

GAÁL Zoltán - HAUSZMANN János

LÁGY ELJÁRÁSOK ALKALMAZÁSA A KARBANTARTÁSI DÖNTÉSEK KIMENETELÉNEK ELŐREJELZÉSÉBEN

Karbantartási feladatok attól kezdve léteznek az ember életében, amióta munkája megkönnyítésére eszközöket használ. Ezek az eszközök tönkrementek, meghibásodtak használatuk során, így gondoskodni kellett az eszközök munkavégző képességének megbízható megőrzéséről, és mindezt a lehető legrövidebb idő alatt. A karbantartási döntések kimenetelének pontos jóslása az információk hozzáférhetősége, a döntési szempontok és elvárások magas száma, valamint a döntéshozók egyéni pszichológiai beállítódása miatt igen bonyolult. A rendszer viselkedésének tanulmányozására akkor van esély, ha képesek vagyunk tömör, leíró formában rögzíteni a rendszer viselkedését.

Ahogy a berendezések bonyolultsága növekedett, olyan tényezők is éreztették hatásukat, amivel nem kellett számolni a klasszikus karbantartási feladatok során. Megjelent az emberi szakértelem, a tudás, a szakmai hozzáértés, több ember együttműködését koordináló szervezet, az egyre nagyobb kockázat, döntések. Csupa olyan tényező, melyek közvetlenül vagy közvetetten az emberi cselekvéssel, tudással és az ember szociokulturális, pszichológiai tulajdonságaival álltak kapcsolatban.

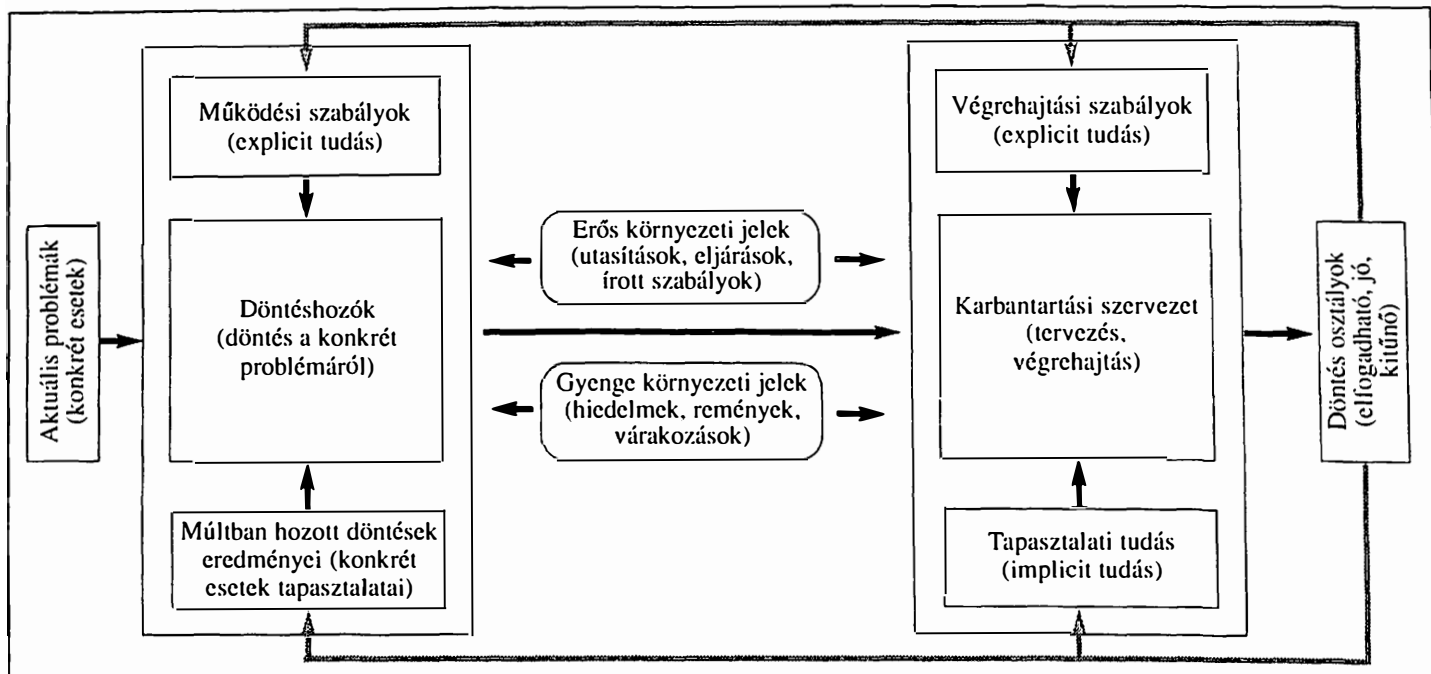
Kutatásainkat egy nagy iparvállalat karbantartási igazgatóságán végeztük. Felmerült az a gondolat, hogy lehetséges-e a mai számítástechnika segítségével a döntéshozóknak – bonyolult és sokrétű tevékenységükhöz – konkrét esetekre segítséget nyújtani úgy, hogy a döntéshozó előzetesen tájékozódhasson döntésének várható kimeneteléről? Reménytelen feladatnak látszott olyan módszert találni, amellyel csak közelítőleg becsülni (osztályozni) tudtuk volna a döntéseket.

A probléma leegyszerűsítve a következő volt: a szervezetre háruló karbantartási problémák valamilyen inputhalmaza és a döntés lehetséges kimenetelei között kerestünk olyan törvényszerűségeket (heurisztikus szabályokat), amelyek alapján egy jövőben bekövetkező problémára hozott döntés kimenetele jól jósolható. Mindezt információhiányos, zajos és bizonytalan környezetben. Az inputok (döntési változók) és

output (döntési osztályok) közötti fekete dobozt egy nem lineáris működésű, bonyolult kapcsolati hálóval rendelkező, a belső alkotóelemek közötti kapcsolatokat csak statisztikailag becsülhető szabályszerűségekkel jellemezhető szervezeti viselkedés adja. Mivel a szervezet tevékenységét szabályok, utasítások és eljárások szabályozzák – feltételeztük, hogy viselkedése valamilyen konzisztenciát mutat, nem csak a véletlenül múlik. Továbbá ismert, hogy a szervezet emlékezik a nem túl távoli múltban hozott döntések eredményeire. Ez megfelel a szervezet hosszú távú memóriájának, tapasztalatának. Következésképpen hasonló problémák megoldására hasonló módon kell reagálnia. Végül a reakcióit befolyásoló környezeti jelek – ezeket erős és gyenge jeleknek neveztük – és a múltból származó tapasztalat alapján meghozza döntéseit. Ha igaznak bizonyul, hogy a szervezet döntéseibe beépül a múltbéli tapasztalat, döntési elvárásainak megfogalmazásához pedig többé-kevésbé ugyanazokat a környezeti jelegyütteseket (jelkosarakat) használja, akkor lehetőség van arra, hogy megbecsüljük egy jövőbeli karbantartási probléma megoldására hozott döntés várható kimenetelét. Az 1. ábra a kutatási problémát sematikusán ábrázolja.

