

*TDK Konferencia 2013*

*A bizonytalanság, határozatlanság, többértelműség modellezése  
térbeli döntéseinkben*

*Az ingatlan értékesítéssel kapcsolatos döntési bizonytalanságokkal való  
együttélés a hétköznapokban*

*Készítette: Wirth Ervin*

*Konzulens: Dr. Szabó György*

## **Áttekintés**

*Az átlagemberek életük során egyszer jutnak el abba a szerencsés helyzetbe, hogy lehetőségük nyílik a lakásvásárlásra. Hadd hangsúlyozzam az előző mondatban szereplő tőszámnevet, egy. Ez a szám arról árulkodik, hogy ez a döntés hosszú távú, életre szóló jelentőségű. Amennyiben az ingatlanvásárláshoz rendelkezésre álló tudást normális eloszlásúnak feltételezzük, akkor minden második embernek segítségre van szüksége a döntés kockázatának minimalizálása érdekében.*

*Munkám célja ennek a segítségnek a megadása, MINDENKI számára.*

*A munka során feltérképeztem a megalapozott döntést szolgáló paraméterteret (lakások minőségét, értékét befolyásoló paramétereket, alapterületet, a falak vastagságát, az ablakok méretét, a belmagasságot, a lakás helyét a településben, és helyzetét az épületben, stb.). A hibás döntések forrása számos esetben a bizonytalanság, a határozatlanság, illetve a definiálatlanság. Ezen hatások eliminálására a boole algebránál a humán döntésekhez jelentősen közelebb álló logika a fuzzy. A probléma megfogására az eseménytér inicializálására van szükség, elkészítendő az egyes változókhoz tartozó tagsági függvények rendszere. A függvények definiálását követően a szabályrendszer deklarációjával folytatom a munkát (példa: „HA alapterület nagy ÉS belmagasság nagy AKKOR hőigény nagy”). A fuzzy nagy előnye, hogy egy konkrét jellemző vizsgálatkor elkerülhető a valóság drasztikus egyszerűsítése, a fekete/fehér interpretáció. Tehát valamennyi elágazás szerint végrehajtódik a kiértékelés a valóságot közelítő eseménytérben; a részeredmények aggregálódnak, és azok defuzzifikálása egy értéket ad, mely a döntés minőségét jellemzi. A munka során kifejlesztett fuzzy döntéstámogató rendszer hasznosítása a diplomaterv keretében kifejlesztendő nyílt webes szolgáltatásba kerül beágyazásra, amely az ingatlanok térképi böngészésének lehetőségével segíti majd a felhasználót.*

## **Summary**

*The Hungarian real estate market is still in crisis. The opportunity of buying an apartment occurs only once in a lifetime of an average person. I would like to put an accent on the numeral in the previous sentence, once. This number tells us that this is a long-term decision, that could sometimes have a lifelong importance. If the knowledge needed for the purchase of a real estate is assumed to have a normal distribution, then every second person needs help. The aim of my work is to help Everyone. During this project I analyze the parameters determining the quality and value of an apartment, e.g. area, wall thickness, window size, ceiling height, location in town and in the building. The causes of bad decisions are usually uncertainty, hesitation and indeterminacy. Using fuzzy logic we are able to eliminate these effects. First of all we must initialize the fuzzy space, thus membership functions should be made for each variable. Then I declare rule structures, for example:*

*„IF area is large AND ceiling height is high THEN heat demand is large.“*

*The advantage of fuzzy logic is that it avoids the oversimplification of reality, the so-called black and white interpretation by the inspection of an exact value. Therefore the evaluation is done by the execution of each membership branches, then the aggregation and defuzzification of the partial results gives an exact result, which can represent the quality of decision. Furthermore I would like to embed the fuzzy logical decision supporting system into a web-based service, that helps users to browse real estates via a map-based application.*

## *Tartalom*

1.	Bevezető.....	5
2.	Döntés bizonytalan környezetben.....	5
3.	Modellezés.....	7
4.	Kockázat.....	8
5.	A problémamegoldás folyamata .....	9
6.	Eseménnytér inicializálása.....	10
	Alapterület.....	10
	Belmagasság.....	11
	Fényesség.....	12
	Falvastagság.....	12
	Építőanyag.....	12
	Fűtéstechnológia.....	13
	Helyzetindikátor.....	13
	Épületkor.....	14
7.	Fuzzy rendszer felépítése .....	15
	Szabálybázis létrehozása.....	18
	Felhasználói interfész (GUI) készítése .....	22
8.	Kategorizálás mintaadatbázissal.....	23
	Mintaadatbázis .....	23
	Boxplot.....	25
9.	Összefoglalás.....	27

## *1. Bevezető*

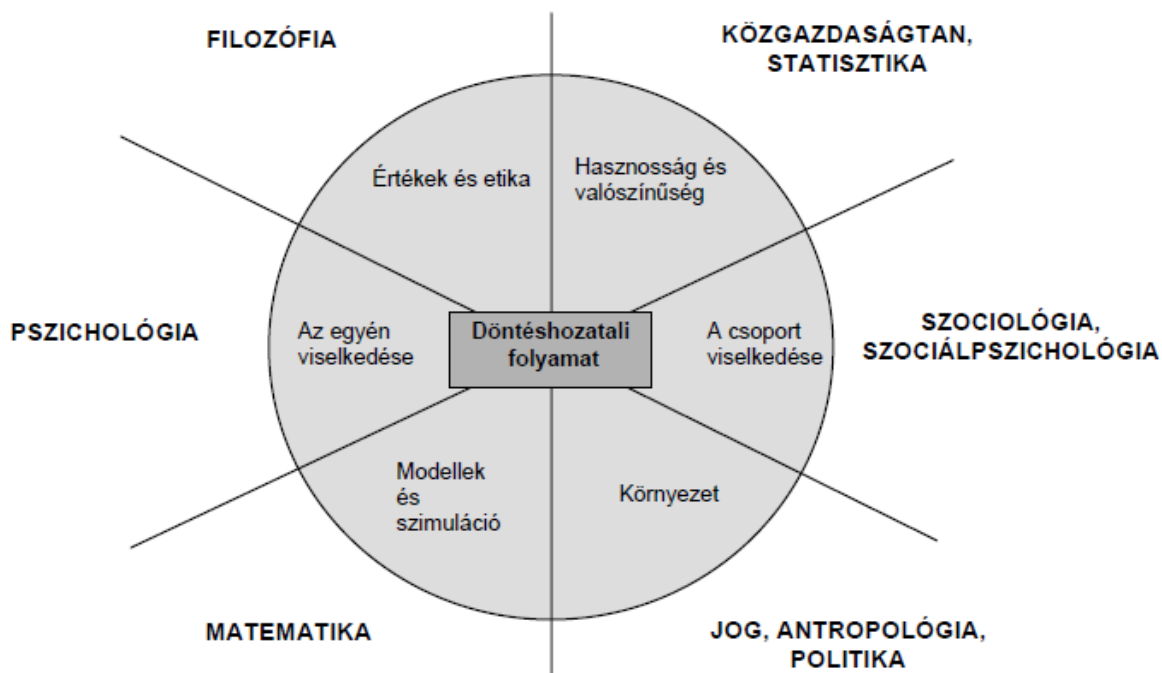
Az átlagemberek életük során jó esetben egyszer kerülnek abba a szerencsés helyzetbe, hogy lakást vásárolhassanak. A súlyos döntés egész életünkre kihatással van. Ez a döntés nem egyszerű, a megfelelő lakás kiválasztása nem könnyű feladat. Egy lakás helyzetének, tájolásának, minőségének, üzemeltethetőségének, esztétikai, pszichikai jellemzőinek leírása közvetett indikátorok seregének segítségével történhet meg (helyszín, övezeti besorolás, infrastruktúra ellátottság, a lakás szintje, az épület kora, anyaga, fűtés típusa, alapterülete vagy belmagassága, benapozás, átszellőzés, stb.). A döntéshozatal alapvetően fontos szempont az élet minden területén. A döntések meghozatala az ember alapvető tevékenysége. A döntéseink kockázatának csökkentése céljából információkat gyűjtünk, és ezek kiértékelésével választjuk ki a legnagyobb hasznot vagy legkisebb kockázatot magában rejtő változatot.

## *2. Döntés bizonytalan környezetben*

A műszaki tudományok területén alkalmazott döntéstámogatási módszereket a közelmúltig környezetünk objektív leírására alapozott racionális döntések elmélete uralta. A modellezéssel kapcsolatos követelményeink fokozódása létrehozta az empirikus és teoretikus modellen túllépő sztochasztikus modellezést, amelyben már beépíthetők a környezet megismerés bizonytalanságai és a humán döntés irracionálisitása is.

A döntésemélet legfontosabb segédtudományai:

- Közgazdaságtan, statisztika
- Szociológia, szociálpszichológia
- Jog, politika, társadalomtudományok
- Matematika
- Pszichológia
- Filozófia



**1. ábra:** Döntéshozatali folyamat felosztása

A döntéseméleti vizsgálatok középpontjában a hasznosság és a valószínűség fogalma áll. A hasznosság egy döntési alternatíva relatív kívánatosságának mérésére szolgáló mennyiség. A hasznosság, mivel a döntéshozó személyéhez kötött fogalom, relatív és szubjektív. A valószínűség annak mérésére szolgál, hogy a döntéshozó által kiválasztott alternatíva megvalósítása esetén mekkora az esély az elképzelt következményállapotba való eljutásra. Ahogy a csoportos döntéshozatalnál a kérdés az, hogy az egyéni véleményeket miként aggregáljuk, úgy esetemben a paraméterek megfelelő összegzése okozta a fő kérdéskört. Esetemben a lakások tulajdonságaiból, paramétereiből eredő következtetések megfelelő kiértékelése volt a feladat. A változók számát leszűkítettem az egyszerű felhasználó által könnyen értelmezhető és regisztrálható elemekre, melyek a következők voltak:

- alapterület
- belmagasság
- fényesség (ablakfelületből)
- falvastagság
- építőanyag
- fűtéstechnológia
- helyzetindikátor (a lakás szintjéből az épületben)
- épületkor

### 3. Modellelés

A modellezés során a valóság egy meghatározott szeletéből kiemeljük a számunkra adott szituációban fontos, ismert vagy feltételezett elemeket és azokat hipotézisünknek megfelelően kapcsolatba hozzuk egymással. A modellnek a valós tapasztalatokkal való összevetését a modell tesztelésének (validálásának, verifikálásának) nevezzük. Az emberi gondolkodás lényegét, működését szintén tágabb értelemben vett modellezésnek tekintik.

