori dhe unë do të ndërroj shpejtësitë për ju.

Një shembull me paraqitje grafike të gjykimit të hyrje-daljeve është paraqitur në vijim.

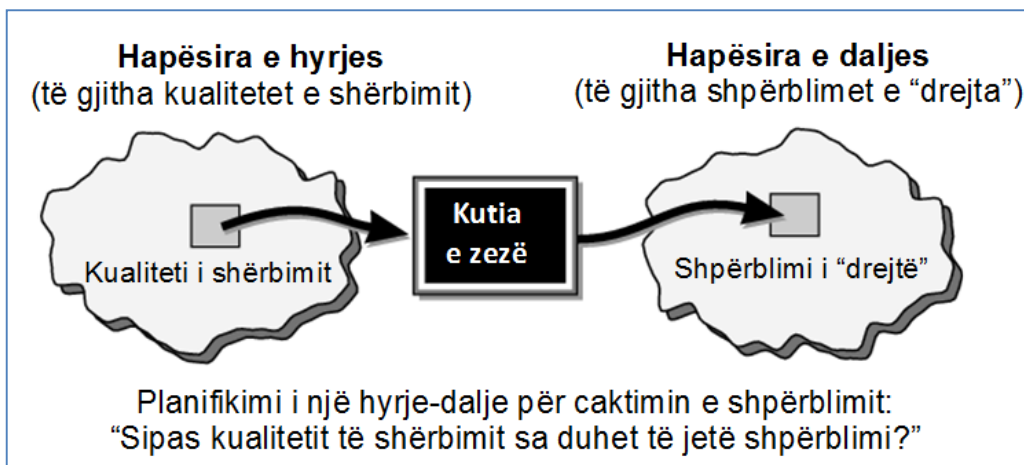


Figura II-2. Paraqitja grafike e gjykimit të hyrje-daljeve

Tërë kjo ka të bëjë vetëm me planifikim e hyrjeve në drejtim të daljeve të përshtatshme.

Ndërmjet hyrjeve dhe daljeve kemi vendosë “Kutia e zezë” që e kryen këtë punë.

Në “kutinë e zezë” mund të vendosim: fuzzy sisteme, sisteme lineare, sisteme eksperte, rrjeta neurale, ekuacione diferenciale, tabela interpoluese shumëdimensionale, etj. Pra mund të jetë çdo gjë ...

Çka do të vendosim në “**Kutia e zezë**” që ajo të punojë? Le të themi se më të përshtatshmet janë **FL-të**, por menjëherë shtrohet pyetja **pse?**

Në këtë do të citojmë Lotfi Zadeh, i cili konsiderohet si “baba” i FL-ve, njëherë ka nënvizuar:

"Pothuajse në çdo rast ju mund të ndërtoni rregullatorin (prodhimin) tuaj pa Fuzzy Logic, por FL-të janë të shpejta dhe të lira."

### II.1.1. Pse të përdoret Fuzzy Logjik?

Në vijim do të paraqesim një varg të konkludimeve rreth FL-ve:

- 1)Koncepti i FL-ve është i lehtë për t’u kuptuar.
- 2)Konceptet matematikore pas arsyeve fuzzy janë shumë të thjeshta. Kjo i bën FL-të shumë “natyrale” dhe jo komplekse.
- 3)FL-të janë fleksible. Për një sistem të dhënë, është lehtë të adresohen dhe funksionalizohen.
- 4)FL-të janë tolerante ndaj llojllojshmërisë së të dhënave. Çdo gjë është e mundur vetëm duhet shikuar mjaft afër me një hulumtim të kujdesshëm. Fuzzy arsyet e bëjnë të kuptueshëm këtë proces deri në fund.
- 5)FL-të mund të modelojnë funksionet jolineare të kompleksiteve arbitrare. Kjo arrihet me kombinim me ANN-të duke i përdorur teknikat adaptive siç janë ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems).
- 6)FL-të mund të ndërtohen bazuar në eksperiencën e ekspertëve, përkundër ANN-ve të cilat e bëjnë mësimin e të dhënave me një gjenerim të padukshëm, modele të padepërtueshme. FL-të ju lejojnë të mbështeteni në eksperiencën e njerëzve që veç e kuptojnë sistemin tuaj.
- 7)FL-të mund të bashkohen me teknikat konvencionale të rregullimit, por FL-të nuk është e thënë që t’i zëvendësojnë ato. Në shumë raste FL-të e rrisin dhe e thjeshtojnë përdorimin e rregullatorëve konvencionalë.
- 8)FL-të janë të bazuara në gjuhën natyrore. Baza e FL-ve është baza e komunikimit njerëzor.

Konkludimi i fundit është ndoshta më i rëndësishmi dhe kërkon më shumë diskutim.

Gjuha natyrale, që përdoret nga njerëzit e zakonshëm, është zhvilluar për mijëra vjet të historisë së njeriut, që të jetë e përshtatshme dhe efikase.

Fjalitë e shkruara në gjuhën e zakonshme paraqesin sukses të efikasitetit të komunikimit.

Ne jemi larg nga kjo, sepse gjuha e zakonshme është diçka që e përdorim çdo ditë.

Meqë FL-të janë në krye të përshkrimit të strukturës së kualitetit të përdorur në gjuhën e përditshme, FL-të është lehtë me i përdorë.

### II.1.2. Kur të mos përdoret Fuzzy Logjik

FL-të nuk janë “ilaç për gjithçka”.

Se kur të mos përdoren FL-të më së miri është thënë në Parathënie të kësaj kaptine se: FL-të janë të **përshtatshme** për të pasqyruar një hapësirë të hyrjeve në një hapësirë të daljeve.

Nëse kjo nuk është e përshtatshme, provoni të gjeni diçka tjetër.

Nëse zgjidhje më e thjeshtë ekziston, përdoreni atë.

FL-të janë kodifikime të zgjedhjes së përshtatshme – përdoreni zgjedhjen e përshtatshme kur i përdorni ato dhe sigurisht do të bëni zgjedhjen e drejt.

Shumë rregullatorë bëjnë punë mjaft të mirë pa përdorim të FL-ve.

Mirëpo nëse njiheni me FL-të do të shihni se ato ndihmojnë shumë apo janë vegël shumë e mirë ndihmëse.

## II.2. Matlab - Fuzzy Logic Toolbox

### II.2.1. Çfarë mund të bëjë Fuzzy Logic Toolbox?

Fuzzy Logic Toolbox ju lejon të realizoni shumë gjëra, por ajo më me rëndësi është se ju lejon të ndërtoni FIS - **Fuzzy Inference System** (sistemi fuzzy konkludues) për problemin tuaj.

Ju mund të ndërtoni këto sisteme duke përdorë veglat grafike ose command-line (vijën-komanduese) të funksioneve, ose mund të gjenerohet automatikisht duke e përdorur teknikën Adaptive Neuro-Fuzzy.

Nëse keni qasje në Matlab/Simulink, ju mundeni lehtë të testoni fuzzy sistemin në bllok-diagramin e simulimeve.

Ky Toolbox gjithashtu ju lejon të ekzekutoni drejtpërdrejt programet e shkruara në gjuhën programuese C++, pa nevojë të shfrytëzimit të Simulink-ut.

Kjo është mundësuar përmes **Stand-alone Fuzzy Engine** (Motori i pavarur Fuzzy) i cili lexon sistemet e ruajtura nga MATLAB.

Ju mund të ri-projektoni pavarësisht FIS-file-in me kodin tuaj.

Të gjitha kodet duhet të jenë të përshtatura me ANSI udhëzimet.

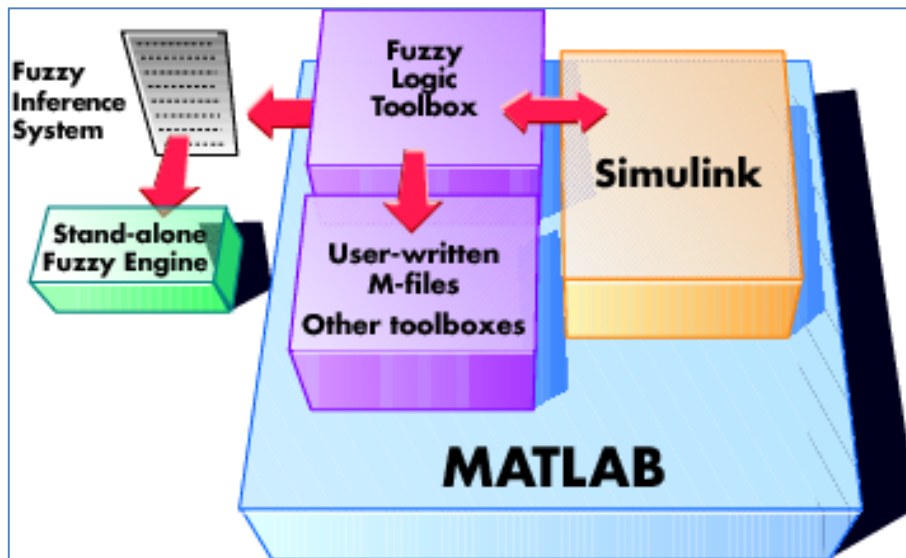


Figura II-3. Skema integruese e Matlab-it

Natyrë integruese e MATLAB-it, lejon të ndërtojmë veglat tona për shfrytëzim të Fuzzy Logic Toolbox ose shfrytëzimit të Toolbox-ve tjerë, siç janë Sistemet Rregulluese (Control System), Rrjetat Neurale Artificiale (Artificial Neural Network), ose Veglat e Optimizimit (Optimization Toolbox).

### II.2.2. Një shembull udhëzues: Fuzzy dhe Jo-Fuzzy

Një shembull konkret do të tregojë më mirë këtë pikë.

Për të ilustruar rëndësinë e FL-ve le të analizojmë dy përkufizime të ndryshme të të njëjtit problem: linear dhe fuzzy.

Sëpari do t'i qasemi këtij problemi në mënyrë konvencionale (jo-fuzzy), duke shkruar MATLAB komandat për relacionet lineare.

Pastaj do të shikojmë këtë problem duke përdorur sistemet FL.

Le të shqyrtojmë problemin e shpërblimit (bakshishit): sa është sasia e “drejt” e shpërblimit për kamerierin tuaj në një restorant? Në vijim është qartësuar ky problem.

Le të marrim numrat 0 deri 10 që paraqesin kualitetin e shërbimit në një restorant (ku 10 është shkëlqyeshëm), sa duhet të jetë shpërblimi?

Këtë problem do ta bazojmë në eksperiencën e restoranteve. Një shpërblim mesatar për ushqim të ngrënë zakonisht është 15%, sipas traditave aktuale kjo varet shumë nga kualiteti i shërbimit [10, 26].

### II.2.3. Gjykimi Jo-Fuzzy

Le të fillojmë me relacionet më të thjeshta të mundshme.

Supozojmë që shpërblimi është çdoherë i barabartë me 15% të llogarisë totale.

```
sherbimi=0:0.1:10; shperblimi = 0.15; plot(sherbimi,shperblimi)
```

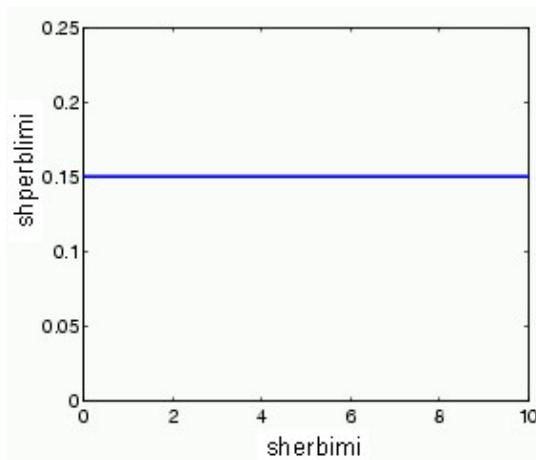


Figura II-4. Shperblimi konstant

Siç shihet nga Fig. II-4. këtu nuk merret parasysh kualiteti i shërbimit, kështu nevojitet të shtojmë terma të reja në ekuacion.

Meqë shërbimi është vlerësuar prej 0 deri 10, ndoshta mund të marrim shpërndarjen lineare të shpërblimit prej 5% nëse shërbimi është i dobët, deri 25% nëse shërbimi është i shkëlqyer. Tani relacioni ynë do të duket:

```
sherbimi=0:0.1:10; shperblimi = 0.20/10*sherbimi+0.05; plot(sherbimi,shperblimi)
```

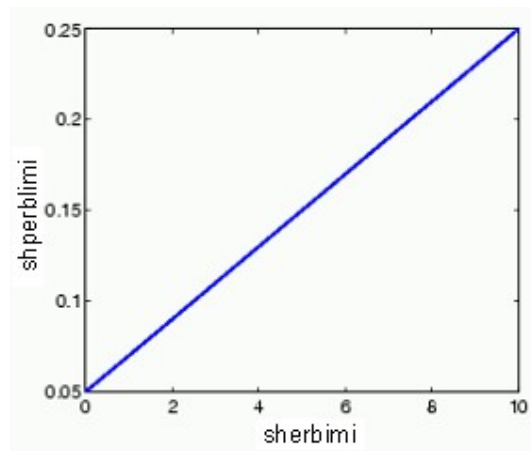


Figura II-5. Shpërblimi linear

Sa më afër aq më mirë. Relacioni po e bën atë që duam ne, por këtu nuk është përfshirë kualiteti i ushqimit. Për të marrë parasysh këtë faktor, prapë po marrim numrat 0 deri 10 (ku 10 është shkëlqyeshëm) dhe paraqesin respektivisht kualitetin e shërbimit dhe ushqimit në një restorant. Sa do të jetë shpërblimi? Le të shohim si duket relacioni me faktorin e ri të shtuar.

Supozojmë që ai do jetë:

```
sherbimi=0:0.5:10; ushqimi=0:0.5:10; [sherbimi,ushqimi]=meshgrid([0:0.5:10]);
shperblimi = 0.20/20*(sherbimi+ushqimi)+0.05; surf(sherbimi,ushqimi,shperblimi);
xlabel('sherbimi'); ylabel('ushqimi'); zlabel('shperblimi');
```

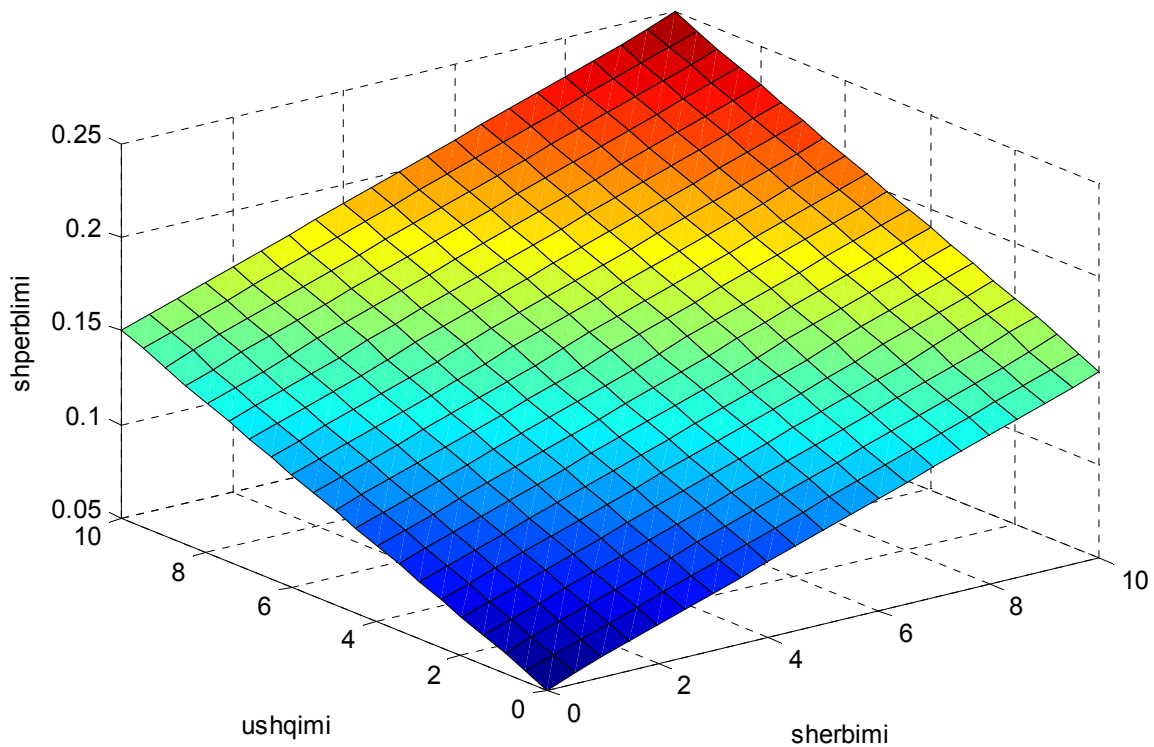


Figura II-6. Shpërndarja dy-dimensionale e shpërblimit

Në këtë rast, rezultatet duken të mira, por kur i shikojmë më afër ato nuk duken të qarta. Le të supozojmë se duam që shërbimi të jetë faktor më i rëndësishëm ndaj kualitetit të ushqimit. Le të themi që shërbimi përfshihet në 80% të shkallës së shpërblimit, për ushqimin mbetet 20%. Pra provojmë me shkallën  $a = 0.8$ :



$$\text{shperblimi} = a \cdot (0.20/10 \cdot \text{sherbimi} + 0.05) + (1-a) \cdot (0.20/10 \cdot \text{ushqimi} + 0.05);$$

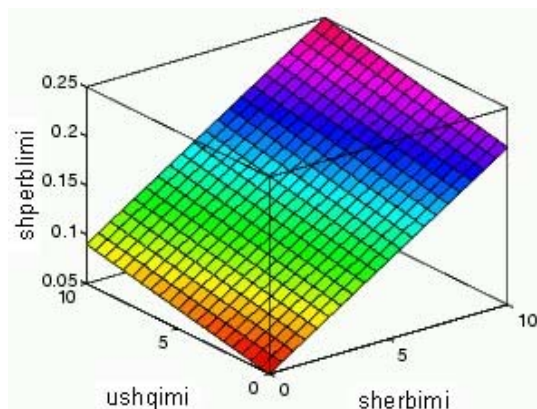


Figura II-7. Shpërndarja dy-dimensionale e shpërblimit me rritje të ndikimit të faktorit të shërbimit

Shpërndarja është ende disi lineare. Mund të vazhdohet me përsosje të relacionit ndërmjet shpërblimit në njërën anë dhe shërbimit, ushqimit në anën tjetër por këtë më mirë dhe më lehtë paraqitet nëse ndërtohet FL algoritmi apo gjykimi fuzzy [10].

#### II.2.4. Gjykimi Fuzzy

Do të ishte shumë mirë nëse mund të marrim parasysh vetëm esencën e problemit të shpërblimit, duke lënë anash faktorët arbitrar siç ishin 80%, 20% etj. Nëse e bëjmë shikim esencial të këtij problemi ne vijmë në përfundim se realacioni ndërmjet shpërblimit dhe shërbimit bazohet në **tri rregulla** kryesore si në vijim:

- 1) Nëse **shërbimi** është i **dobët**, atëherë **shpërblimi** është i **vogël**
- 2) Nëse **shërbimi** është i **mirë**, atëherë **shpërblimi** është **mesatar**
- 3) Nëse shërbimi është i shkëlqyeshëm, atëherë shpërblimi është i madh

Renditja e rregullave në këtë rast është arbitrare (e lirë-nuk varet nga ajo se cila rregull është e para). Nëse duam të përfshijmë edhe faktorin e ushqimit në shpërblim atëherë duhet të marrim dy rregullat në vijim:

- 4) Nëse **ushqimi** është i **dobët**, atëherë **shpërblimi** është i **vogël**
- 5) Nëse **ushqimi** është i **shijshëm**, atëherë **shpërblimi** është i **madh**

Në fakt këto pesë rregulla mund të kombinohen dhe të paraqiten sëbashku përmes tri rregullave:

- a) Nëse shërbimi është i dobët **ose** ushqimi është i dobët, atëherë shpërblimi është i vogël
- b) Nëse **shërbimi** është i **mirë**, atëherë **shpërblimi** është **mesatar**
- c) Nëse shërbimi i shkëlqyer **ose** ushqimi i shijshëm, atëherë shpërblimi është i madh

Këto tri rregulla janë bërthama e zgjedhjes tonë.

Kështu rastësisht, ne i kemi ndërtuar rregullat për sistemin FL.

Tani nëse japim kuptimin matematikor variablave gjuhësore (p.sh. çka është shpërblimi “mesatar”) do të kemi të kompletuar FIS-fuzzy inference system apo planifikim fuzzy.

Natyrisht, shumë metodologji të FL-ve nuk janë cekur, siç janë të kombinuara rregullat, si të definojmë në aspektin matematiko-logjik “mesataren” e shpërblimit etj [10]. Në këto do të përgjigjemi në kaptinat vijuese.

Detalet e metodës nuk ndryshojnë shumë nga një problem në tjetrin sepse teoria e FL-ve nuk është aq komplekse.

Atë çka kemi paraqitur deri më tani tregon se FL-të janë adaptabile, fleksible, të thjeshta dhe lehtë të aplikueshme.

### II.2.5. Rrjedhim

Do të fillojmë me pak motivacion të cilin e kemi dëgjuar.

Qëllimi i FL-ve është pasqyrimi i hapësirës së hyrjeve në hapësirë të daljeve, dhe mekanizmi themelor për të ndërtuar këtë janë **if-then (nëse-atëherë) rregullat**.

Të gjitha rregullat janë llogaritur paralel dhe renditja e tyre nuk është me rëndësi.

Rregullat në vetë-vete janë të përdorshme sepse iu referohen variablave dhe rrjedhimeve që i përshkruajnë ato.

Sëpari mund të ndërtojmë sistemin që i interpreton rregullat, duhet të definojmë të gjithë parametrat që dëshirojmë t’i përfshijmë në problematikë.

Nëse dëshirojmë të flasim për atë se sa është i nxehtë uji, ne duhet të definojmë rangun e temperaturës së ujit, i cili duhet të sqarojë fjalën “nxehtë”.

Diagrami në Figurën II.8 është si udhërrëfyes i proceseve të FL-ve.

Ai paraqet përshkrimin e përgjithshëm të FL - sistemeve në njërin anë dhe të sistemeve të veçanta fuzzy në anën tjetër

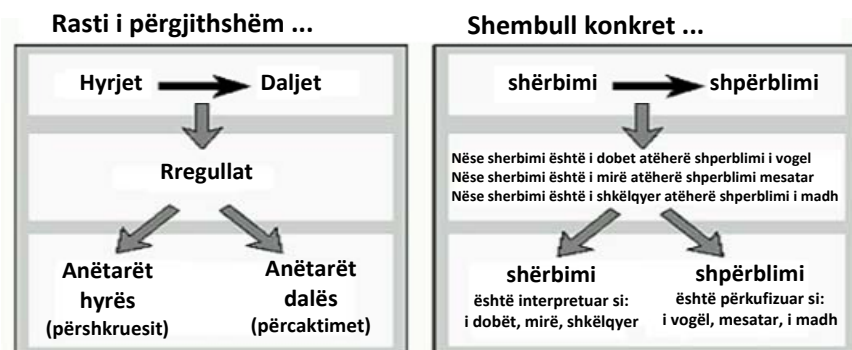


Figura II-8. Paraqitja grafike e konceptit të FL-ve

Koncepti i FL-ve të përshkuara me Fig. II-8, është metodë e interpretimit të vlerave të vektorit hyrës, duke u bazuar në disa rregulla, në përkufizimin e vlerave të vektorit dalës.

### II.3. Modulet e Rregullatorit Fuzzy Logjik

Këtu do të fillojmë me citatin e **Bertrand Russell**: Çdo gjë është e matshme deri në atë shkallë që ju nuk e keni realizuar apo nuk keni tentuar ta realizoni saktë.

Modulet kryesore të FL-ve janë: Bashkësitë Fuzzy, Funksionet shoqëruese, Operatorët logjikë dhe Rregullat If-Then (nëse-atëherë).

#### II.3.1. Bashkësia Fuzzy

FL-të fillojnë me konceptin e bashkësive fuzzy.

Bashkësia fuzzy është një variabël me kufij të pa përcaktuar qartë.

Ajo përmban elemente me një shkallë të pjesshme të funksioneve shoqëruese.

Që të kuptojmë se çfarë paraqesin bashkësitë fuzzy sëpari do të definojmë të ashtuquajturat bashkësitë klasike.

Bashkësia klasike është ajo e cila përmban numër të fundmë elementesh. P.sh bashkësi klasike mund të jetë ajo që përfshin ditët e javës: E hënë, E mërkurë dhe E diell.

Këtu p.sh nuk janë përfshirë elementet: E martë, dera, dritarja etj (Fig. II-9).

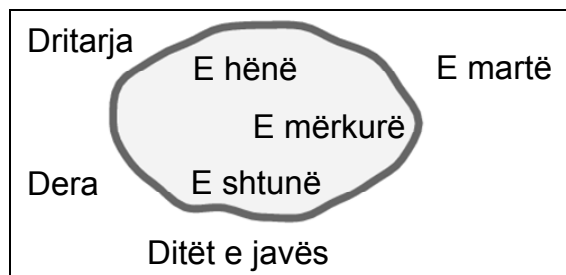


Figura II-9. Bashkësia klasike

Bashkësia e përshkruar me kufij të mbyllur quhet bashkësi klasike, sepse e përjashton mundësinë e futjes së elementeve të reja.

Tani le të shohim një bashkësi tjetër, prapë një bashkësi që përmban ditët e vikendit pra: “E shtunë”, “E diell” por dita e “E premte” mund t’i takojë ose mund të mos takojë vikendit (Fig.II-10).

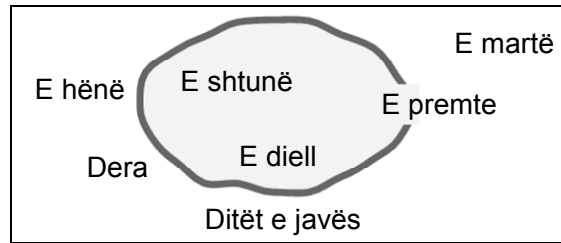


Figura II-10. Bashkësia e hapur, elementi “E premtë” i takon ose nuk i takon.

Të gjithë pajtohemi që “E shtuna” dhe “E diela” i takojnë vikendit, por çka me ditën “E premtë”? Ajo “duket” si pjesë e vikendit, por duket edhe sikur teknikisht mund të përjashtohet. Kështu pra në Fig. II-10, dita “E premtë”, gjendet në vijën e kufirit të bashkësisë së vikendit. Bashkësia klasike apo “normale” e toleron këtë. Kështu pra ju jeni brenda ose jashtë. Përvoja njerëzore sugjeron diçka të ndryshme dhe thotë: ulja në rrethojë është pjesë e jetës.

Natyrisht këtu ne jemi ngritur pak nga toka, sepse kemi filluar t’i fusim përkufizimet individuale dhe prapavijat e kulturave në këtë numërim, se cilat ditë të javës i takojnë vikendit. Por kjo është një pikëpyetje e qartë.

Kjo është vetëm paqartësi e fjalorit, definicioni thotë se: “periudha prej të premtës mbrëma ose prej të shtunës deri të hënën në mëngjes” quhet vikend.

Ne jemi duke hyrë në një fushë ku logjika po-jo përfundojnë të kenë kuptim.

Arsyeja Fuzzy bëhet e nevojshme kur flasim për atë se sa njerëz me të vërtetë e pranojnë definicionin e “vikendit” në krahasim me ata që nuk e pranojnë.

Më tepër se çdo gjë tjetër, formulimi në vijim i shtron modulet e FL-ve:

- Në FL, e vërteta e një formulimi bëhet çështje e cilësisë.
- Ndonjë formulim mund të jetë fuzzy. Vegla e cila e bën fuzzy-in të zëvendësojë logjikën po-jo është përgjigja **po ose jo**. Kjo është ajo që njeriu e bën tërë kohën, por kjo është një qasje e re për kompjuterët.

Si punon kjo? Gjykimi fuzzy logjik është vetëm çështje e përgjithësimit të logjikës Buleane po-jo. Nëse i japim "të saktës" vlerën numerike 1 dhe "jo të saktës" vlerën numerike 0, ne do të themi se fuzzy logjik gjithashtu pranon vlerat ndërmjet p.sh., 0.2 dhe 0.745. Për shembull:

**Pyetje:** A është e Shtuna ditë e vikendit?

Përgjigje: 1 (po, ose e saktë)

**Pyetje:** A është e Martë ditë e vikendit?

Përgjigje: 0 (jo, ose jo e saktë)

**Pyetje:** A është e Premte ditë e vikendit?

Përgjigje: 0.8 (për shumicën po, por jo për të gjithë)

**Pyetje:** A është e diela ditë e vikendit?

Përgjigje: 0.95 (po, por jo plotësisht sa edhe e shtuna).

Në Fig. II-11, diagrami në të majtë paraqet vlerat e sakta për “vikend” nëse jemi të detyruar të përgjigjemi me absolute po ose jo.

Diagrami në anën e djathtë paraqet vlerat e sakta për “vikend” nëse jemi të lejuar të përgjigjemi me vlerat ndërmjetës fuzzy.