A kutatás során feltártuk a karbantartási szervezet döntéshozóinak múltbéli tapasztalatait. Ezt a nem túl távoli múltban¹ történt karbantartási problémákra ala-

Döntésoztályozó rendszer elvi működési ábrája



poztuk. Meghatároztuk a döntéshozókat érő környezeti hatásokat, amelyeket erős és gyenge környezeti jellemzőkre osztottuk. Az erős jellemzőket két nagy csoportba soroltuk. A döntéshozókat a működés, míg a szervezetet a végrehajtási szabályok és utasítások befolyásolták. A végrehajtást követően a döntéshozók – mintegy feltételes tanulást végezve – minősítik a végrehajtott döntést, és eredményére emlékezve, hipotézisünk szerint, felhasználják a következő probléma megoldásánál hozott döntéseikben. A vizsgálat során csak a technológiai eseményekkel összefüggő problémákra helyeztük a hangsúlyt.

A bizonytalanság forrása – az emberi tényező

A karbantartási tevékenység egy összetett, sokszakmás, műszakilag többvariációs megoldásokat tartalmazó, magas minőségi előírásokat kielégítő, hatékony és gazdaságos elvárásoknak megfelelő együttes. Mivel a karbantartási problémák megoldása komplex látásmódot követel, így az emberi tényezők szerepe – a magas automatizálás ellenére – egyáltalán nem hagyható figyelmen kívül a megoldások megvitatásánál.

Az emberi szubjektivitás már a probléma elemzésénél, megvitatásánál, az egyes megoldási variációk elemzésénél óriási nyomással nehezedik a döntés kimenetelére. Rengeteg körülmény teszi bizonytalanná a döntést. Ha tisztában lenne a döntéshozó a döntési változókkal, akkor is szembe kellene néznie az elvárásaival. Az elvárásokat nemcsak a körülmények viszik kényszerpályára, hanem a döntéshozó implicit és

explicit tudása, kockázatvállalása és az elvárások megfogalmazásához begyűjtött információk mennyisége és minősége is. Számolnia kell továbbá az információszajjal, ami minden rendszerben létezik, és érzékenységtől függően zavarja álláspontjának kialakításában.

A 2. ábra a döntéshozó információfelvételének és -feldolgozásának folyamatát mutatja. Ezt a sémát használtuk a döntéshozó minősítő, következtető logikájának gyakorlati modellezésére. A döntésekben keveredő szubjektív és objektív hatásokat többértékű logikával helyettesítettük.

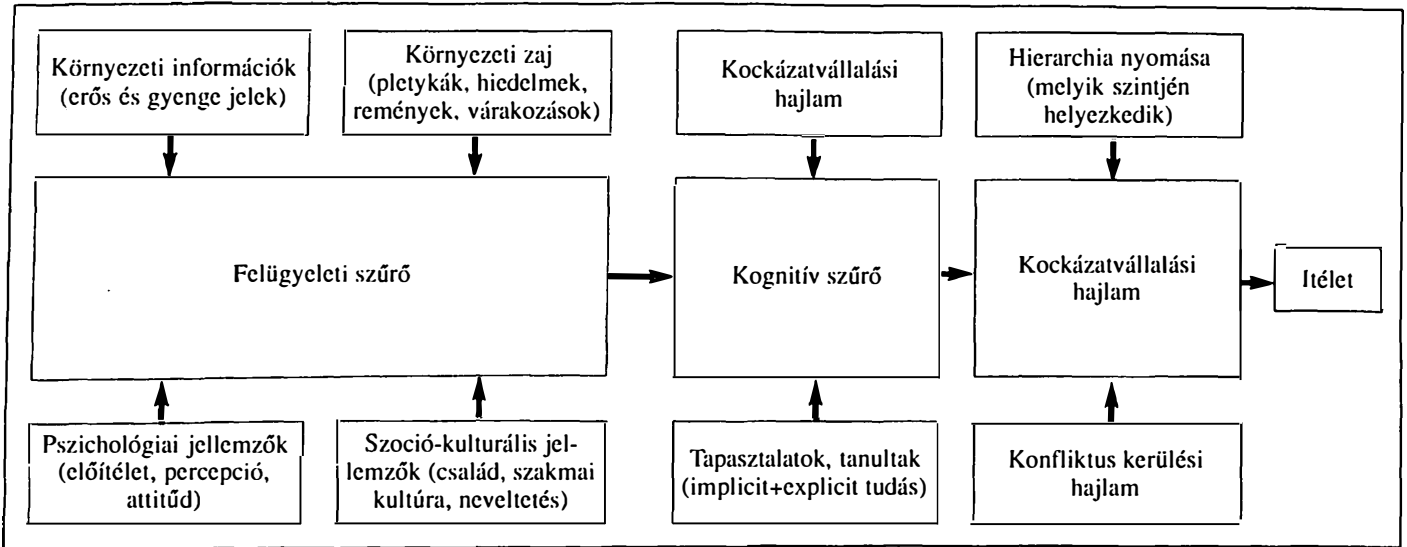
Esetalapú ismeretek feltárása

Tapasztalati ismereteket konkrét karbantartási problémák megoldására hozott döntések eseteinek feldolgozásából nyertünk. A tapasztalatok feltárásához és a tudás ábrázolásához adatbányászati megoldásokat használtuk. Arra építettük, hogy a tudás leírható a szakma speciális nyelvével, és tömören ábrázolható „Ha... akkor”-szabályok segítségével. Ezen szabályok kapcsolják össze a bemeneti és kimeneti döntési változókat.

A tapasztalatok feltárása, a tudás ábrázolása

Természetesen mindezt csak akkor lehet megtenni, ha a szakterületen van ilyen tapasztalat, és a terület szakértője képes ezt megfogalmazni. Ha van a területen szakértő, de nem képes megfogalmazni a tapasztalati szabályokat (például azért, mert szinte magától

A döntéshozó információfelvétele és -feldolgozása



értetődő számára, kimondhatatlan, mert nincs rá fogalom), akkor azokból az esetekből kell előállítani őket, amelyeket a területi szakértő (vezető, döntéshozó, szember) elmesél a szakma specifikus nyelvén, használva a mindennapi életben is előforduló kommunikációs nyelvet. Ezek a szabályok nem lesznek teljes körűek, nem lesznek egzaktak, és a tapasztalatokat csak bizonyos keresztmetszetekből rögzítik. Viszont lehetőséget adnak a külső vagy akár a belső szemnek is nagyon bonyolult viselkedő rendszerek egyszerű, heurisztikus szabályokra alapozott tanulmányozására. Az így előállított szabálygyűjtemény nem áttekinthetetlen. Nagyon tömör formában, de nem matematikai pontossággal fogalmazza meg a vizsgált terület működését rögzítő tapasztalati szabályokat. Ez a tapasztalati tudásbázis a vezetői döntéshozás mai modern nehézsúlyú fegyvertára. Szinte néhány releváns döntési változóra szorítkozva és néhány heurisztikus szabályra hagyatkozva olyan megállapításokat képes ábrázolni, amelyek figyelmen kívül hagyása szinte biztosan elfogadhatatlanná teszik a meghozott döntést.

Másfelől tájolja is a döntéshozót, mivel a szóban forgó probléma megoldására éppen meghozni kívánt döntésének várható kimenetelét a múltban meghozott döntésekre alapozva – ismerve a szabályok alapján a döntések kimenetelét – prognosztizálhatja. A fentieket tömör formában a 3. ábra mutatja.