A modell tér-idő szemlélete szerint diszkrét vagy folytonos, folyamatszémlelete szerint determinisztikus vagy sztochasztikus lehet:

- Diszkrét modell, amely diszkrét skálán dolgozik, tehát a térbeli vagy időbeli felbontása nem a valós számok halmazán, hanem csak természetes számokra van értelmezve. Például évenként, naponként óránként ad outputot.
- Folytonos modell, amely változóit a teljes számegyenesen (valós számok halmazán) értelmezi.
- Determinisztikus modellről akkor beszélünk, ha a modell meghatározott input adatokra pontosan meghatározott (determinált) konkrét számokat ad eredményül. A determinisztikus modellben a beállított paraméterek és input adatok egyértelműen meghatározzák a modell outputját.
- Sztochasztikus modell, az előzővel ellentétben, amelynek outputja nem konkrét szám, hanem valamilyen gyakorisági eloszlás. Sztochasztikus modelleket fejlesztünk például olyan esetekben, amikor a vizsgált folyamatban a véletlen szerepét is figyelembe szeretnénk venni. A sztochasztikus modellek közül a szimulációs modelleket tágabb értelemben Monte Carlo modelleknek, vagy Monte Carlo szimulációknak is nevezzük. [9]

A feladatom egyértelműen egyik csoportot sem képviseli, mivel egészértékű (diszkrét) és folytonos változói is vannak, valamint ennyi különböző paraméter alkalmazásakor az analitikus függvények, egyenletek csődöt mondanak. Viszont a sztochasztikus modellezéshez hatalmas mennyiségű adat és eredményhalmaz volna szükséges.

Így alakult ki az elképzelés, hogy a probléma modellezésére a fuzzy logika eszköztárszerét alkalmazom.

A fuzzy logika és halmazok alapötlete 1965-ből, a kaliforniai Berkeley-n tanító Lotfi Zadeh-től származik. Eszerint az emberi gondolkodásmód sokkal jobban modellezhető olyan fogalmakkal, amelyeknek nincsenek éles határaik, ahol az átmenet egy tulajdonság megléte és nem megléte között folytonos vagy bizonytalan (angolul: fuzzy). Ezen ötleten alapuló szabályozó rendszereket a hetvenes évek közepétől használnak ipari alkalmazásokban. A fuzzy logika és a fuzzy szabálybázisokon alapuló approximációs modellek és irányítás a soft computing legfontosabb területe. [7]

#### 4. Kockázat

Renn (1992) által kidolgozott taxonómia (rendszer) alapján a kockázatot az alábbi csoportokra osztjuk:

- Technikai közelítések
- Közgazdasági közelítések
- Pszichológiai közelítések
- Szociológiai és antropológiai közelítések.

		Technikai	Közgazdasági	Pszichológiai	Szociológiai, antropológiai
	<i>Köre</i>	Fizikai, kémiai, biológiai	Bármilyen	Bármilyen	Bármilyen
<b>Nemkívánatos hatások</b>	<i>Mérése</i>	Természetes skálán	Hasznossági skálán	Psich.-i mérési skálán	Szoc.-i mérési skálán
<b>Bizonytalanság</b>	<i>Mértéke</i>	Objektív val.szín.	Objektív v. szubjektív val.szín.	Szubjektív val.szín.	Szubjektív val.szín.
<b>Kockázat</b>	<i>Mértéke</i>	Várható (kár)érték	Várható (negatív) haszn.	Szubjektív elvárt kockázat	Szubjektív elvárt kockázat
<b>A kockázat kontextusa</b>	<i>Típusa</i>	Objektíve létező	Objektíve létező	Objektíve létező	Objektíve létező v. konstruált

1. táblázat: A kockázat közelítésmódjai

Valamennyi közelítés feltételezi, hogy a jövő nem előre determinált, hanem függ a jelenben zajló emberi tevékenységektől, azaz a negatív események elkerülhetők, de legalábbis enyhíthetők. A kockázat fogalma minden közelítésnél tartalmazza a következő 3 elemet:

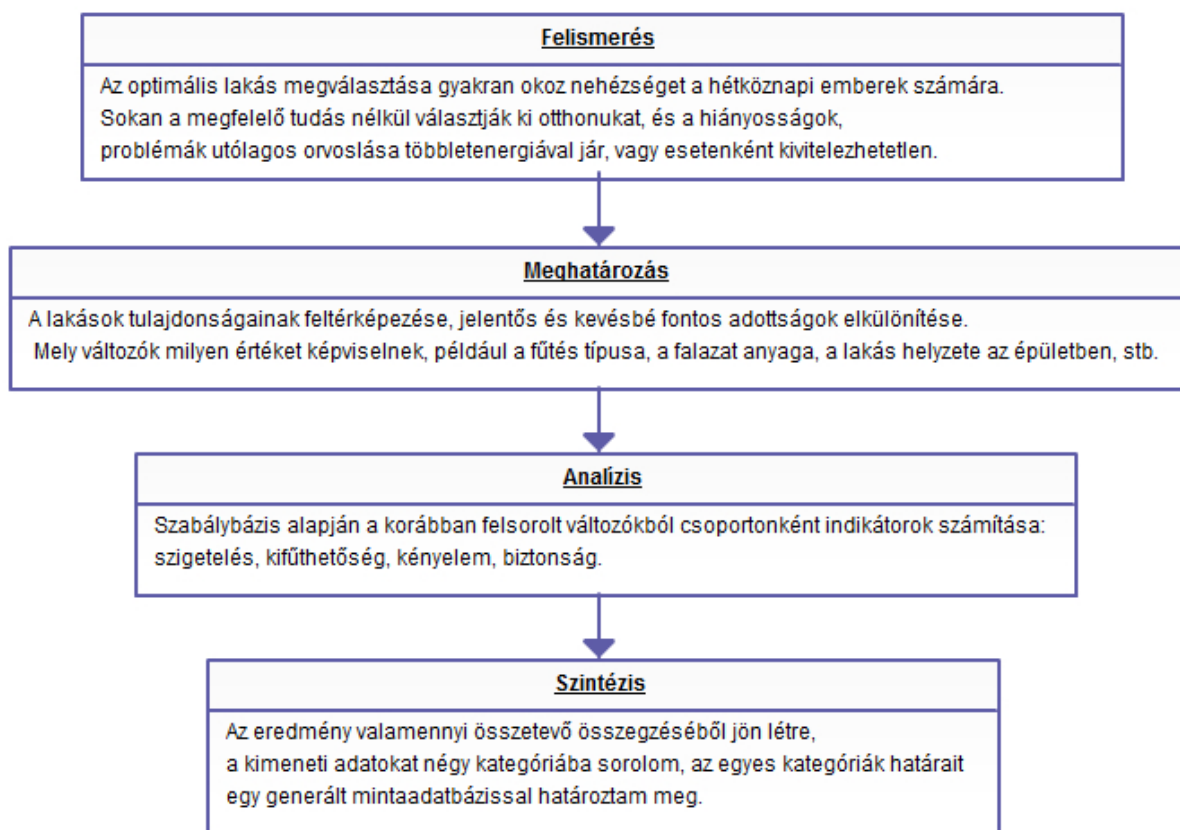
- a döntések nemkívánatos következményei,
- a nemkívánatos események bekövetkezésének lehetősége (valószínűsége),
- a döntések kontextusát képező valóságról alkotott feltételezések.



A különféle közelítési módok abban különböznek egymástól, hogy miként definiálják a negatív következményeket és a bizonytalanságot, valamint milyen mértékben tekintik az emberi tudást a valóság tükörképének.

A döntéstámogatás eredményeként két út körvonalazódott, a lakások minősítése, illetve ennek komplementere, a lakásokkal járó kockázat feltérképezése. Utóbbit választva a fuzzy logika eredményeit megfelelően összegezve egy nominális skálán mérve a következő eredmények születhetnek: nagyon alacsony, alacsony, közepes, magas kockázat. Tehát ahol a kockázat magas, ott megkérdőjelezhető az esetleges beruházás. A négy kockázati osztályba sorolásról a későbbi boxplot ábra nyújt áttekintést.

## 5. A problémamegoldás folyamata



2. ábra: A probléma megoldásának folyamata

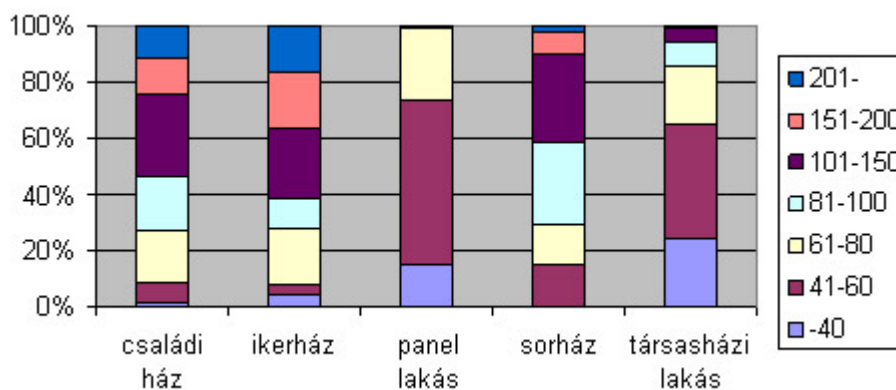
Az általam készített alkalmazás - mint döntéstámogatási modell - különböző kulturális, területi, építészeti sajátosságokkal bíró közegben paraméterezhető, de az esettanulmány paraméterrendszere a budapesti panel- illetve, bérházakkal telített kerületekre került feltöltésre. A „minden helyzetben alkalmazható” megoldás azért nem javasolt, mert az újabb paraméterek, anomáliák lefedésére exponenciálisan több szabály volna szükséges. A rendszer amolyan alapsomagot képvisel, mely opcionálisan bővíthető.

### 6. Eseménytér inicializálása

Fontos szempont volt a tagsági függvények meghatározásnál, hogy egy változóhoz tartozó különböző tagsági értékek összege egy legyen. A tagsági függvényekkel definiált fuzzy halmazokon ún. ZADEH-féle (standard) fuzzy halmazműveletekkel dolgozom. A ZADEH-féle komplement szerint az egyensúlyi pontjaim 0,5 tagságfüggvény-értékű pontok. Ezért főként a trapéz, illetve háromszög alakú függvényeket használtam, melyeket a MATLAB a korábbi elvnek megfelelően generál. A generálásuk után viszont szükséges azok megfelelő módosítása, majd a meredekségek harmonizálása.

### Alapterület

A lakások méretéhez tartozó tagsági függvények megfelelő felosztásához a következő diagramot használtam fel [10]:

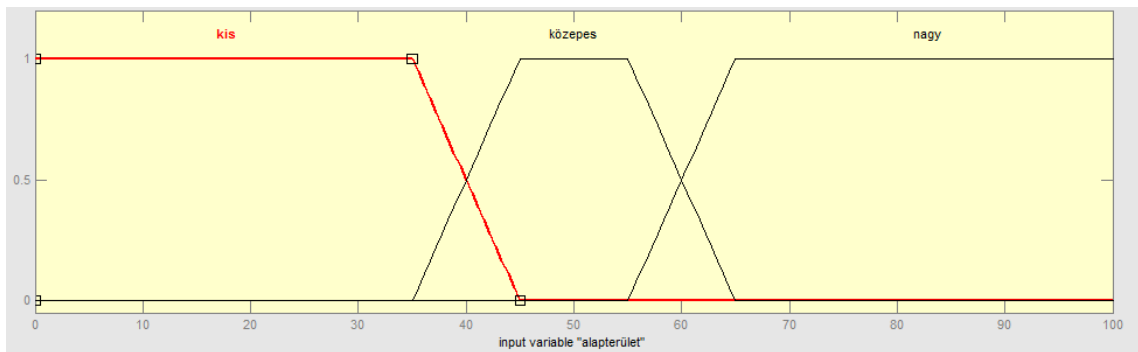


3. ábra: Eladott használt lakások típusonként

Területük szerint három kategóriába soroltam a lakásokat:

- kis 0 - 40 nm
- közepes 40 - 60 nm
- nagy 60 - 100 nm

A területek tagságainak deklarálásához trapéz alakú függvényeket használtam.



