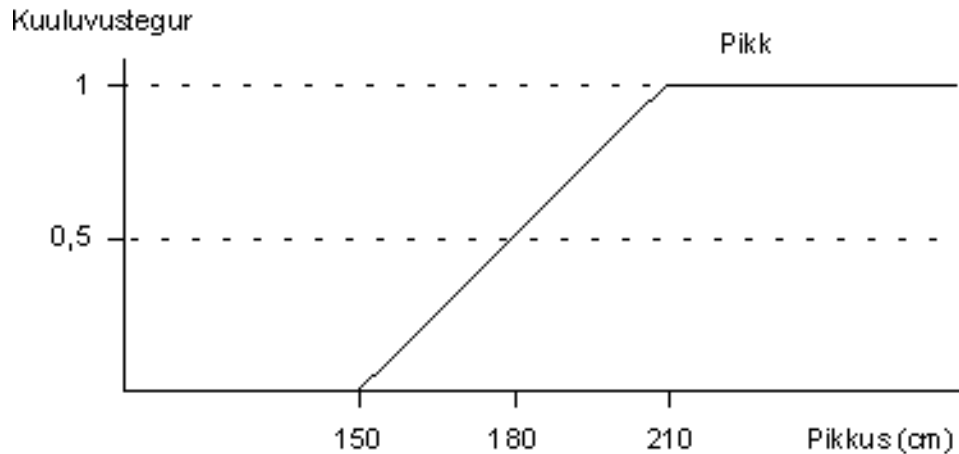


## GIS ja hägune loogika

Häguse loogika (Fuzzy logic) rajajaks on Dr Lotfi Zadeh, kes tutvustas seda meetodit 1960ndatel aastatel. Hägune loogika on tunduvalt erinev Boole loogikast, kuigi öeldakse ka, et see on lihtsalt Boole loogika laiendus. Boole loogika on range, sisaldades ainult kaks võimalust – jah, ei (näiteks: väide on kas tõene või väär, kas mingi näitaja on oluline või ei ole, mingi objekt kuulub antud klassi või ei kuulu jne; vahepealseid variante ei ole). Hägune loogika, nagu ka nimi juba vihjab, ei kohusta meid tõmbama ranget piiri – üleminekud klasside vahel on sujuvad ja objektid võivad omandada ka vahepealseid väärtusi jah ja ei vahel. Peab mainima selgituseks, et hägune loogika ei tähenda, et see loogika oleks kuidagi umbmäärane või hägune, antud loogika lihtsalt kirjeldab hägusaid protsesse.

Hägune loogika on oma olemuselt kontinuaalne, selle abil saab hästi kujutada keerukaid ja ebamääraseid süsteeme ning nähtusi, mida ei saa rangelt piiritleda. Häguse loogika kontinuaalsus võimaldab matemaatiliselt formuleerida inimese subjektiivset arvamust ja seega on selle abil võimalik arvutit panna rohkem inimese moodi "mõtleva". Protsessi, kus konkreetsed mõisted seatakse vastavusse hägusa loogika põhimõtetega nimetatakse *hägustamiseks (fuzzification)*. Põhimõtteliselt saab suvalise diskreetse teooria *hägustamise* abil üldistada pidevaks.