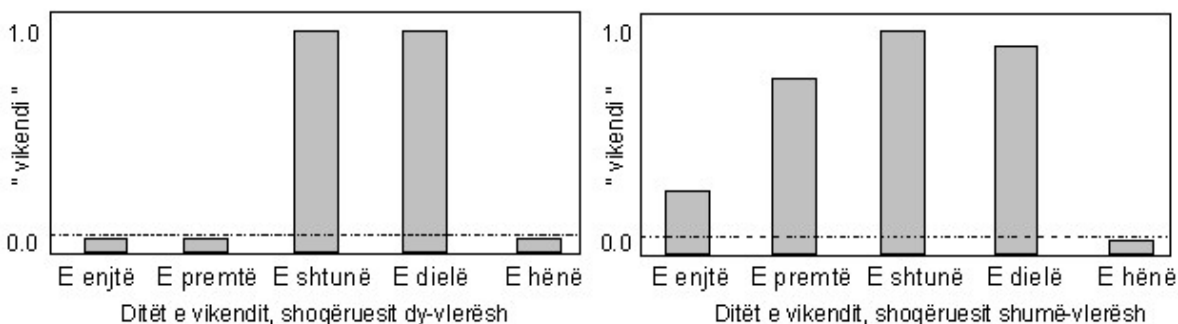


Figura II-11. Diagramet rreth definicionit të vikendit

Nëse bëjmë pyetjen "A është X anëtar i bashkësisë A?" përgjigja mund të jetë po, jo ose ndonjëra prej pafund vlerave ndërmjet 0 dhe 1.

Me fjalë të tjera, X mund të ketë shoqërim të pjesshëm në bashkësinë A. Logjika shumë-vlerëshe qëndron në kundërtënie me konceptin e logjikës së zakonshme dy-vlerëshe (ose bivalente po-jo). Logjika dy-vlerëshe ka luajtur rol kryesor në historinë e shkencës duke filluar nga Aristoteli por koha e ka tejkaluar atë.

Le të kthehemi te shembulli ynë, të marrim parasysh kohën si funksion i vazhdueshëm, atëherë do të kemi diagramet në vijim si në Fig. II-12.

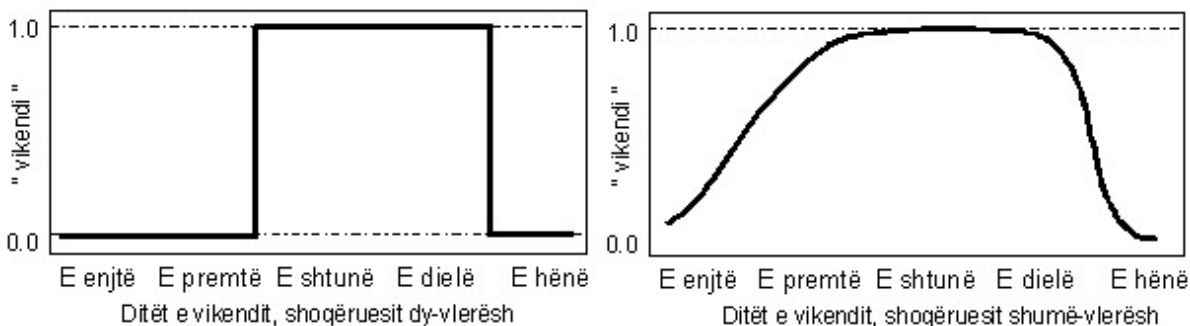


Figura II-12. Diagramet rreth definicionit të vikendit në funksion të kohës

Duke i paraqitur diagramet të vazhdueshme në funksion të kohës, ne kemi përshkruar shkallën në të cilën ndonjë çast i vikendit më shumë i takon ditës tjetër. Kështu në Fig. II-12 diagrami i majtë, mesnata e së premtes, porsa të kalojë 12, vlera e saktësisë së “vikendit” ka kërcyer në mënyrë diskontinuale prej 0 në 1. Kjo është një mënyrë e definimit të vikendit, përderisa ndoshta do të ishte më e përdorshme për llogaritje, nëse këtë nuk e lidhim me eksperiencën e botës reale.

Diagrami në anën e djathtë të Fig. II-12, tregon lakoren e cila ndryshon ngadalë, kështu e tërë e premtedhe një pjesë e vogël e së enjtes, merr pjesë në kualitetin e “vikendit” dhe kjo meriton shoqërim të pjesshëm në bashkësinë fuzzy për çastet e “vikendit”. Lakorja e cila e definoi “vikendin” në funksion të kohës është një funksion që e pasqyron hapësirën e hyrjeve (kohën e javës) në hapësirën e daljeve (vikendin). Zakonisht kjo është e njohur si **funksion i shoqërimit** (membership function).

Si shembull tjetër i bashkësive fuzzy, le të marrim çështjen e stinëve të vitit. Cila stinë është tani? Në hemisferën veriore, vera zyrtarisht fillon në momentin kur orbita e Tokës, përkatësisht Poli Verior është plotësisht në anën e Diellit. Kjo ndodhë vetëm një herë në vit, kah fundi i qershorit. Duke e përdorë definicionin astronomik për stinët, ne do të fitojmë kufijtë e stinëve siç janë treguar në diagramin në anën e majtë të Fig. II-13. Por eksperiencia ka treguar se stinët variojnë pak ose shumë vazhdimisht siç është paraqitur në diagramin në anën e djathtë të Fig. II-13 (sipas klimës në vendin tonë).

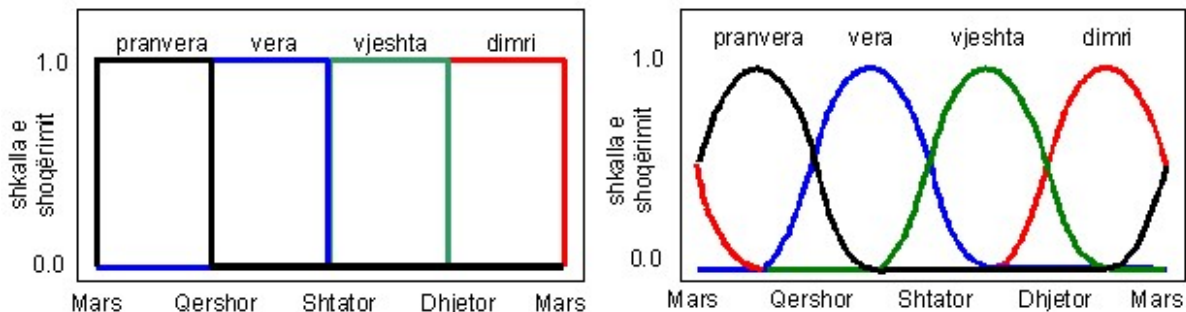


Figura II-13. Diagramet për stinët të vitit

### II.3.2. Funksionet shoqëruese

Funksionet shoqëruese (membership function) (MF) në rastin e përgjithshëm janë lakore që përshkruajnë secilën pikë të hapësirës së hyrjeve në vlerat shoqëruese (shkalla e shoqërimit) ndërmjet 0 dhe 1. Këto lakore mund të jenë funksione shkallë apo funksione të vazhdueshme – kontinuale. Funksione të tilla shoqëruese janë paraqitur në diagramet paraprake si në Fig. II-12 dhe Fig. II-13.

Moduli Fuzzy Logic Toolbox i Matlab-it disponon me disa lloje të MF-funksione shoqëruese siç janë: **trimf**, **trapmf**, **gaussmf**, **gauss2mf**, **gbellmf**, **sigmf**, **dsigmf**, **psigmf**, **zmf**, **pimf** dhe **smf** të cilët në pamjet e tyre grafike janë paraqitur në Fig. II-14.

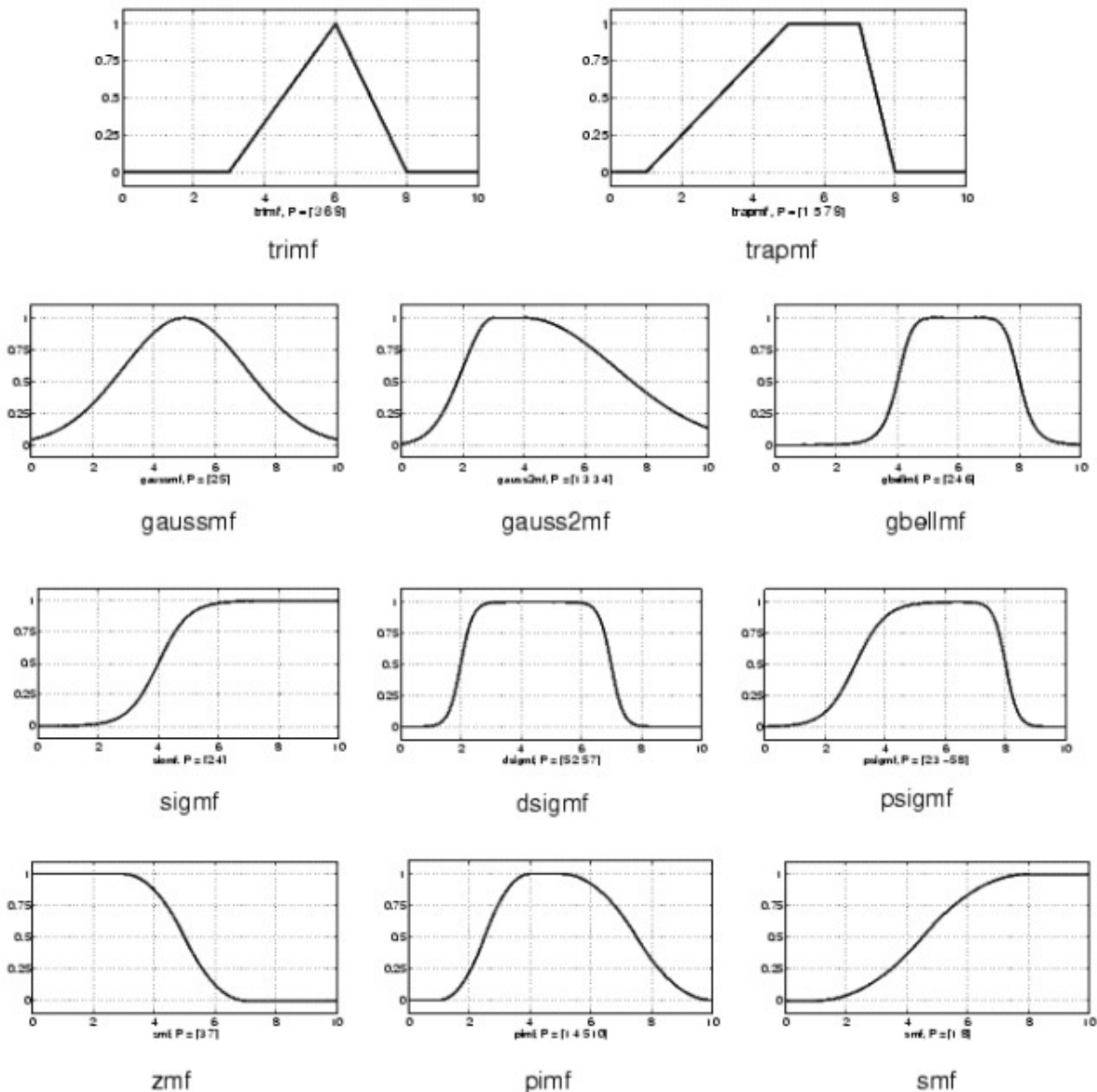


Figura II-14. Llojet e MF-funksioneve shoqëruese që disponon Fuzzy Logic Toolbox në Matlab

### II.3.3. Operatorët logjik

Vend shumë me rëndësi në gjykimet fuzzy logjike zënë Operatorët standard Bulean. Me fjalë të tjera, nëse vlerat fuzzy i mbajmë në ato ekstreme 1 (plotësisht e saktë) dhe 0 (plotësisht pa saktë), operimet logjike standarde do të kenë kuptim. Si shembull janë paraqitur tabelat e saktësisë në Fig. II-15.

A	B	A and B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**AND**

A	B	A or B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

**OR**

A	not A
0	1
1	0

**NOT**

Figura II-15. Tabelat e saktësisë për operatorë AND, OR dhe NOT.

Duke e ditur se te FL-të, saktësia është çështje relative, atëherë si do të dukeshin këto tabela. Vlerat hyrëse mund të jenë ndërmjet numrave 0 dhe 1. Kështu për operantin AND do të përdorim funksionin e vlerës më të vogël  $\min(A,B)$ , për operatorin OR do të përdorim funksionin e vlerës më të madhe  $\max(A,B)$  dhe për operatorin NOT shprehjen  $1-A$ . Në Fig. II-16 janë paraqitur tabelat e saktësisë me përdorimin e funksioneve paraprake.

A	B	$\min(A,B)$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**AND**

A	B	$\max(A,B)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

**OR**

A	$1 - A$
0	1
1	0

**NOT**

Fig. II-16. Tabelat e saktësisë sipas funksioneve  $\min=AND$ ,  $\max=OR$  dhe  $1-A=NOT$

Nga Fig. II-16 shihet se tabelat e kanë ruajtur saktësinë e tyre, prandaj funksionet e propozuar janë plotësisht të qëlluar për zëvendësim të operatorëve logjik standard (AND, OR dhe NOT) me funksione fuzzy logjike ( $\min$ ,  $\max$  dhe  $1-A$ ). Kështu përmes funksioneve fuzzy logjike mund të shqyrtohen edhe vlerat tjera ndërmjet 0 dhe 1 dhe veprimi do të jetë i ngjashëm me tabelat e saktësisë. Në Fig. II-17 janë paraqitur diagramet me operatorët fuzzy logjik për variablat dy-vlerëshe dhe ato shumë-vlerëshe.



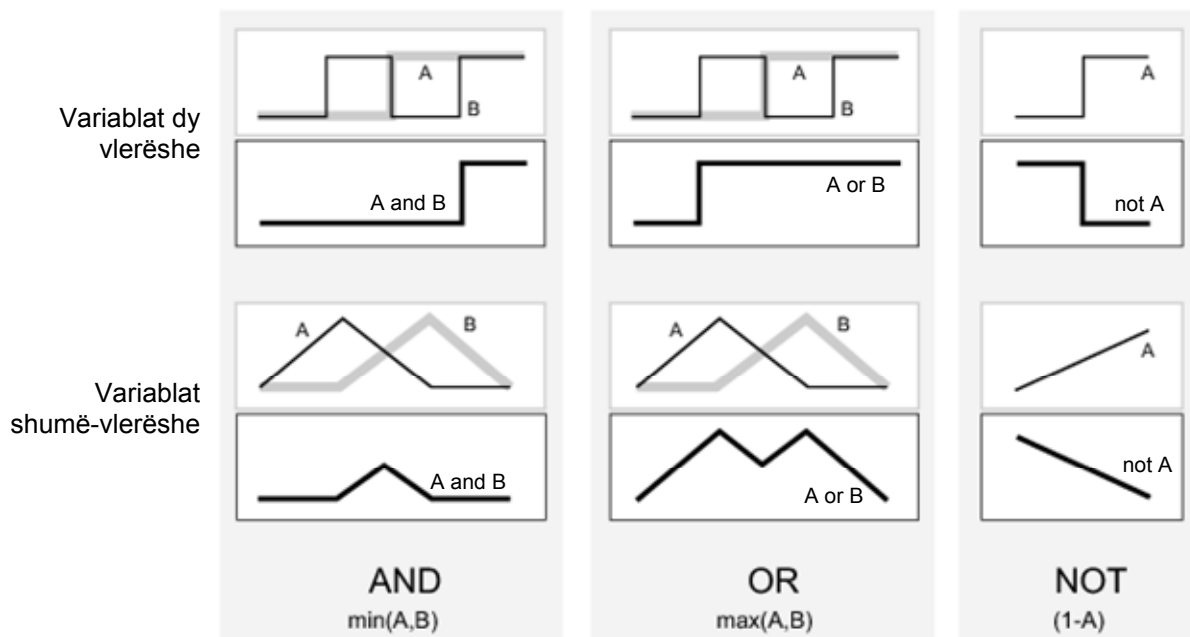


Figura II-17. Diagramet e saktësisë me operator fuzzy logjik për variablat dy-vlerëshe dhe shumë-vlerëshe

Me fitimin e këtyre tri funksioneve, mund të zgjedhim ndonjë konstruktiv me përdorim të bashkësive fuzzy dhe operatorëve fuzzy logjik AND, OR, dhe NOT.

Për projektim të FL-ve përdoren edhe operatorë tjerë logjik si:

**T-norm** (norma e trekëndëshit) operatorët, që paraqet shpërndarje binare  $T(‘,’)$  dhe plotëson kushtet:

- përkufizimit:  $T(0, 0) = 0, T(a, 1) = T(1, a) = a$
- monotonisë:  $T(a, b) \leq T(c, d)$  if  $a \leq c$  dhe  $b \leq d$
- komutacionit:  $T(a, b) = T(b, a)$
- asociative:  $T(a, T(b, c)) = T(T(a, b), c)$

**S-norm** (ose T-conorm) operatori që gjithashtu është shpërndarje binare  $S(‘,’)$  dhe i plotëson kushtet e:

- përkufizimit:  $S(1, 1) = 1, S(a, 0) = S(0, a) = a$
- monotonisë:  $S(a, b) \leq S(c, d)$  if  $a \leq c$  dhe  $b \leq d$
- komutacionit:  $S(a, b) = S(b, a)$
- asociative:  $S(a, S(b, c)) = S(S(a, b), c)$

Shumë lloje të përcaktimeve të T-norm dhe S-norm (T-conorm) janë dhënë deri me tani, siç janë nga Yager [19], Dubois dhe Prade [3], Schweizer dhe Sklar [14], dhe Sugeno [15]. Secila nga këto ka rëndësinë dhe përparësinë e vet, varësisht nga lloji i problematikës.

### II.3.4. If-Then (Nëse-Atëherë) rregullat

Bashkësitë Fuzzy dhe operatorët fuzzy janë subjekt dhe folje të FL-ve. Këto **if-then** rregulla përdoren për të formuluar gjykimin e kushtëzuar që e shoqëron FL-në.

Një rregull i thjeshtë nëse-atëherë do të kishte formën:

**If** x është A **Then** y është B ,

ku A dhe B janë vlera gjuhësore të definuara si bashkësi fuzzy, x, y elemente të bashkësive përkatëse fuzzy.

Të shohim edhe një rregull tjetër:

*Ifsherbimi* është i mire *Thenshperblimi* është mesatar .

Këtu shihet se vlera ‘**i mire**’ paraqitet ndërmjet numrave 0 dhe 1, dhe interpretimi është prapë një numër ndërmjet 0 dhe 1.

Përmbajtja e një rregulle mund të përmbajë shumë pjesë p.sh:

**If** temperatura e ujit është e ftohtë **Then** valvula e ujit të ftohtë është e hapur **and** valvula e ujit të nxehtë është e mbyllur.

## II.4. Sistemet Fuzzy Konkluduese (FIS - Fuzzy Inference Systems)

FIS janë proces i formulimit të lidhshmërive prej një hyrje të dhënë në një dalje me përdorim të FL-ve. Lidhshmëria varet nga të dhënat prej të cilave dëshirohet të nxjerrët konkludimi. Procesi i ndërtimit të FIS sistemeve përfshin tërë atë që është shqyrtuar në pjesët paraprake duke përfshirë: MF-funksionet shoqëruese, Operatorët fuzzy logjik dhe rregullat if-then. Ekzistojnë dy lloje të FIS sistemeve, të cilat mund të ndërtohen në Matlab/Fuzzy Logic Toolbox: Lloji Mamdani dhe ai Sugeno. Këto dy lloje të FIS sistemeve janë shumë të ngjashme në mënyrën e përcaktimit të daljeve. Literaturë e mjaftueshme që përshkruan këto dy lloje mund të gjendet, p.sh.në [8, 11, 16].

FIS sistemet kanë gjetur përdorim të madh në rregullimin automatik, klasifikimin e të dhënave, analizën vendim-marrëse, sistemet eksperte dhe vizionet kompjuterike. Për shkak të natyrës multi-disciplinare, FIS sistemet janë të shoqëruara me numra dhe emra siç janë: Sistemet fuzzy të bazuara në rregulla, Sistemet fuzzy eksperte, Modelet fuzzy, Memoriet shoqëruese fuzzy, Rregullatorët Fuzzy Logjik dhe Sistemet e thjeshta fuzzy. Meqë terminologjia e përdorur në shumë lloje të FIS sistemeve është e lloj-llojët, pra nuk është standarde, këtu do të përpiqemi, aq sa është e mundur të jemi më të qartë.

FIS sistemet e llojit Mamdani janë mjaft prezentë në metodologjinë fuzzy. Metoda Mamdani është e para që është përdorur për ndërtimin e sistemeve rregulluese, bazuar në teorinë e bashkësive fuzzy. Kjo është propozuar në vitin 1975 nga Ebrahim Mamdani [11], si një përpjekje për rregullim të makinës së avullit dhe kombinimit të kaldajës me sintetizim të një bashkësie të rregullave gjuhësore rregulluese të nxjerra nga përvoja e operatorëve njeri.

Përpjekja e Mamdani-it ka qenë bazuar në punimin e Lotfi Zadeh 1973, që kishte të bënte me algoritmet fuzzy për sistemet komplekse dhe proceset e vendim-marrjes [22].

Mirëpo procesi konkludues i përshkruar këtu është pak i ndryshëm nga ai në punimin origjinal, por ideja themelore është shumë e ngjashme.

Te lloji Mamdani siç është definuar në Fuzzy Logic Toolbox, pritet që funksionet shoqëruese të janë nga bashkësia fuzzy.

Pas procesit të grumbullimit, atje kemi bashkësinë fuzzy për secilën variabël dalëse që nevojitet të defazifikohet.

Kjo është e mundur, dhe në shumë rast mjaft e sigurt, me përdorim të një pike të thjesht si një funksion shoqërues të daljes se sa bashkësitë fuzzy të shpërndara.

Kjo nganjëherë është e njohur si fillestare e funksionin shoqërues të daljes, dhe mund të quhet si para-defuzim i bashkësisë fuzzy.

Kjo e rrit efikasitetin e procesit të defazifikimit, sepse kjo i thjeshton mjaft llogaritjen e nevojshme në krahasim me metodën e përgjithshme të Mamdani-it, e cila e cakton qendroidin e funksionit dy-dimensional.

Pas kësaj përdoren peshat mesatare të disa të dhënave. Lloji i sistemeve Sugeno mbështetet në këtë lloj të modelit.

Në përgjithësi, sistemet e llojit Sugeno mund të përdoren në ndonjë sistem konkludues në të cilin funksionet shoqëruese të daljes janë lineare të thjeshta ose konstante.

### II.4.1 Krijimi i FIS file-ve në Fuzzy Logic Toolbox

#### **Shembull:** Krijimi i FIS file-it për parashikimin e shpërblimit për ushqimin në një restorant

Elemente kryesore për parashikim e shpërblimit (bakshishit) për ofrimin e ushqimit në një restorant janë shërbimi dhe ushqimi.

Kualitetit të shërbimit/usqimit po ia shoqërojmë vlerësimin me nota 1 deri në 10, ku: 1 – dobët, rreth 5 – mirë dhe rreth 10 – shkëlqyer/shijshëm.

Në pjesën paraprake, ky parashikim është prezantuar përmes tri rregullave:

- Nëse shërbimi është i dobët ose ushqimi është i dobët, atëherë shpërblimi është i vogël
- Nëse **shërbimi** është i **mirë**, atëherë **shpërblimi** është **mesatar**
- Nëse shërbimi i shkëlqyer ose ushqimi i shijshëm, atëherë shpërblimi është i madh

Pas startimit të Matlab-it, në “Command Window” shkruajmë: **fuzzy** (Fig. II.18)

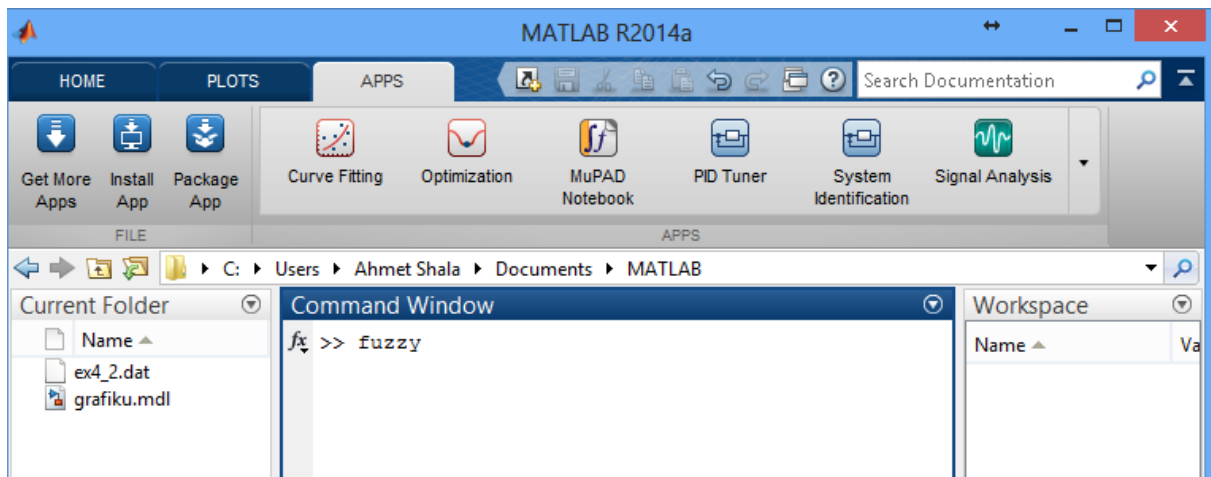


Figura II-18. Dritarja kryesore e softuerit Matlab

do të hapet dritarja kryesore (Fig. II-19) për ndërtimin e FIS file-it që do ta emërtojmë **shperblimi\_m.fis (pra FL të tipit Mamdami)**.

Nga Fig. II-19 shihet se përmes këtij editorit mund të shtojmë numrin, emrin e hyrjeve dhe daljeve, mund të definojmë MF (membership function-funksioni i shoqërimit) etj.