4. ábra: Az alapterület tagsági függvényei

## Belmagasság

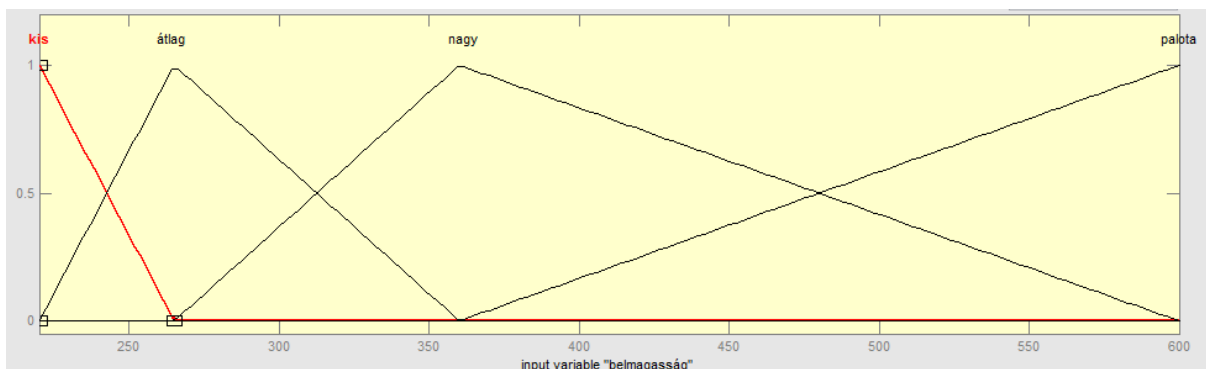
A belmagasság tagsági függvényeinek paramétereit a következő sorok képviselik, itt már háromszög alakú tagsági függvényeket használtam [1],[2],[3],[4]:

MF1='kis': 'trimf',[220 220 265]

MF2='átlag': 'trimf',[220 265 360]

MF3='nagy': 'trimf',[265 360 600]

MF4='palota': 'trimf',[360 600 600]



5. ábra: A belmagasság tagsági függvényei

Mint az ábrán jól látható, az egyenesek szükségszerűen a 0,5-ös tagsági értéknél metsződnek, valamint a tagságok összege 1.

Ellenőrzés:  $\mu_{\text{kis}}(242,5) + \mu_{\text{átlag}}(242,5) = 0,5 + 0,5 = 1,0$

A tagsági csúcsok tehát a következő értékekben lettek meghatározva:

kis belmagasság	220 cm
átlagos	265 cm
nagy	360 cm
palota	600 cm

## Fényesség

A fényesség a következő bemeneti adatokból származtatott adat: ablakfelület, alapterület. Számításához az alkalmazás a külső **feny.m** fájlt használja.

Kiszámításához az ablakfelület nagyságát kell elosztani az alapterülettel.

A források alapján megállapított tartományok, főpontok a következők [2],[3],[4]:

sötét	1/10 alatt
optimális	1/8
fényes	1/6 felett

## Falvastagság

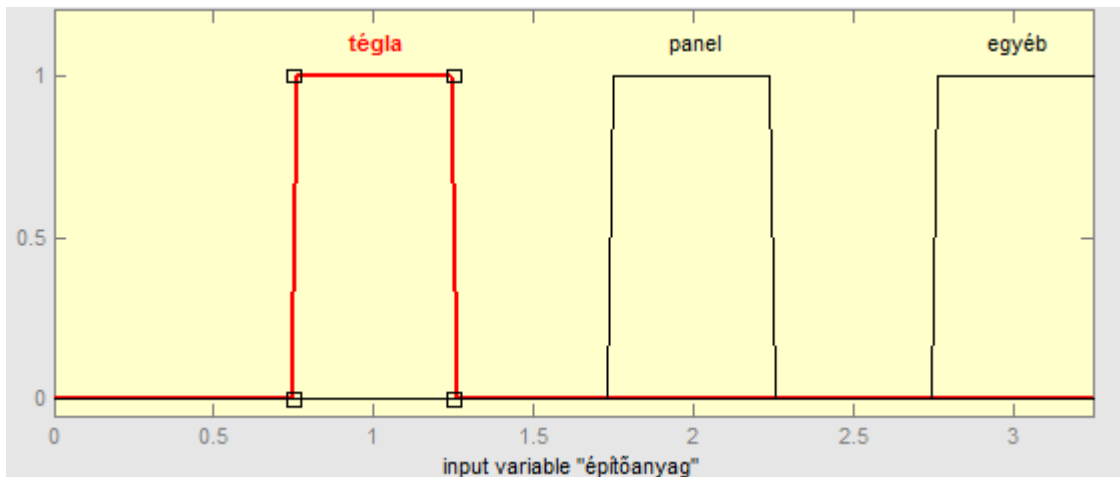
A falvastagságra vonatkozó nyelvi változók bár anyagonként valamelyest eltérnek, a következő általánosítással éltem a tagsági csúcsok megállapításánál [2],[3],[4]:

vékony	0 cm-től
átlagos	25 cm
vastag	50 cm-ig

A korábbiakhoz hasonlóan itt is háromszög típusú tagságot állapítottam meg.

## Építőanyag

Az eddigi tagsági függvényektől eltérően lettek definiálva az építőanyagok. Mondhatnám, hogy ezek, mint diszkrét fuzzy halmazok lettek definiálva, bár én inkább 'álfuzzy' halmazoknak hívnám őket. Azért neveztem így őket, mert mindegyik halmaz folytonos, a tartója és a magja megegyezik, a függvény képe egy téglalapot ír le. Ez a paraméter azért tér már el a többitől, mert nominális, rendelkeznek akár számokat az egyes anyagokhoz, de fölösleges implantáció volna, ehelyett másként jártam el. Az elkészített rendszer felhasználói felületén (GUI) egy legördülő menün választhatjuk ki az anyagot, majd a kiválasztott típus sorszáma lesz a fuzzy szett bemeneti adata, például téгла=1, panel=2. A fuzzy maximális tagsággal kezeli valamennyit, ellenben a szabálybázisnál került megadásra, hogy a téгла jó szigetelőanyag, a panel közepes, stb. [11]



6. ábra: Az építőanyagokhoz használt fuzzy halmazok

Tehát a három kategória a GUI alapján:

1. Tégla, kő, beton
2. Panel, könnyűszerkezet
3. Fa, egyéb

### Fűtéstechnológia

A megvalósítás az előbbihez hasonlóan történt, csak itt a kategóriák a következők voltak [11]:

1. Távfűtés, központi fűtés, megújuló energia
2. Egyedi gázfűtés (konvektor, cirkó)
3. Szén, fa, egyéb

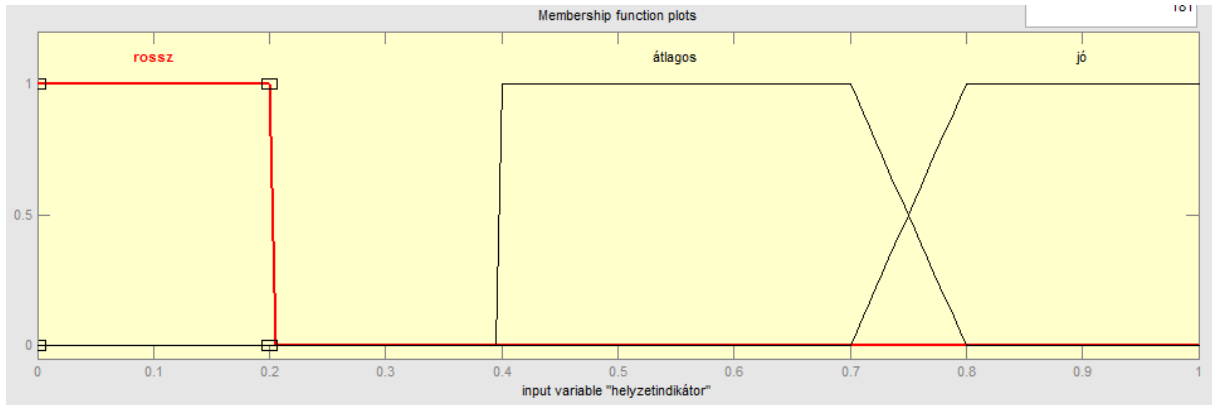
### Helyzetindikátor

Megjegyzem, hogy az első lépés szimpla analitikus függvény, a külső függvényt a függelék **szint.m** fájlja tartalmazza.

A helyzetindikátor egy 0 és 1 között változó érték, amely a lakás épületen belüli helyzetéből adódik. A következő szempontok szerint történt a megállapítása:

- A földszinti és tetőszinti lakás helyzete rossz. A földszinti lakás több szempontból problémás (sötét, nem biztonságos-pszichológiai, hideg-gazdasági), a tetőnél a fő problémákat a megközelítés és beázás okozzák. Ezek szintindikátor értéke 0.1
- A legjobb pozíció az első emelet, tehát ennek értéke 1
- Az első emelettől az utolsó előtt szintig az indikátor értéke lineárisan csökken 0.5-ig

Tehát egy lakás pozíciójából adódó szintindikátor értéke vagy 0.1, vagy 0.5 és 1.0 között változik. Végül a számított érték kerül be a tagsági függvénybe, mely a következőképp néz ki. Mellékesen megjegyzem, hogy a függvény közepén lévő lyuk kitöltése felesleges lett volna.

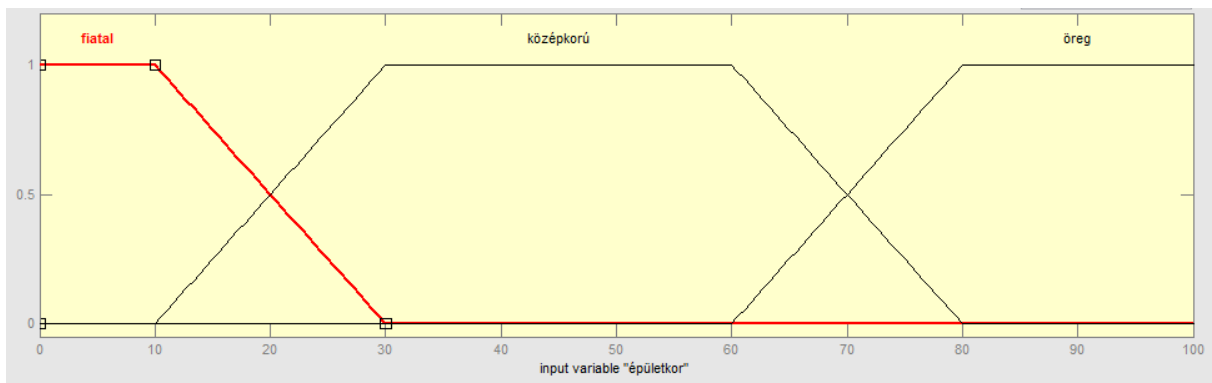


7. ábra: A helyzetindikátor átalakítása nyelvi változóra

Tehát a szintindikátort három nyelvi változóra varázsolja a tagsági függvény, melyek a **rossz**, **átlagos** és **jó** jellemzők.