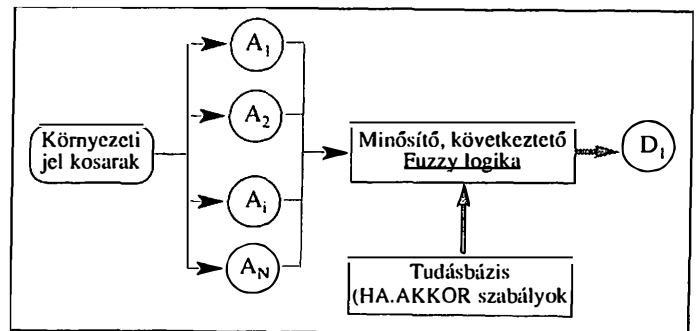
Környezeti jelkosarak

A környezeti jelkosarak kialakítására azért volt szükség, mert a kosárban levő környezeti jelek együttesen sokkal jobban jellemzik a releváns döntési változó (A_i) befolyásolását, mint egy releváns jel. Másfelől a zava-

rokat, zajokat sokkal jobban kisimítja, beolvasztja az eredő függvénybe. A környezeti jelkosarakban összefogott jelinformációk a döntéshozót közvetlen vagy közvetett formában érik. Ezen információk és személyes hiedelmei alakítják álláspontját, képezik ismereteit. Ismeretei segítenek megfogalmazni szempontjait és elvárásait. A környezeti jelkosarak szolgáltatja információ képezi a szervezet rövid távú memóriáját (RTM).

3. ábra

Az előrejelző modell rendszerszintű felépítése



Minősítő, következtető logika

A minősítő, következtető logika a döntéshozók aggregát igazságfüggvényeit tartalmazza a lényeges döntési változókra, A_i -re. Az aggregát függvényekbe összegződnek a döntéshozók személyes, szociokulturális és közgazdasági attitűdjei.

Tudásbázis

A tudásbázis azokat a heurisztikus szabályokat (*Ha ... akkor*) tartalmazza, amelyek összekapcsolják a lényeges döntési változók igazságfüggvényeit (I/A) input

halmaz) a döntés kimenetelének várható alakulásával (*ID* output). Ez képezi le a szervezet hosszú távú memóriáját (HTM).

Mind a minősítő logikát, mind a tapasztalati tudásbázist eltérő eszközökkel, külön-külön kellett kialakítani.

Tudásbázis építés fogalmi hierarchiák segítségével

Az adatok tömör formában történő kifejezése kevesebb input/output műveletet eredményez. Hatékonyabb és átláthatóbb, mint az aprólékos *adatprimitív*.² Ha túlságosan általános eredményeket sikerül előállítani, akkor lehetővé teszik a részletekbe történő „lefűrást”. Ekkor az általánosabb fogalmak konkrétabb fogalmakra cserélődnek, és az adatok „felgörgetése” révén különböző perspektívákból nyerhetünk betekintést a rejtett adatkapcsolatokba.

A fogalmi hierarchiákat a tudásmérnökök derítik fel, és a terület szakértői adják. Ez az adott szakterület szakmaspecifikus nyelve, másképpen a szakma „tolvajnyelve”.

Elképzelhető, hogy egy attribútumhoz különböző szintű döntéshozók nézőpontjából több fogalmi hierarchia is tartozik.

Eseményeket leíró fogalmak jellemzése

Attribútumorientált indukció

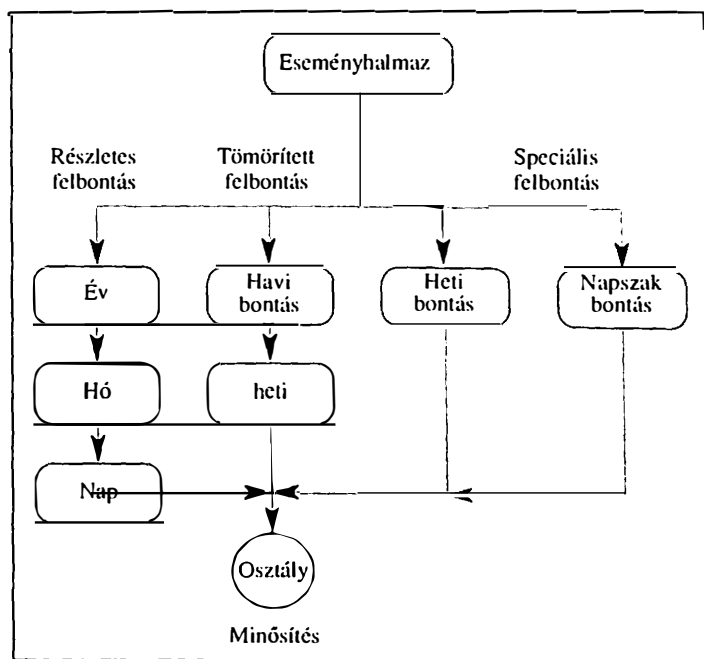
Az alapötlet szerint először összegyűjtöttük a feladat szempontjából lényeges fogalmakat a döntési esetekből, majd általánosítást végeztünk úgy, hogy az attribútumokra nézve meghatároztuk a különböző értékek számát. Az általánosítás *attribútumelhagyással* történt. Az elhagyás során az eseménysorokat összefésültük. Így csökkent az általánosított adathalmaz mérete.

Első lépésben a döntési események leírásából kiemeltük a leíró adatokat (döntési szempontok), ezt a szakirodalomban adatáttekintésnek nevezik. A vizsgálat szempontjából lényeges adatokat később általánosítással, további pontosítással illesztettük a hierarchiába. Ilyen feladat volt például a zónakirakáshoz kötött főjavítási idők tömörítése. A lényeges attribútumokból a döntéshozó csak néhányat tudott felsorolni. Nem egyformán értékelték ugyanazt az eseményt, mást emeltek ki belőlük fontosnak. Így az attribútumorientált indukció során hálós felépítésű fogalmi hierarchiákat kaptunk. Ezt mutatja a 4. ábra.

A következő fogalmakat használtuk az események leírására:

- attribútum,³
- indukció,⁴
- attribútum orientált indukció.⁵

Az eseményszámot minősítő attribútum értelmezése



A felbontás attól függően változott, hogy kit kértünk. Ahhoz, hogy érdekes mintákat nyerjünk az adathalmazból, nem használhattunk részletes felbontást, mivel ez teljesen elaprózta és statisztikailag értékelhetetlenné tette volna a mintát. Az adatok tömörítésén túl további nehézséget okozott a túl sok attribútum. Esetünkben ez 27 volt, a 30-as mintában (*1. táblázat*).

A vállalat múltbéli karbantartási eseteire hozott döntések tanulóhalmaza

Döntési esetek halmazai

Látható, hogy a tapasztalatok gyűjtésénél nem lényeges a konkrét esetek ismerete. Elég, ha meg tudjuk fogalmazni, hogy az adott esetben milyen döntési szempontjaink voltak, milyen elvárásokat támasztottunk, és a végrehajtást követően milyennek értékeltük az eredményt. Egy karbantartási cselekvéssorozatban nemcsak a tervezés + végrehajtás eredményessége összegződik, hanem a döntéseké is. (Sarkítva: Lehet kiváló csapatunk, ha csapnivaló a vezetés + irányítás, és lehet nagyon gondatlan végrehajtás, ha kiváló is a vezetés + irányítás. Az eredményt formálisan a kettő szorzata adja.)