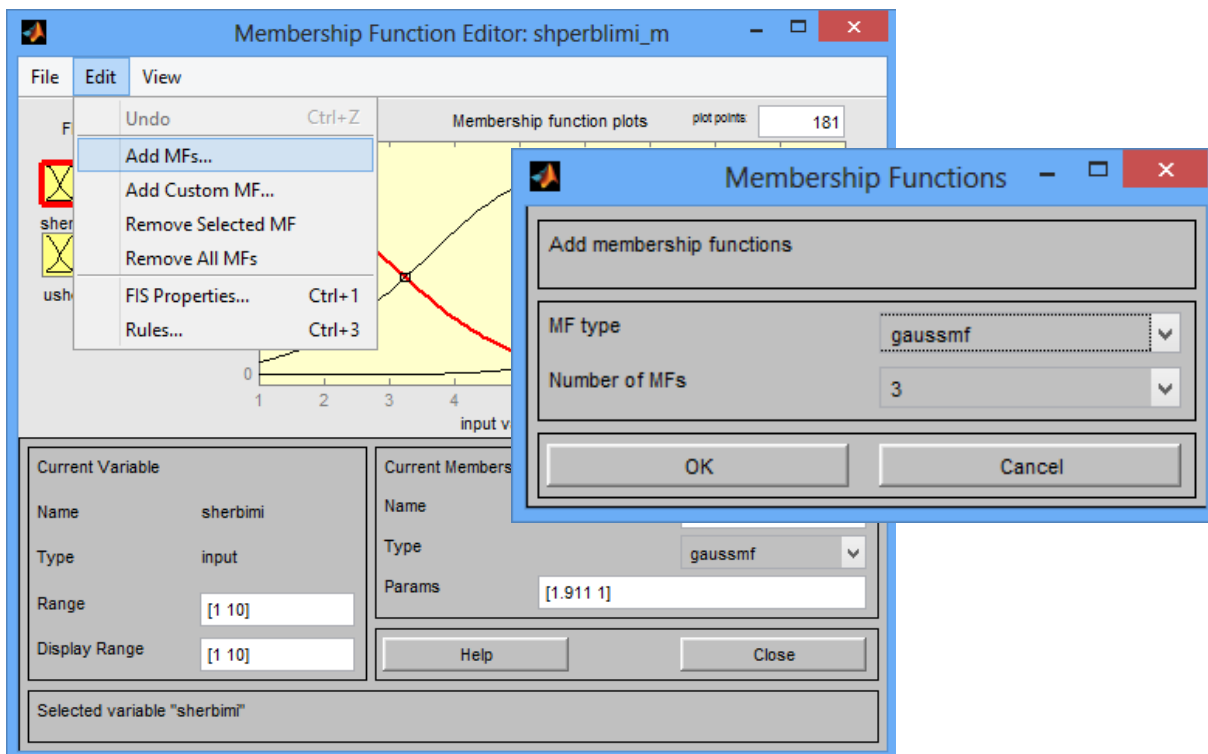


Figura II-19. Variablat hyrëse –*sherbimi* dhe *ushqimi*, duke u dizajnuar

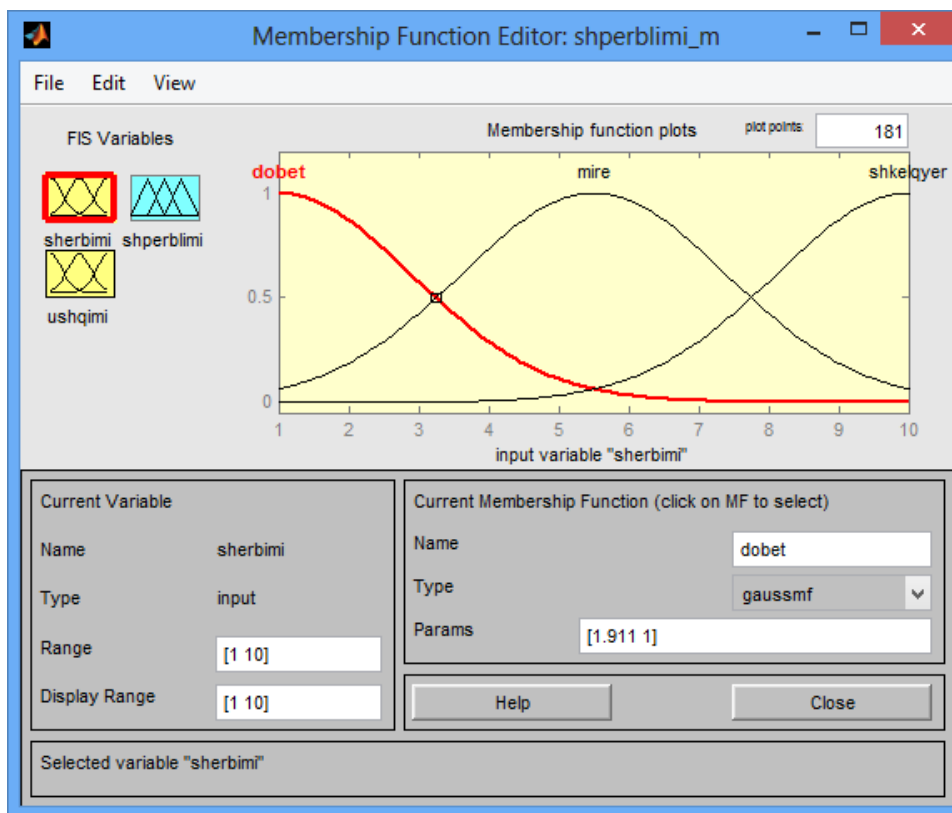


Figura II-20. Variabla hyrëse – *sherbimi*

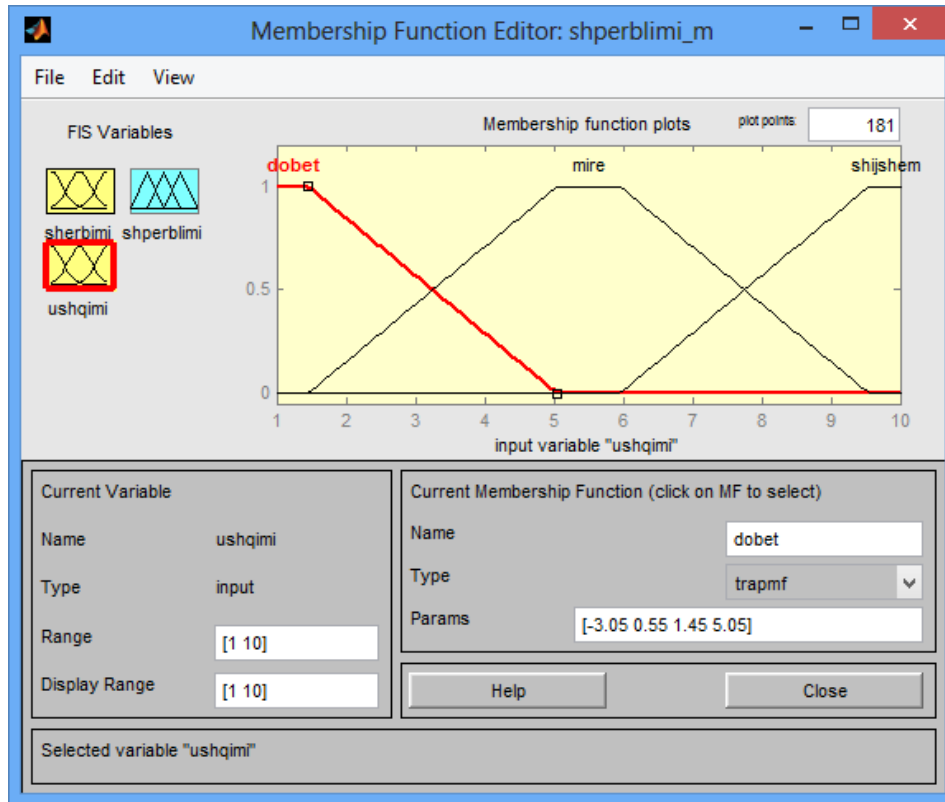


Figura II-21. Variabla hyrëse – *ushqimi*

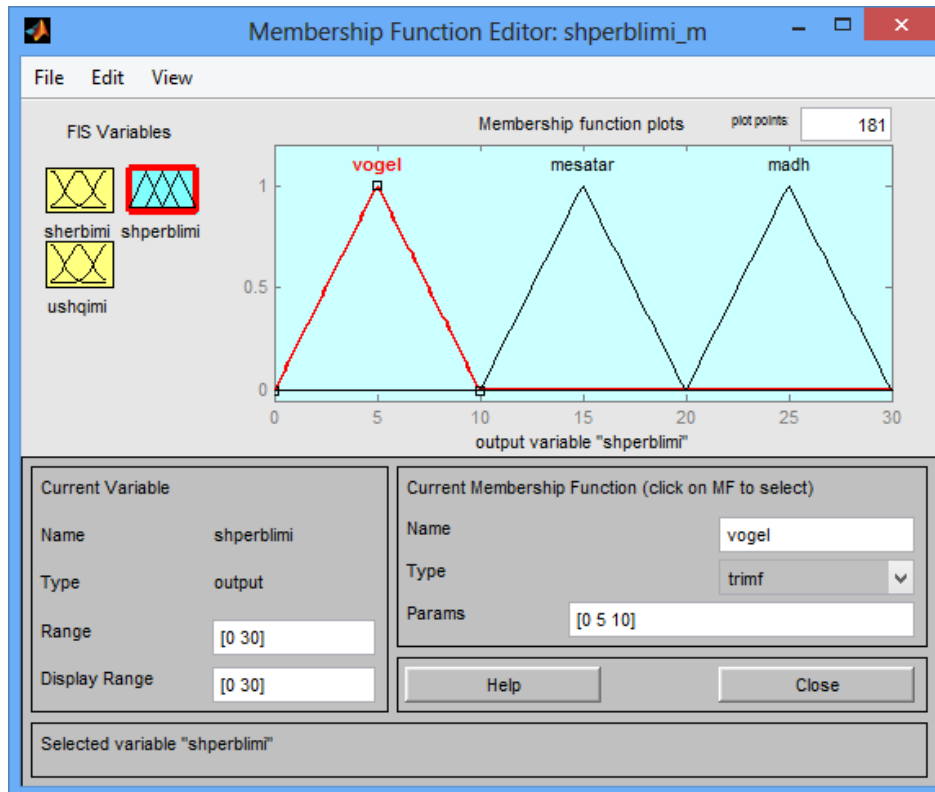


Figura II-22. Variabla dalëse – *shperblimi*

Duhet të ceket se FIS editor i Matlab posedon disa lloje të MF-ve siç janë: trimf, trapmf, gbellmf, gaussmf, sigmf, dsigmf, pimf, smf dhe zmf.

FIS editor i Matlab-it mund të ndërtohet bazuar në dy lloje të rregullatorëve Fuzzy Logjik: Mamdani që është përdorë në këtë shembull dhe Sugeno.

Dallimi kryesor ndërmjet FIS fil-it Mamdani dhe Sugeno është se tek Sugeno funksionet MF të daljeve janë linear ose konstante.

Në vazhdim duhet të definohen rregullat “rules” të cilat i definojmë duke shkuar në menyne “Edit”-“Rules...” dhe pas përshkrimit të rregullave do të kemi pamjen vijuese si në Fig. II-23 dhe 24.

Grafikisht rregullat mund të shihen nëse shkojmë në meny-në “View>Rules” dhe do të kemi pamjen si në Fig. II-25.

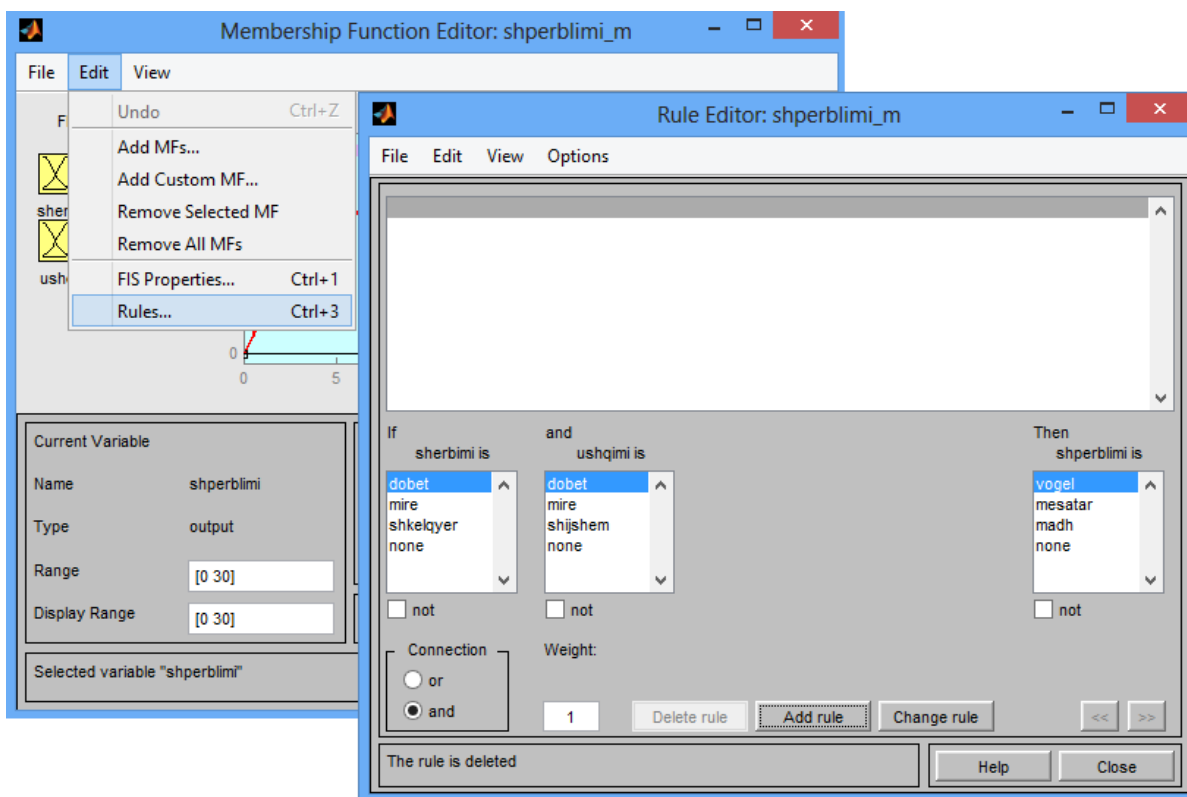


Figura II-23. Vendosja e rregullave për FIS-FL

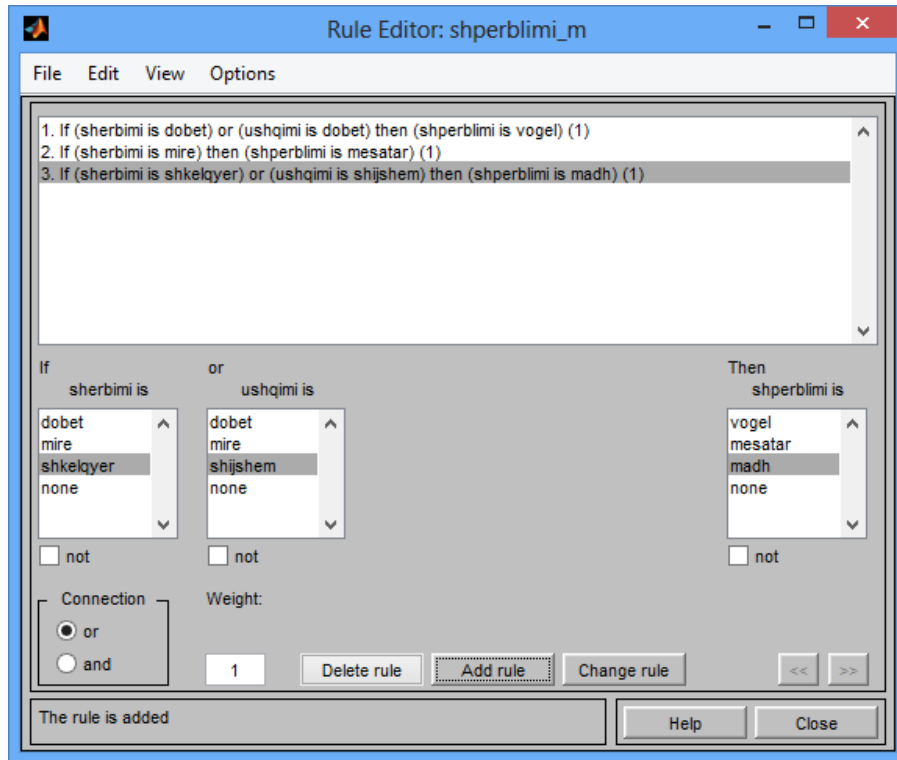


Figura II-24. Rregulla e vendosura për FIS-FL

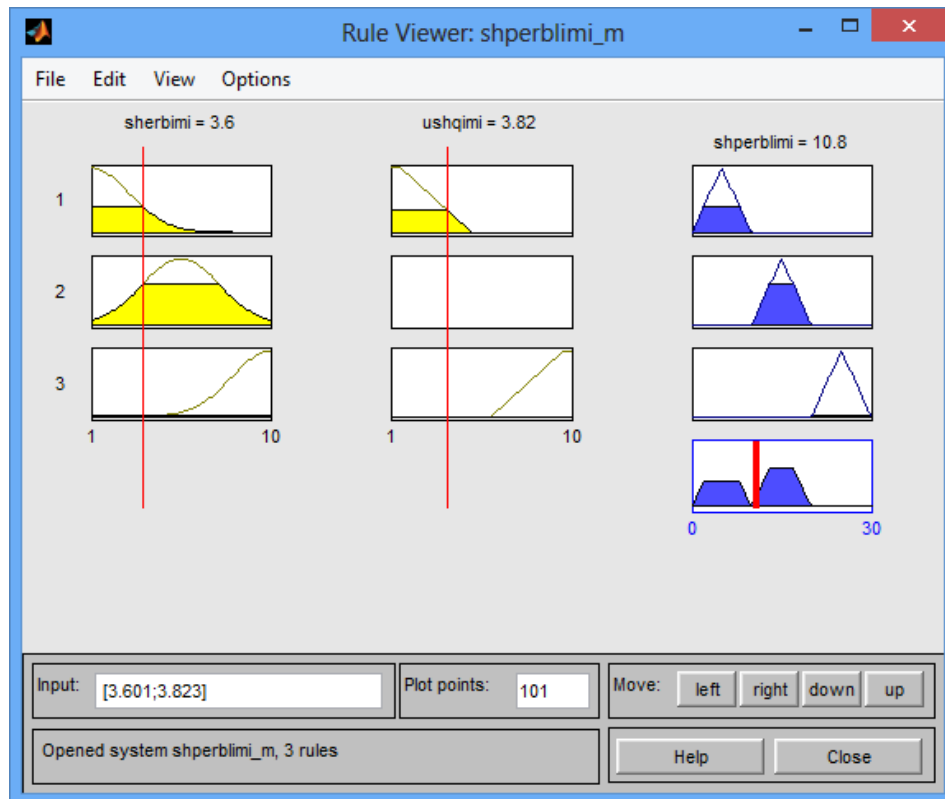


Figura II-25. Rregullat nga meny "View>Rules"



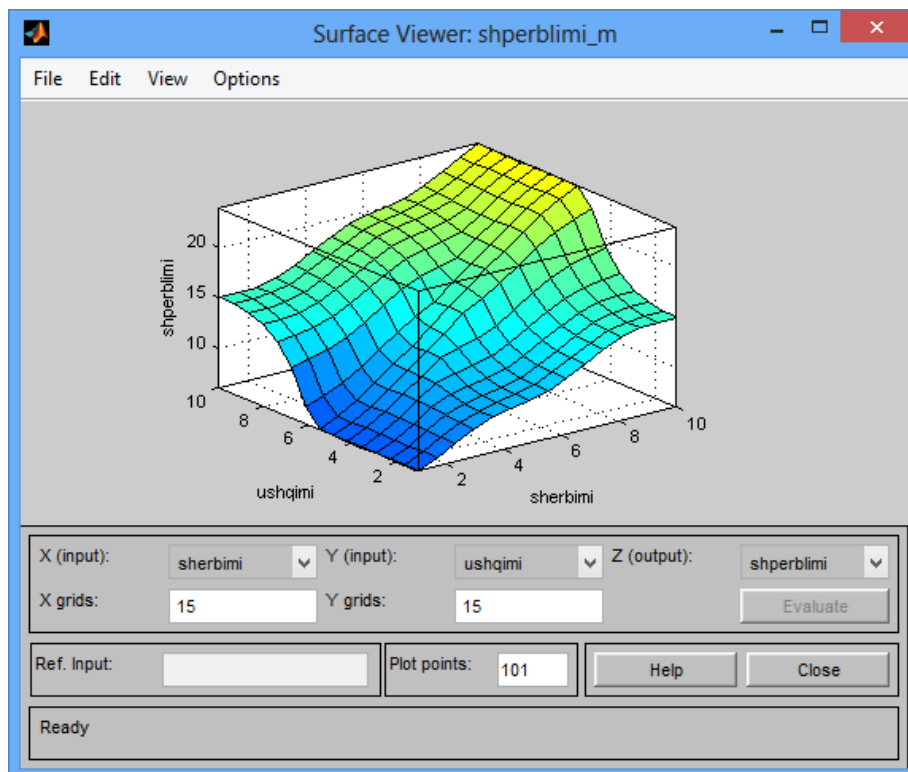


Figura II-26. Rregullat nga meny "View>Surface"

Shembulli i parashikimit të shpërblimit për ushqimin e shërbyer në një restorant, mund të realizohet edhe me FIS-FL të tipit **Sugeno**, ku dalja-**shperblimi** mund të merret konstant ose linear. FIS-FL po e emërtojmë **shperblimi\_s.fis**, pra tipi Sugeno, daljet konstante dhe atë **vogel=5**, **mesatar=15** dhe **madh=25**.

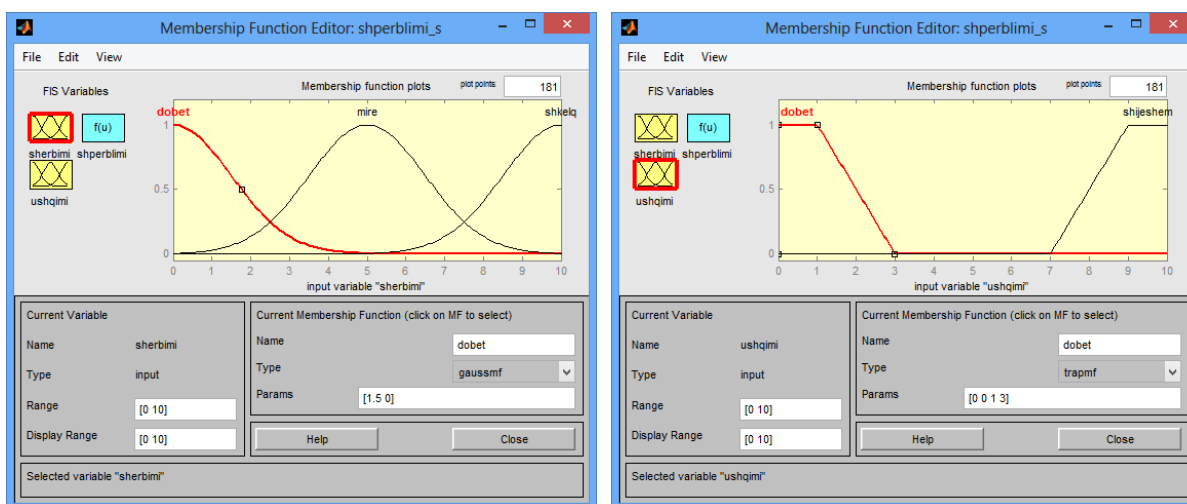


Figura II-27. Variablat dalëse – shpërblimi dhe ushqimi

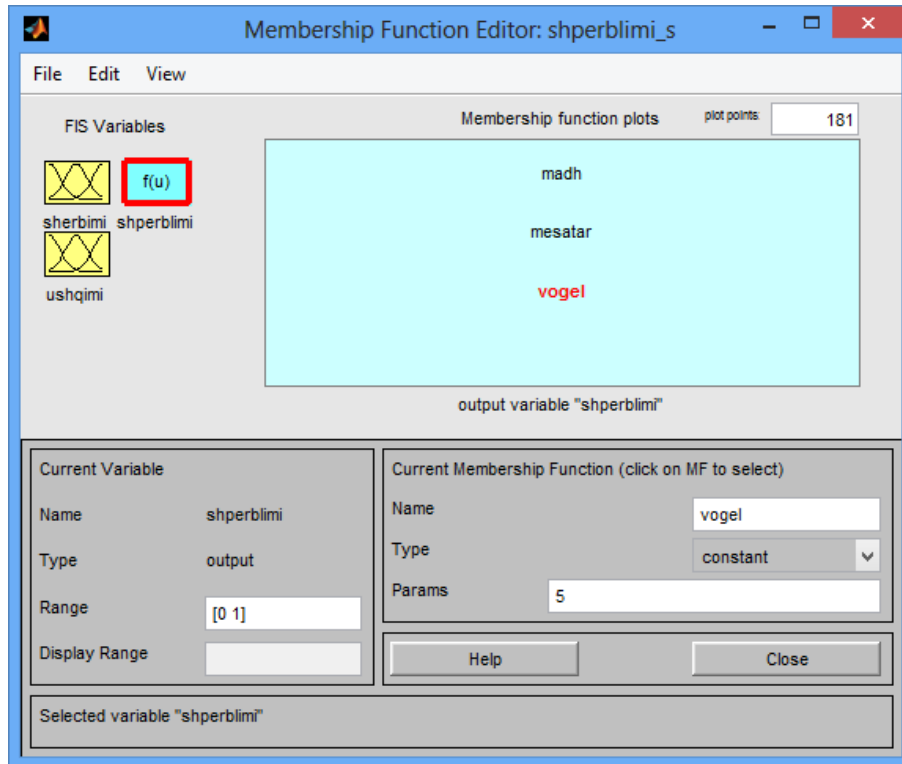


Figura II-28. Variabla dalëse – *shperblimi*

**Vërejtje:** Rregullat janë të njëjta si te FIS-FL e tipit Mamdami.

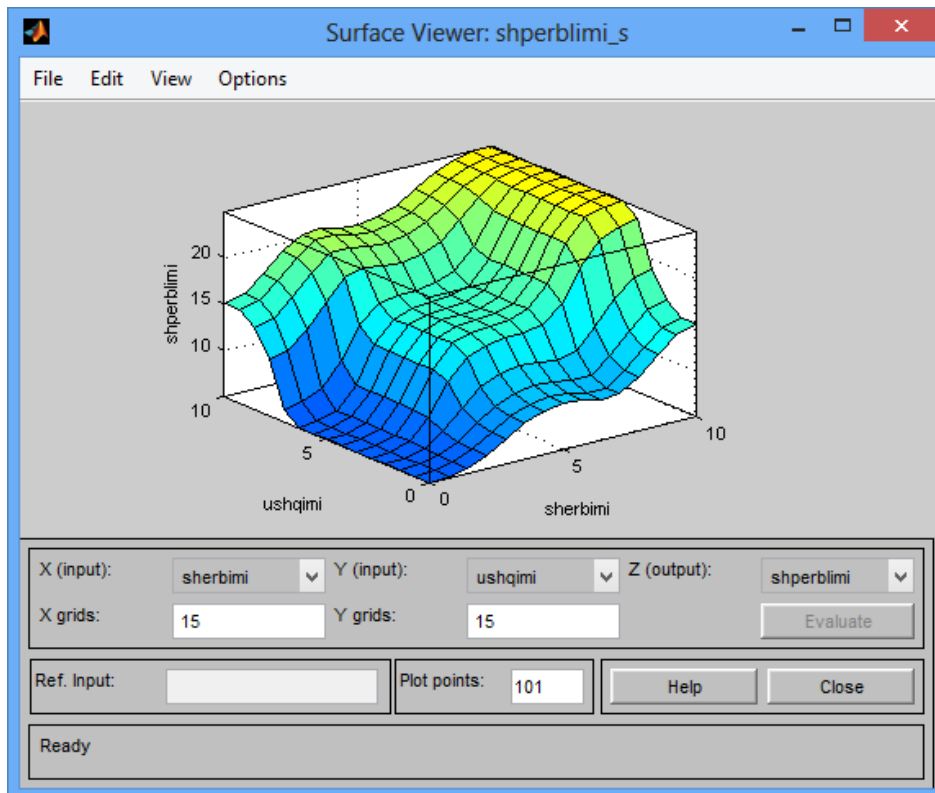


Figura II-29. Rregullat nga meny “View>Surface”

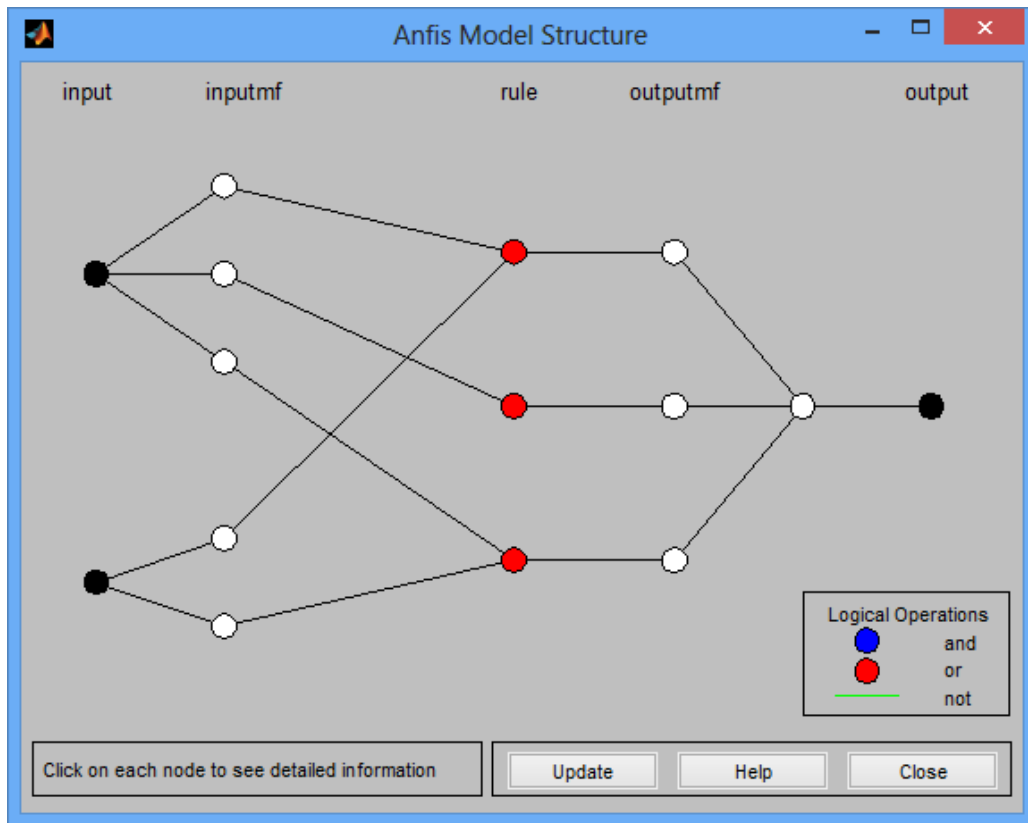


Figura II-30. Pamja Edit>Anfis>Structure e FIS-FL

## II.4.2 Krijimi i FIS file-ve në Fuzzy Logic Toolbox. Shembull: **Shembull:** Krijimi i FIS file-it për monitorim të temperaturës së CPU-së përmes rregullimit-kontrollit të shpejtësisë së ventilatorit



Temperatura e CPU-së sillet prej 0 deri 110°C, mbi këtë temperaturë punuese duhet të ndalet puna e kompjuterit. Ventilatori zakonisht punon me katër shpejtësi rrotullimi.

Le të shohim përdorim e Rregullatorit Fuzzy Logjik në këtë rast.

1. Nëse **temperatura** është prej 0 deri 30°C atëherë ventilatori rrotullohet me shpejtësi të vogël, **shpejtësia 1**
2. Nëse **temperatura** është prej 30°C deri 60°C atëherë ventilatori rrotullohet me shpejtësi të rritur: **shpejtësia 2**
3. Nëse **temperatura** është prej 60°C deri 90°C atëherë ventilatori rrotullohet me shpejtësi normale: **shpejtësia 3**
4. Nëse **temperatura** është prej 90°C deri 110°C atëherë ventilatori rrotullohet me shpejtësi të madhe: **shpejtësia 4**

Këto njëherësh paraqesin rregullat e Rregullatorit Fuzzy Logjik.