### Épületkor

Az épület kora szerint a tagsági függvény három kategóriát különböztet meg, mint az a képen látható:



8. ábra: Az épület korának „szóvá tétele”

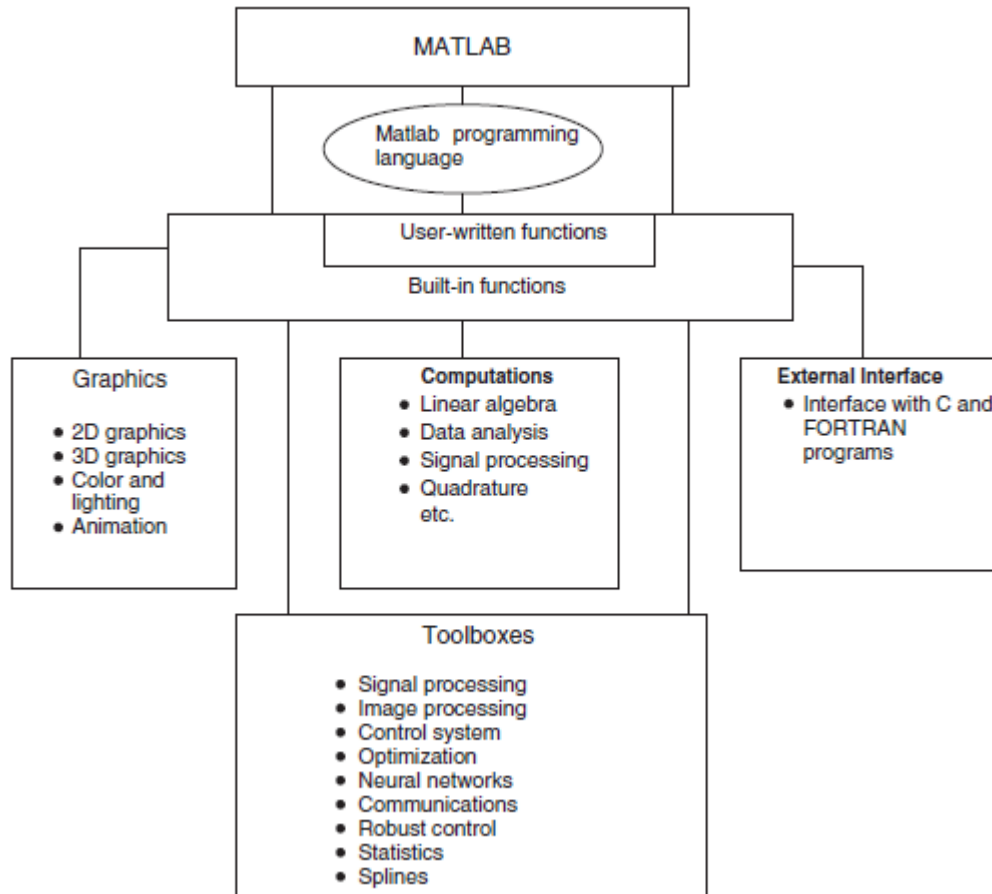
Az egyes változók magjai a következők [11]:

fiatal	10 év alatt
középkorú	30-60 év
öreg	80 év felett

Egy fuzzy halmaz magján az alaphalmaz 1 tagsági értékkel rendelkező pontjainak összességét értjük. Valamely fuzzy halmaznak 0-nál nagyobb tagsági értékű pontjainak összességét a halmaz tartójának nevezzük.

## 7. Fuzzy rendszer felépítése

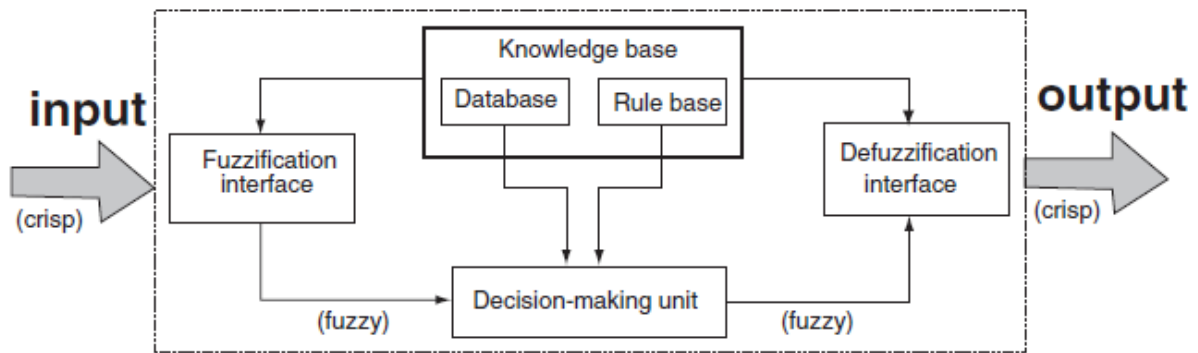
A rendszer létrehozásához a MATLAB interaktív programrendszert alkalmaztam, ami tudományos és mérnöki-matematikai számítások elvégzésére szolgál. A szoftver Fuzzy Toolbox moduljában készítettem el az ingatlanvásárlás kockázatának minimalizálására szolgáló rendszert.



9. ábra: A MATLAB felépítése

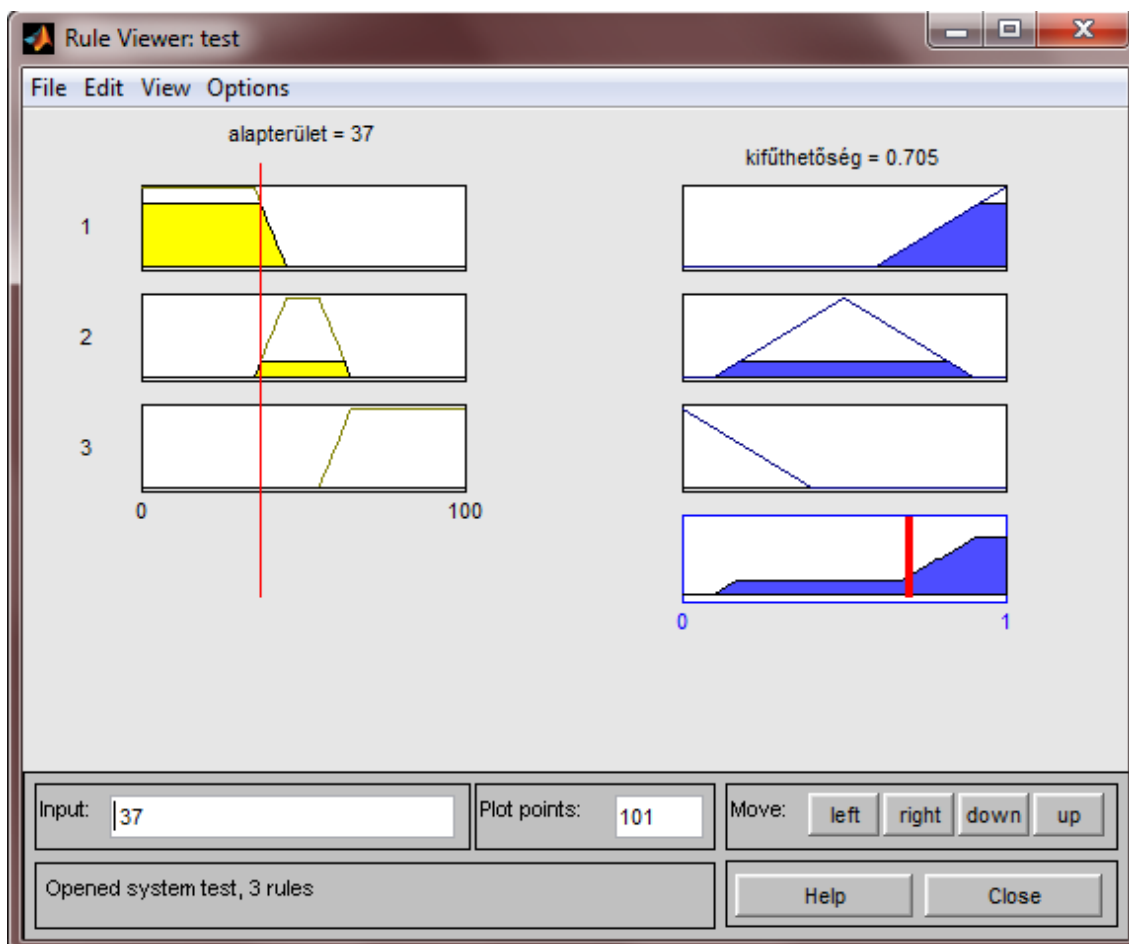
A fuzzy következtető rendszer a következő elemekből épül fel: fuzzyfikáló felület, szabálybázis, adatbázis, döntéshozó egység, defuzzyfikáló felület.

- ❖ szabálybázis: HA-AKKOR szabályok összessége
- ❖ adatbázis: definiálja a tagsági függvényeket
- ❖ döntéshozó egység: végrehajtja a következtető műveleteket a szabályokon
- ❖ fuzzyfikáló felület: a nyers adatot transzformálja nyelvi változóvá
- ❖ defuzzyfikáló felület: a fuzzy következtetés eredményét alakítja valós értéké



10. ábra: A fuzzy működési elve

A Fuzzy Toolbox a MATLAB parancssorából a „fuzzy” paranccsal érhető el. A kiegészítőben lehetőségünk van tagsági függvényeket generálni, szabályrendszert létrehozni, valamint meghatározni a fuzzy következtetési folyamat paramétereit. [5]



11. ábra: Példa a fuzzy következtetésre

A Mamdani (1975) következtetés a leggyakrabban használt fuzzy következtetés típus. A Mamdani-féle következtetés előre definált a MATLAB Fuzzy Toolboxában. A lényege abban rejlik, hogy az ÉS-el megadott szabályok esetében a minimum, a VAGY szabályoknál pedig a maximum tagsággal számol.