Attribútum általánosítása

Az attribútum általánosítása a szabályok tömörségét szolgálja. Ha az attribútum nagyszámú értékkel rendelkezik, és létezik több általánosító operátor,

Döntési tanulóminta

1. táblázat

Döntési esetek						
Esetek	Biztonság	Hatóság	Minőség	Idő	Pénz	Vezetői döntés
c1	-	-	kielégítő	-	-	jó
c2	-	-	-	-	-	briliáns
c3	-	-	-	-	kevés	kielégítő
c4	-	-	-	-	-	jó
c5	-	-	Jó	-	-	jó
c6	elfogadható	engedélyez	Jó	-	-	jó
c7	elfogadható	-	kielégítő	kevés	-	kielégítő
c8	elfogadható	-	-	kevés	-	jó
c9	elfogadható	engedélyez	-	kevés	-	kielégítő
c10	elfogadható	-	-	kevés	amennyi kell	jó
c11	elfogadható	-	-	kevés	kielégítő	kielégítő
c12	elfogadható	-	-	-	-	kielégítő
c13	-	engedélyez	Jó	-	-	kielégítő
c14	elfogadható	engedélyez	-	-	kielégítő	jó
c15	-	-	-	amennyi kell	-	jó
c16	-	-	Jó	-	-	jó
c17	elfogadható	engedélyez	-	-	-	jó
c18	-	engedélyez	Jó	kielégítő	kielégítő	elfogadható
c19	-	-	Jó	kielégítő	kielégítő	briliáns
c20	-	-	-	kielégítő	-	jó
c21	-	-	Jó	-	-	jó
c22	-	-	-	-	-	jó
c23	-	engedélyez	-	-	-	jó
c24	elfogadható	engedélyez	-	amennyi kell	kielégítő	briliáns
c25	elfogadható	-	-	-	-	jó
c26	-	engedélyez	-	-	-	jó
c27	-	-	-	kielégítő	-	jó
c28	-	-	Jó	-	-	jó
c29	-	-	-	-	kielégítő	kielégítő
c30	-	engedélyez	-	-	-	jó

kíván tartani. Egy attribútum általánosított szintje erősen függ az ember szubjektív megítélésétől. Az irodalom ezt az eljárást attribútumáltalánosítási vezérlésnek nevezi.

Ha egy attribútumot (döntési szempont) túl magas szinten általánosítunk, akkor a kapott szabályok túl általánosak lesznek, következésképpen nem lesznek elég informatívak. Ha túlságosan alacsony szinten hagyjuk az általánosítást, akkor aluláltalánosítottak lesznek, és ezért nem lesznek elég informatívak. Fontos volt a helyes arány eltalálása, ami nem mindig egyértelmű és könnyű. Az esetek és fogalmak gyűjtésénél nagyon sokszor kellett visszatérni a döntéshozóhoz, hogy a számtalan elemi fogalmat összefüggő értelmes struktúrába szervezhessük. Mindezek ellenére is 37 döntési szempont-ra sikerült tömöríteni. Ezek a szakmai fogalmak igen jól jellemzik a karbantartási döntésekkel kapcsolatosan felmerülő döntési szempontokat, de még mindig nagyon sok ahhoz, hogy elfogadhatóan jó eredményeket adó heurisztikus szabályokba lehessen őket szervezni. Többször kellett kísérletezni, mire valamelyest elfogadható megoldást jött létre. Az 2. táblázatban összefoglaltuk a döntési szempontokat, a szempontokra kialakított elvárásokat. Az attribútumok csak a megadott nyelvi változókat vehették fel.

akkor ki kell választani egyet. Ezzel az eseményhalmazban lévő egyedek közül egyszerre több is kielégíti az attribútumérték párost. Azért fontos ennek a szabálynak az ismerete, mert amikor a döntéshozó kifejezi értékítéletét egy döntési eseményre nézve – akkor azt általános szinten teszi.

Például a [Jó] döntés a fogalmi fában⁶, egy magasabb szinten helyezkedik el, és nagyon sok mindent magában foglal. Ezt a példából tanulásnál a fogalmi fában történő felemelkedésnek nevezik. A fogalmi fára a 4. ábra mutat gyakorlati példát.

Attribútumáltalánosítási vezérlés

Az attribútumoktól vagy az események osztályozásától függően a felhasználó bizonyos attribútumokat alacsony, másokat magasabb általánosítási szinten

Attribútum elhagyása

Az attribútum elhagyása segít abban, hogy a komplex rendszer viselkedését kevesebb fogalommal is kifejezhessük. Az elhagyás azon az egyszerű szabályon alapul, hogy amennyiben egy attribútumnak kezdetben nagyon sok értéke van, és nincs általánosító operátora (olyan művelet definiálva, amely tömörre tenné), és az attribútumot magasabb fogalmi hierarchiában, más attribútumok kifejezik, akkor az attribútumot célszerű elhagyni. E mögött az a gondolat húzódik meg, hogy egy attribútum-érték páros a konkrét esetre vonatkozó szabályszerűséget fejezi ki, melyet több más attribútum-érték párossal konjunkcióba szerveznek. Ha kiiktatunk egy ilyen párost, azzal csökkentjük

Lingvisztikai változók a döntési szempontok és elvárások megfogalmazásához

Attribútum	Nyelvi érték 1	Nyelvi érték 2	Nyelvi érték 3	Nyelvi érték 4	Nyelvi érték 5
Anyagvizsgálat	lényegtelen	elfogadhatatlan	megfelelő		
Beruházás	nem fontos	nincs forrás	van forrás		
Beszerezés	lényegtelen	késik	indítható	várható	
Biztonság	elfogadhatatlan	elfogadható			
Dokumentáltság	elfogadhatatlan	kielégítő	jó		
Élettartam	lényegtelen	kielégítő	hosszú		
Ellenőrzés	lényegtelen	ritka	gyakori	rendszeres	
Főjavítási ütemterv	nem fontos	csúszik	feszés	tartható	
Gazdaságosság	nem fontos	minimális költség	ésszerűen	minimális kiesés	
Használhatóság	elfogadhatatlan	elfogadható	jó		
Hatóság	nem engedélyez	engedélyez			
Hibaanalízis	nem feltárt	kielégítő	teljes		
Idő	lényegtelen	kevés	kielégítő	amennyi kell	
Információ-hozzáférés	lényegtelen	korlátozott	szabályozott		
Informális kapcsolat	lényegtelen	nincs	létezik		
Javítási módszer	lényegtelen	elfogadható	hatékony		
Javítási technológia	lényegtelen	elfogadható	precíz		
Karbantarthatóság	lehetetlen	korlátokkal	végrehajtható		
KMB-határozat	nem fontos	állást foglalt	döntött		
KTU-végrehajtás	nem fontos	korlátokkal	kielégítő	precíz	
Meghibásodás	lényegtelen	ritka	kevés	sok	
Mérés	lényegtelen	nincs	kiépítve		
Minőség	lényegtelen	elfogadható	jó	kielégítő	
Munkaszervezés	lényegtelen	primitív	kezelhető	bonyolult	
Munkavédelem	lényegtelen	biztonságos	balesetveszély		
MŰSZ-korlát	nincs	van			
MVH-állásfoglalás	lényegtelen	ráutaló	konkrét		
Pénz	lényegtelen	nincs	kevés	amennyi kell	
Rendelkezésre állás	lényegtelen	kicsi	kielégítő	folymatos	
Sugárvédelem	lényegtelen	legkevesebb	ésszerű	kockázati	
Szakértelem	elfogadhatatlan	lényeges	fontos		
Szakmai állásfoglalás	lényegtelen	kompromisszum	szigorú szabályok		
Technológiai működés	lényegtelen	nem működik	korlátozott	működő	
Termelés	lényegtelen	nincs	csökkentett	stabil	
Üzembevetel	lényegtelen	csúszás nélkül	minél előbb	ahogy lehet	
Vezetői döntés	elfogadhatatlan	elfogadható	kielégítő	jó	briliáns
Eszköz	lényegtelen	hiány	rendelkezésre áll		

a szabály bonyolultságát, és általánosabbá tesszük, mivel kikapcsolunk egy megszorítást.