Hyrje në Rregullator FL – FIS file, është **temperatura** e CPU-së, prej 0°C deri 110°C. FIS-FL file-in do ta emërtojmë **ventilatori.fis**, të tipit **Sugeno**.

Dalje nga Rregullatori FL duhet të jetë shpejtësia e rrotullimit të ventilatorit , pra shpejtësitë 1, 2, 3 dhe 4.

Le ti paraqesim rregullat e FL-së në mënyrë tabelare:

Shpejtësia e ventilatorit	Shpejtësia e Vogël (shV)	Shpejtësia mesatare (shm)	Shpejtësia Normale (shN)	Shpejtësia e Madhe (shM)
Temperatura e CPU-së				
0°C deri 30°C (tV)	X			
30°C deri 60°C (tm)		X		
60°C deri 90°C (tN)			X	
90°C deri 110°C (tM)				X

**Hyrja**, temperatura e CPU-së “T” duhet supozuar se mund të jetë në intervalin [0, 110], dhe ky interval është ndarë në nën-intervale të cilëve iu janë shoqëruar emërtimet gjuhësore:

tV : Temperaturë e Vogël [0, 30] ,

tm : Temperaturë mesatare [30, 60],

tN : Temperaturë e Normale [60, 90],

tM : Temperaturë e Madhe [90, 110], shih Fig.II-31.

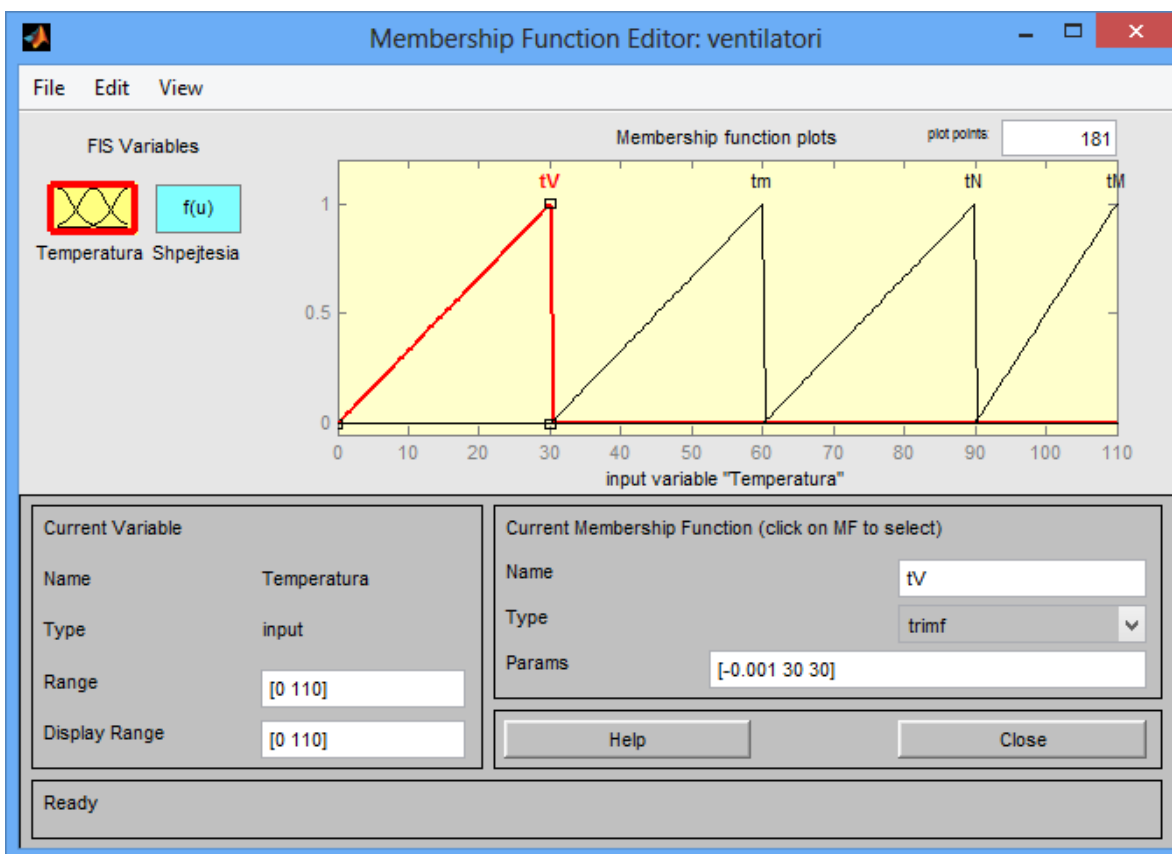


Figura II-31. Variabla hyrëse – Temperatura e CPU-së

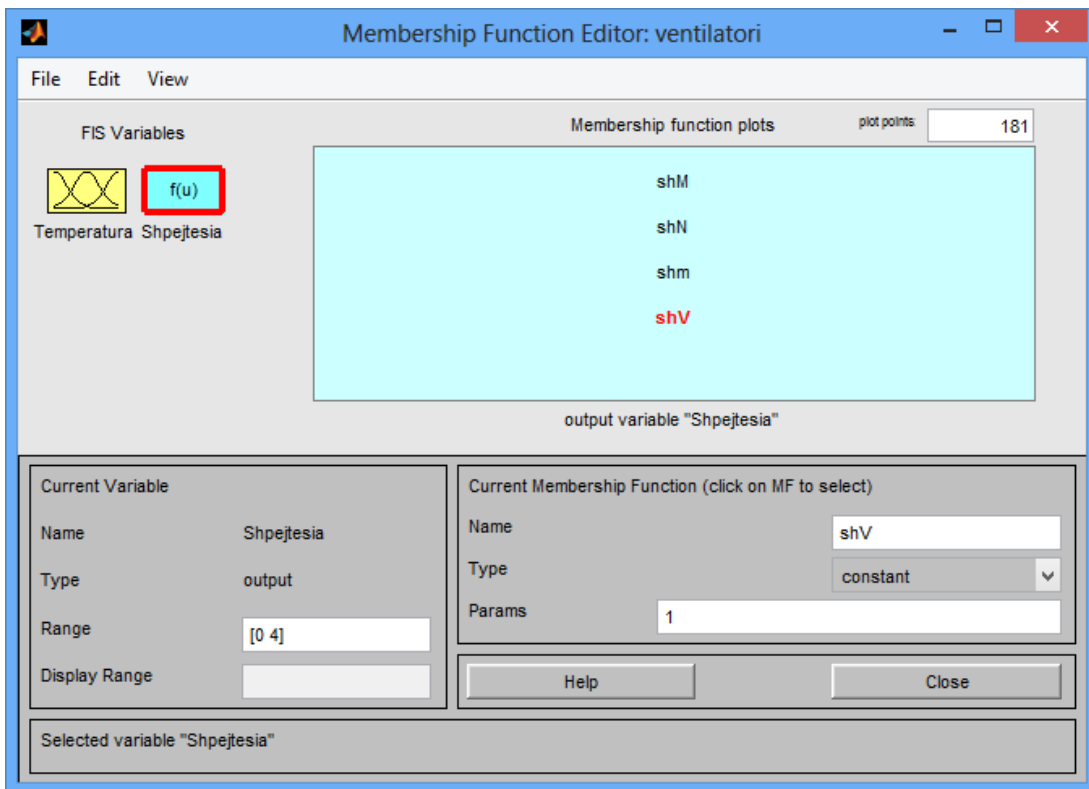
**Dalja**, shpejtësia e rrotullimit të ventilatorit “sh”duhet supozuar se është në intervalin [1,4], (sepse ventilatori fillon rrotullimin posa të kyçet kompjuteri) dhe ky interval është ndarë në nën-intervale të cilëve iu janë shoqëruar emërtimet gjuhësore:

shV : shpejtësia e rrotullimit të ventilatorit është e **Vogël**,

shm : shpejtësia e rrotullimit të ventilatorit është e **mesatare**,

shN : shpejtësia e rrotullimit të ventilatorit është e **Normale**,

shM : shpejtësia e rrotullimit të ventilatorit është e **Madhe**, shih Fig.II-32



*Figura II-32. Variabla dalëse – shpejtësia e rrotullimit të ventilatorit*

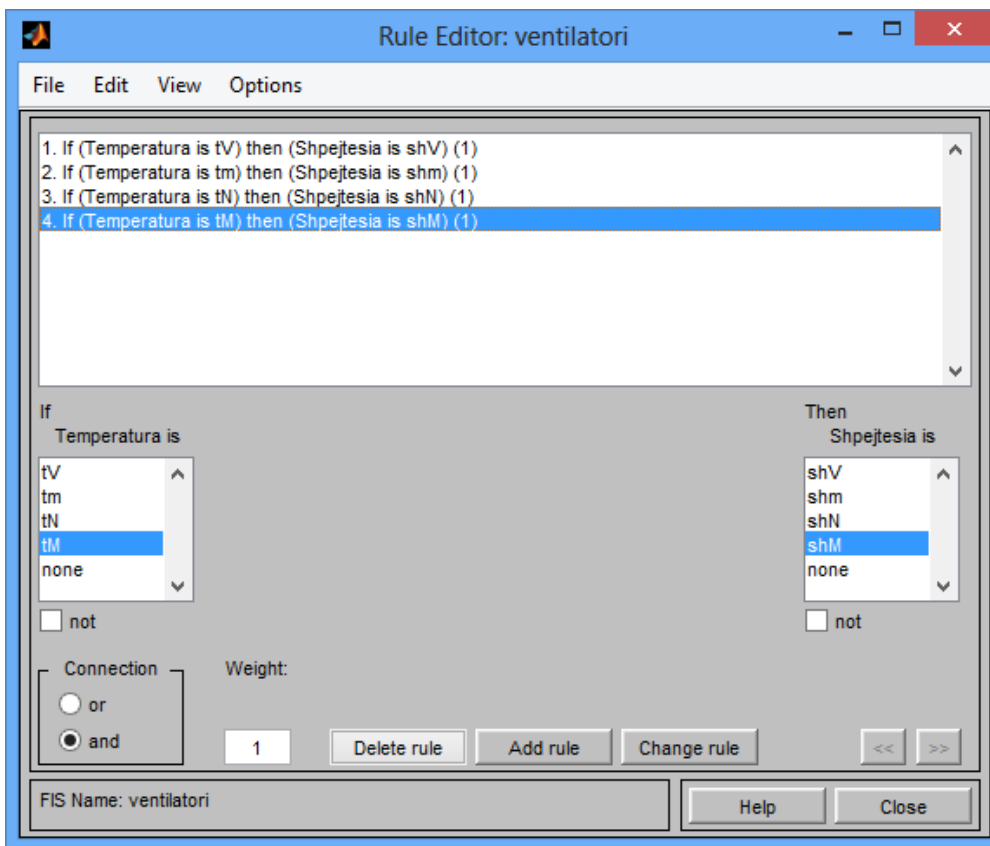


Figura II-33. Rregulla e vendosura për FIS-FL

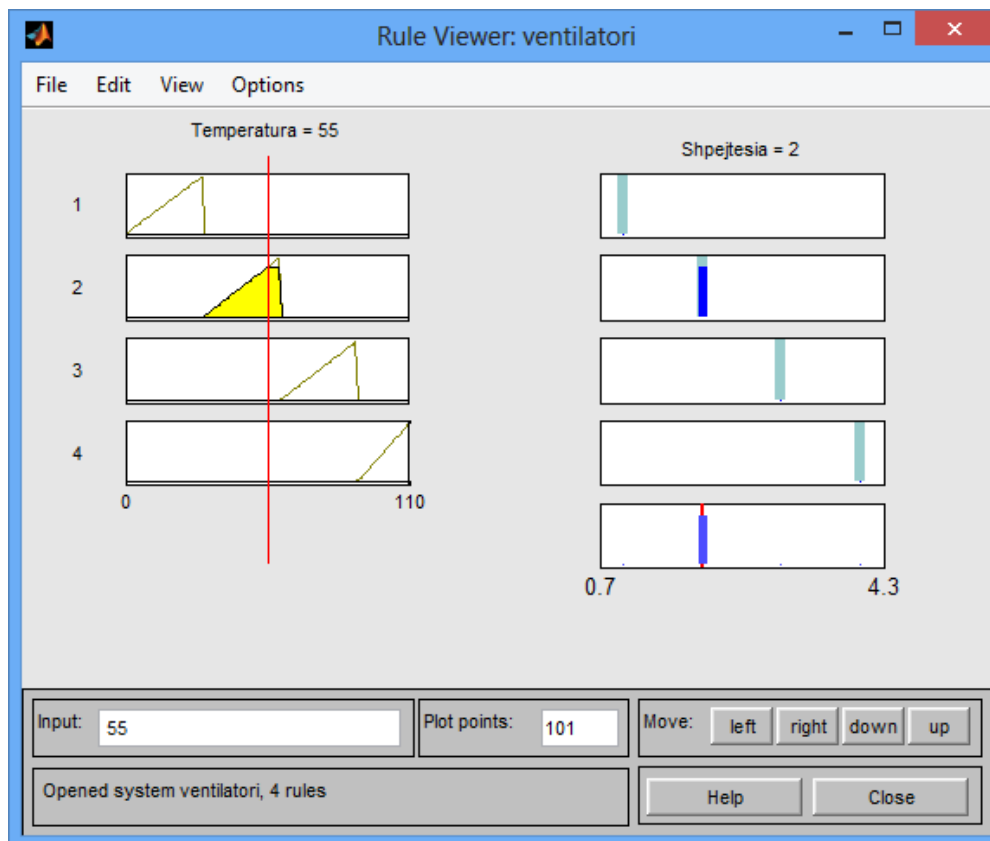


Figura II-34. Rregullat nga meny “View>Rules”

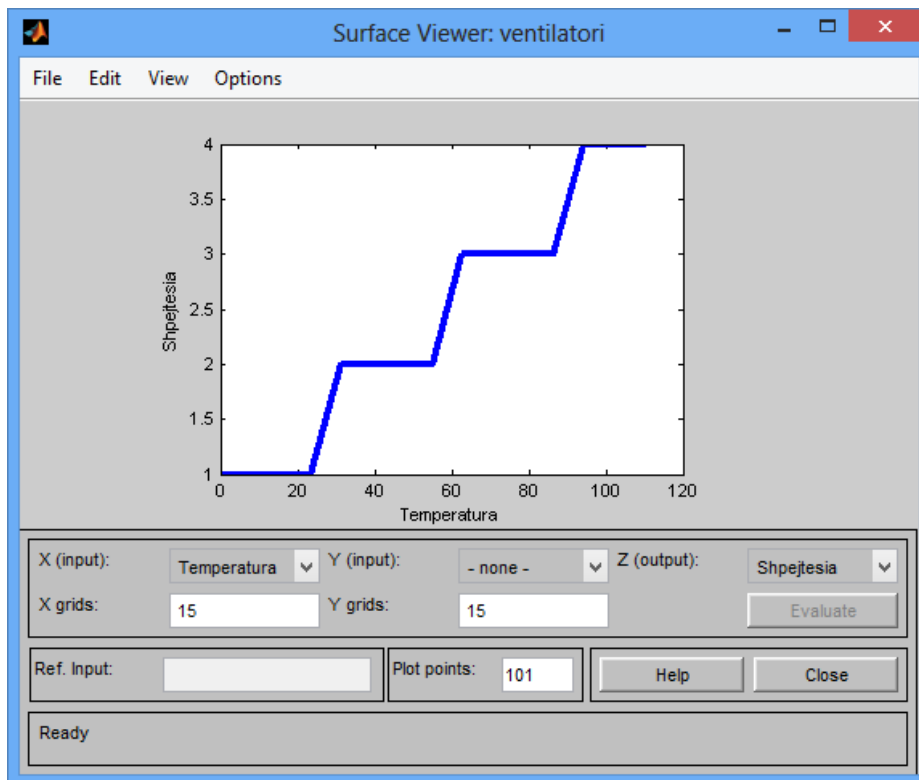
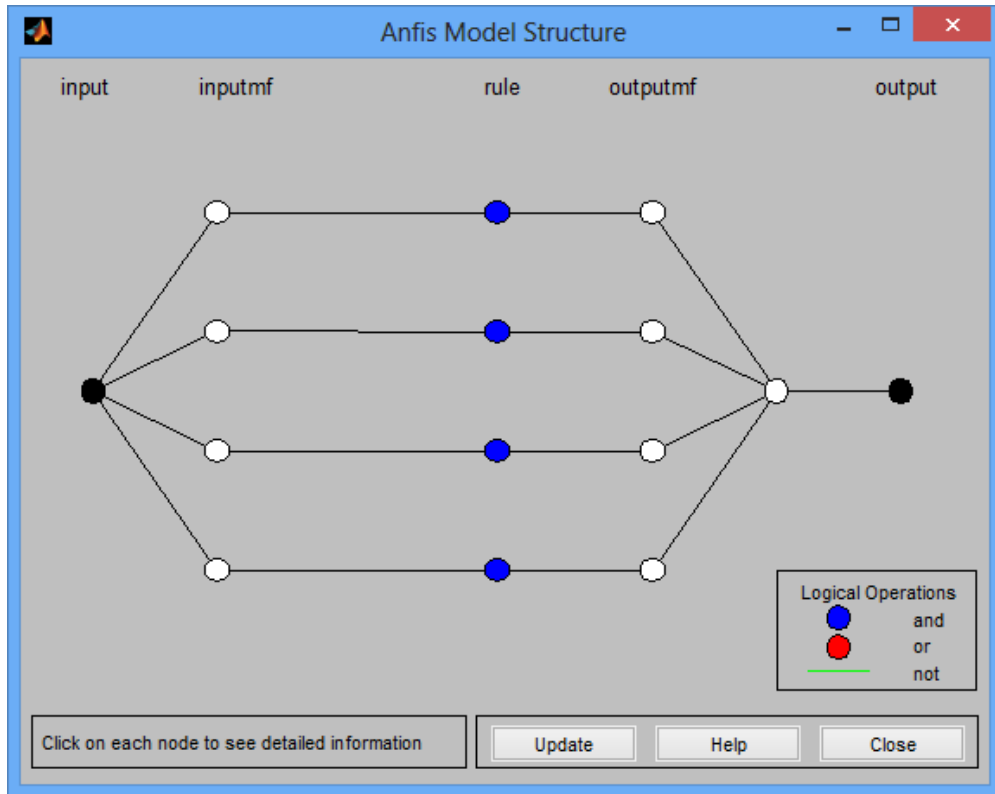


Figura II-35. Pamja Edit>Anfis>Structure e FIS-FL dhe Rregullat nga meny “View>Surface”



Pasi që e kemi ruajtur FL-në ventilatori, në fis-file dhe “File>Export>To Workspace”.

Në dritaren “Workspace” click në tastin e djathtë të ‘mouse’ dhe ruajeni si **ventilatori.mat** ashtu që tjera herë të aktivizoni më lehtë FIS-FL-në **ventilatori**.

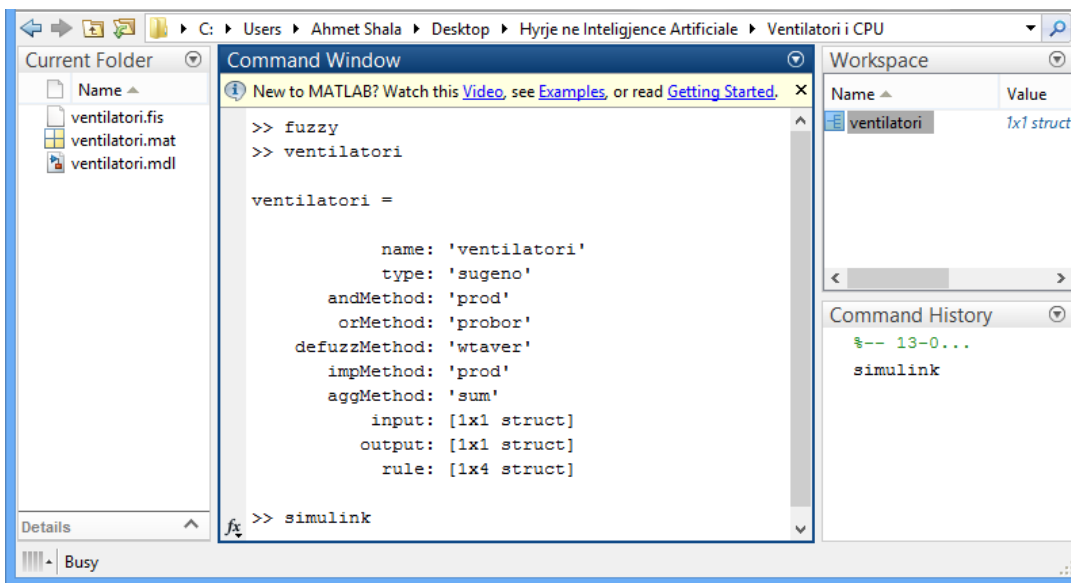


Figura II-36. Ruajtja e FIS-FL-së

#### II.4.2.1 Përdorimi i FL-së ‘ventilatori’ në Matlab>simulink

Në “Command Window” shkruajmë “simulink” dhe hapim një model të ri “File>New Model”, e emërtojmë **ventilatori.mdl**, gjithashtu ndryshimin e temperaturës së CPU-së e kemi simuluar përmes funksionit vlera absolute e sinusoidës me amplitudë 120 dhe frekuencë 0.5, të dizajnuar si në vijim:

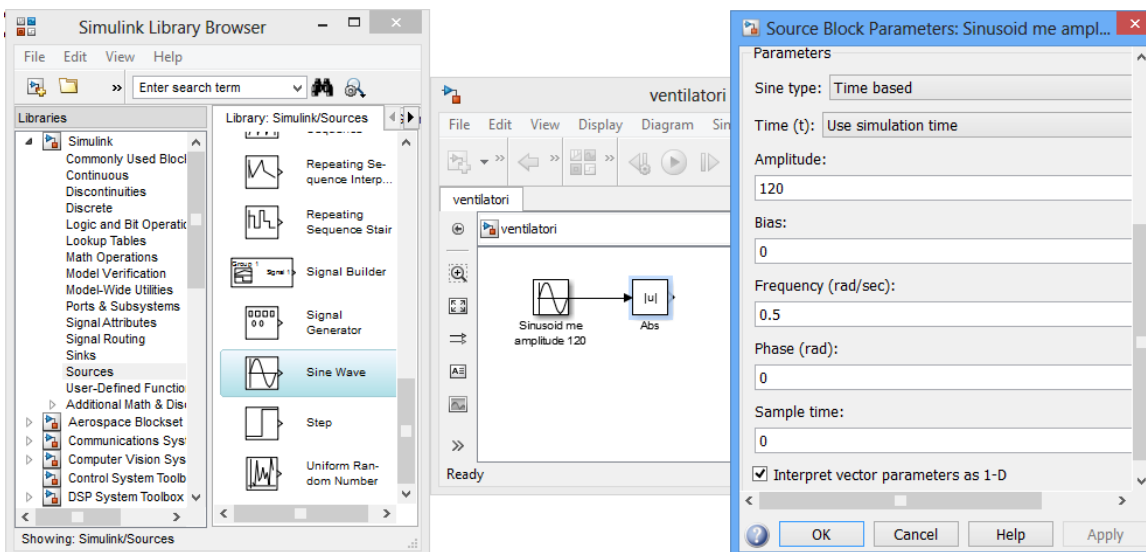
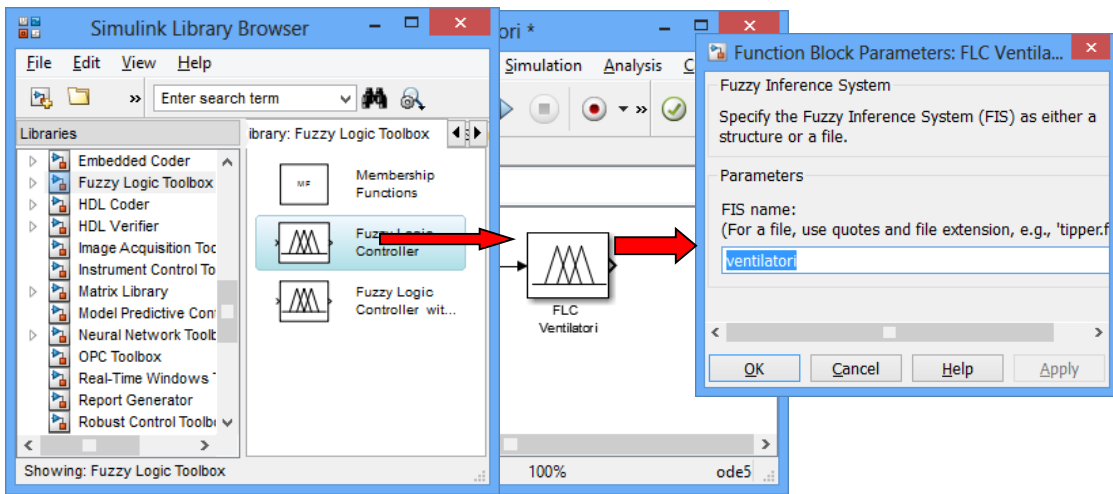


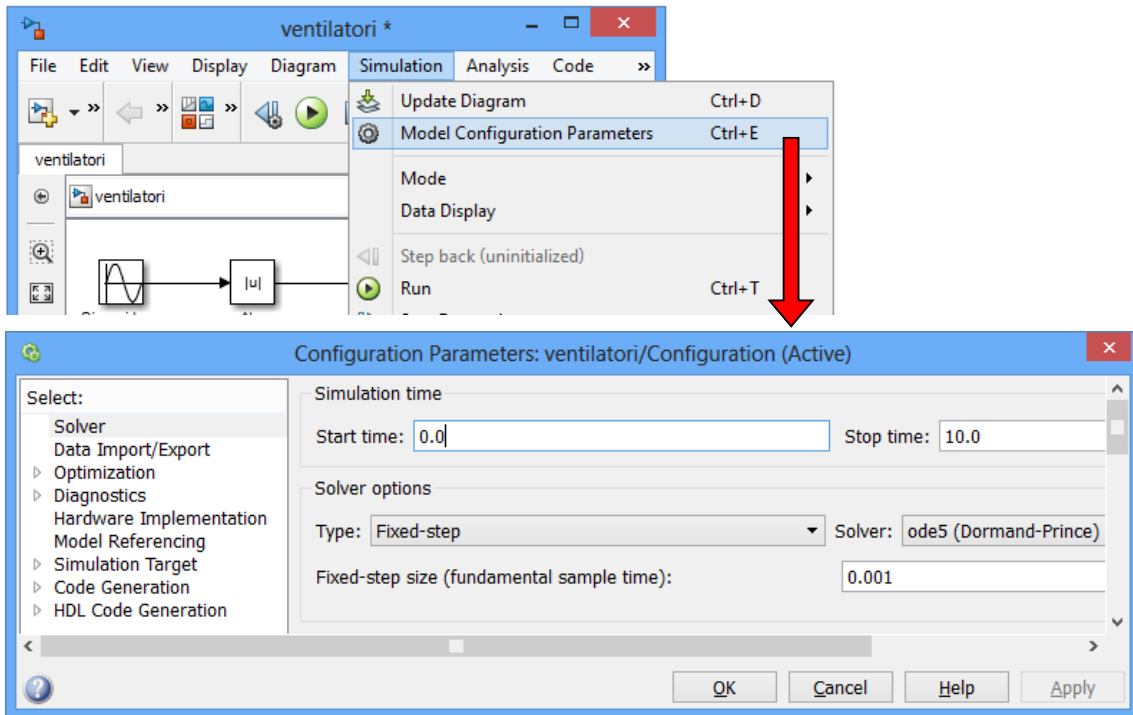
Figura II-37. Simulimi i Rregullatorit të ventilatorit të CPU-së, duke u dizajnuar

Rregullatorin Fuzzy Logjik për kontroll të temperaturës së CPU-së e kemi dizajnuar paraprakisht dhe kemi ruajtur si ventilatori.fis përkatësisht ventilatori.mat



Në dalje vendosim një “Scope” për të paraqitur grafikun e shpejtësisë së ventilatorit.

Parametrat e simulimit janë dhënë në vijim:



Simulimi përfundimisht është paraqitur në Fig. II-37.