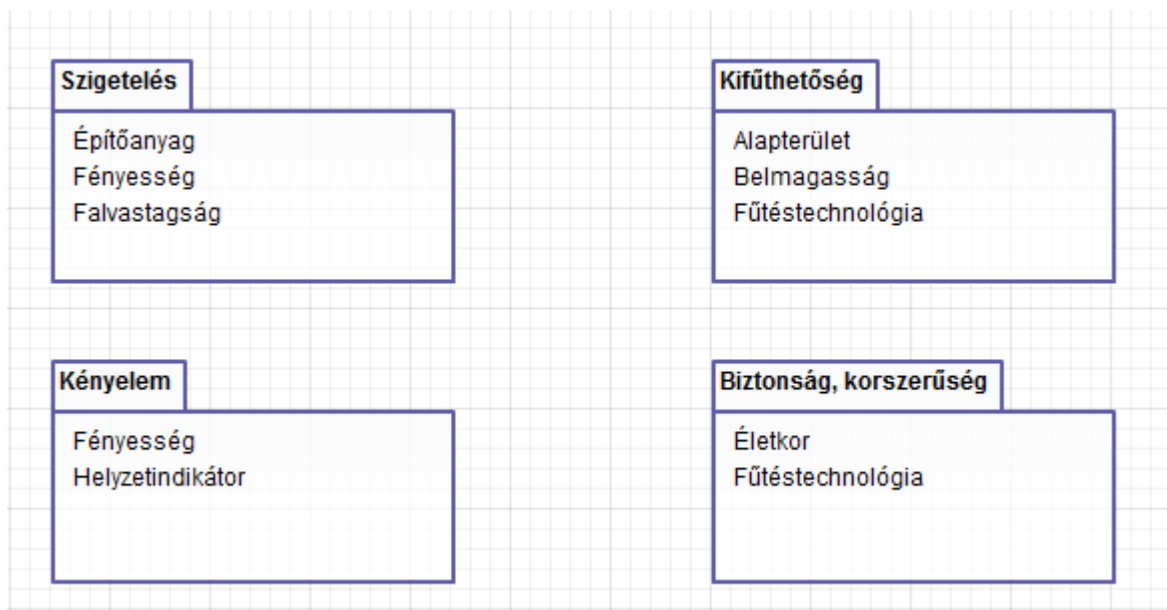


Az implikáció az eredményből a minimum szerint vág le szeletet (a fenti első, és második kékszínű ábra), majd az aggregáció során az implikációk maximálisan adódnak össze (a fenti kékszínű negyedik ábra). Végül a defuzzifikált (crisp) érték számítása a centroid módszerrel történik, azaz a kapott test súlypontjának vízszintes összetevőjét számolja ki a rendszer.

FIS Name: komplex		FIS Type: mamdani	
And method	min	Current Variable	
Or method	max	Name	alapterület
Implication	min	Type	input
Aggregation	max	Range	[0 100]
Defuzzification	centroid	<input type="button" value="Help"/> <input type="button" value="Close"/>	
System "komplex": 8 inputs, 4 outputs, and 33 rules			

**12. ábra:** Fuzzy következtető rendszer konfigurálása a Toolboxban

A felsorolt bemeneti adatok tehát a következők voltak: alapterület, fényesség, belmagasság, falvastagság, építőanyag, fűtéstechnológia, helyzetindikátor, épületkor. Ez a mintegy nyolc változó együtt kezelhetetlen, ezért őket külön csomagokban kezeltem, majd végül a valamennyi eredményt azonos súllyal összegeztem. Az említett csomagok felépítése:



**13. ábra:** A bemeneti adatok csoportosítása

## Szabálybázis létrehozása

A szabályok hozzák létre a rendszer lelkét, általában ezek a szabályok IF – THEN felépítésűek, magyarul HA – AKKOR. Egy bizonyos esetre határoznak meg implikációt. Hadd hozzak fel néhány egyszerű példát:

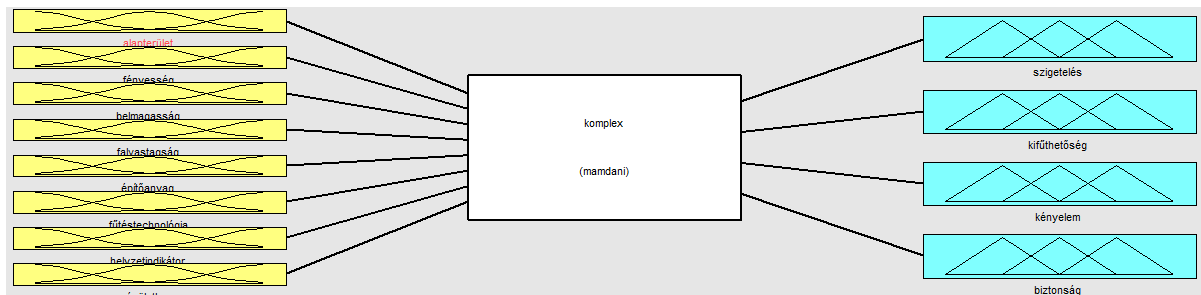
IF alapterület='kis' THEN kifűthetőség='jó'

IF belmagasság='kis' THEN kifűthetőség='jó'

vagy a kettő összevonva:

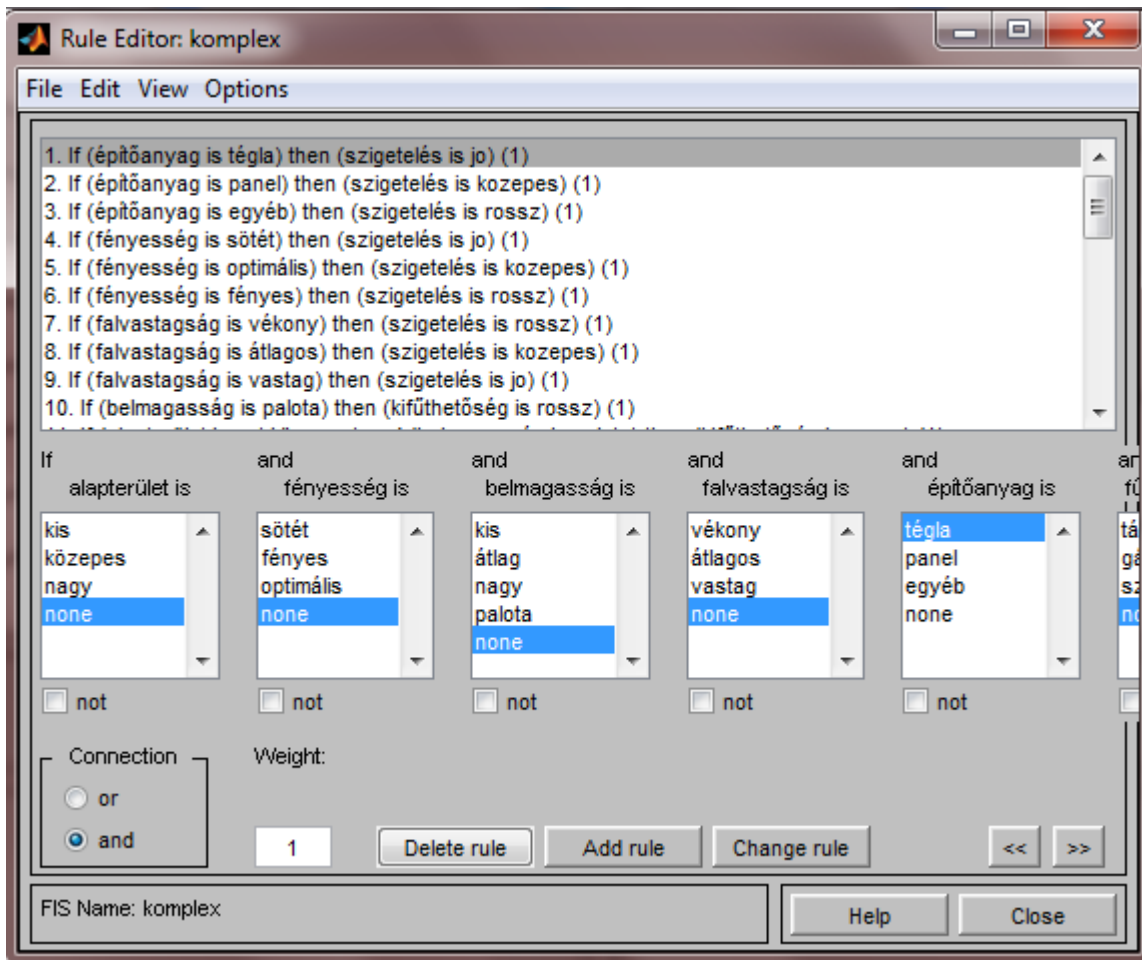
IF belmagasság='kis' OR alapterület='kis' THEN kifűthetőség='jó'

Vegyük esetemben a Szigetelés-t, három bemeneti változója van, mint azok a korábbi ábrán jól láthatók. Ha visszalapozunk az eseménytér definiálására, észrevesszük, hogy mindhárom bemenetnek három-három nyelvi változója van. Tehát  $3^3=27$  szabályt kellene megfogalmaznunk, ha minden egyes esetre külön kimenetet akarunk. Ez túl sok szabály lenne, valamint a rendszer komplexitásának változása nem lenne egyenesen arányos a döntéshozás minőségének javulásával. A legegyszerűbb, ha nem ötvözzük a bemeneteket, hanem önállóan implikáljuk őket, tehát: HA fényesség='fényes' AKKOR szigetelés='rossz', mivel az ablakok rosszabbul szigetelnek, mint a falak, és a 'fényes' eredmény csak akkor születhetett, ha az ablakok felszíne az alapterülethez képest nagy volt.



14. ábra: A FIS (Fuzzy Következtető Rendszer) felépítése

A rendszer jelenlegi működésért 33 szabály felel a 8 bemenet és 4 kimenet között.



15. ábra: Szabályszerkesztő a Toolboxban

Valamennyi szabály a függelékben kerül leírásra (**komplex.fis**). A Fuzzy Toolbox felhasználói felületén könnyedén deklarálhatjuk a szabályokat. Ezek megalkotásánál használhatunk különféle logikai operátorokat: and, or, not. A Toolbox később ezeket a parancsokat lefordítja a saját nyelvezetére:

[Rules]