Feltételledobás

Amennyiben az attribútum a fogalmi hierarchia felsőbb szintjein kifejeződik, akkor a tömörség, átláthatóság érdekében megint csak célszerű elhagyni. Ezt az utóbbi elvet feltételledobásnak nevezik a példákban való tanulás irodalmában (Jiawei Han – Micheline Kamber: Adatbányászat).

Az információelmélet felhasználása az attribútumok megfelelőségének mérésére

A döntési események halmazának rendezési célja a döntési fa mélységének minimalizálása. Kiindulásként olyan attribútumot kellett találni, amely a lehető legjobban képes szeparálni az eseteket. A döntéshozókkal úgy határoztunk, hogy a döntéseket önkényesen öt csoportba fogjuk sorolni. A 2. táblázatban ezt kivastagítva láthatjuk. Így egy tökéletes attribútum

öt részre bontaná a 30 eseményt úgy, hogy mindegyik csoportba csak azonos kimenetekkel rendelkező események tartoznának. Az öt csoport a döntési osztályokat jelöli. Az öt csoport se nem túl kevés, se nem túl sok ahhoz, hogy általános semmitmondó, avagy felprózott ítéletet alkossunk.

Ekkor az attribútum egymagában is képes lenne egy még ismeretlen kimenetelű probléma megoldását besorolni. Képes lenne a jövőt prognosztizálni, mivel az attribútum bemenete és a döntés kimenetele között egyértelmű függvénykapcsolat állna fent. Egy nagymértékben haszontalan attribútum olyan példahalmazokat hoz létre, amelyben nagyjából ugyanolyan mértékben vannak a lehetséges válaszok, mint az eredeti halmazban. Mivel a lehetséges kimenetek eloszlása egyforma, nem lehet dominanciát felfedezni a spektrumában. Az ilyen attribútum értéktelen.

Arra törekedtünk, hogy valamilyen módon megkülönböztessünk az „elég jó” és a „nagyon haszontalan” attribútumokat. A mérték maximumot vesz fel a tökéletes attribútumra, és minimumot arra, amelyiket a továbbiakban nem tudtuk hasznosítani. A mérték, amely eldöntötte a rangsort közöttük, az információ várható értéke volt.

Informativitás

Az informativitást matematikai értelemben két kutató definiálta (Shannon – Weaver, 1949). A fogalom magyarázatára rendkívül elmés kísérletet találtak ki. Egy pénzérme feldobása esetén arra szeretnénk választ kapni, hogy az eredmény fej/írás lesz. Ha valakinek van egy mérésorozata, és ebből előállítható tapasztalati úton egy jó becslés akkor az aktuális dobásra vonatkozó válasz kevésbé informatív. Tegyük fel, hogy 100 \$-t tettünk fel a fejre, és olyan információink vannak, hogy a pénz manipulált. Megközelítőleg 99%, hogy fej az eredmény. Ekkor a várható nyereség:

$$100 \times 0,99 - 100 \times 0,1 = 98 \$$$

Ez azt jelenti, hogy legfeljebb 2 \$-t vagyunk hajlandóak fizetni azért az információért, amely azt jelzi, hogy konkrétan mi lesz a feldobott pénz aktuális eredménye. Ennyi az információnak az értéke.

Ha a pénzérme szabályos, akkor 50-50% lesz a fej/írás kimenetel. Így a várható nyereség 0. Ekkor hajlandóak vagyunk akár 100 \$-t is fizetni azért az információért, amely az aktuális dobás kimenetelét megmondja. Ebből az következik, hogy minél kevesebbet tudunk, annál értékesebb az információ, annál többet vagyunk hajlandóak érte fizetni.

Az információelmélet ugyanezt a szemléletet követi, de nem \$-ban, hanem bitekben méri az információ értékét. Egy bitnyi információ egy olyan igen/nem kérdés megválaszolásához elég, amelyről előzetesen fogalmunk sem volt.

Általánosan megfogalmazva: ha a lehetséges n_i válaszok valószínűsége $P(n_i)$ akkor az adott válasz I információtartalma:

$$I[P(n_1, \dots, P(n_m))] = -\sum_{j=1}^m P(n_j) \log_2 P(n_j)$$

Ez pedig nem más, mint a különböző események átlagos információtartalma, az egyes események valószínűségeivel súlyozva. Például egy szabályos pénzérme esetében ez az információ:

$$I\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) = -\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} = 1 \text{ bit}$$

Ha a pénz manipulált, a fenti példának megfelelően, akkor:

$$I\left(\frac{1}{100}, \frac{99}{100}\right) = -\frac{1}{100} \log_2 \frac{1}{100} - \frac{99}{100} \log_2 \frac{99}{100} = 0,08 \text{ bit}$$

Látható, ha a fejdobás valószínűsége 1-hez tart (teljesen biztos esemény), akkor az információtartalom a nullához konvergál.

Döntési szempontok kiszűrése attribútumrelevancia-elemzéssel

A döntési esetek az attribútumok segítségével döntési fába szervezhetőek. A döntési fának arra a kérdésre kellett minden esetben válaszolnia, amikor új esettel találkozott, hogy mi a helyes besorolása a szóban forgó esetnek?

A lehetséges válaszok valószínűségeinek becslését a tanulóhalmazban levő példák kimenetei alapján végeztük. A következőképp:

$VezetőiDöntés(X) \subset (Elfogadhatatlan, Elfogadható, Kielégíthető, Jó, Kitűnő)$
ahol X a döntési esemény.

$$P_{Elfogadhatatlan}(X) = 0$$

$$P_{Elfogadható}(X) = 0$$

$$P_{Kielégíthető}(X) = 7/30$$

$$P_{Jó}(X) = 18/30$$

$$P_{Kitűnő}(X) = 05/30$$

Az előbbi gondolatmenetet követve a tanítóhalmaz információ tartalma:

$$I\left(\frac{7}{30}, \frac{18}{30}, \frac{5}{30}\right) = -\frac{7}{30} \log_2 \frac{7}{30} - \frac{18}{30} \log_2 \frac{18}{30} - \frac{5}{30} \log_2 \frac{5}{30} = 1,3622 \text{ bit}$$

Ez az érték azt jelenti, hogy ennyi információra van átlagosan szükségünk az esetbesorolás eldöntéséhez a tanulóhalmazban.