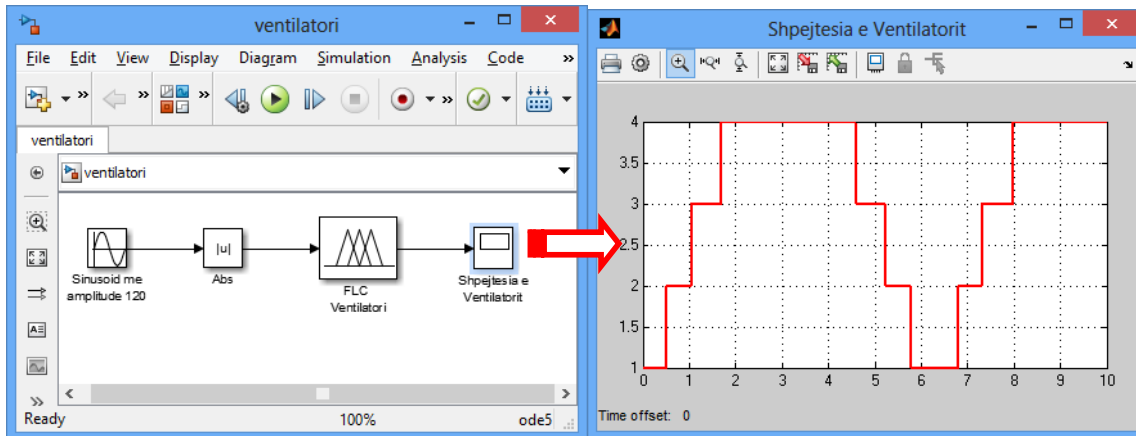
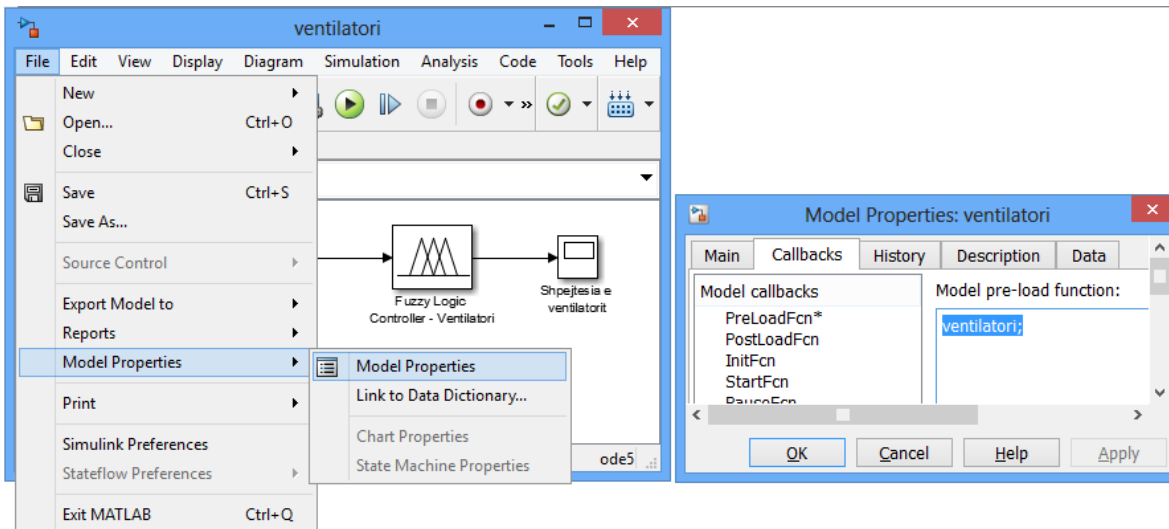


Figura II-37. Modeli i simulimit të rregullimit të shpejtësisë së ventilatorit të CPU-së

Ashtu që simulimi herën tjetër të mos ketë nevojë për aktivizim paraprak të rregullatorit në Command Window, realizojmë startimin automatik të ventilatori.mat, gjatë startimit të modelit ventilatori.mdl, duke vepruar si në vijim:



### II.4.3 Krijimi i FIS file-ve në Fuzzy Logic Toolbox.

**Shembull:** Krijimi i FIS file-it për përcjellje sa më të saktë të trajektores së platformësmobile me përdorim të Rregullatorit Fuzzy Logjik [27].

Hyrje në rregullatorin FL – FIS file, janë marrë:

1) gabimi në përcjellje të trajektores ose **gabimi në distancë**:

$$d = y_d(x_d) - y(x),$$

ku:

$y_d(x_d)$  paraqet trajektoren e dëshiruar të qendrës së masës së platformës,

$y(x)$  paraqet trajektoren aktuale (të matur) të qendrës së masës së platformës.

2) **gabimi në kënd** të rrotullimit të platformës:

$$e = \theta_d - \theta ,$$

ku:  $\theta_d$  - paraqet këndin e dëshiruar të platformës me aksin  $x$ , kurse

$\theta$  - paraqet këndin aktual (të matur) të platformës me aksin  $x$ .

Dalje nga FL – FIS file, janë momentet rregulluese-shtesë (T1 dhe T2) të rrotave udhëzuese (1 dhe 2) të platformës (Fig. II-38).

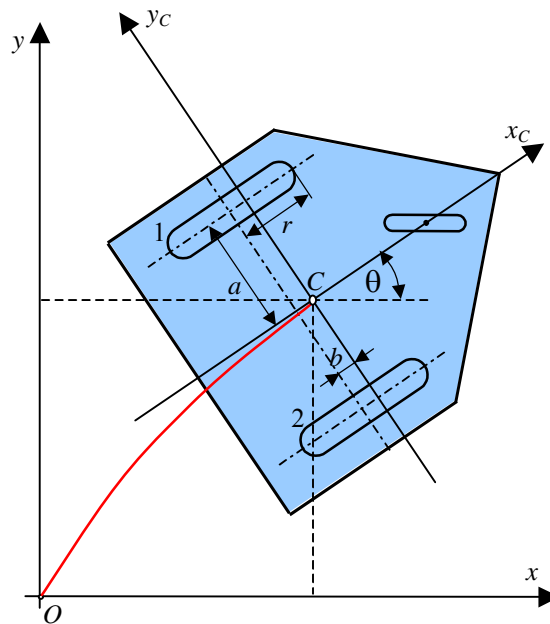


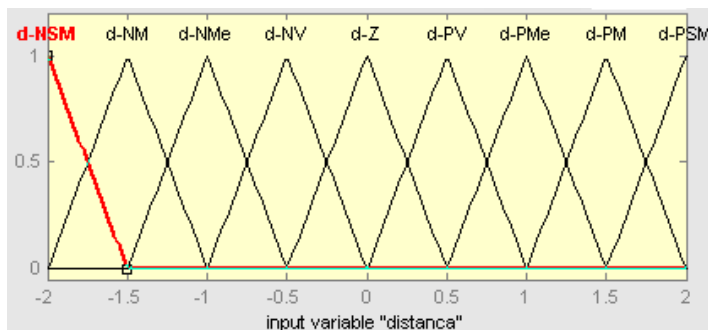
Figura II-38: Platforma mobile.

**Hyrja 1**, gabimi në distancë “d” është supozuar se mund të jetë në intervalin  $[-2, 2]$ , dhe ky interval është ndarë në nën-intervale të cilëve iu janë shoqëruar emërimet gjuhësore:

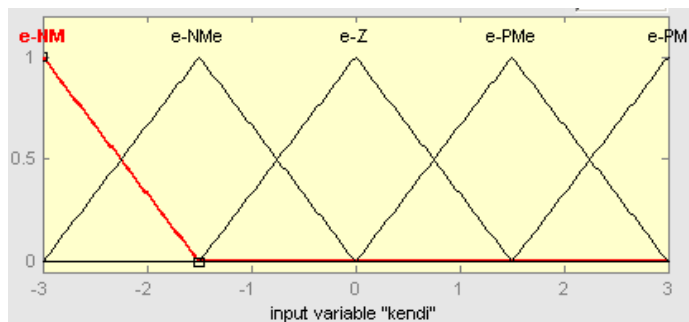
- d-NSM : gabimi në distancë është Negative Shumë e Madhe  $[-2.0, -1.5]$  ,
- d-NM : gabimi në distancë është Negative e Madhe  $[-1.5, -1.0]$ ,
- d-NMe : gabimi në distancë është Negative Mesatare  $[-1.0, -0.5]$ ,
- d-NV : gabimi në distancë është Negative e Vogël  $[-0.5, 0.0)$ ,
- d-Z : gabimi në distancë është zero,  $d = 0$ ,
- d-PV : gabimi në distancë është Pozitive e Vogël  $(0.0, 0.5]$  ,,
- d-PMe : gabimi në distancë është Pozitive Mesatare  $[0.5, 1.0]$  ,
- d-PM : gabimi në distancë është Pozitive e Madhe  $[1.0, 1.5]$ ,
- d-PSM : gabimi në distancë është Pozitive Shumë e Madhe  $[1.5, 2.0]$  ,Fig.II-39a.

**Hyrja 2**, gabimi në kënd “e” është supozuar se mund të jetë në intervalin  $[-3, 3]$ , dhe ky interval është ndarë në nën-intervale të cilëve i’u janë shoqëruar emërimet gjuhësore:

- e-NM : gabimi në kënd është Negativ i Madh,  $[-3.0, -1.5]$ ,
- e-NMe : gabimi në kënd është Negativ Mesatar,  $[-1.5, 0.0)$ ,
- e-Z : gabimi në kënd është Zero,  $e = 0$ ,
- e-PMe : gabimi në kënd është Pozitiv Mesatar,  $(0.0, 1.5]$
- e-PM – gabimi në kënd është Pozitiv i Madh,  $[1.5, 3]$ , Fig. II-39b



a) gabimi në distancë “d”



b) gabimi në kënd “e”.

Figura II-39. Variablat hyrëse

**Dalja 1**, momenti shtesë në rrotën udhëzuese 1, “T1” është supozuar se duhet të jetë në intervalin  $[0, 0.25]$ , dhe ky interval është ndarë në nën-intervale të cilëve i’u janë shoqëruar emërimet gjuhësore:

T1-Z : momenti shtesë në rrotën udhëzuese 1 është **Z**ero,

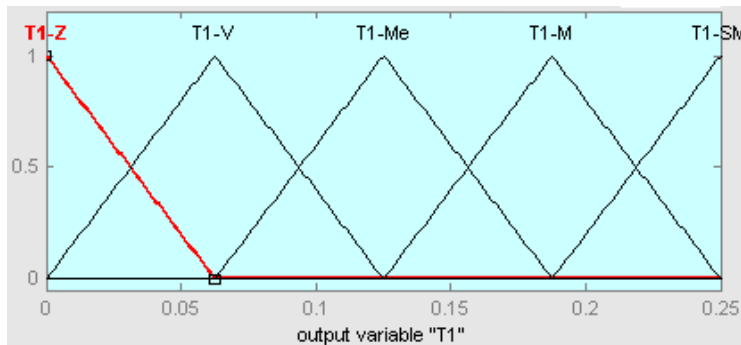
T1-V : momenti shtesë në rrotën udhëzuese 1 është i **V**ogël,

T1-Me : momenti shtesë në rrotën udhëzuese 1 është **M**esatar,

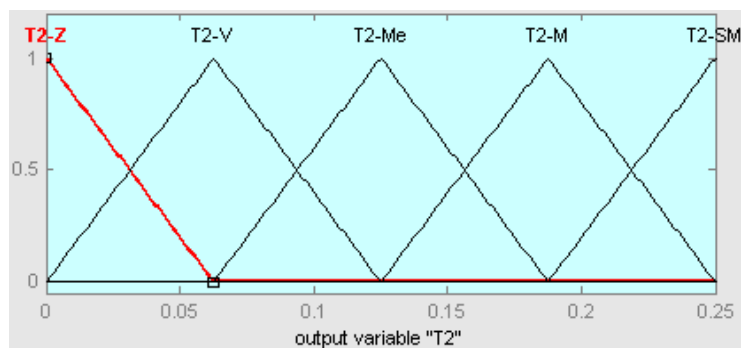
T1-M : momenti shtesë në rrotën udhëzuese 1 është i **M**adhë,

T1-SM : momenti shtesë në rrotën udhëzuese 1 është **S**humë i **M**adhë, Fig.II-40a

Në mënyrë të ngjashme veprojmë edhe për daljen 2, momenti shtesë në rrotën udhëzuese 2, vetëm në vend të “T1” marrim “T2”, Fig. II-40b.



a) momenti shtesë në rrotën udhëzuese 1 “T1”



b) momenti shtesë në rrotën udhëzuese 2 “T2”

Figura II-40. Variablat dalëse – momentet shtesë “T1” dhe “T2”

Në vijim, bazuar në eksperiencën e autorëve [27], është formuar Tabela e rregullave për ndërlidhje të hyrjeve dhe daljeve nga FL-FIS file, Tabela II-2.

Tabela II-2. Rregullat e propozuara nga autorët [27].

Gabimi në distancë	Gabimi në kënd				
	e-NM	e-NMe	e-Z	e-PMe	a-PM
d-NSM	T1-Z T2-SM	T1-Z T2-SM	T1-Z T2-SM	-	-
d-NM	T1-Z T2-M	T1-Z T2-M	T1-Z T2-M	-	-
d-NMe	T1-Z T2-Me	T1-Z T2-Me	T1-Z T2-Me	-	-
d-NV	T1-Z T2-Me	T1-Z T2-V	T1-Z T2-V	-	-
d-Z	T1-Z T2-Me	T1-Z T2-V	T1-Z T2-Z	-	-
d-PV	-	-	T1-V T2-Z	T1-V T2-Z	T1-V T2-Z
d-PMe	-	-	T1-Me T2-Z	<b>T1-Me</b> <b>T2-Z</b>	T1-Me T2-Z
d-PM	-	-	T1-M T2-Z	T1-M T2-Z	T1-M T2-Z
d-PSM	-	-	T1-SM T2-Z	T1-SM T2-Z	T1-SM T2-Z

Nga Tabela II-1, një rregull, do të lexohej:

Nëse gabimi në distancë është **d-PMe** dhe gabimi në kënd është **e-PMe** atëherë momenti shtesë në rrotën 1 është **T1-Me** dhe momenti shtesë në rrotën 2 është **T2-Z**.

Tani i kemi rregullat dhe kemi ide se si do të dukej dalja. Le të fillojmë me softverin Matlab, veglat GUI – Graphical User Inference për të konstruktuar file-in FIS (platforma.fis) që do të përshkruajë problemin e zgjedhur të përcaktimit të momentit shtesë në rrotat udhëzuese në varshmëri të gabimit në distancë dhe gabimit në kënd.

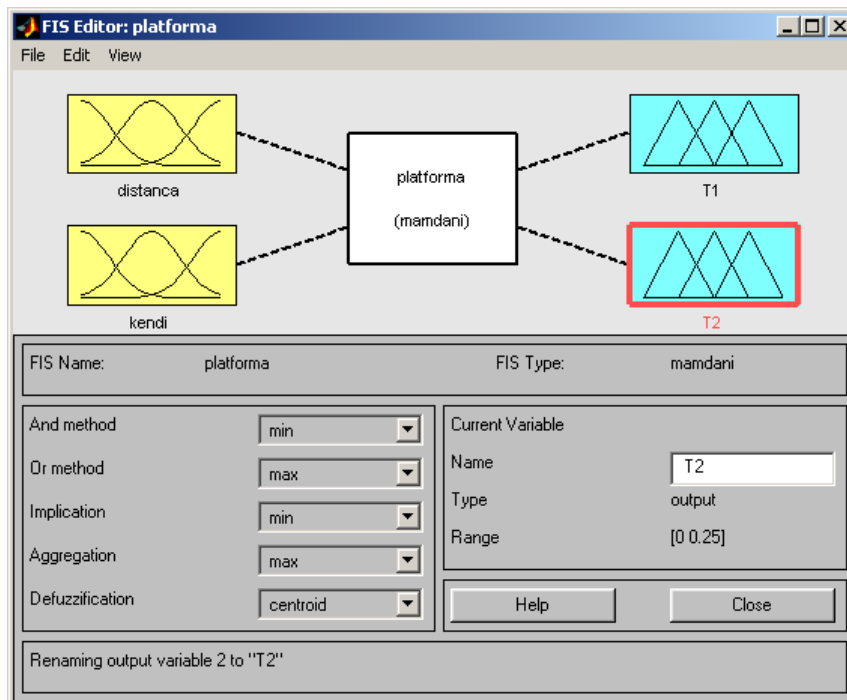


Fig. II-41. Editori kryesor i FIS file-it *platforma.fis*

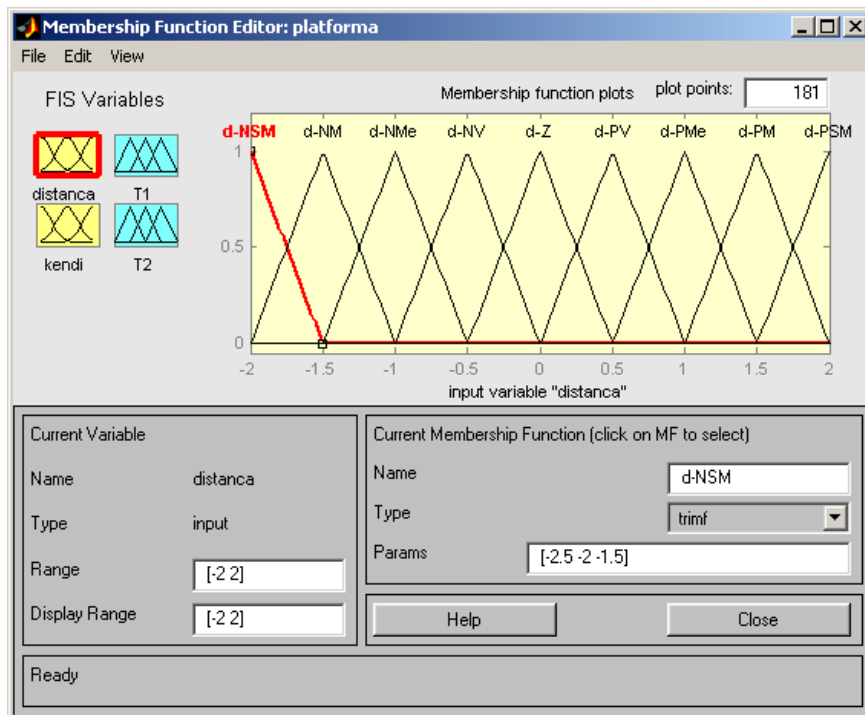


Figura II-42. MF editori dhe ndarja e fushës së variablës hyrëse “distanca” në tetë nën-intervale



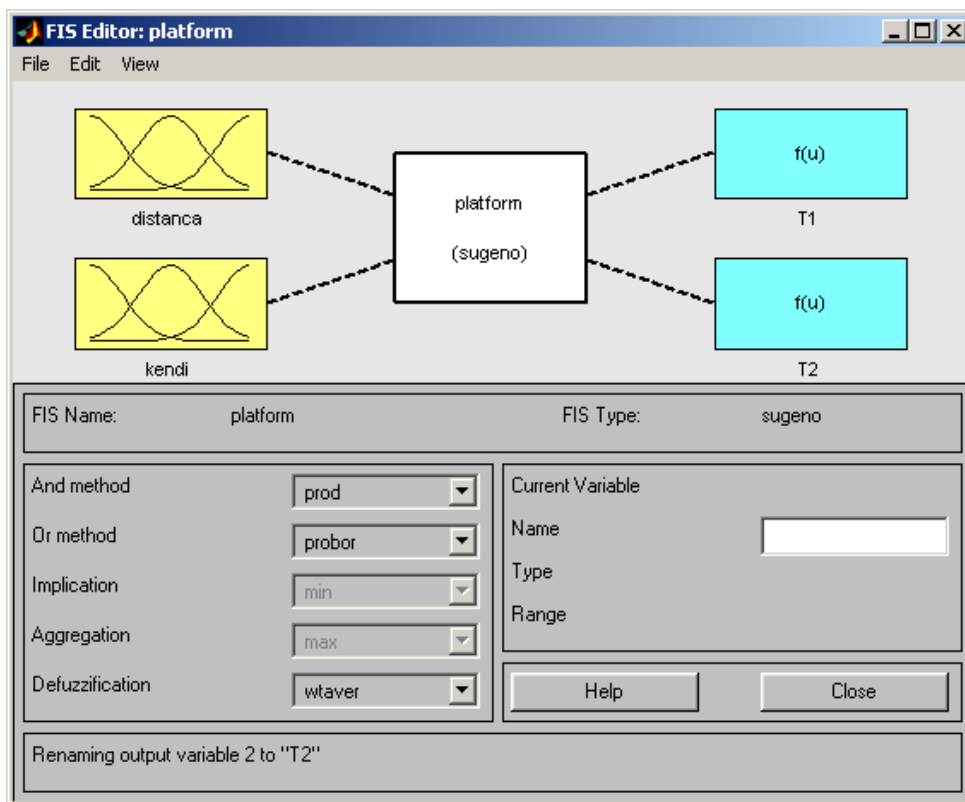


Figura II-43. FIS-file platform.fis i llojit “Sugeno”

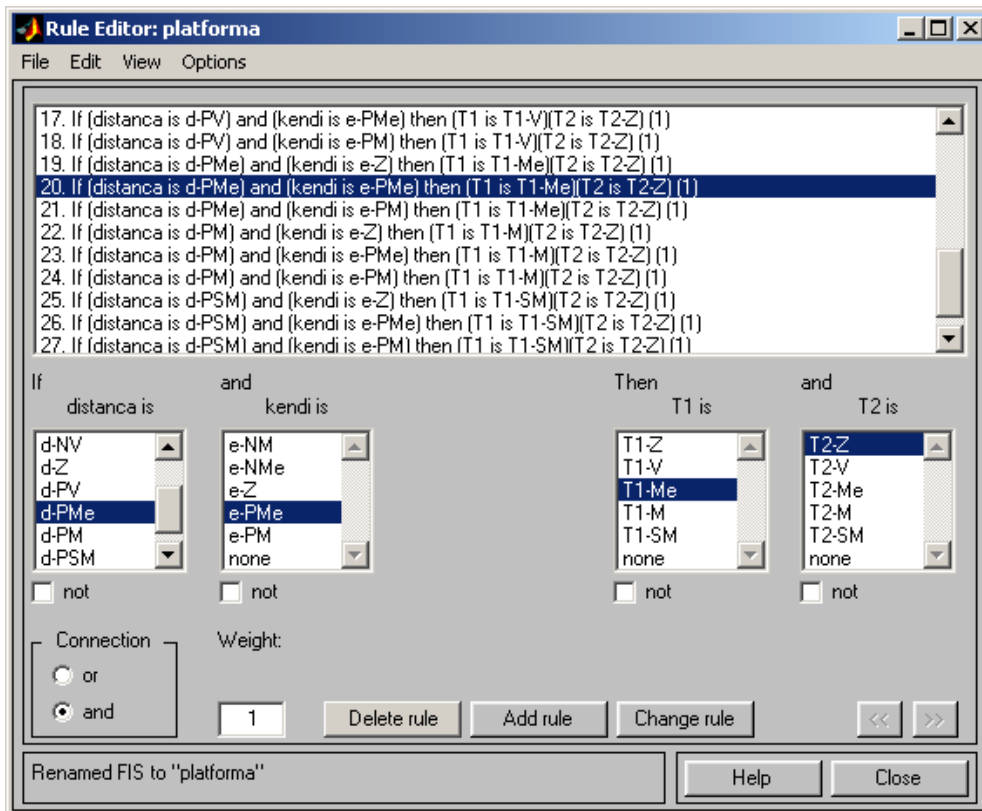


Figura II-44. Definimi i rregullave që paraqesin varësinë e hyrjeve-daljeve

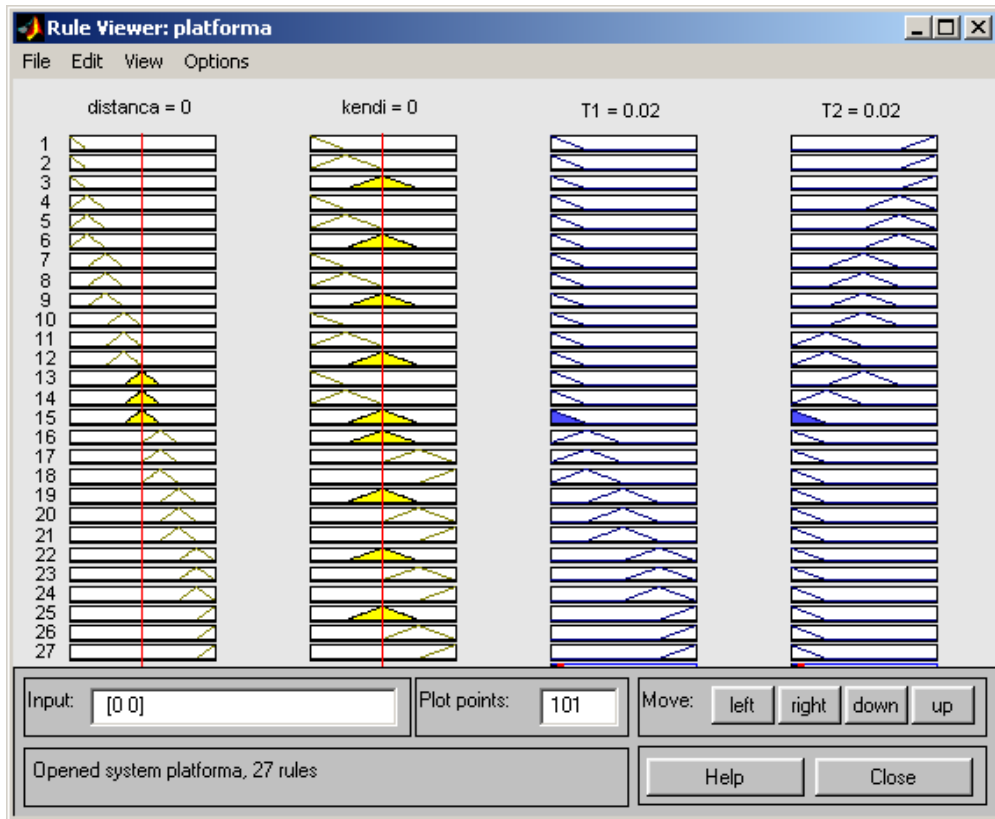


Figura II-45. Pamja grafiko-numerike e rregullave

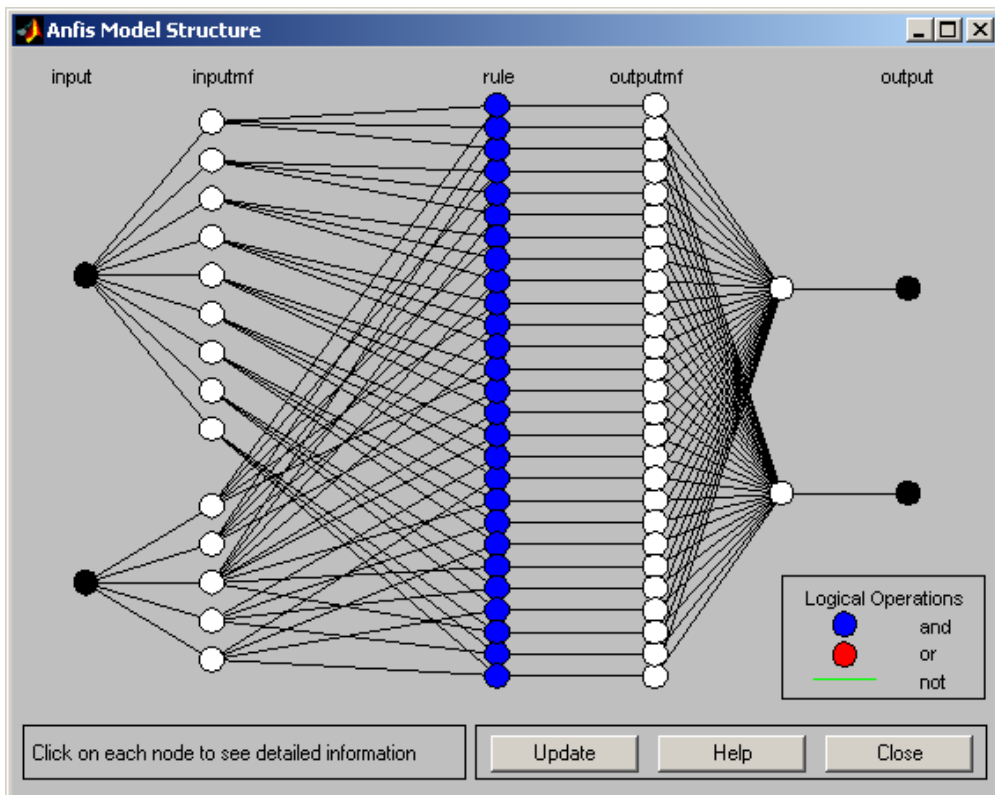


Figura II-46. FIS-file i paraqitur në formën “Anfis Model - Structure”

Nëse tani nga menyuja “View” shkojmë në “Surface” do të shohim paraqitjen grafike të funksionit dy dimensional: **T1 = rregullat(distanca, kendi)** si në Fig. II-47.