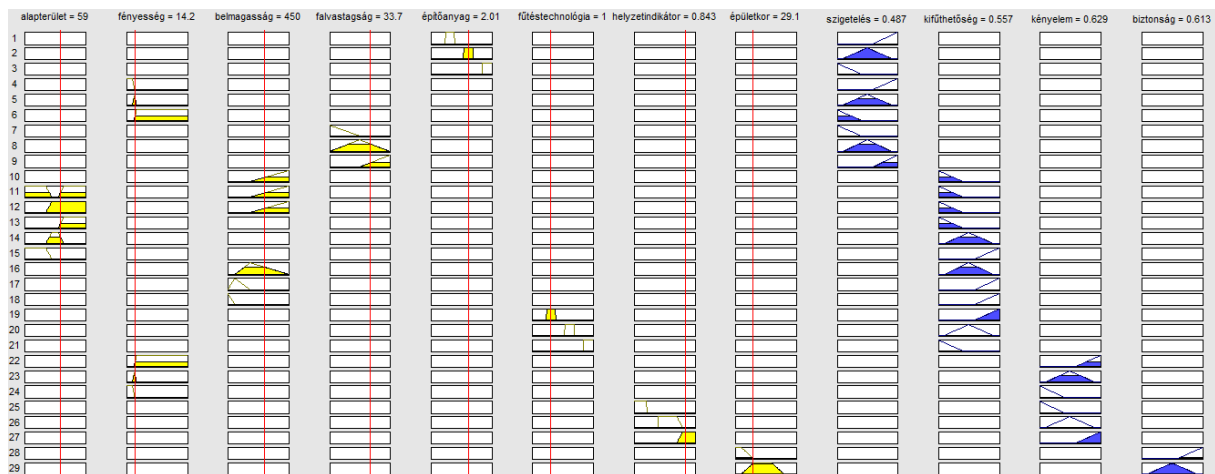
0 0 0 0 1 0 0 0, 3 0 0 0 (1) : 1

0 0 0 0 2 0 0 0, 2 0 0 0 (1) : 1

0 0 0 0 3 0 0 0, 1 0 0 0 (1) : 1

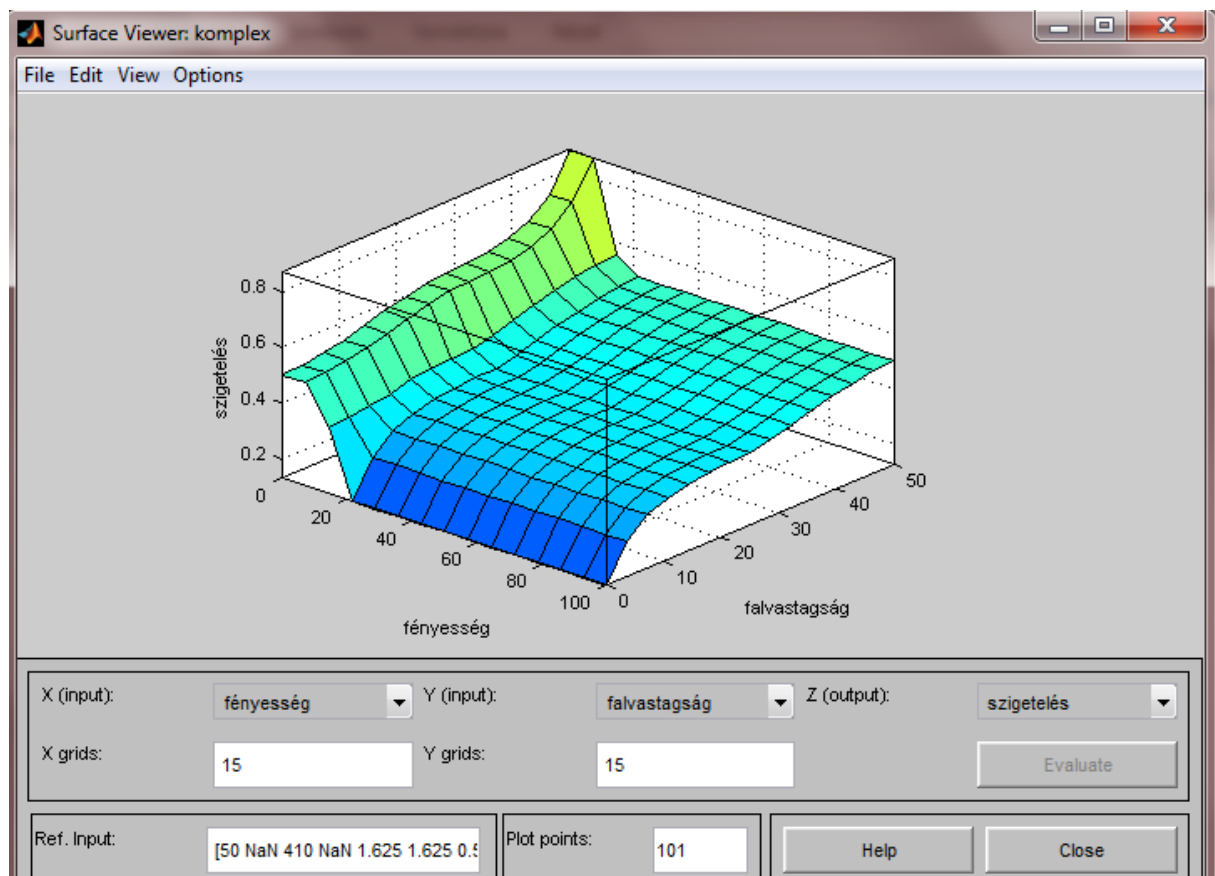
0 1 0 0 0 0 0 0, 3 0 0 0 (1) : 1

A Toolbox használata jól szemlélteti a szabályok lefutását, a következtetés logikáját. Minden egyes változóra értéket állíthatunk a piros vonallal, a sárga jelöli a bemeneti tagságot, a kék részek pedig a kimeneti elemeket.

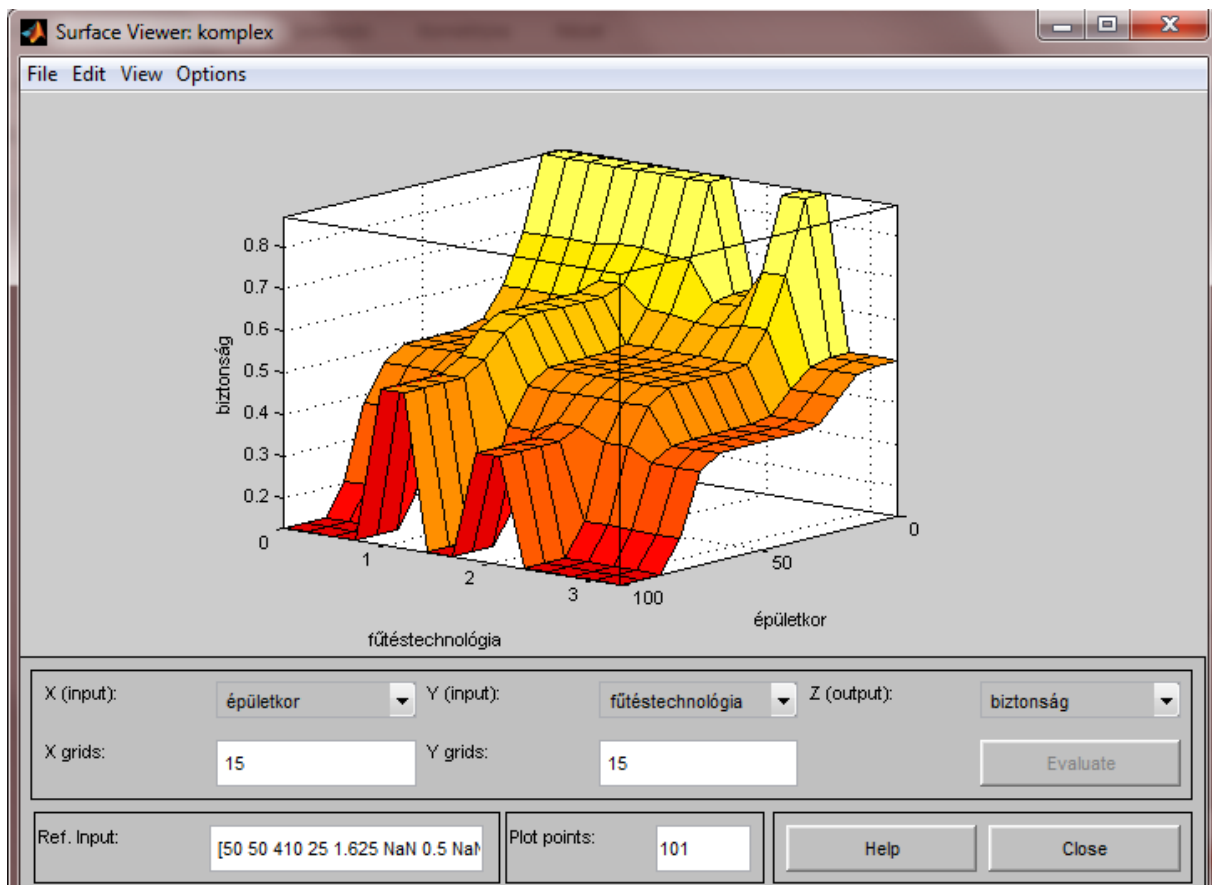


16. ábra: A szabályok lefutása nyolc bemeneti változón

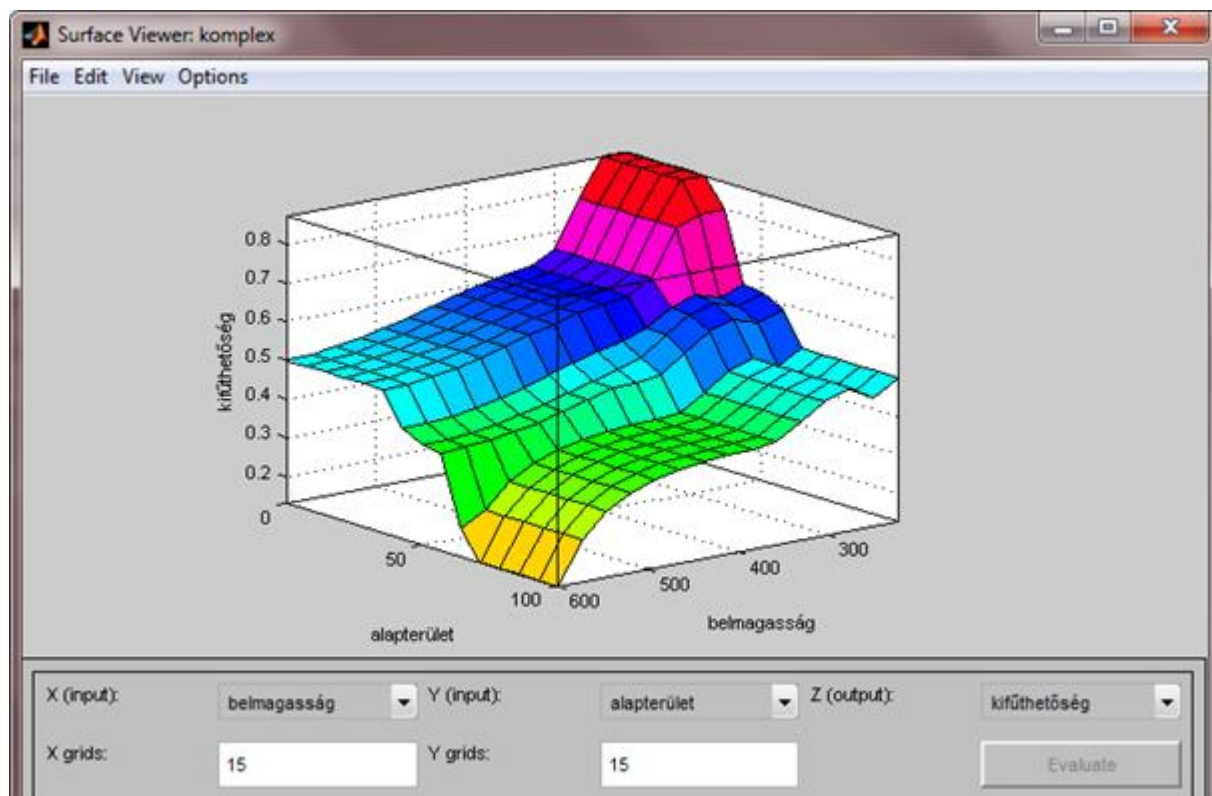
A kiegészítőben térbeli hatásábrákat is készíthetünk:



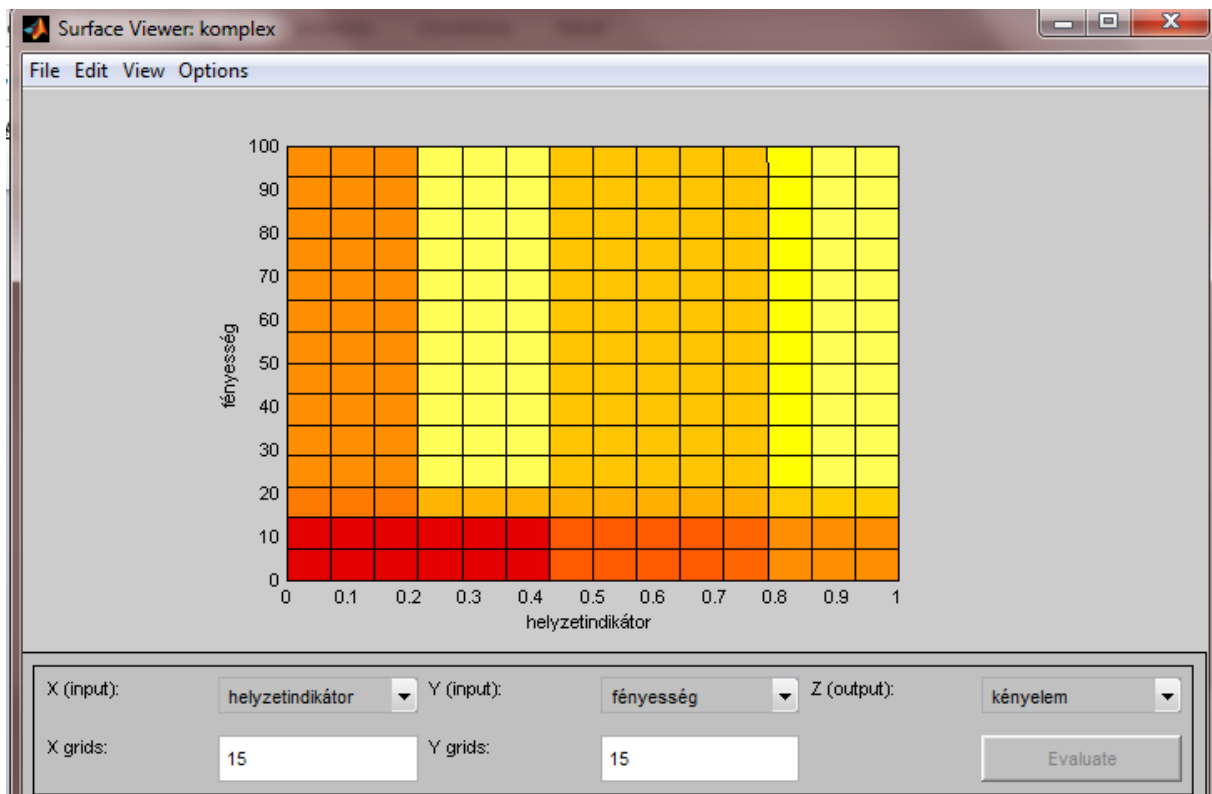
17. ábra: A szigetelés változása a fényesség és falvastagság tükrében



18. ábra: A biztonság változása a fűtéstechnológia és az épületkor hatására



19. ábra: A kifűthetőség változása az alapterület és a belmagasság fényében



20. ábra: Hamisszínes (pseudo-color plot) megjelenítés a kényelemről

## Felhasználói interfész (GUI) készítése

A MATLAB korábban említett Fuzzy Toolboxa nem elégítette ki elképzeléseimet a beviteli interfészt illetően, ezért készítettem egy felhasználói felületet a „guide” parancs segítségével. Itt a Fuzzy Toolboxból kiexportált FIS-t (Fuzzy Inference System) olvastam be a „readfis” utasítással, majd végrehajtottam a következtetést az „evalfis” paranccsal. A GUI készítéséhez főként YouTube videókat használtam [12], [13], melyeket szintén felsorolok a forrásoknál. A felület csúszkák (slider), menük (popupmenu) és gombok (button) kombinációja, az egyes elemek (handle) meghívófunkciójánál futnak le a számítások. A változók értékeinek eltárolása a „set”, az értékek begyűjtése a „get” paranccsal történik. A teljes forráskód a függelékben található (**ingatlan.m**, **ingatlan.fig**).

21. ábra: Az Ingatlan felhasználói interfész

A csúszkákon a következők állíthatók be: alapterület, ablakfelület, belmagasság, falvastagság, épületkor. Az építőanyag, fűtéstípus, valamint a szintadatok beállítása menü segítségével történik. A jobb alsó sarokban egy forgalmazási árat állíthatunk be, amelyből számított hely-ár indikátor az adott kerületre vonatkozó négyzetméterárból számít egy viszonyszámot, amely ha egynél nagyobb, akkor a forgalmazási ár a kalkulált ár alatt van. Mindegyik számítás a „Döntéshozás” gomb lenyomására hajtódik végre. [6]

### 8. Kategorizálás mintaadatbázissal

#### Mintaadatbázis

Az eredmények megosztásához, minősítéséhez szükségem volt egy mintaadatbázisra, adatsorra, amire lefuttathattam a készített programot. Erre azért volt szükség, hogy az eredmények osztályozása ne szubjektív határhúzásokra épüljön. Mivel valós ingatlan-adatbázishoz nem volt hozzáférésem, ezért magam készítettem egyet a

Microsoft Excel segítségével. Az egyes változókra véletlenül vettem fel értékeket, bizonyos általam megállapított határok között (=VÉLETLEN.KÖZÖTT()).

30 nm - 70 nm	4 nm - 20 nm		220 cm - 500 cm	15 cm - 40 cm	tegla vagy panel	tűzhő vagy gáz	0 és 1 között	10 év - 80 év					
alapterület	ablakfelület	fényesség	belmagasság	falvastagság	építőanyag	fűtés	szintindikátor	kor	szigetelés	kifűthetőség	kényelem	biztonság	
33	12	36.36	244	17	1	1	0.9	17	0.50	0.87	0.87	0.66	2.90
51	13	25.49	279	40	1	1	0.3	19	0.50	0.61	0.87	0.64	2.63
32	16	50.00	311	27	1	1	0.8	38	0.50	0.64	0.87	0.61	2.62
42	18	42.86	500	33	2	1	0.8	12	0.43	0.53	0.87	0.77	2.60
36	17	47.22	336	37	1	1	0.9	56	0.50	0.62	0.87	0.61	2.60
49	19	38.78	355	35	1	1	0.3	41	0.50	0.61	0.87	0.61	2.60
48	8	16.67	279	18	1	1	1	51	0.50	0.61	0.87	0.61	2.60
33	17	51.52	369	34	1	1	0.9	57	0.50	0.61	0.87	0.61	2.59

22. ábra: A teljes táblázatot a **mintaadatbázis.xlsx** fájl tartalmazza

Száz ilyen rekordot generáltam, majd ezek fuzzy következtetését (FIS) egy „for” ciklussal futtattam, a használt **test.m** fájl a függelékben található. Az eredményeket a **result.txt** tartalmazza.

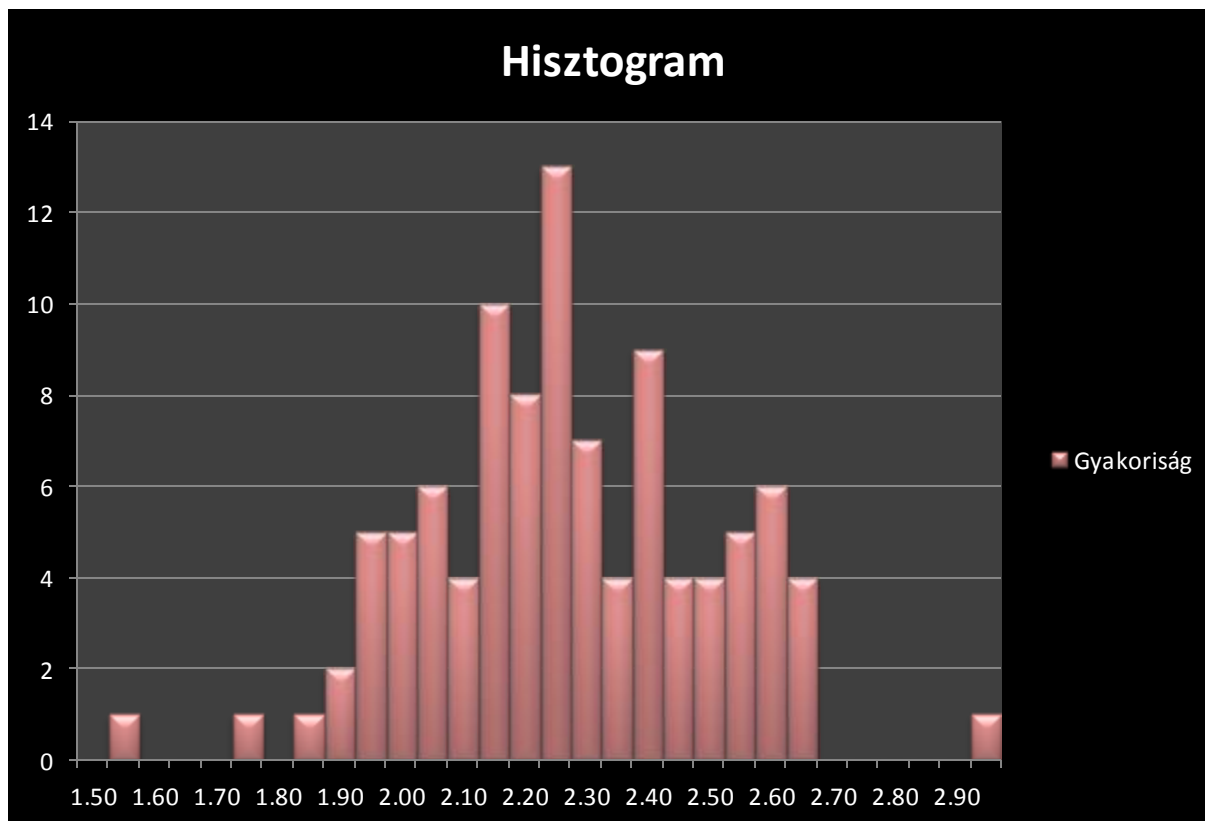
```

5.0000000e-001      8.7000000e-001      8.7000000e-001      6.6276316e-001
5.3724539e-001      6.6338082e-001      6.2347005e-001      5.8057778e-001
5.0000000e-001      6.1259681e-001      8.7000000e-001      6.4444769e-001
5.0000000e-001      6.3970339e-001      8.7000000e-001      6.1259681e-001
4.3487849e-001      5.2639808e-001      8.7000000e-001      7.7196078e-001
4.6543366e-001      5.0000000e-001      5.3637792e-001      7.7196078e-001
5.0000000e-001      6.1809597e-001      8.7000000e-001      6.1259681e-001

```

23. ábra: Az eredményeket a result.txt fájl tartalmazza

A számítás eredményeinek eloszlását a következő hisztogram szemlélteti, melynek készítését az Excel Adatelemzés bővítménye tette lehetővé.