Bármelyik A attribútum az X eseményhalmazt $[X_1, X_2, X_3, \dots, X_i, \dots, X_n]$ részhalmazra bontja, ha A kimenetele n választ eredményezhet. Ennek megfelelően a i -edik attribútum által igényelt információ mennyisége, amely a besorolás megválaszolásához szükséges:

$$I\left(\frac{n_1}{\sum_{j=1}^m n_j}, \frac{n_2}{\sum_{j=1}^m n_j}, \dots, \frac{n_k}{\sum_{j=1}^m n_j}, \dots, \frac{n_m}{\sum_{j=1}^m n_j}\right)$$

n_j : eseményszám a j -edik kimenetre

$\sum_{j=1}^m n_j$: az összes esemény m lehetséges kimenetel esetén

Bármely, a rendszerben előforduló attribútum tesztelése sokkal kevesebb információt ad ennél (kivéve akkor, ha egyértelmű összerendelés van a bemenet/kimenet között). Azt, hogy mennyit ad, azzal mérjük, hogy mennyi információra van még szükségünk az attribútum tesztelése után. Ezt nevezzük az attribútumteszt információnyereségének:

$$\text{Nyereség}(A) = \text{Gain}(A) = I_{\text{Eredeti_példahalmaz}} - I_{A\text{-attribútum_teszt}}$$

ahol A – a tesztelt attribútum.

Alkalmazva a fenti elveket: a *Biztonság* attribútum két szempont szerint sorolja be a tesztalmozat (*elfogadhatatlan, elfogadható*). Ha megvizsgáljuk ezt az attribútumot, akkor azt találjuk, hogy 30 esetből 11 esetben fordul elő, és a 3. táblázatban látható módon osztja fel a 30-as esethalmazt.

3. táblázat

A *Biztonság* attribútum minősítő jellemzőire adott döntési válaszok

A döntés kimenete	Biztonság attribútumértékei		
	Elfogadhatatlan	Elfogadható	Összesen
Elfogadhatatlan	0	0	0
Elfogadható	0	0	0
Kielégítő	0	4	4
Jó	0	5	5
Kitűnő	0	2	2
	0	11	11

A besorolás elvégzéséhez szükséges járulékos információ tartalma:

$$I\left(\frac{4}{11}, \frac{5}{11}, \frac{2}{11}\right) = 1,5 \text{ bit}$$

Ha most véletlenszerűen veszünk egy következő esetet, akkor ebben az új esetben a *Biztonság* attribútum előfordulási valószínűsége $\frac{11}{30}$ lesz.

Így átlagosan

$$\frac{11}{30} I\left(\frac{4}{11}, \frac{5}{11}, \frac{2}{11}\right) = 0,55 \text{ bit}$$

információra lesz még szükségünk az eset besorolásához az attribútum tesztje után.

Az attribútum tesztjének információnyeresége az eredeti információigény (a tanulóhalmazban előforduló lehetséges válaszok valószínűségeiből számított információigény) és a teszt utáni új információigény különbségeként definiálható:

$$\text{Nyereség}(\text{Biztonság}) = \text{Gain}(\text{Biztonság}) = 1,3622 - 0,55 = 0,8122 \text{ bit}$$

Elvégezve a számításokat, a 4. táblázat az első 10 lényeges attribútumra vonatkozó eredményeket mutatja.

Az információnyereség mérésénél egy problémával kell számolnunk. Problémát okozhatnak azok az attribútumok, melyek sok értéket vesznek fel. Az ilyen attribútumok nagyon sok osztályra bontják fel a példahalmazt, így nagyon lényegesnek tűnnek a nyereségmérés vizsgálatánál. A nyereségarány $[\text{GainR}(x)]$ kritérium bevezetése feloldja ezt a mérési hibát, mivel a nyereség és az attribútum által adott információ hányadosát használja szelekciónak. Vagyis: arra keres választ, hogy mi az értéke a szóban forgó attribútumnak. Azt kísérli meg bemérni, hogy az attribútum milyen hatékonyan járul hozzá egy újabb eset korrekt besorolásához. Képletben:

$$\text{GainR}(A) = \frac{\text{Info}(A)}{\text{Gain}(A)}$$

Alkalmazva a *Biztonság* attribútumra:

$$\text{GainR}(\text{Biztonság}) = \frac{\text{Info}(\text{Biztonság})}{\text{Gain}(\text{Biztonság})} = \frac{-0,5481}{-0,7901} = 0,69$$

Elvégezve az ismertett számításokat az attribútumokra, a 4. táblázat eredményeit kapjuk.

A döntési változó kiválasztása

A biztonsági attribútumot leszámítva vita tárgya lehet, hogy melyik döntési változót használjuk a jóslásainkhoz. Ha például küszöbvezérlésnek (egy olyan szakértő által adott mérték, amely megszabja, hogy a

Lényeges döntési változók az informativitás, az információnyeresége és nyereségrátája a döntési tanulómintában

4. táblázat

	Jó	Kielégítő	Kitűnő	Info(x)	Gain(x)	GainR(x)	Sűrűség ⁷
Biztonság	5	4	2	-0,5481	-0,7901000	69%	11
Idő	4	5	3	-0,4754	-0,8628000	55%	12
Hatóság	6	3	1	-0,4318	-0,9064000	48%	10
Minőség	6	3	2	-0,413	-0,9252	45%	11
Pénz	1	3	3	-0,2918	-1,0464300	28%	7
Ellenőrzés	8	2	0	-0,2163	-1,1220000	19%	10
Technológiai működés	1	2	2	-0,1333	-1,2049000	11%	5
Sugárvédelem	3	1	1	-0,0918	-1,2464000	7%	5
Javítási technológia	2	0	1	-0,0667	-1,2716000	5%	3
Hibaanalízálás	1	1	1	-0,1585	-1,1797	13%	3

döntési változó bekerüljön a fontos tényezők kosarába, avagy sem) az információnyereség-arányt [Gain(x)] választjuk, akkor az időtényező dominánssá válik, és a döntési fát ebből a nézetből kezdjük el építeni. Informativitása viszont gyengébb a biztonsági paraméternél, ami nem csoda, mivel a biztonsági szempontnak kettő, az időnek pedig négy minősítési kimenete van, ebből kifolyólag az eseteket sokkal jobban felaprózza, de nem annyira, hogy értéktelenné váljon (2. legjobb paraméter). Információnyereség szempontjából a minőségi paraméter viszi el a pálmát (4. táblázat), viszont az informativitása rosszabb a másik kettőnél, és persze a sűrűsége is ritkább azoknak az eseteknek, ahol a minőségi paraméter előfordul. Vagyis attól függően, hogy mit választok küszöbvezérlésnek (nyereség-arány, nyereség, sűrűség), lesz egyik vagy éppen másik döntési változó fontosabb vagy kevésbé fontos.

Mivel a vizsgálatok során úgy teszünk, mintha semmi tapasztalatunk nem lenne a területen, csupán a mintákból szeretnénk megtanulni a szervezet döntéseire nyomást gyakoroló relevanciákat – ezért most nekünk kell döntenünk (konzultálunk a szakértővel, vezetővel), hogy mégis melyiket vegyük elsőnek.

Látható, hogy a nyereségarány [GainR(x)] alapján raktuk sorba a változókat. Ennek oka pedig az, hogy a gyenge sűrűségű mintánál hiába emelkedik meg az Info(x) függvény értéke, a besorolásánál mégis rossz tippet ad, mert 2-3 mérésre semmit sem lehet alapozni. Így fontos az is, hogy mekkora sűrűségű minta adja a nyereséget. Ez elég logikusnak látszott a besorolásnál. (Már itt észrevehető, hogy csak szuboptimális megoldásokat tudunk előállítani.)