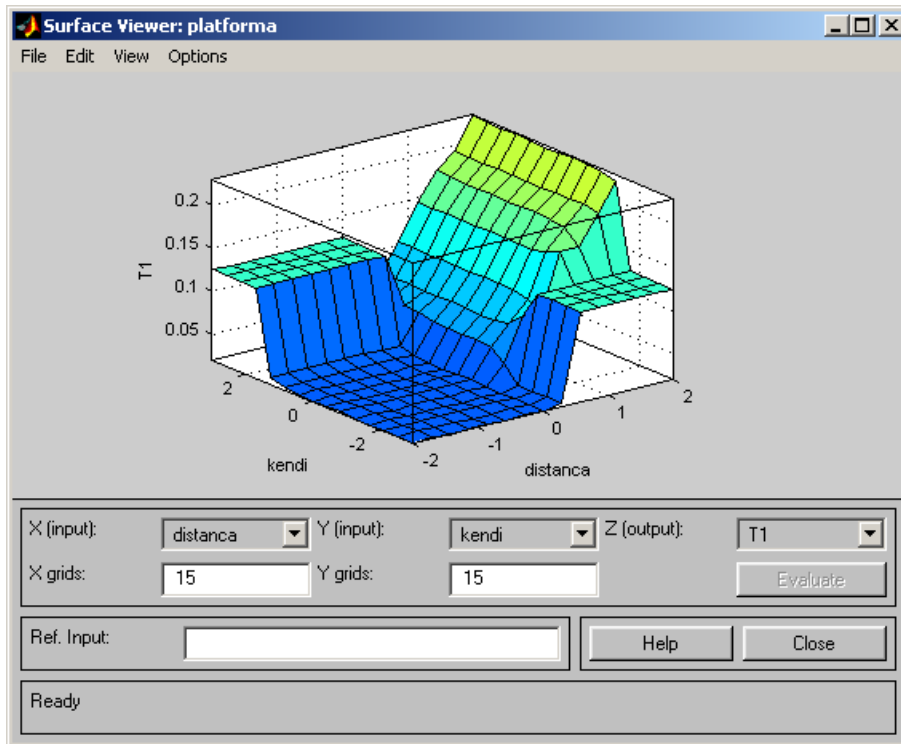


Figura II-47. Paraqitja grafike e FIS-file “Surface Viewer”

Nëse në “Command Window” e shkruajmë **platforma** përkatësisht për atë të llojit “Sugeno” **platform** dhe i ekzekutojmë me “ENTER” do të lexojmë këto përgjigje:

<pre>platforma =     name: 'platforma'     type: 'mamdani'     andMethod: 'min'     orMethod: 'max'     defuzzMethod: 'centroid'     impMethod: 'min'     aggMethod: 'max'     input: [1x2 struct]     output: [1x2 struct]     rule: [1x27 struct]</pre>	<pre>platform =     name: 'platform'     type: 'sugeno'     andMethod: 'prod'     orMethod: 'probor'     defuzzMethod: 'wtaver'     impMethod: 'min'     aggMethod: 'max'     input: [1x2 struct]     output: [1x2 struct]     rule: [1x27 struct]</pre>
---	--

## Pyetje në të cilat dhamë përgjigje në Pjesën e II-të

1. Çka është Fuzzy Logjik (FL)?
2. Çfarë thotë Albert Einstein për ligjet e matematikës?
3. Çfarë thotë Lotfi Zadeh për saktësinë?
4. FL-të a janë të vjetra apo të reja, çfarë pritet apo është duke u realizuar në kombinim me cilat teori tjera?
5. Cila shprehje ka të bëjë me saktësinë dhe cila me rëndësinë: Masa prej 1500kg është duke iu afruar kokës tuaj me shpejtësi 45.3m/s!; Kujdes një masë e madhe po bie mbi kokën tuaj me shpejtësi!
6. Për çfarë janë të **përshtatshme** FL-të? Shoqëroni me grafik gjykimet hyrje-dalje të FL-ve.
7. Si e arsyeton Lotfi Zadeh përdorimin e FL-ve në “Kutia e zezë”, pra pse?
8. Prezantoni disa konkludime rreth FL-ve?
9. Kur të mos përdoren FL-të?
10. Çfarë mund të bëjmë në Matlab/Fuzzy Logic Toolbox?
11. Sqaroni gjykimin jo-Fuzzy përmes ndonjë shembulli?, p.sh. Të shpërblimit për ushqimin e ofruar (përgatitur dhe shërbyer) në një restorant? Të përkufizimit të vikendit? Etj.
12. Sqaroni gjykimin Fuzzy përmes ndonjë shembulli?, p.sh. Të shpërblimit për ushqimin e ofruar (përgatitur dhe shërbyer) në një restorant? Të përkufizimit të vikendit? Etj. Prezantoni rregullat kryesore?
13. Veçoni disa funksione shoqëruese (membership function) të cilat përdoren në Fuzzy Logjik? Çfarë bëjnë ato me hyrjet dhe daljet e FL-ve?
14. Cilët janë operatorët logjik që përdoren te FL-të, prezantoni tabelat e saktësisë së tyre?
15. Sqaroni një rregull të thjeshtë IF-Then (nëse-atëherë) në përgjithësi dhe përmes një shembulli në veçanti?
16. Fuzzy Logjik bazohet në disa rregulla, në çka bazohet ndërtimi i rregullave?
17. Temperatura e CPU-së sillet prej 0 deri 110°C, mbi këtë temperaturë punuese duhet të ndalet puna e kompjuterit. Ventilatori ka katër shpejtësi rrotullimi, shkruani rregullat sipas të cilave duhet të ndërtohet rregullatori FL ashtu që kur starton kompjuteri (deri sa temperatura është nën 30°C) ventilatori i CPU-së të lëvizë me shpejtësi të vogël, kur të arrijë temperaturën 30°C të kalojë në shpejtësi mesatare, temperatura 60°C - shpejtësia normale, temperatura 90°C - shpejtësia e madhe. Prezantoni këto rregulla përmes një table?
18. Fuzzy Logjik a mund të përdoret për sisteme me shumë hyrje dhe shumë dalje (MIMO), nëse “PO” çfarë problemi hasim, nëse “JO” pse?
19. Cilat janë dy llojet kryesore të Fuzzy Logjik që mund të realizohen në Matlab/Fuzzy Logic Toolbox dhe çfarë i dallon ato?
20. Për përcjellje sa më të saktë të trajektoreve të robotit mobil informata hyrëse me rëndësi janë gabimi në distancë dhe këndë, duke analizuar si hyrje në FL gabimin në distancë d-NE (negativ), d-ZE (zero) dhe d-PO (pozitiv) kurse gabimin në kënd e-NE (negativ), e-ZE (zero) dhe e-PO (pozitiv) krijoni tabelën e rregullave sipas të cilave do të ndërtohet FL-ja ashtu që në dalje të kemi momentet rregulluese të rrotullimit të rrotave diferenciale, të cilat merrni dy vlerëshe T<sub>1,2</sub>-ZE (zero) dhe T<sub>1,2</sub>-PO (pozitiv)

Pjesa III-të  
Rrjetat Neurale Artificiale

### III.1. Rrjetat Neurale Artificiale, ANN-Artificial Neural Network

Termi “Inteligjencë Artificiale” (IA), në kuptimin e gjerë, përfshin një numër të teknologjive, por nuk është i kufizuar në to, siç janë sistemet eksperte, sistemet fuzzy logjike, rrjetat neurale, automatet celulare, sistemet kaotike dhe sistemet preliminare, etj (Tsoukalas 1997).

Rrjetat Neurale Artificiale (ANN-Artificial Neural Network) i qasen paraqitjes së modelimit me përdorim të hyrjeve dhe daljeve të sakta, të cilat janë përdorur gjatë “*ushtrimit*” të modelit, i cili ka shkallë të lirisë të mjaftueshme, që të formulojë aproksimim të mirë të relacioneve komplekse ndërmjet hyrjeve dhe daljeve. Një ndërlidhje e tillë duket si në Fig. III-1.

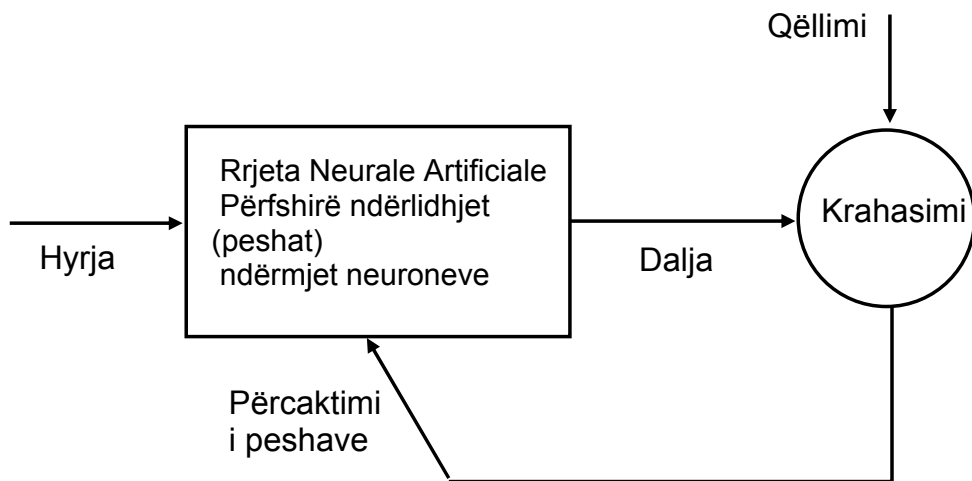


Figura III-1 Diagrami parimor i Rrjetës Neurale Artificiale

Në Fig. III-1. ANN-ja është përshtatur, bazuar në krahasimin e daljes dhe qëllimit, përderisa daljet e rrjetës nuk e arrijnë qëllimin. Zakonisht shumë çifte të hyrjeve/qëllimeve që përdoren, në këtë mësim të udhëhequr, për *ushtrim* të rrjetës.

ANN-të janë *ushtruar* për të përvetësuar funksionet komplekse në fusha të ndryshme të përdorimit, përfshirë vlerësimin e modeleve, indentifikimin, klasifikimin, të folurit, parashikimin dhe rregullimin e sistemeve.

### III.2 Çka janë ANN-të

ANN-të paraqesin ndërlidhje të rendit të lartë të procesimit adaptiv jolinear të elementëve procesues - neuroneve (Adeli 1995).

Kur të implementohen në harduerin digjital, dalja nga neuroni është shumë e thjeshtë ose prodhime të përcjella me funksione jolineare, p.sh., neuroni i McCulloch-Pitts (McCulloch 1943).

Një ANN s'është asgjë tjetër pos grup i neuroneve të ndërlidhura mes veti (Fig. III-2). Fortësi e lidhjeve, quhen peshat e rrjetës, të cilat adaptohen deri sa dalja e rrjetës të mos e arrijë përgjigjen e dëshiruar.

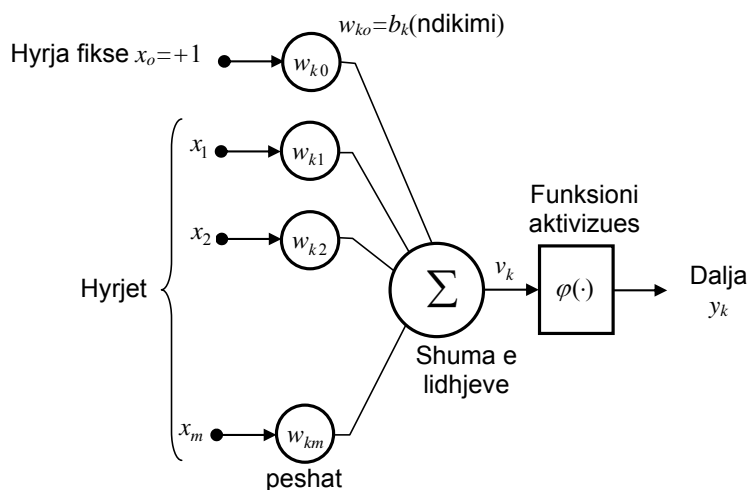


Figura III-2. ANN-ja me strukturë jolineare

Llogaritjet e shpërndara kanë përparësi sepse janë të sigurta, tolerimi i gabimit është minimal, por paraqesin problem në lokalizim të informatës, dhe zgjedhjes së topologjisë së ndërlidhjeve.

Adaptimi është aftësi e ndryshimit të parametrave të sistemit sipas disa rregullave (normalitetit, minimizimit të funksionit të gabimit, etj.). Adaptimi lejon sistemin që të gjejë vetitë optimale, por sistemet adaptive kanë përgjigje të paqartë meqë bëjnë përsëritjen e kuantitetit absolut. Jolineariteti është mjaft i mirë në rregullimin e rangut dinamik të variablave të padefinuara dhe prodhon skema mjaft të fuqishme llogaritëse, kur krahasohen me procesimin linear. Mirëpo, kjo e ndërlikon jashtëzakonisht analizën teorike.

Këto veçori të shpërndarjes së procesimit, adaptimit dhe jolinearitetit, janë shenjë dalluese e burimeve biologjike të sistemeve procesuese. ANN-të gjithashtu punojnë në bazë të parimeve të intelektit të njeriut, por me sa duket analogjia “**ndalet këtu**”. Ne jemi ende në shtegun fillestar të imitimit të intelektit njerëzor, bazuar në fortësinë e topologjisë së ANN-ve, kufizimeve dinamike të neuroneve dhe vonesës kohore si pasojë e llogaritjeve.

### III.3 ANN-të & sistemi nervor biologjik

ANN-të janë të projektuara për përpunim paralel të të dhënave, ndërmjet elementëve të thjeshtë.

Këta elemente janë të frymëzuar nga sistemet nervore biologjike (Bailey 1990).

Si në natyrë, funksioni i rrjetës është përcaktuar kryesisht prej lidhjeve ndërmjet elementeve.

Ne mund të *ushtrojmë* ANN-në ashtu që të nxjerrë një funksion të veçantë nga përshtatja e peshave ndërmjet elementeve.

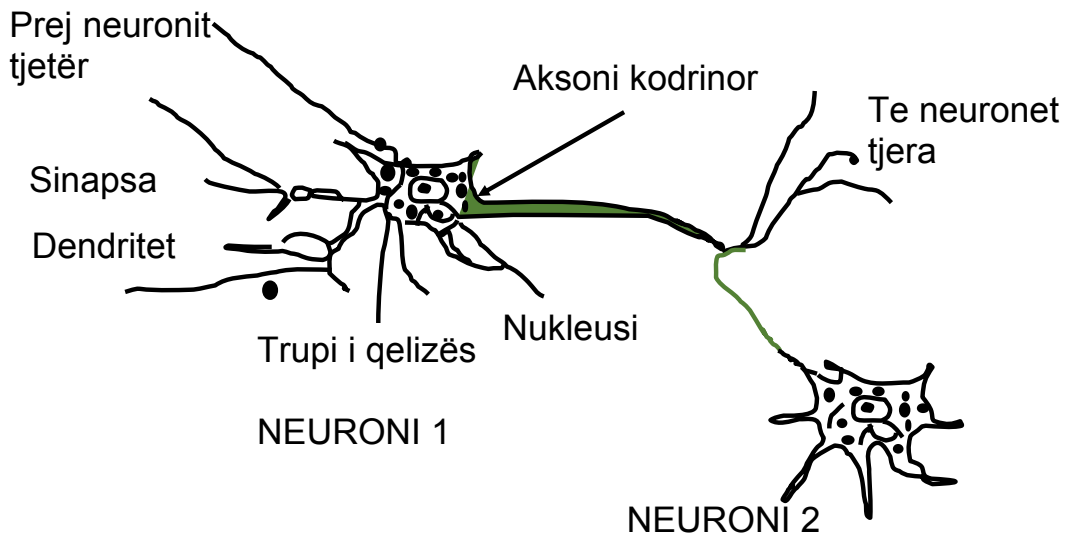


Figura III-3. Diagrami skematik i neuroneve tipike dhe qelizave nervore

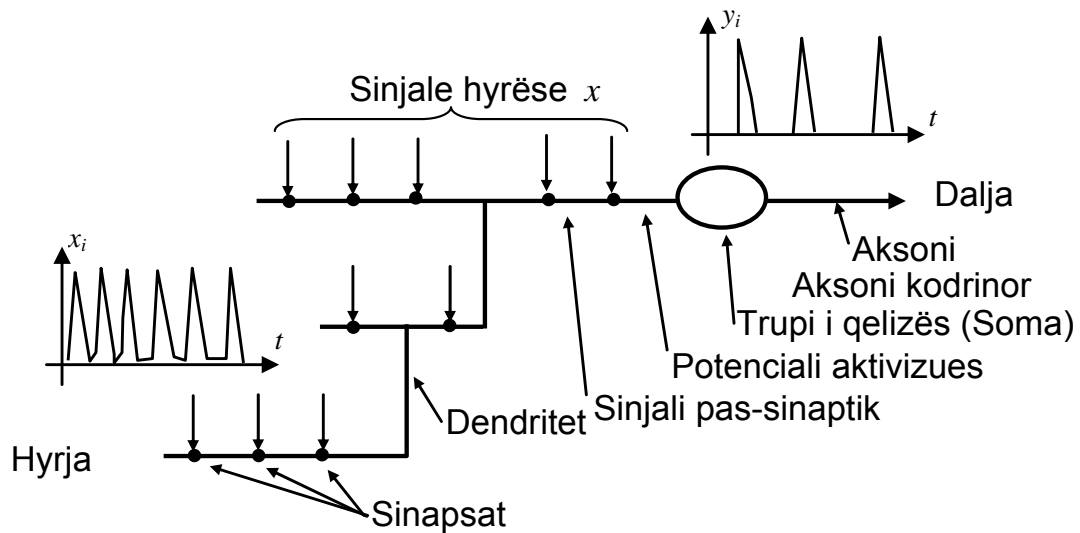


Figura III-4. Struktura konceptuale e neuronit biologjik



### III.4. Historiku i ANN-ve

ANN-të janë në zgjerim e sipër dhe interdisiplinariteti i tyre i bashkon matematikanët, fizicientët, neurobiologët, inxhinierët, programerët etj.

Janë të rralla fushat e studimit, për të cilat kaq shumë lloj hulumtues të veçantë, të kanë interes në hulumtimet rreth ANN-ve në një nivel shumë të lartë.

Teoria e ANN-ve ka filluar menjëherë me zbulimin e parë të qelizës nervore në organizëm, nga Ramon Y. Cajal dhe Charles S. Sherrington.

Sfidë menjëherë ka qenë zbulimi i parimeve që mund të bëjnë ndërlidhjet komplekse të elementeve relativisht të thjeshtë dhe të prodhojnë procese informatike të një shkalle të inteligjencës. Kjo sfidë është ende me ne edhe sot.

Puna e neuro-anatomistëve është duke arritur një shkallë të lartë shkencore, duke përshkruar ndërlidhjet në tru, si dhe psikologjinë, biokiminë dhe funksionimin e tij.

Puna e McCulloch-it dhe Pitts-it në modelim të neuronit ka qenë si portë për hyrje në njësitë logjike, duke mos harruar edhe Caianiello-in në Neuro-Dinamikë, që meritojnë të veçohen, sepse ata e filluan analizën e qarqeve neurale si mjet kthyes dhe si sistem jolinear dinamik.

Më vonë, hulumtuesit e trurit, filluan të studiojnë parimet themelore të funksionimit të tij (Braitenberg, Marr, Pellionisz, Willshaw, Rumelhart, Freeman, Grossberg), dhe implikimet në filozofi (Churchland).

Neurobiologët teorik u futën në ndërlidhjet e elementëve të thjeshtë dhe krijuan Automatin Celular (Tsoukalas 1997), i cili ishte prezent në punën e Norbert Wiener-it në kibernetikë dhe hapën rrugën e inteligjencës artificiale.

Kësaj teorie shpesh iu referohen ANN-të dhe do të vlerësohet këtu.

Qëllimi kryesor në zhvillimin e ANN-ve është modelimi i memories si veti kolektive e një grupi të elementeve procesues (von der Marburg, Willshaw, Kohonen, Anderson, Shaw, Palm, Hopfield, Kosko). Caianiello, Grossberg dhe Amari kanë studiuar parimet dinamike të rrjetave.

**Rosenblatt** ka krijuar perceptronin për drejtim të të dhënave (joparametrike) gjatë identifikimit të sistemeve.

**Adalin-et** (adaptive linear element – elementi linear adaptiv) e Widrow-it kanë gjetur përdorim dhe sukses në sistemet komunikuese.

Analogjia e Hopfield-it për llogaritjet dinamike dhe procesim paralel të të dhënave, ka hapur mundësinë që një audience të gjerë të mund të ketë njohuri themelore mbi ANN-të. Prej Konferencës së parë ndërkombëtare mbi ANN-të të mbajtur në San Diego, 1987, kjo lëmi është zhvilluar mjaft dhe është duke vazhduar, zhvillimi i ANN-ve vazhdon edhe në ditët e sotme.

### III.5. Përdorimi i ANN-ve

Aplikimet e para të rrjetave neurale i ka bërë kompania *DARPA Neural Network Study* [viti 1984], duke filluar me *kanalin ekuilibruet adaptiv*. Kjo pajisje, që pat sukses të jashtëzakonshëm komercial, paraqet një rrjetë neurale të thjeshtë të përdorur në distanca të mëdha për stabilizim të sinjalit të zërit te sistemet telefonike. Pastaj, nga po kjo kompani është prodhuar një *kodues i vogël i fjalëve*, monitori procesues, klasifikues të ndryshëm, hidro-lokalizues dhe analizator të sigurisë së sistemeve. ANN-të kanë gjetur aplikim të gjerë, në vijim po veçojmë disa përdorime në disa lëmi:

**Aeroteknikë:** Autopiloti për aeroplan me veti të larta, simulimi i rrugës së fluturimit, sistemet rregulluese të aeroplanëve, simulimet e komponentëve të aeroplanëve, zbulimi i defekteve tek aeroplanët.

**Automobilizëm:** Sistemi automatik i drejtimit të automobilit, analiza e aktiviteteve garantuese.

**Sisteme bankare:** Lexues të çeqeve dhe dokumenteve tjera.

**Pajisje ushtarake:** Dirigjimi i armatimit, përcjellja e cakt, zbulimi i objekteve, identifikimi i personave, llojet e reja të sensorëve, hidro-lokalizim, radarë të ndryshëm, komprimimi i të dhënave, caktimi i burimit dhe shuarjes së zhurmës, identifikimi dhe procesimi i sinjaleve/figurave.

**Elektronikë:** Parashikimi i kodeve, qarqet integrale, procese të rregullimit, analiza e dështimeve të qarqeve, sinteza e zërit, modelimi jolinear.

**Art dhe rekreacion:** Animacion, efekte speciale, parashikimi i tregut.

**Ekonomi:** Analiza e vlerës së patundshmërive, në lejim të huave, ekzaminimi i hipotekave, klasifikimi i marrëveshjeve të korporatave, analiza e kredive, programet tregtare të aksioneve, parashikimi i tregut të parave.

**Medicinë:** Analiza e qelizave kancerogjene, analizat EEG dhe ECG, optimizimi i kohës së transplateve.

**Nafta dhe Gasi:** Zbulimi i fushave të naftës dhe gasit

**Robotikë:** Rregullimi i trajektore, rregullimi i pirunjerëve, rregullimet manipuluese, sistemet parashikuese.

**Telekomunikime:** Komprimimi i të dhënave, shërbimet automate informative, përkthimi i gjuhëve drejtpërdrejt, sistemet procesuese të pagesave të konsumatorëve.

**Transport:** Sistemet diagnostike të frenave të kamionëve, planifikimi i automjeteve.

### III.6. Analiza e ANN-ve

Në nivelin më të lartë të analizës së ANN-ve është analiza e modelit neural. Modelet neurale kanë sjellje dinamike (Freeman 1991). Në rastet më të shpeshta modeli neural është model shtesë [Amari, Grossberg, Carpenter].

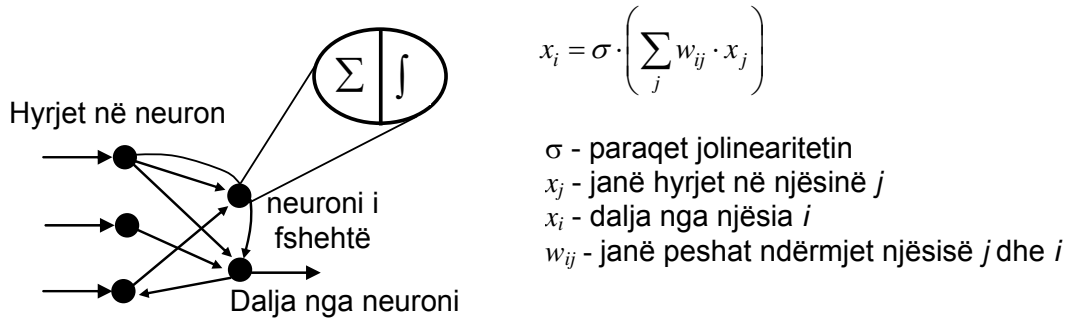


Figura III-5 Ndërtimi i blloqeve të ANN-ve

Ekuacioni neuro-dinamik ka formën:

$$\frac{dx_i}{dt} = -\tau \cdot x_j + \sigma \cdot \left( \sum_j w_{ij} \cdot x_j \right) + I_j \quad (III.1)$$

ku:  $I_j$ -hyrja e mundshme në njësinë e  $i$ -të,  $\tau$  - koha konstante e njësisë,  $\sigma$  - jolineariteti, dhe  $w_{ij}$  peshat e ndërlidhjeve.

Vërejmë se në këtë model, peshat nuk varen drejtpërdrejt nga hyrjet. Ky model përdoret te shumica e ANN-ve (Perceptroni shumështrësor dhe Rrjetat e Hopfield-it). Lloj tjetër i modelit neural është modeli drejtues i Grossberg-it, ku peshat varen drejtpërdrejt nga hyrjet. Në Fig. III-6., është paraqitur skema e detajizuar e njërit nga neuronet.

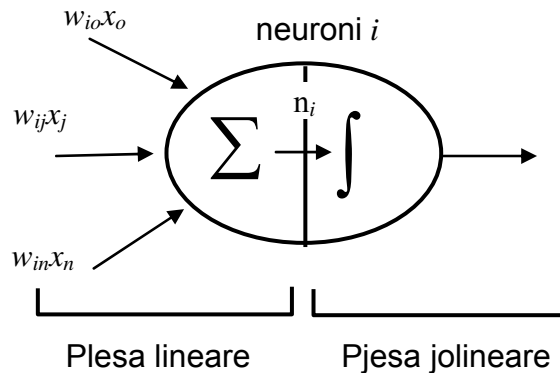


Figura III-6. Skema e neuronit

Mund të identifikohen dy lloje themelore të neuroneve: **lineare** - funksioni aktivizues është linear, pra dalja nga neuroni definohet si shumë e produktit ndërmjet peshave dhe hyrjeve:

$$n_i = \sum_j w_{ij} x_j \quad (III.2)$$

ku:  $w_{ij}$  – pesha ndërmjet neuronit II-tëdhe hyrjes  $j$ -të.

dhe **jolinear të çastit**, të cilët daljen lineare  $n_i$ e transformojnë në një dalje  $x_i$ , duke e aktivizuar ndonjë funksion jolinear  $\sigma$ :

$$x_i = \sigma(n_i) \quad (III.3)$$

Në përgjithësi, forma e funksioneve aktivizuese jolineare është e qetë, monotono-rritëse dhe funksione të kufizuara. Në Fig. III-7 janë paraqitur disa funksione jolineare që përdoren më shumë.

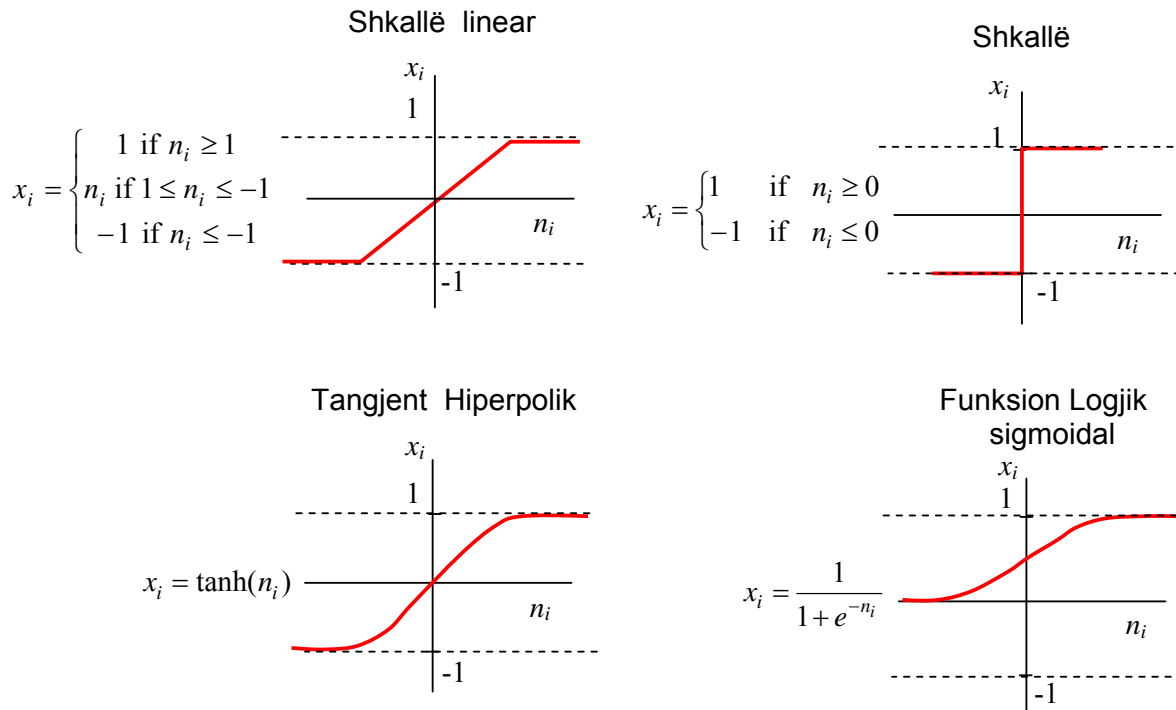


Fig. III-7. Lloje të ndryshme të funksioneve aktivizuese jolineare.

### III.7. Struktura e ANN-ve

Siç u tha më parë, ANN-të paraqesin ndërlidhje të disa neuroneve.

Mënyra e ndërlidhjes së neuroneve, paraqet element kyç për klasifikimin e ANN-ve.