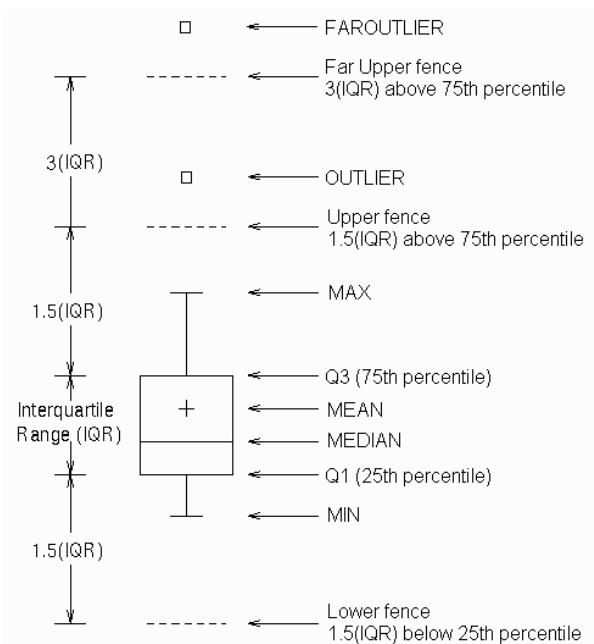


24. ábra: A hisztogram alapjául szolgáló értékeket a **mintaadatbázis.xlsx** tartalmazza



## Boxplot

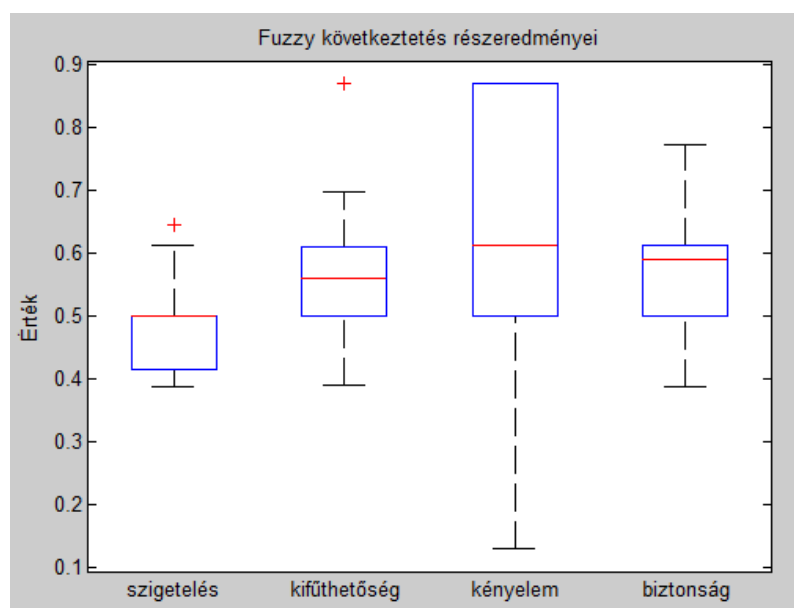
A terjedelem, az interkvartilis terjedelem, a medián, a legkisebb és a legnagyobb érték ábrázolására szolgáló grafikus eszköz. Az interkvartilis terjedelmet egy dobozzal szemlélteti, ebben van behúzva a medián, a legnagyobb és legkisebb értékek pedig egy-egy talppal vannak ábrázolva. A doboz elhelyezkedése a teljes talphoz viszonyítva, illetve a medián helyzete a dobozon belül információt ad az eloszlásról. [8]



**25. ábra:** Boxplot ábrázolás részei

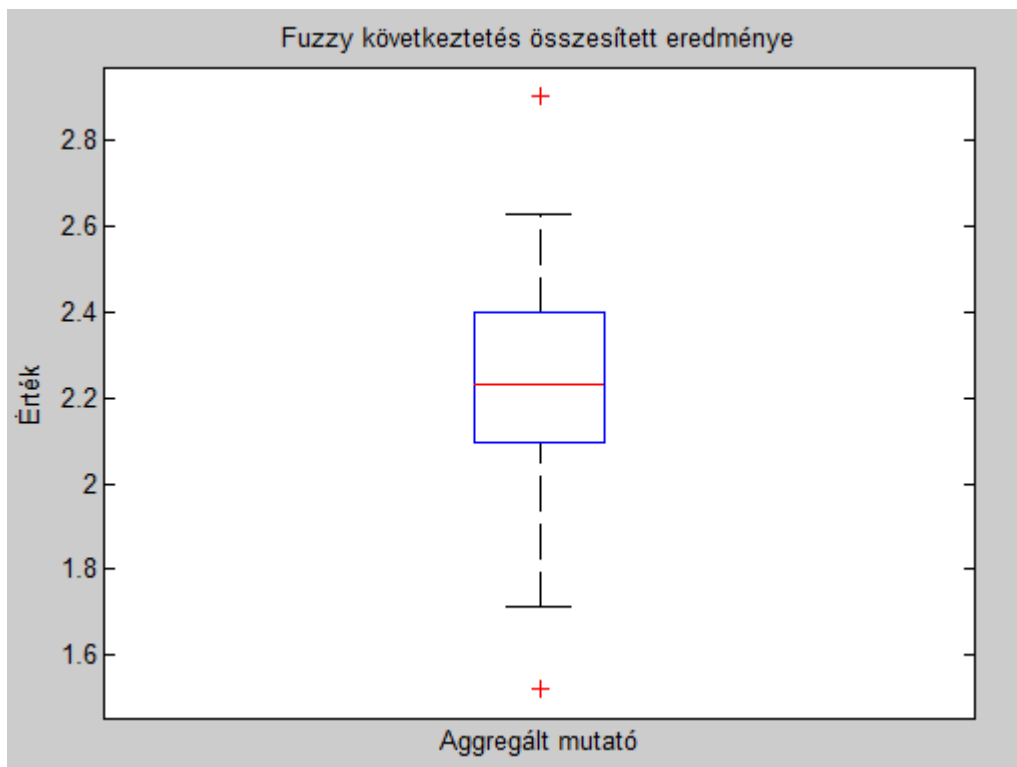
A doboz alja az alsó kvartilist (Q1, nagyság szerint rendezett adatok alsó 25%-a), a doboz teteje a felső kvartilist (Q3) jelöli. Tehát a doboz mérete egyenlő az interkvartilis terjedelemmel (IQ), azaz a változóértékek „középső” 50%-át foglalja magába. A fel és le vonalak hossza az interkvartilis terjedelem 1,5-szerese (1,5 IQ), az ezen kívül eső értékek az outlierok. [14]

Egy outliernek drámai hatása lehet a hisztogramok skálájára, ami miatt az eloszlás teljesen zavaros lesz. [15]



**26. ábra:** Részeredmények boxplotja

A részeredmények összegzése azonos súllyal történt, a skála terjedelme 0-tól 4-ig tart.



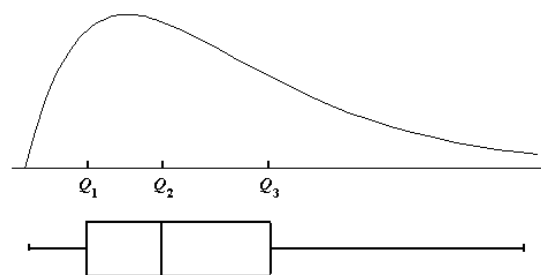
**27. ábra:** A részeredmények összegzett boxplotja

Az egyes elemeket a következőképp kérhetjük le:

`get(ábra_neve,'tag');`

A számított értékek a következők voltak:

lower whisker:	1.7144	2.0973
upper whisker:	2.3988	2.6270
median:	2.2305	
box:	2.0973	2.3988



**28. ábra:** A boxplot „mögötti” sűrűségfüggvény

Tehát a négy kockázatformáló

intervallum a következő:

nagyon alacsony kockázat:	2.3988 – 4.0000
alacsony kockázat:	2.2305 – 2.3988
közepes kockázat:	2.0973 – 2.2305
magas kockázat:	0.0000 - 2.0973

## *9. Összefoglalás*

A fuzzy logika szabadsága megfelelőnek bizonyult a téma nyitottságához, a felépített rendszer működőképes, valamint továbbfejleszhető. Egyes részei, tagsági függvényei tovább finomíthatóak, újabb paraméterek bevezethetőek, különféle kiértékelési módok tesztelhetők. A mintaadatbázis létrehozásával a valós világban előforduló eseményteret igyekeztem szimulálni, a következtetett eredményeket a kockázatnál megszokott négy osztályba soroltam egy korszerű megjelenítés, felosztás alapján (boxplot), mely jól kezeli a szélsőséges adatokat. A fuzzy logika szakirodalmában nem találtam ilyen fajta döntéshozó rendszert. Szükséges megemlítenem, hogy ez a problémakör a gazdasági válság ellenére is aktuális, hiszen a vásárlóerő csökkenésével fordított arányban növekszik döntéseink kockázatát megjelenítő eszközök iránti igény. A közeljövőben a következtető rendszer egy progresszív webes ingatlanforgalmazó térkép-adatbázis projekt kiegészítőjeként kerül bevezetésre, melyhez a háttérrel a nyílt forráskódú Octave fogja biztosítani.

## Források:

1. KSH (2012): A Néesség és lakásállomány jellemzői, 2011 évi népszámlálás előzetes adatok
2. Bitó János (2003): Lakóházak tervezése
3. Gereben Zoltán (1981): Épületfizika
4. Reisch Antal (1973): Lakóépületek tervezése
5. S. N. Sivanandam, S. Sumathi and S. N. Deepa: Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB
6. Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide
7. Kóczy T. László, Tikk Domonkos (2000): Fuzzy rendszerek
8. Németh Renáta, Simon Dávid: Társadalomstatisztika
9. [http://hu.wikipedia.org/wiki/Modell\\_%28tudom%C3%A1ny%29](http://hu.wikipedia.org/wiki/Modell_%28tudom%C3%A1ny%29)
10. <http://www.oc.hu/ingatlanpiac/436>
11. Tilk László Géza: Helyérték Tanúsítvány 1012 Budapest, Logodi utca környezetére
12. <http://www.youtube.com/watch?v=qAGiAq6HhYQ>
13. <http://www.youtube.com/watch?v=ixzco53hzqE>
14. [http://www.agr.unideb.hu/~balogh/UzletiStat/SPSS%20jegyzet\\_bevezet%E9s.pdf](http://www.agr.unideb.hu/~balogh/UzletiStat/SPSS%20jegyzet_bevezet%E9s.pdf)
15. <http://complex.elte.hu/elemistatisztika/ES3.pdf>

## Függelék:

1. ingatlan.fig
2. ingatlan.m
3. komplex.fis
4. szint.m
5. hely.m
6. risk.m
7. feny.m
8. minta\_skalazas\mintadatbazis.xlsx
9. minta\_skalazas\result.txt
10. minta\_skalazas\tester.txt
11. minta\_skalazas\bplothoz.m
12. minta\_skalazas\test.m

A függelék tartalma a következő hivatkozással érhető el a weben:

[https://drive.google.com/folderview?id=0B8Md2IcByG\\_3cJlOFpITVRGZ3c&usp=sharing](https://drive.google.com/folderview?id=0B8Md2IcByG_3cJlOFpITVRGZ3c&usp=sharing)