Ez esetben az első négy paraméter elegendő ahhoz, hogy egy intelligenciával igen, de semmilyen ismerettel nem rendelkező ágens (érzékelni és cselekedni tudó intelligens döntéshozó) ebből a mintából gyakorlati vonatkozású tapasztalatokat vonjon le a rendszer dön-

téshozására. Történetesen a *Biztonság*, az *Idő*, a *Hatóság* és a *Minőség* paraméterekre definiált elvárások alapján képes megjósolni a döntés várható kimenetelét. A döntésekre nézve három osztály szerepel a mintában. (*Elfogadható*, *Jó*, *Kiváló*)

Logikailag megfogalmazva az alábbi összefüggés együttest állítja fel magában az ágens:

$$\forall x.: Biztonsag(x) \vee Idő(x) \vee Minoseg(x) \vee Hatóság(x) \Rightarrow Decision_class(Elfogadható, Jó, Kiváló) \text{ ahol}$$

X egy problémaeset

$\forall x$ olvasd: minden esetre igaz, hogy ...

A következőképpen kell olvasni:

Minden Esetre igaz, hogy **Ha** *biztonság* vagy *idő* vagy *minőség* vagy *hatóság* szerint minősítve az adott problémaesetet, **akkor** a döntés várható kimenetele: *Elfogadható*, vagy *Jó*, vagy *Kitűnő*.

Ez így természetesen nagyon általános, de egy lépéssel közelebb vitt a megoldáshoz. Feladatunk az volt, hogy megpróbáljuk a bemeneteket és a kimeneteket összehangolni, és amikor elfogadható az összkép (ezt teszi a számítógép is, mint tudás nélküli ágens, csak küszöb-számok alapján), akkor kész a heurisztikus szabályalkotás. Azzal, hogy az egyes bemeneti variációkhoz keressük a legbiztosabb kimeneteket, azt is elismerjük, hogy nincs legjobb, és nincs pontos, csak közelítő szabály.

A mintából és a releváns szempontokból következő heurisztikus szabályok előállítása

A Biztonság szerepe

A minta értékelése jól mutatja, hogy a biztonság döntési változó önmagában, egyedül még nem elegendő a jóslásra. Az 5. táblázatból csak annyit olvashatunk ki, hogy amennyiben elfogadható a biztonság, akkor a *kielégítő* és *jó* döntések nagyobb súllyal fordulnak elő, mint a *kielégítő* döntések. Kellene még valami, amit értékelhetnénk. Az *Idő* és a *Hatóság* is szóba jöhet. Ezek a paraméterek is hozzáadnak informativitásuk révén a döntés kimenetelének megítéléséhez. Az ember nem és-ekben és vagy-okban gondolkodik csak, hanem sokkal bonyolultabban.

A Minőség szerepe

Érdekes következtetésre ad lehetőséget a Minőség vizsgálata. Szavakban megfogalmazva: *Ha* a Minőség = *jó*, akkor a Döntés gyakran *jó*, és előfordul, hogy *kitűnő*.

5. táblázat

Biztonsági szempont és a döntés kimenete közötti kapcsolat

PHD_Esetek\$_keresztábla					
Osztályzat	Biztonság	Idő	Minőség	Hatóság	Pénz
kitűnő	elfogadható	bőséges		elfogad	kielégítő
kitűnő	elfogadható	kielégítő	jó		
kitűnő		kielégítő	jó		kielégítő
kitűnő					kevés
kielégítő	elfogadható			elfogad	
kielégítő	elfogadható	kevés	kielégítő		
kielégítő	elfogadható	kevés		elfogad	
kielégítő	elfogadható	kevés			kielégítő
kielégítő	elfogadható			elfogad	
kielégítő		kielégítő			
kielégítő					kielégítő
jó	elfogadható		kielégítő		
jó	elfogadható	kevés			kielégítő
jó	elfogadható		jó	elfogad	
jó	elfogadható			elfogad	
jó	elfogadható			elfogad	
jó	elfogadható				
jó			jó		
jó			jó		
jó		kielégítő			
jó					
jó				elfogad	
jó				elfogad	
jó				elfogad	
jó		kielégítő			
jó			jó		
jó					
jó			jó		
jó		bőséges			

Ha a Minőség = Kielégítő, akkor a Döntés inkább Kielégítő lesz. A szemléletünkkel teljesen összhangban áll, hogyha valaminek a minősége éppen hogy csak megfelel, akkor az eredmény sem különbözik tőle (6. táblázat).

Az Idő szerepe

Az Idő esetében vegyes a kép. Azt azonban világosan mutatja, hogy ha kevés az Idő, akkor a döntés csak kielégítő. Ez tapasztalatunkkal összhangban van. Kielégítő idő esetén a döntések várható kimenetele a jó és a kitűnő között várható.

Ez szintén egyezik a tapasztalatunkkal. Megjegyzendő, hogy nyugtalanító a kielégítő, de mivel csak egyszer fordult elő, ezért kiugró, nem jellemző esetként fogjuk fel (7. táblázat).

6. táblázat

Minőség-döntés kapcsolat

PHD_Esetek\$_keresztábla	
Minőség	Osztályzat
kielégítő	kielégítő
kielégítő	jó
jó	kitűnő
jó	kitűnő
jó	jó
jó	jó
jó	jó
jó	jó
jó	jó
jó	jó

7. táblázat

Az Idő-döntés kapcsolata

PHD_Esetek\$_keresztábla	
Minőség	Osztályzat
kielégítő	kitűnő
kielégítő	kitűnő
kielégítő	kielégítő
kielégítő	jó
kielégítő	jó
kevés	kielégítő
kevés	kielégítő
kevés	kielégítő
kevés	jó
bőséges	kitűnő
bőséges	jó

A Hatóság szerepe

Ez esetben a szabály: Ha a Hatóság elfogadó, akkor a Döntés kimenete gyakran jó, ritkán kielégítő. Ez a domináns szabály. Elemezhetjük, ha van több esetünk is, hogy mitől lesznek a döntések kitűnőek, de sok értelme nincs, mert a kitűnő döntések nem hatóság-specifikusak. Gyenge a függőség (8. táblázat).

8. táblázat

Hatóság-döntés kapcsolat

PHD_Esetek\$_keresztábla	
Minőség	Osztályzat
elfogad	kitűnő
elfogad	kielégítő
elfogad	kielégítő
elfogad	kielégítő
elfogad	kielégítő
elfogad	jó
elfogad	jó
elfogad	jó
elfogad	jó
elfogad	jó
elfogad	jó
elfogad	jó

A pénz ugyan nem tartozik a releváns paraméterek közé, de a döntés felépülésénél meghatározó szerephez jut. Egyértelmű szabály következik: *Ha a Pénz kielégítő, akkor a Döntések kimenetele kielégítő vagy kitűnő. Szemléletünket csak annyi zavarja, hogy miért nem mindig kitűnő. Ennek megválaszolásához azonban további mintákat kell gyűjtenünk, és alaposan megvizsgálni ezt a kérdést.*

Van még egy érdekes törvényszerűség is. 17 olyan eset fordult elő, amikor a *pénznek* nem volt szerepe, és a döntések kimenetele *jó* volt. Ez elgondolkodtató. Ezt a releváns attribútumokból nem biztos, hogy meg tudjuk válaszolni (9. táblázat).