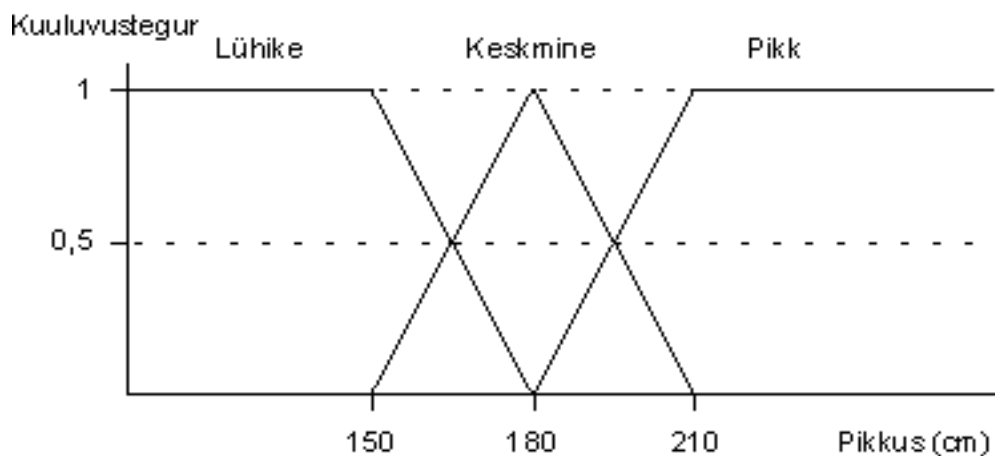
Võtame näiteks inimese pikkuse, siin pole võimalik paika panna ranget ja ühest piiri, kust alates me peame inimest pikaks. Ei saa ju öelda, et alates 2,00 meetrist on inimesed pikad, sest kohe tekib küsimus, kas 1,99 meetrise kasvuga inimesed ei olegi pikad. Siiski on olemas mingi piir, millest pikemate puhul on kõik nõus, et need inimesed on tõesti pikad. Seega kui inimene on tõesti pikk ja ta kuulub sellesse klassi, siis seda tähistatakse väärtusega 1. Inimestele, kes sinna klassi kindlasti ei kuulu antakse aga väärtus 0. Seda on kujutatud ka joonisel 1. Inimesed alla 150 cm ei kuulu klassi pikk ja inimesed üle 210 cm kuuluvad täielikult sellesse klassi. Inimeste kelle pikkus jääb aga 150 ja 210 cm vahele, nagu on ka graafikult näha, kuuluvus pikkade klassi suureneb vastavalt 0 ja 1 vahel – seda nimetatakse *kuuluvusteguriks*. *Kuuluvustegur (confidence factor, membership value, degree of support)* on näitaja, mis iseloomustab kui tugev on seos objekti kuulumisel antud klassi – maksimaalne on 1, mis näitab, et objekt kuulub täielikult antud klassi ja minimaalne on 0, mis näitab, et objekt ei kuulu antud klassi. See on näide sellest, kuidas hägune loogika päästab meid range piiri tõmbamisest kahe klassi vahele. Antud näites on kuuluvusteguri graafik lineaarne, kuid see ei pruugi olla, selle asemel võib olla ka keerukama kujuga graafik.



**Joonis 1**

Hägusa loogika puhul saame me kirjutada tingimuse või reegli “inimene=pikk” (kõik inimesed kuuluvad pikkade klassi) ja see on alati tõene hoolimata inimese pikkusest, erinev on ainult kuuluvustegur, mille me saame iga pikkuse jaoks tuletada graafikult. Boole loogikat kasutades saaks me iga pikkuse puhul tulemuseks ainult 0 või 1 (on pikk või ei ole), mis üldse ei kajasta seda tegelikku hägusat piiri pikkade klassi kuulumise ja mittekuulumise vahel. Võimalus püstitada selliseid tingimusi ja kuuluvusteguri näidatav seose tugevus on häguse loogika oluline omadus.

Enamasti ei kasuta me ainult ühte klassi tunnuste iseloomustamiseks, nagu ka antud näite puhul jagatakse pikkus enamasti kolme klassi: pikk, keskmine ja lühike, vaata joonis 2. Hägus loogika kasutabki tavaliselt paaritu arv klasse 3, 5 või 7 (väga lühike, väga pikk). Peamine hägusa loogika eelis võrreldes rangel loogikal põhinevate süsteemidega on väiksem klasside arv (hägusa klassiga on lahterdamine tunduvalt mugavam), mis vähendab vajaminevate reeglite arvu, katmaks kõik probleemiga seotud teadmisi ja võimalusi. Rangele loogikale tuginedes läheb sama tulemuse saavutamiseks vaja palju rohkem reegleid.



**Joonis 2**

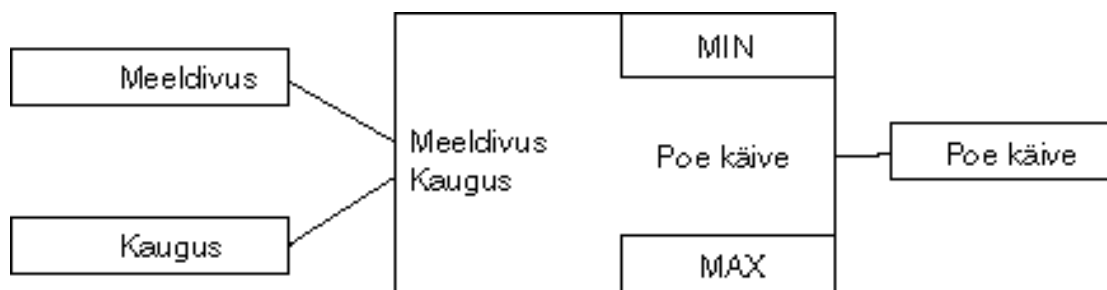
Häguse loogika juures on kõige suurem roll teadmistel, sest süsteem on juhitud teadmiste mitte andmete poolt. Olulised teadmised pannakse kirja