Le të fillojmë me një rast të përgjithshëm, ANN-ja me ndërlidhje të plota (Wasserman 1990).

Sipas definicionit, secili neuron ndërlidhet me secilin neuron, përfshirë edhe vetveten.

Prandaj, matrica e peshave do të jetë e plotë (me të gjitha elementet).

Në Fig. III-8 është paraqitur ANN-ja me ndërlidhje të plota.

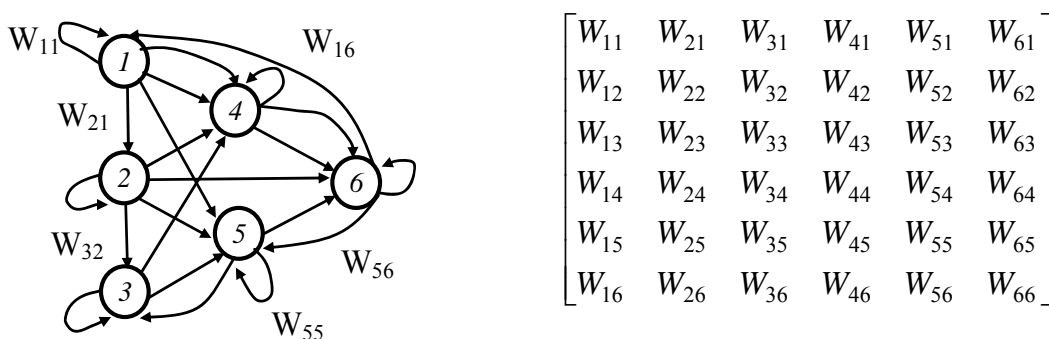


Fig. III-8. ANN-ja me neuronet dhe matricën e peshave

Ky lloj i rrjetës (Fig. III.8) quhet **rrjetë kthyese**. Te rrjetat kthyese, disa nga lidhjet mund të mos jenë aktive, por ekziston lidhja kthyese.

Një hyrje prezente në rrjetën kthyese në kohën  $t$ , do të ndikojë në daljet e rrjetës në kohën e ardhshme  $t+\Delta t$ , ku  $\Delta t$ - hapi kohor.

Prandaj, rrjetat kthyese duhet të jenë dhe janë operative në funksion të kohës.

Nëse matrica e peshave është e definuar ashtu që, nuk lejon llogaritje përsëritëse dhe aktivitete vetanake (ndërlidhje e neuronit me vet-veten) atëherë rrjeta e tillë quhet ANN njëkahore.

Karakteristikë e rrjetave njëkahore është se menjëherë pas paraqitjes së hyrjes në rrjetë, dalja nga ajo është valide. Lloje të veçantë të rrjetave njëkahore, janë rrjetat me shtresa, të cilat quhen edhe **perceptrone shumëstresore (multilayer perceptron - MLP)**.

Ky emërtim në të vërtetë vjen nga rrjeta e Rosenblatt-it, e cila është quajtur perceptron, që përbëhet nga një shtresë e vetme me neurone jolineare, pa lidhje kthyese.

Perceptroni shumëstresor, ka strukturë të tillë të neuroneve, ashtu që ato janë të grupuara në shtresa të veçanta.

Shtresat që janë të mbyllura në vetvete (nuk janë të lidhura me hyrjet dhe daljet drejtpërdrejt) quhen **shtresa të fshehta** (Fig. III-9 neuronet 4 dhe 5).

Shtresa e cila i pranon hyrjet në rrjetë, quhet **shtresa hyrëse** (Fig. III-9 neuronet 1, 2 dhe 3), kurse shtresa që është në kontakt me daljet e rrjetës quhet **shtresë dalëse** (Fig. III-9 neuroni 6).

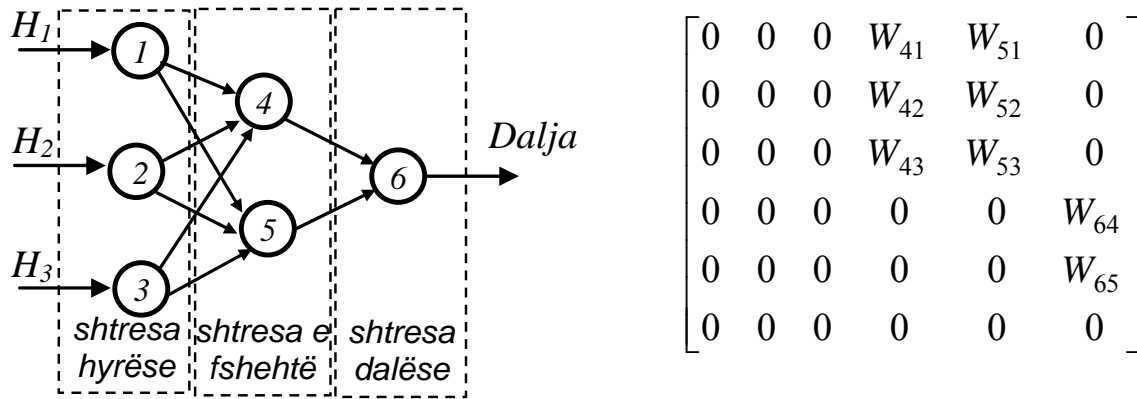


Fig. III-9. Struktura e ANN-ja trishtresore

### III.8. Ushtrimi i ANN-ve

*Ushtrimi* - simulimi i tyre në problem konkret, ka rëndësi themelore për përdorime praktike të ANN-ve. Nëse gjatë *ushtrimit* të ANN-ve nuk merren në konsiderim karakteristikat themelore por nganjëherë edhe dytësore të llojit të problemit, pasqyra e ushtrimit të rrjetës mund të jetë shumë joreale.

Kështu, këtë do ta vërejmë gjatë testimit të rrjetës, ku do të japë efekte të padëshirueshme. Rregullat e përgjithshme duhet të formulohen duke u bazuar në sa më shumë të dhëna dhe ato të jenë sa më të sakta.

Nëse për një të dhënë nuk jemi të sigurt në saktësinë (vërtetësinë) e saj, më mirë është të neglizhohet se të merret parasysh.

Nëse nuk kemi mjaft të dhëna për të ushtruar ANN-në, atëherë tendenca për të vazhduar në zgjedhjen e problemit tuaj me ANN nuk është zgjedhja më e mirë. Të kuptuarit e problemit me qëllim të zgjidhjes së tij.

### III.9. Madhësia e ANN-ve

Madhësia e rrjetës nënkupton numrin e tërësishëm të neuroneve që do të përdoren. Nga njohuritë tona, përcaktimi i madhësisë së rrjetës bëhet më tepër me eksperimentime – simulime kompjuterike.

Teoria e përgjithësimit të kësaj problematike është duke provuar të zhvillohet, por ende është e vështirë të përdoret në problemet e veçanta [VP dimensionim, Vapnik]. Problematika është si në vijim: Numri i neuroneve në shtresën e fshehtë është i shoqëruar me shtresën hyrëse në njërin anë dhe atë dalëse në anën tjetër. **Numri i madh i neuroneve** - rrjeta rezulton me numër të madh të operacioneve matematikore, rezultat **rrjeta e ngadalshme**.

Nëse marrim numër të vogël të neuroneve, rrezikojmë të fitojmë rezultate kundërthënëse, të padëshiruara etj.

Një propozim është që të fillohet me numër të vogël të neuroneve dhe të bëjmë teste, derisa nuk arrihet rezultati i dëshiruar (procesi i Fahlman-it).

Disa autorë tjerë propozojnë të fillojmë me **numër të madh të neuroneve, dhe me teste të zvogëlojmë ato**. Pastaj propozohet të eliminohen ato lidhje tek të cilat vlera e peshës është shumë e vogël etj.

**Bazuar në këto që u prezantuan më lartë**, dhe unë (A. Shala) në hulumtimet, eksperiencën, punimet shkencore të nivelit kombëtar dhe ndërkombëtar, kam **ngritë tezën se madhësia e ANN-ve mund/duhet të përcaktohet me përdorim të algoritmeve gjenetike** e “ndoshta” të ndërhyhet edhe më thellë në ndërlidhjet e neuroneve të saj [32].



### III.10. Projektimi i ANN-ve – Algoritmi transmetues kthyes (Backpropagation Algorithm)

ANN njëkahore standarde me tri shtresa e paraqitur në Fig. III-10, për përdorim p.sh. në robot mobil, propozohet më së shumti nga autorë të ndryshëm, për rastet kur kemi të bëjmë me përcjelljen e trajektores përkatësisht llogaritjen e pozicionit/shpejtësisë/nxitimit rregullues, përkatësisht momenteve rregulluese. Ajo përbëhet nga hyrjet-shtresa hyrëse, shtresa e fshehtë jolineare dhe daljet-shtresa dalëse lineare.

Hyrje në rregullatorin ANN janë marrë:

$v^d$  - pozicioni i dëshiruar,

$\dot{v}^d$  - shpejtësia e dëshiruar, dhe  $\ddot{v}^d$  - nxitimi i dëshiruar.

Hyrjet  $X = [(v^d)^T, (\dot{v}^d)^T, (\ddot{v}^d)^T]^T$  janë shumëzuar me peshat  $V_{ij}$  dhe janë mbledhur në neuronet e shtresës së fshehtë. Pastaj neuronet e shtresës së fshehtë aktivizojnë funksionin sigmoidal jolinear,  $f(*)$ , vlerat e të cilit sillen ndërmjet 0 e 1:

$$f(*) = \frac{1}{1 + \exp(-(*))} \quad (\text{III.4})$$

Sa i përket funksioneve që duhet të aktivizojnë neuronet në shtresën e fshehtë dhe atë dalëse, janë bërë propozime dhe testime të shumta nga një varg autorësh, por ajo që do të veçojmë është ANN – ja (e gatshme për aplikim në Matlab), e projektuar nga G. Campa [31]. Dallueshmëria kryesore e kësaj ANN-je, qëndron në atë se këtu funksionet që aktivizohen në neuronet e shtresës së fshehtë dhe atë dalëse janë të ashtuquajtura sigmoidale të zgjeruara:

$$f(*) = L \frac{U - L}{1 + \exp(-(*))} \quad (\text{III.4a})$$

ku:  $L$  – kufiri i epërm (max) dhe  $U$  – kufiri i poshtëm (min) i variablës hyrëse (\*).

Algoritmi i mësimi të peshave është po ai *backpropagation*. Kjo rrjetë ndryshe quhet edhe dyshe-e-zgjeruar-sigmoidale (*double-extended-sigmoidal*).

ANN-ja dyshe-e zgjeruar-sigmoidale e kemi përdorur në simulimet në robot mobil dhe këto rezultate i kemi krahasuar me ANN-në sigmoidale – lineare, si për 100% të modelit të njohur ashtu edhe për 50% të modelit të panjohur gjithashtu edhe në robotin real dhe nga të gjitha këto ka rezultuar se për përcjellje të trajektores **më e mirë** është ANN-ja **Sigmoidal – Lineare** [32].

Sinjali që del nga neuronet e shtresës së fshehtë, shoqërohet me peshat përkatëse  $W_{jk}$ , dhe dërgohet në **shtresën dalëse** në të cilën i nënshtrohet funksionit **mbledhës linear**.

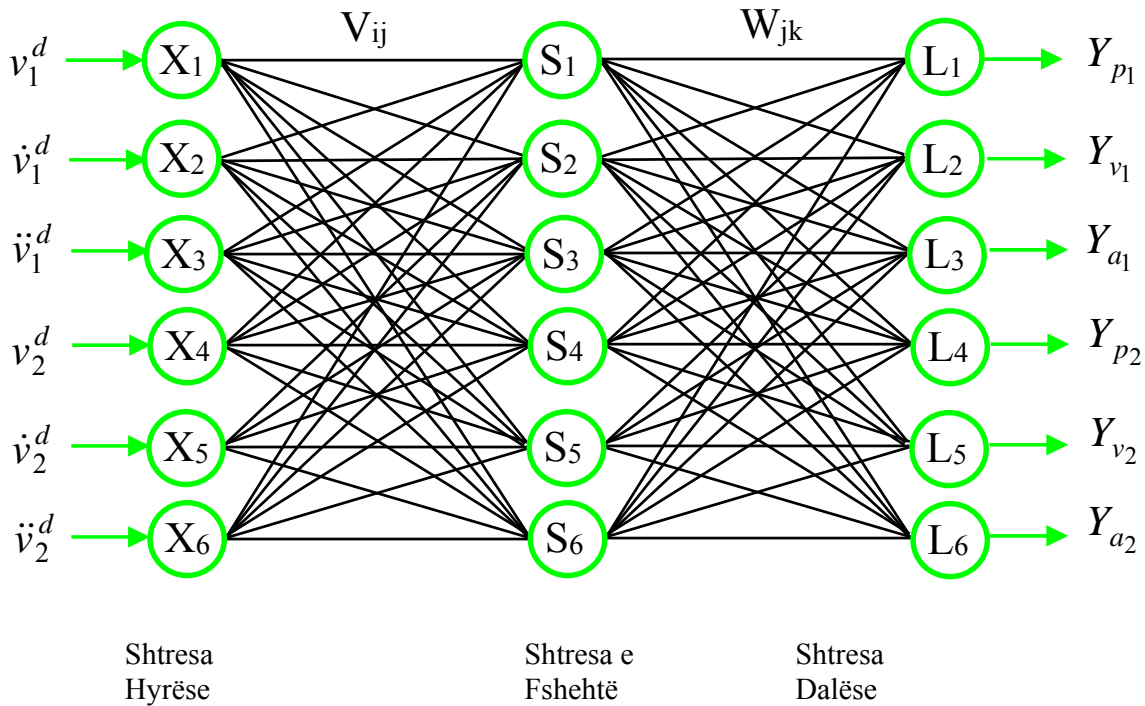


Figura III-10. Struktura e ANN-së tri-shtesore për robotin mobil

Dalja nga shtresa dalëse njëherësh do të jetë **pozicioni/shpejtësia/nxitimi rregullues** për shkallën e lirisë përkatëse të robotit mobil, të cilat në bazë të asaj që u tha më lartë, llogariten me shprehjen:

$$Y = \sum_{j=1}^{n_f} W_{jk} \cdot \frac{1}{1 + \exp\left(-\sum_{i=1}^{n_h} X_i V_{ij}\right)} \quad (\text{III.5})$$

ku:

$n_h$  - numri i hyrjeve,

$n_f$  - numri i neuroneve në shtresën e fshehtë,

$X_i$  - hyrja e II-të,

$V_{ij}$  - pesha ndërmjet hyrjes së II-të dhe neuronit të  $j$ -të të shtresës së fshehtë,

$W_{jk}$  - pesha ndërmjet neuronit të  $j$ -të, shtresa e fshehtë dhe neuroni  $k$ -të i daljes.

Peshat  $V_{ij}$  dhe  $W_{jk}$  paraqesin elemente kyç të **ushtrimit – mësimit** të skemës rregulluese, me qëllim të përcjelljes sa më të mirë të trajektorës së dëshiruar. Këto pesha për ciklin e ushtrimit ( $\gamma$ ) sipas të ashtuquajturës **rregulla Delta**, llogariten me shprehjet:

$$\begin{aligned} V_{ij}(\gamma) &= V_{ij} \cdot (\gamma - 1) + \alpha \cdot \Delta V_{ij} \cdot (\gamma - 1), \\ W_{jk}(\gamma) &= W_{jk} \cdot (\gamma - 1) + \alpha \cdot \Delta W_{jk} \cdot (\gamma - 1), \end{aligned} \quad (III.6)$$

ku:  $(\gamma - 1)$  - parqet ciklin paraprak,  $\alpha$  - koeficient konstant momental që merret:  $0 < \alpha < 1$ , apo zakonisht  $\alpha = 0.9$ ,  $\Delta(*)$  - paraqet ndryshimin e peshave ndërmjet dy cikleve të njëpasnjëshme.

Rregullatori ANN ka për detyrë të minimizojë gabimin kuadratik të përcjelljes së trajektorës, prandaj ligji i ushtrimit të peshave minimizon funksionin objektiv të peshave, i cili është funksion kuadratik i gabimit  $e$ , pra:

$$F(E) = \frac{1}{2} \cdot (E^T \cdot E) \quad (III.7)$$

$$\text{ku: } E = [e^T, \dot{e}^T, \ddot{e}^T], \quad e = v^d - v, \quad \dot{e} = \dot{v}^d - \dot{v} \text{ dhe } \ddot{e} = \ddot{v}^d - \ddot{v}.$$

Gradienti i ekuacionit (III.7) është:

$$\frac{\partial F(E)}{\partial w} = \frac{\partial E^T}{\partial w} \cdot E = - \left[ \frac{\partial v^T}{\partial w} \quad \frac{\partial \dot{v}^T}{\partial w} \quad \frac{\partial \ddot{v}^T}{\partial w} \right] \cdot E \quad (III.8)$$

Nga skemat e rregullimit të paraqitura në Fig. III-1 dhe Fig. III-5, pozicioni / shpejtësia / nxitimi rregullues  $Y$  janë në funksion të variablës  $W$ , ashtu që:

$$\frac{\partial E^T}{\partial w} = - \left[ \frac{\partial v^T}{\partial Y_p} \cdot \frac{\partial Y_p}{\partial w} \quad \frac{\partial \dot{v}^T}{\partial Y_v} \cdot \frac{\partial Y_v}{\partial w} \quad \frac{\partial \ddot{v}^T}{\partial Y_a} \cdot \frac{\partial Y_a}{\partial w} \right] \quad (III.9)$$

ku derivatet e zgjeruara

$$\frac{\partial v^T}{\partial Y_p}, \quad \frac{\partial \dot{v}^T}{\partial Y_v}, \quad \frac{\partial \ddot{v}^T}{\partial Y_a} \quad (III.10)$$

i përkasin modelit dinamik të robotit mobil, të njohur. Mirëpo është e qartë se modeli dinamik asnjëherë nuk është plotësisht i njohur, prandaj, meqë propozohet nga shumë autorë, edhe ne kemi përdorë gabimin ideal linear të skemës rregulluese:

$$\ddot{e} + K_v \cdot \dot{e} + K_p \cdot e = 0 \quad (III.11)$$

përkatësisht:

$$(\ddot{v}^d - \ddot{v}) + K_v \cdot (\dot{v}^d - \dot{v}) + K_p \cdot (v^d - v) = 0 \quad (III.12)$$

dhe nëse në vend të variablave të dëshiruara marrim daljet e ANN-së do të kemi:

$$(Y_a - \ddot{v}) + K_v \cdot (Y_v - \dot{v}) + K_p \cdot (Y_p - v) = 0 \quad (III.13)$$

i cili bënë kompensimin e pasaktësive të modelit.

Kështu ndryshimet (III.10) llogariten në shprehjen (III.13) dhe ekuacioni (III.8) merr formën:

$$\frac{\partial F(E)}{\partial w} = - \left[ \frac{\partial Y_p}{\partial w} \quad \frac{\partial Y_v}{\partial w} \quad \frac{\partial Y_a}{\partial w} \right] \cdot J^T \cdot E \quad (III.14)$$

ku:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial v}{\partial Y_p} & \frac{\partial v}{\partial Y_v} & \frac{\partial v}{\partial Y_a} \\ \frac{\partial \dot{v}}{\partial Y_p} & \frac{\partial \dot{v}}{\partial Y_v} & \frac{\partial \dot{v}}{\partial Y_a} \\ \frac{\partial \ddot{v}}{\partial Y_p} & \frac{\partial \ddot{v}}{\partial Y_v} & \frac{\partial \ddot{v}}{\partial Y_a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & K_p^{-1} K_v & K_p^{-1} \\ K_v^{-1} K_p & I & K_v^{-1} \\ K_p & K_v & I \end{bmatrix} \quad (III.15)$$

ku:  $J$  paraqet matricën e Jakobianit për model, e cila siç shihet nga (III.15) varet vetëm nga karakteristikat e rregullatorit konvencional PD.

Ndryshimi i peshave ndërmjet dy cikleve tani llogaritet me shprehjen:

$$\Delta V(\gamma) = -\eta \cdot \frac{\partial F(E)}{\partial w} + \alpha \cdot \Delta V(\gamma - 1) \quad (III.16)$$

ku:  $\eta$  - paraqet konstantën e sasisë së ushtrimit-mësimit të ANN-së dhe vlera e saj merret:  $0 < \eta < 1$  por sa më afër zeros.

Me caktimin e ndryshimeve (derivateve) në ekuacionin (III.8) duke përdorë shprehjen (III.5) do të fitojmë të ashtuquajturin “**algoritëm transmetues kthyes – backpropagation algorithm**” të ndryshimit të peshave:

$$\Delta V_{ij}(\gamma) = \eta \cdot S_j \cdot (1 - S_j) \cdot X_i \cdot \left[ \sum_{k=1}^{n_d} v_k \cdot W_{jk} \right] + \alpha \cdot \Delta V_{ij}(\gamma - 1), \quad (III.17)$$

$$\Delta W_{jk}(\gamma) = \eta \cdot S_j \cdot v_k + \alpha \cdot \Delta W_{jk}(\gamma - 1),$$

ku: dalja nga neuroni i shtresës së fshehtë është:

$$S_j = \frac{1}{1 + \exp\left(-\sum_{i=1}^{n_h} X_i V_{ij}\right)},$$

kurse dalja  $k$  nga neuroni i shtresës dalëse është:

$$Y_k = \sum_{i=1}^{n_h} S_j W_{jk}$$

$n_d$  - numri i neuroneve të shtresës dalëse,

$v_k$  - elementi i  $k$ -të i vektorit:

$$v = J^T \cdot \begin{bmatrix} e^T & \dot{e}^T & \ddot{e}^T \end{bmatrix}^T.$$

### III.11.1 Dizajnimi i Rrjetës Neurale Artificiale Double-Sigmoidal [31] në Matlab/Simulink

Këtë ANN e ka dizajnuar në Matlab/Simulink G. Campa [31]. Karakteristikë kryesore e kësaj ANN-je është përdorimi i funksioneve në neuronet e shtresës së fshehtë dhe asaj dalëse të ashtuquajtura sigmoidale të zgjeruara:

$$f(*) = L + \frac{U - L}{1 + \exp(-(*))}$$

Kjo ANN përdoret për aproksimimin adaptiv (mundësisht jo-linear) të vektorit të daljeve  $Y = f(X)$ , me vektorin e hyrjeve  $X$  në funksion të kohës.

**Hyrja e parë** në ANN është variabla  $X$ .

**Hyrja e dytë** në ANN është sinjali i gabimit (p.sh.  $e=Y-Y_s$ ).

**Hyrja e tretë** është aktivizimi i të mësuarit të ANN-së:

Nëse  $LE=1$  të mësuarit është aktiv, nëse  $LE=0$  të mësuarit është jo-aktive.

**Dalja e parë** nga ANN-ja është funksioni i mësuar  $Y_s(x)$ .

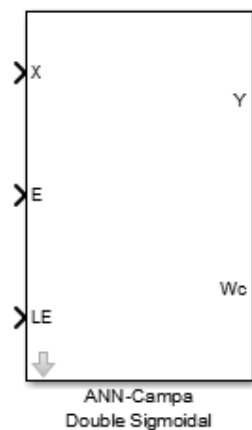
**Dalja e dytë** nga ANN-ja është  $Wc$  matrica e peshave në kolonë.

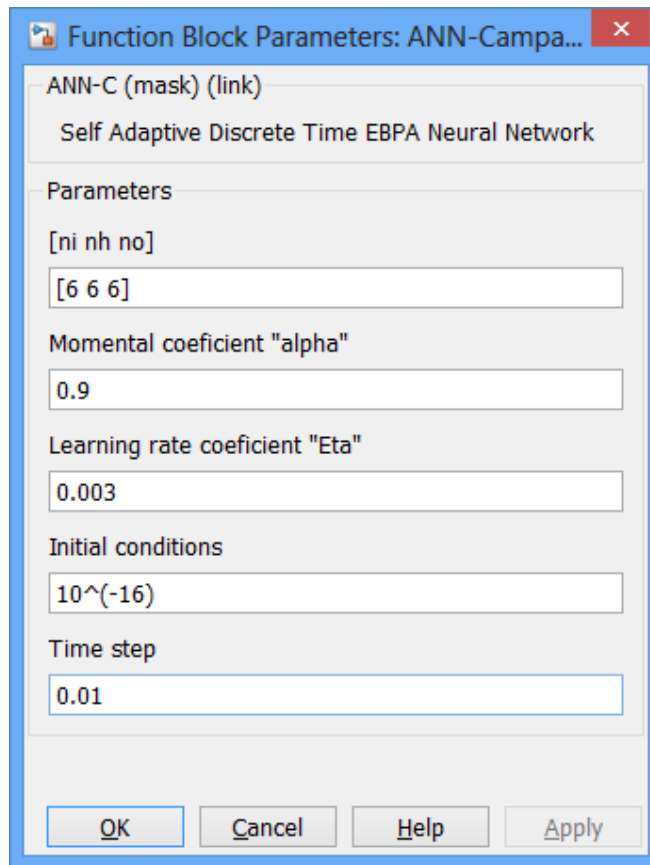
**Parametrat e parë** të kësaj ANN-je janë:

**ni** - numri i neuroneve në hyrje

**nh** - numri i neuroneve në shtresën e fshehtë

**no** – numri i neuroneve në shtresën dalëse





**Parametri i dytë** është koeficienti momental “**alpha**” i cili mund të merr vlerat  $0 < \mathbf{alpha} < 1$ , zakonisht afër 1.

**Parametri i tretë** është koeficienti i shkallës së mësimit “**Eta**” i cili mund të merr vlerat  $0 < \mathbf{Eta} < 1$ , zakonisht afër 0.

**Parametri i katërt** është për peshat fillestare  $\mathbf{V}_{ij}$  dhe  $\mathbf{W}_{jk}$ , zakonisht fillohet me vlera të shpërndara random, shumë të vogla p.sh rreth  $10^{-16}$ . Ky parametër shumëzton vektorin fillestar me  $2 * (\mathbf{nh} * (\mathbf{ni} + \mathbf{no}) + 4 * (\mathbf{no} + \mathbf{nh}))$ , elemente.

**Parametri i pestë** këtu paraqet hapin kohor.

**Parametra tjerë** të kësaj ANN-je janë:

- 1) peshat që shoqërojnë lidhjet ndërmjet neuroneve në hyrje dhe atyre në shtresën e fsheht ( $\mathbf{V}$ )
- 2) peshat që shoqërojnë lidhjet ndërmjet neuroneve në shtresën e fshehtë dhe asaj dalëse ( $\mathbf{W}$ )
- 3) Vektri i parametrave [ $\mathbf{Pw Uo Lo To Pv Uh Lh Th}$ ]

### Vektori i gjendjes nënkupton:

Gjendja është vektor kolonë i përberë nga pjesë të cilat kanë nga  $nh*(ni+no)+4*(no+nh)$  elemente.

Gjendja në pjesën e parë është e organizuar si në vijim:

$[1...nh*ni]$ : peshat që shoqërojnë lidhjet nga hyrja me shtresën e fshehtë.

$nh*ni+[1...no*nh]$ : peshat për lidhjet nga shtresa e fshehtë me shtresën dalëse.

$nh*ni+no*nh+[1...no]$ : vektori i pragut të daljeve nga shtresa e fshehtë (Pv).

$nh*ni+no*nh+no+[1...no]$ : kufiri i epërm i funksioneve, shtresa dalëse (Uo).

$nh*ni+no*nh+2*no+[1...no]$ : kufiri i poshtëm i funksioneve, shtresa dalëse (Lo).

$nh*ni+no*nh+3*no+[1...no]$ : rënia e funksionit të shtresës dalëse (To).

$nh*ni+no*nh+4*no+[1...nh]$ : vektori i pragut nga hyrjet kah shtresa e fshehtë (Pw).

$nh*ni+no*nh+4*no+nh+[1...nh]$ : kufiri i epërm i funksioneve, shtresa e fshehtë (Uh).

$nh*ni+no*nh+4*no+2*nh+[1...nh]$ : kufiri i poshtëm i funksioneve, shtresa e fshehtë (Lh).

$nh*ni+no*nh+4*no+3*nh+[1...nh]$ : vektori i pragut nga shtresa e fshehtë kah daljet (Th).

Pjesa e dytë e vektorit të gjendjes përmban filtrin e gabimeve që disi paraqet rritjen e elementeve të pjesës së parë të vektorit të gjendjes.

### Përshkrimi i algoritmit të ANN-së:

Kjo ANN është dy shtresore, sigmoidale, në të cilën pra përdoret funksioni i zgjeruar:

$$f(s) = L + (U-L)/(1+\exp(-s/T))$$

ku s është hyrja në funksion, L kufiri i poshtëm, U kufiri i epërm dhe T hapi kohor.

Ky funksion kthehet në sigmoidal të zakonshëm për  $L=0$ ,  $U=1$  dhe  $T=1$ .

Që të kemi formën e transformimit  $y=A*x+b$  lidhim hyrjen dhe shtresën e fshehtë me daljen.

Algoritmi i mësimi lejon parametra të ndryshëm A,b,L,U,T për secilën shtresë. Një rregull e zgjeruar gradientë, e strukturuar sipas algoritmit transmetues kthyes, përdoret për të ndryshuar-update parametrat.

Shkurtesa EBPA d.m.th Extended BackPropagation Algorithm, dhe paraqet arkitekturën e kësaj Rrjete Neurale.