reeglite kujul, millele hakkab baseeruma kogu süsteem. Hägusat loogikat kasutatakse otseselt vähestes rakendustes, peamiseks on ekspertsüsteemid, kuhu siis need teadmised ongi kirja pandud reeglite kujul. Reeglid esitatakse tavaliselt kujul “kui A on kõrge ja B on madal, siis C on keskmine”. Sellised reeglid, kus A ja B on sisendparameetrid ja C on väljundparameeter, varustavad meie konkreetset rakendust andmetega. Põhimõtteliselt teeb ekspertsüsteem ära kogu matemaatilise poole ja kasutajad peavad seda varustama teadmistest tulenevate reeglitega.

Alljärgnevas näites on sõnastatud reeglid poe käibe kohta sõltuvalt sellest, kuidas klientidele pood meeldib ja kui kaugel see neist on.

Kui			Siis	
Reegel	Meeldivus	Kaugus	Kuuluvustegur	Poe käive
1	Madal	Lähedal	1,0	Kõrge
2	Madal	Keskmine	1,0	Keskmine
3	Keskmine	Lähedal	1,0	väga kõrge
4	Keskmine	Keskmine	1,0	Keskmine
5	Kõrge	Lähedal	1,0	väga kõrge
6	Kõrge	Keskmine	1,0	Kõrge
7		Kaugel	1,0	Väga madal

Näiteks ütleb reegel 7, et olenemata sellest, kas see pood klientidele meeldib või ei meeldi, aga kui ta on klientidest kaugel, siis on seal ka kliente vähe ja käive väga madal. Süsteem, mis tugineb hägusale loogikale toimib tänu reeglitele, skemaatiliselt ülesjoonistatuna võiks aga kogu süsteem välja näha järgmine.



### Joonis 3

Sellise süsteemi üks väga hea külg on paindlikkus – olukorra muutudes saab koheselt muuta ka reegleid. Korraldada võib ka küsitlusi reeglite kontrollimiseks (näitaks kas poe keskmine meeldivus aga lähedus põhjustavad selle, et inimene teeb enamus sisseoste sealt) ja uute reeglite väljaselgitamiseks. Erinevalt andmetel põhinevatest süsteemidest reageerivad need palju kiiremini olukorra muutustele ja kasutajate ettekirjutustele.

Hägusa loogika põhimõtteid ja nende üles ehitatud mudeleid kasutatakse paljudes valdkondades panganduses, majanduses, televisioonis, juhtimisprotssides, busside sõiduplaanide kavandamises, meditsiinis ja ka GIS'ides. Näiteks loodi ühe Šveitsi panga jaoks süsteem, mille järgi arvutatakse tõenäosus, et klient sulgeb oma arvelduskonto järgneva kuue kuu jooksul. Näiteks katsetab NASA hägusat loogikat keeruliste

põkkumismanöövrite puhul. GIS'ides kasutatakse hägusa loogika põhimõtteid eriti igasuguseid numbrilisi analüüse nõudvates protsessides. Näiteks mingite sobivate alade leidmine (maja ja parkla lähedal ning kaubamajast idas); vastuste leidmine küsimustele nagu näiteks, mis ressursid asuvad linnast liiga kaugel, mis kultuur on antud alal kasvatamiseks kõige sobivam jne; info analüüsimine objektide kohta, mille suurus ja ulatus ei ole täpselt teada.

Hägas loogika sai alguse USA's, aga eriti tormilise arengu on ta läbi teinud Jaapanis, kus eraldatakse *häguse teadmuse* uurimiseks suuri summasid. Jaapanis antakse selles valdkonnas välja ka väga palju patente, neist enamus on suhteliselt lihtsad rakendused, kus kasutatakse hägusale loogikale tuginevat juhtsüsteemi. Hägusa loogika arenguga rahanduses on tekkinud ka uus meetod, mida võiks nimetada ka hägusa loogikaga võrguks (*neuro-fuzzy*). Siin võiks tõmmata paralleele närvivõrgu toimimisega, kuid endiselt on reeglid täiesti arusaadavad ja süsteemi üle on täielik kontroll. Küllap varsti jõuab ka see meetod GIS'idesse.

### **Kasutatud kirjandus:**

- GEOEurope, Aprill 2000, "Getting into Focus With Fuzzy Logic" lk. 20-22, 23
- Tennisberg, T., Hägas loogika ja selle kasutamine tehisintellektsüsteemides, Arvutimaailm 1998 nr. 6.