### Ekuacioni i daljes:

Për një kohë të dhënë t, nëse  $x(t)$  është vektori i daljes, atëherë elementi i i-të i vektorit të daljeve nga **shtresa e fshehtë** është:

$$z(i,t) = Lh(i,t) + (Uh(i,t)-Lh(i,t))/(1+\exp(-(V(i,t)*x(t)+Pv(i,t))/Th(i,t)))$$

ku:

Lh(i,t) është elementi i-të i vektorit të kufirit të poshtëm (shtresa e fshehtë),  
 Uh(i,t) është elementi i-të i vektorit të kufirit të epërm (shtresa e fshehtë),  
 Th(i,t) është elementi i-të i vektorit të pragut (shtresa e fshehtë),  
 V(i,t) është rreshti i-të i matricës së peshave hyrje – shtresë e fshehtë, dhe  
 Pv(i,t) është elementi i-të i vektorit të pragut nga hyrja kah shtresa e fshehtë.

Kështu elementi i i-të i **vektorit të daljes nga ANN** është:

$$y_s(i,t) = L_o(i,t) + (U_o(i,t) - L_o(i,t)) / (1 + \exp(-(W(i,t) * z(t) + P_w(i,t)) / T_o(i,t)))$$

ku:

L<sub>o</sub>(i,t) është elementi i-të i vektorit të kufirit të poshtëm (shtresa e daljeve),  
 U<sub>o</sub>(i,t) është elementi i-të i vektorit të kufirit të epërm (shtresa e daljeve),  
 T<sub>o</sub>(i,t) është elementi i-të i vektorit të pragut (shtresa e daljeve),  
 W(i,t) është rreshti i-të i matricës së peshave shtresë e fshehtë - dalje, dhe  
 P<sub>w</sub>(i,t) është elementi i-të i vektorit të pragut nga shtresa e fshehtë kah ajo e daljeve.

#### **Ekuacioni i gjendjes (Algoritmi i mësimi):**

Nisemi nga vektori i gabimit  $e(t) = y(t) - y_s(t)$  për kohën  $t$ , vektori  $X(t)$  që përmban  $n_h * (n_i + n_o) + 4 * (n_o + n_h)$  gjendjet e para të ANN-së ndryshohet sipas rregullës së zgjeruar gradiente:

$$X(t+T) = X(t) - \eta * (dys/dX) * e(t) + Z(t)$$

ku:  $\eta$  është shkalla e mësimi,  $dys/dX$  është matrica e Jakobianit,

$T$  është koha e shqyrtimit, dhe

$Z(t)$  paraqet kontributin shtesë nga gabimi i filtruar:

$$D(t+1) = \alpha * D(t) - \eta * (dys/dX) * e(t)$$

$$Z(t) = \alpha * D(t)$$

Shkalla e filtrimit, parametri  $\alpha$ , quhet "momental", nëse  $\alpha = 0$ ,

Ligji i ndryshimit reduktohet në rregullën e zakonshme gradiente.

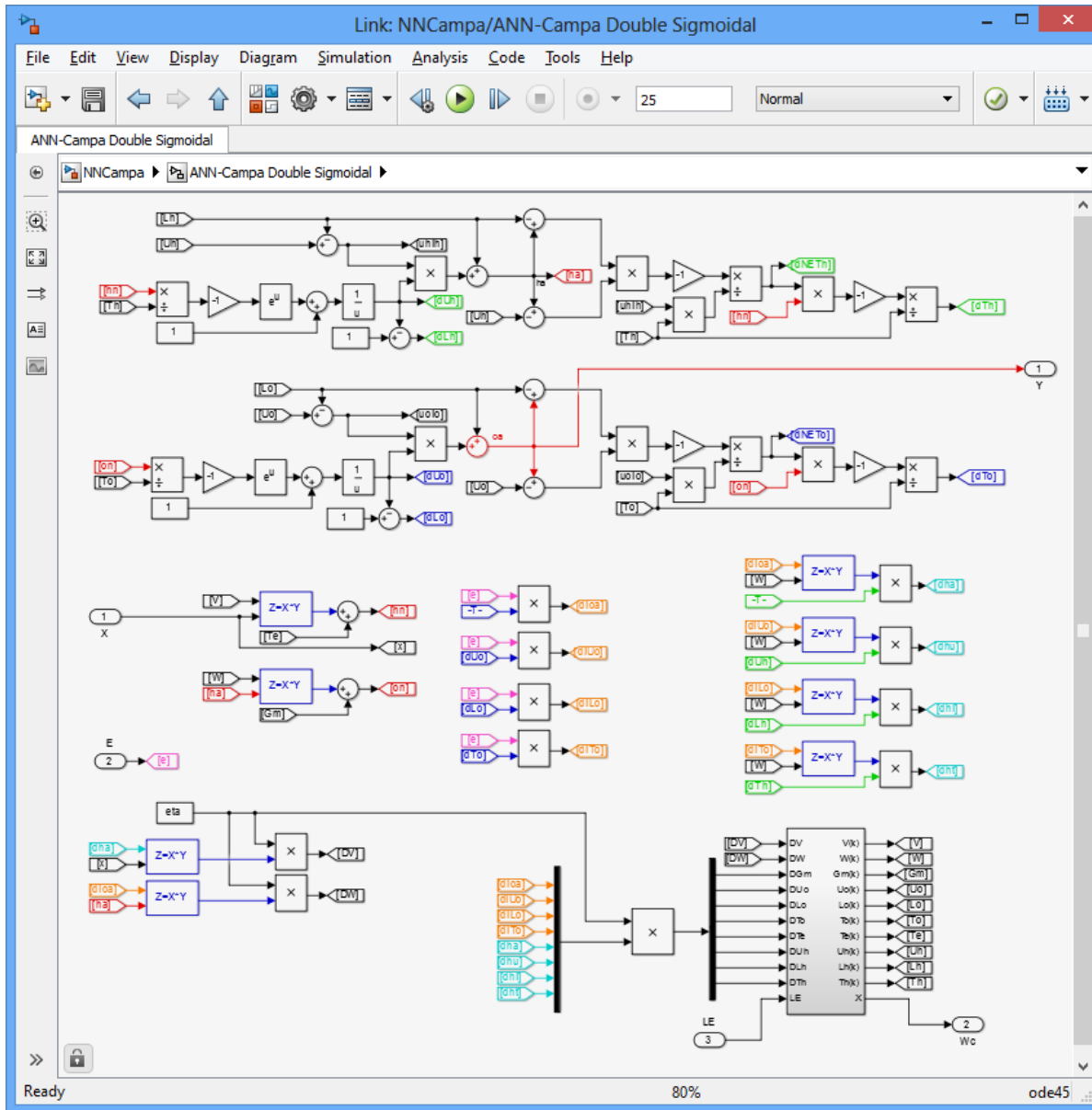
Mund të shihet se  $Z(t)$  paraqet rritjen e fundit të  $X(t)$ .

Pjesa finale e tërë vektorit të gjendjes është vektori  $D(t)$ .

Ky bllok është implementuar në Simulink, për të funksionuar duhet të mbështet nga "smxl library" – Matrix Library.



Pamja brenda maskës së kësaj ANN-je është paraqitur në figurën vijuese:



ANN e dizajnuar në Matlab nga G. Champa 2003-2007

### III.11.2 Dizajnimi i Rrjetës Neurale Artificiale Sigmoidal-Lineare [32] në Matlab/Simulink

Këtë ANN e ka dizajnuar në Matlab/Simulink A. Shala [32]. Karakteristikë kryesore e kësaj ANN-je është përdorimi i funksioneve të thjeshta sigmoidale në neuronet e shtresës së fshehtë:

$$f(*) = \frac{1}{1 + \exp(-(*))}$$

Kjo ANN përdoret për aproksimimin adaptiv (jo-linear) të vektorit të daljeve  $Y = f(X)$ , me vektorin e hyrjeve  $X$  në funksion të kohës.

**Hyrja e parë** në ANN është variabla  $X$ .

**Hyrja e dytë** në ANN është sinjali i gabimit (p.sh.  $E=Y-Y^d$ ).

**Hyrja e tretë** është aktivizimi i të mësuarit të ANN-së:

Nëse  $LE=1$  të mësuarit është aktiv, nëse  $LE=0$  të mësuarit është jo-aktive.

**Dalja e parë** nga ANN-ja është funksioni i mësuar  $Y_s(x)$ .

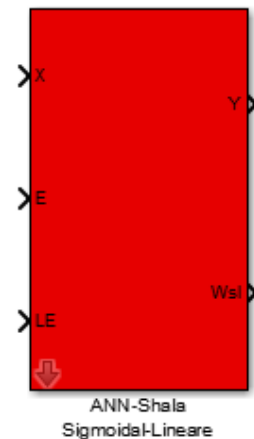
**Dalja e dytë** nga ANN-ja është  $Wsl$  matrica e peshave në kolonë.

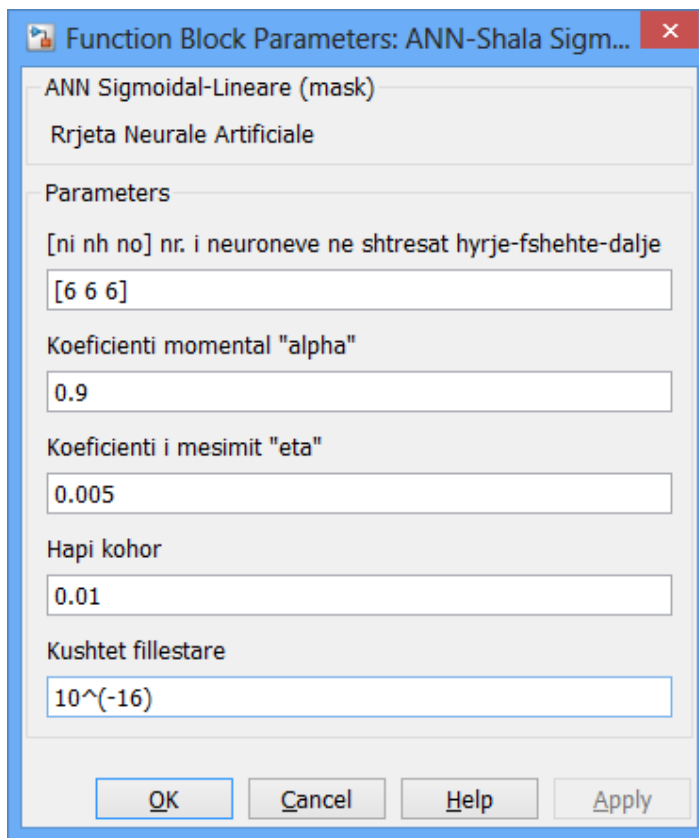
**Parametrat e parë** të kësaj ANN-je janë:

**ni** - numri i neuroneve në hyrje

**nh** - numri i neuroneve në shtresën e fshehtë

**no** – numri i neuroneve në shtresën dalëse





Parametri i dytë është koeficienti momental “Alpha” i cili mund të merr vlerat  $0 < \text{Alpha} < 1$ , zakonisht afër 1.

Parametri i tretë është koeficienti i shkallës së mësimit “Eta” i cili mund të merr vlerat  $0 < \text{Eta} < 1$ , zakonisht afër 0.

Parametri i katërt është për peshat fillestare  $V_{ij}$  dhe  $W_{jk}$ , zakonisht fillohet me vlera të shpërndara random, shumë të vogla p.sh rreth  $10^{-16}$ . Ky parametër shumëzon vektorin fillestar me  $2 \cdot (nh \cdot (ni + no) + 4 \cdot (no + nh))$ , elemente.

Parametri i pestë këtu paraqet hapin kohor.

Parametra tjerë të kësaj ANN-je janë:

- 1) peshat që shoqërojnë lidhjet ndërmjet neuroneve në hyrje dhe atyre në shtresën e fsheht (V)
- 2) peshat që shoqërojnë lidhjet ndërmjet neuroneve në shtresën e fshehtë dhe asaj dalëse (W)

### **Vektori i gjendjes nënkupton:**

Gjendja është vektor kolonë i përbër nga pjesë të cilat kanë nga  $nh*(ni+no)+4*(no+nh)$  elemente.

Gjendja në pjesën e parë është e organizuar si në vijim:

[1...nh\*ni]: peshat që shoqërojnë lidhjet nga hyrja me shtresën e fshehtë.

Pjesa e dytë e vektorit të gjendjes përmban filtrin e gabimeve që disi paraqet rritjen e elementeve të pjesës së parë të vektorit të gjendjes.

### **Përshkrimi i algoritmit të ANN-së:**

Kjo ANN është dy shtresore, sigmoidale, në të cilën pra përdoret funksioni i zgjeruar:

$$f(s) = 1/(1+\exp(-s))$$

ku  $s$  është hyrja në funksion sigmoidal.

Që të kemi formën e transformimit  $y=A*x+b$  lidhim hyrjen dhe shtresën e fshehtë me daljen.

Rregulla gradiente Delta (e thjeshtë sigmoidale), e strukturuar sipas algoritmit transmetues kthyes, përdoret për të ndryshim-update të parametrave.

Arkitektura e kësaj Rrjete Neurale është e ngjashme me atë të rrjetës Double sigmoidale, vetëm që është më e thjeshtë dhe me këtë ka numër më të vogël të operacioneve matematikore.

### **Ekuacioni i daljes:**

Për një kohë të dhënë  $t$ , nëse  $x(t)$  është vektori i daljes, atëherë elementi  $i$ -të i vektorit të daljeve nga **shtresa e fshehtë** është:

$$z(i,t) = 1/(1+\exp(-V(i,t)*x(t)))$$

ku:

$V(i,t)$  është rreshti  $i$ -të i matricës së peshave hyrje – shtresë e fshehtë, dhe

Kështu elementi  $i$ -të i **vektorit të daljes nga ANN** është:

$$ys(i,t) = 1/(1+\exp(-W(i,t)*z(t)))$$

ku:

$W(i,t)$  është rreshti  $i$ -të i matricës së peshave shtresë e fshehtë – dalje.

**Ekuacioni i gjendjes (Algoritmi i mësimimit):**

Nisemi nga vektori i gabimit  $E(t)=y(t)-y^d(t)$  për kohën  $t$ , vektori  $X(t)$  që përmban  $nh*(ni+no)+4*(no+nh)$  gjendjet e para të ANN-së ndryshohet sipas rregullës gradientë Delta:

$$X(t+T)=X(t)-\eta*(dys/dX)*e(t)+Z(t)$$

ku

**$\eta$**  është shkalla e mësimimit,  $dys/dX$  është matrica e Jakobianit,

**$T$**  është koha e shqyrtimit, dhe

**$Z(t)$**  paraqet kontributin shtesë nga gabimi i filtruar:

$$D(t+1)=\alpha*D(t)-\eta*(dys/dX)*e(t)$$

$$Z(t)=\alpha*D(t)$$

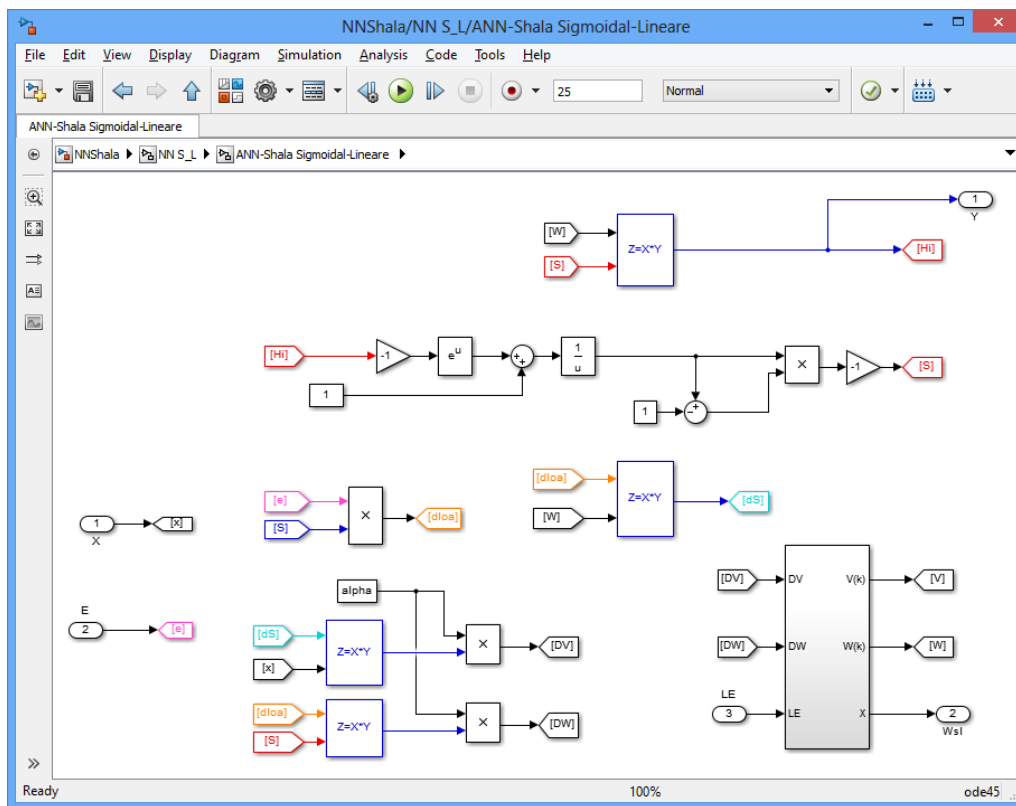
Shkalla e filtrimit, parametri **alpha**, quhet "**momental**".

Mund të shihet se  **$Z(t)$**  paraqet rritjen e fundit të  **$X(t)$** .

Pjesa finale e tërë vektorit të gjendjes është vektori  **$D(t)$** .

Ky bllok është implementuar në Simulink, për të funksionuar duhet të mbështet nga “smxl library” – Matrix Library.

Pamja brenda maskës së kësaj ANN-je është paraqitur në figurën vijuese:



ANN e dizajnuar në Matlab nga A. Shala 2004

### III.11. Zgjedhja e arkitekturës së Rrjetës Neurale

ANN-të janë sisteme mjaft të fuqishme të të mësuarit të problematikës.

Mirëpo është shumë me rëndësi të udhëzohemi për arkitekturën e ANN-ve që do të përdorim në zgjidhjen e problemeve tona.

Tabela 1. në vijim është udhëzim i mirë për zgjedhje të modelit në varshmëri me fushën-problematikën që kërkon zgjidhje.

Kjo Tabelë është dhënë nga organizata ndërkombëtare e inxhinierëve IEEE-Neurosolution dhe është nxjerrë në bazë të përdorimeve (përvojave) të ANN-ve.

Modeli	Përshkrimi	Përdorimi
Perceptroni shumështrësorë <b>MultiLayer Perceptron – MLP</b>	Rrjeta Neurale që përdoren më së shumti	Klasifikime të përgjithshëm ose regresione
MLP-të njëkahore	MLP e shtuar me ndërlidhje prej shtrese në shtresë	Llogaritje të forcës shtesë mbi MLP-në standarde
Module njëkahore	Disa MLP paralele që kombinohen sipas daljeve	Numri i peshave ndërmjet shtresave është i reduktuar në krahasim me MLP-në standarde
Funksionet me bazë radiale <b>Radial Basis Function – RBF</b>	Kombinim linear i aksioneve të Gauss-it	Mësim i shpejtë, përshkrim i thjeshtë i qendrës dhe gjerësisë së Gauss-it
MLP-ja e Jordan-it dhe Elman-it	MLP me lidhje kthyesë periodike jo-adaptive	Shtonë memorien fikse të MLP-së për probleme të thjeshta me varësi fikse të përkohshme
Analizë parimore e komponentëve <b>Principal Component Analysis - PCA – Iloji hibrid</b>	PCA e jo-drejtuar në hyrje e përcjellur nga MLP	Planifikim i të dhënave hyrëse redundante të dimensionit të lartë në dimensione më të ulëta. Daljet rezultuese janë ortogonale.
Skema të veçanta vetë-organizuese <b>Self-Organizing Feature Map - SOFM - Iloji hibrid</b>	SOFM e jo-drejtuar në hyrje e përcjellur nga MLP	Planifikim i të dhënave hyrëse të dimensionit të lartësinë dimensionet më të ulëta, përderisa grumbullohen në ndonjë zonë në afërsi.
Kohë matës të veçantë	Shtresa të veçanta me përshtatje të thjeshtë të peshave.	Për detyra të përkohshme me varësi të përkohshme. Sigurojnë stabilitet, interpretim të thjeshtë të peshave të veçanta.
CANFIS	Funksione të përshtatura Fuzzy shoqëruese të hyrjeve.	Për detyra të përcaktueshmërisë së ulët. Fuzzy e mundëson punën më të lehtë me rrjeta neurale, duke karakterizuar hyrjet të cilat nuk mund të identifikohen lehtë.
Makina drejtuese ndihmëse	Mësimi realizohet me përdorim të algoritmit të Kernel-it.	Përdoren për detyra të klasifikimit të rendit të ulët dhe mesatar. Këto makina janë efektive në ndarjen e bashkësive të të dhënave që kanë kufij kompleks.

Tabela III.1 Lloje të ndryshme të modeleve të ANN-ve dhe fushat e përdorimit të tyre  
burimi: [www.neurosolutions.com](http://www.neurosolutions.com) , ( IEEE – NeuroSolutions )

### **Pyetje në të cilat dhamë përgjigje në Pjesën e III-të**

1. Çka përfshin termi “Inteligjencë Artificiale”(IA), në kuptimin e gjerë, dhënë sipas Tsoukalas 1997?
2. Si i qasen modelit Rrjetat Neurale Artificiale (ANN-Artificial Neural Network), prezanto këtë gjithashtu edhe me një skemë-diagram parimor?
3. Çfarë paraqesin ANN-të në përgjithësi dhe çka paraqesin në aspektin softuerik-programues dhe çfarë në atë harduerik ANN-të?
4. Prezantoni një ANN me strukturë jolineare, duke i sqaruar elementet kryesore të saj?
5. Përshkruani analogjinë ndërmjet ANN-ve dhe sistemit nervor biologjik?
6. Veçoni disa disiplina që bashkëveprojnë lidhur me ANN-të?
7. Veçoni disa autorë përfshirë problematikën që kanë prezantuar ata në zhvillimin e teorisë së ANN-ve?
8. Cilat kanë qenë aplikimet e para të ANN-ve dhe nga kush janë realizuar?
9. Veçoni disa lëmi-fusha ku ka pasur përdorim të ANN-ve?
10. Prezantoni Analizën e ndërtimit të blloqeve të ANN-ve dhe skemën e një neuroni duke sqaruar pjesët kryesore të tij?
11. Cilat janë dhe çfarë janë në përgjithësi funksionet aktivizuese të neuroneve?
12. Prezantoni një skemë të strukturës së ANN-së përkatësisht rrejtës kthyesë?
13. Cilat janë karakteristikat e Rrjetave - ANN-ve një kahore dhe si quhen ato?
14. Çfarë prezantojnë shtresa hyrëse, shtresat e fshehta dhe shtresa dalëse, të strukturës së ANN-së?
15. Prezantoni një ANN trishtresore, emërtoni shtresat e saj dhe përshkruani veprimin e saj?
16. Sqaroni procesin e ushtrimit që mund të bëjë një ANN dhe problemet që mund të rrjedhin?
17. Çfarë nënkupton madhësia e ANN-së?
18. Sqaroni teorinë e përgjithsimin lidhur me madhësinë e ANN-së dhe nga kush është dhënë?
19. Cila është problematika që haset në përcaktimin e madhësisë së ANN-ve?
20. Veçoni disa propozime që janë dhënë nga autor të ndryshëm lidhur me madhësinë e ANN-ve?
21. Prezantoni një ANN njëkahore standarde, si quhet programi-algoritmi i saj?
22. Prezantoni skemën e një ANN-je double sigmoidale, përshkruani karakteristikat-veçorit kryesore të saj?
23. Prezantoni skemën e një ANN-je sigmoidale-lineare, përshkruani karakteristikat-veçorit kryesore të saj?
24. Duke njohur problemet që ekzistojnë lidhur me Fuzzy Logjik dhe ANN-të, çfarë propozohet lidhur me këto dhe Inteligjencën Artificiale në përgjithësi, lidhur me optimizimin e AI-ve cila teori është dhe pritjet të jap rezultate edhe në të ardhmen?
25. Për çfarë janë të fuqishme ANN-të dhe si mund të udhëzohemi më lehtë në zgjedhjen e arkitekturës së Rrjetës Neurale - ANN-së?

### Literatura

- [1] Bezdek, J.C., Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, Plenum Press, New York, 1981.
- [2] Chiu, S., "*Fuzzy Model Identification Based on Cluster Estimation*," Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, Vol. 2, No. 3, Sept. 1994.
- [3] Dubois, D. and H. Prade, Fuzzy Sets and Systems: *Theory and Applications*, Academic Press, New York, 1980.
- [4] Jang, J.-S. R., "*Fuzzy Modeling Using Generalized Neural Networks and Kalman Filter Algorithm*," Proc. of the Ninth National Conf. on Artificial Intelligence (AAAI-91), pp. 762-767, July 1991.
- [5] Jang, J.-S. R., "*ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems*," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 23, No. 3, pp. 665-685, May 1993.
- [6] Jang, J.-S. R. and N. Gulley, "*Gain scheduling based fuzzy controller design*," Proc. of the International Joint Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society Biannual Conference, the Industrial Fuzzy Control and Intelligent Systems Conference, and the NASA Joint Technology Workshop on Neural Networks and Fuzzy Logic, San Antonio, Texas, Dec. 1994.
- [7] Jang, J.-S. R. and C.-T. Sun, "*Neuro-fuzzy modeling and control*," Proceedings of the IEEE, March 1995.
- [8] Jang, J.-S. R. and C.-T. Sun, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Prentice Hall, 1997.
- [9] Kaufmann, A. and M.M. Gupta, *Introduction to Fuzzy Arithmetic*, V.N. Reinhold, 1985.
- [10] Lee, C.-C., "*Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller-parts 1 and 2*," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 20, No. 2, pp 404-435, 1990.
- [11] Mamdani, E.H. and S. Assilian, "*An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller*," International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13, 1975.
- [12] Mamdani, E.H., "*Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers*," International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 8, pp. 669-678, 1976.
- [13] Mamdani, E.H., "*Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis*," IEEE Transactions on Computers, Vol. 26, No. 12, pp. 1182-1191, 1977.
- [14] Schweizer, B. and A. Sklar, "*Associative functions and abstract semi-groups*," Publ. Math Debrecen, 10:69-81, 1963.
- [15] Sugeno, M., "*Fuzzy measures and fuzzy integrals: a survey*," (M.M. Gupta, G. N. Saridis, and B.R. Gaines, editors) *Fuzzy Automata and Decision Processes*, pp. 89-102, North-Holland, New York, 1977.
- [16] Sugeno, M., *Industrial applications of fuzzy control*, Elsevier Science Pub. Co., 1985.



- [17] Wang, L.-X., *Adaptive fuzzy systems and control: design and stability analysis*, Prentice Hall, 1994.
- [18] Widrow, B. and D. Stearns, *Adaptive Signal Processing*, Prentice Hall, 1985.
- [19] Yager, R., "On a general class of fuzzy connectives," *Fuzzy Sets and Systems*, 4:235-242, 1980.
- [20] Yager, R. and D. Filev, "Generation of Fuzzy Rules by Mountain Clustering," *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, Vol. 2, No. 3, pp. 209-219, 1994.
- [21] Zadeh, L.A., "Fuzzy sets," *Information and Control*, Vol. 8, pp. 338-353, 1965.
- [22] Zadeh, L.A., "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 3, No. 1, pp. 28-44, Jan. 1973.
- [23] Zadeh, L.A., "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, Parts 1, 2, and 3," *Information Sciences*, 1975, 8:199-249, 8:301-357, 9:43-80 Zadeh, L.A., "Fuzzy Logic," *Computer*, Vol. 1, No. 4, pp. 83-93, 1988.
- [24] Zadeh, L.A., "Knowledge representation in fuzzy logic," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 1, pp. 89-100, 1989.
- [25] Yang J.; Guo Y.; and Huang X.: "A software development system for fuzzy control", *Robotica*, Volume 18, pp. 375-380, 2000.
- [26] Mathworks, *Matlab manual, User guides, Matlab help, Latest Matlab*.
- [27] A. Shala, R. Likaj, A Geca, A. Pajaziti & F. Krasniqi, "Trajectory tracking by using Fuzzy Logic Controller on mobile robot" *HUDEM 2003, Prishtinë, Kosovë*.
- [28] S. Russell, P. Norvig: "Artificial Intelligence - A Modern Approach", Third Edition, Publisher Pearson Education, Inc., 2010.
- [29] A. Shala: "Informatikë dhe Programim" (Softuerët Aplikativë), Dispencë, UP-FIM, 2007-2014.
- [30] McCulloch, W. S., and W. H. Pitts, "A logical calculus of ideas immanent in nervous activity," *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 5, pp. 115-133, 1943.
- [31] Giampiero Campa, "Adaptive Neural Networks" toolbox for MATLAB implementation, represented on [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com), 2003-2007.
- [32] A. Shala: "Rregullimi i parametrave kinematikë dhe dinamikë me përdorim të Rregullatorëve Fuzzy Neural Network te robotët mobil", Punim doktrature, UP-FIM, 2004.