9. táblázat

Pénz-döntés kapcsolat

PHD_Esetek\$ _keresztábra	
Minőség	Osztályzat
kielégítő	kitűnő
kielégítő	kitűnő
kielégítő	kielégítő
kielégítő	kielégítő
kielégítő	jó
kevés	kitűnő
1 eset	kitűnő
5 eset	kielégítő
17 eset	jó

Funkcionális függőségek a lényeges döntési változók között

Látható a keresztfüggőségi táblából, hogy a pénz és az idő között van egy erősnek mondható kapcsolat (hét esetből ötször közösen fordulnak elő). Ez arra a következtetésre vezet, hogy a pénz szerepét az idő segítségével leírhatjuk az erős függőség miatt.

$Pénz = f(Idő, Erős)$, ami annyit jelent, hogy a Pénz döntési változó függvénye erősen másolja az Idő attribútum-függvény viselkedését. Ezért is kizárhatjuk első körben a pénz meghatározó szerepét. Persze ez fordítva is igaz: a pénzzel is jól jellemezhető az idő szerepe. Kölcsönösen helyettesítik egymást az eredmény leírásában, annak ellenére, hogy a pénznek valamivel kisebb az informativitása (10. táblázat).

További függőségi kapcsolatok is felfedezhetőek az idő és a minőség, az idő és a biztonság, továbbá a biztonság és a hatóság döntési változók között, de ezek a függőségek gyengék.

Ha megvizsgáljuk, akkor a biztonság és hatóság között illik egy függőségnek lennie, mivel az összes hatósági engedélyköteles munka igényel biztonsági

Lényeges döntési változók közötti kapcsolatok gyakorisága

Közös részek	Döntési eset száma	Idő	Biztonság
Idő	13	1	0
Biztonság	12	6	1
Minőség	11	4	2
Ellenőrzés	10	3	2
Hatóság	9	3	4
Pénz	7	5	3

szempontot is. Így ez a változó további minták begyűjtése után akár erősödhet is. Pont az lett volna furcsa, ha mindez nem derül ki.

További következtetésre ad lehetőséget, hogy az időfaktor szerepét kiemelten kezeljük, mivel funkcionális függőségi viszony áll fent a minőség-idő és biztonság-idő vonatkozásában. Ez a döntési fából nem derül ki, és intelligens ágensünk is csak a keresztábrából fedezheti fel ezt a függőséget. Nekünk kell megmondani, hogy ez egy funkcionális függőség.

Racionálisan arra a következtetésre juthatunk, hogyha elegendő idő áll a rendelkezésünkre, akkor a minőség is javulni fog, valamint a biztonsági elvárások kielégítése szintén igényli valamilyen mértékben az idő szerepét.

Lehet, hogy a döntési fa építését az időfaktorral kellett volna kezdeni?

Tény, hogy az információnyeresége nagyobb az Idő döntési változónak, mint a Biztonsági faktornak.

Elemzéseink arra sarkallnak, hogy az időfaktor szerint bontsuk szét az esethalmazunkat. (Tapasztalataink okán tesszük ezt, mert tudjuk, hogy a karbantartási idők leszorítása, illetve az időnormák tartása mindig is fontos volt.) Az intelligens ágens viszont ezt nem tudja. Neki nincs ilyen tapasztalata. Csupán annyit érez, hogy a biztonság és az idő döntési változó preferenciája nagyon közel van egymáshoz.

Ha tehát definiálunk egy kifizetési függvényt (egy olyan összesítő függvényt, amelybe összegződik a sűrűség, az információnyereség, a nyereségarány) minden egyes döntési változóra, akkor a $PayOf(Idő) \leftrightarrow PayOf(Biztonság)$ majdnem felcserélhető számára. Pontosan így vagyunk vele mi is, csak a hosszú távú memóriánkban sokkal több tapasztalat van (több esetmintánk van, mint az ágensnek), ezért esetleg mi meglépnénk, amit az ágens még nem. További esetek feldolgozása nyomán azonban ezt az ágens is meglépi. A döntése teljesen másolja az emberi „gondolkodkéselektünk” sort. Minél többször tapasztalunk valamit törvényszerűen, annál nagyobb meggyőződéssel állítjuk a bekövetkezését. Az ágens mindezt egy kifize-

tésfüggetlenül keresztül érzékeli, és ez alapján dönti el a várakozását.

Problémát jelent, hogy az emberi attitűdök, a kockázatvállalási hajlam, a szociokulturális elemek hatása a kifizetési függvényben nem jelenik meg. Az ágens tehát egy objektív, csak a tényekre szorító döntéshozó. Ennek következtében azt gondolhatnánk, hogy hibás várakozásokat (előrejelzéseket) készít. Ez azonban nem igaz, mert az ágens intelligens módon nem szabályokat tanul meg (például: SZMSZ, Folyamatutasítások), hanem a konkrét eseteket jegyzi föl. Továbbá képes fogalmi hierarchiába rendezni a szakmai terminológiát, és ezekből kiválogatni a releváns döntési változókat. Végül mindezekből heurisztikus szabályokat alkot, amelyekből következtet a jövőre.

A szervezet döntéseinek megítélésében kulcsszerepet játszó heurisztikus szabályok

- *Ha a Biztonság elfogadható, akkor a Döntés kielégítő vagy jó.*
- *Ha a Minőség jó, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kitűnő.*
- *Ha a Minőség kielégítő, akkor a Döntés inkább kielégítő.*
- *Ha az Idő kevés, akkor a döntés kielégítő.*
- *Ha az Idő kielégítő vagy bőséges, akkor a Döntés jó vagy kitűnő.*
- *Ha a Hatóság elfogadó, akkor a Döntés gyakran jó, ritkán kielégítő.*
- *Ha a Pénz kielégítő, akkor a Döntés néha kielégítő, néha kitűnő, és előfordul, hogy jó.*
- *Ha a Pénz nem lényeges, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kielégítő.*

Szélsőséges, zajos eseteket leíró heurisztikus szabályok eredményei

- *Ha a Pénz nem lényeges, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kielégítő.*
- *Ha a Minőség lényegtelen, akkor a Döntés gyakran jó, néha kielégítő.*
- *Ha az Idő lényegtelen, akkor a Döntés gyakran jó, ritkán kielégítő.*
- *Ha a Hatóság lényegtelen, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kielégítő.*
- *Ha a Biztonság lényegtelen, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kielégítő.*

A szabályok erős és gyenge jelzőkkel láthatók el. Egy olyan rendszerben, amelyben nincsenek receptek

a megoldásokra, mindkettő lényeges. Röviden az alábbi jellemvonások mutatják szerepüket:

- A gyenge kapcsolatok stabilizáló szereppel bírnak. Ezek jelentik a garanciát a megoldatlan problémák holtpontról történő kimozdításánál.
- Az erős kapcsolatok biztosítják a megoldások állandóságát, stabilitását.

Ha elakad a megoldás a cél felé vezető úton, akkor az erős kapcsolat nem képes a lokális kátyúból kimozdítani, mert a ráhatásra a válasz mindig ugyanaz. A gyenge kapcsolat válaszolhat a megszokottól eltérő módon is. Ez viszont elősegíti, hogy másféle módon is próbálkozzunk, ne csak a megszokott módon.

Konklúziók

A 3. ábrán vázolt előrejelző rendszer modelljének tudásbázisa az ismeretlen esetet minősítő logika számára a fenti heurisztikus szabályokat szolgáltatja. Nyolc tendenciózus, viszonylag koherens szabályt, valamint öt olyan szabályt szolgáltat, amelyek akkor lépnek működésbe, ha a döntési változóra előírt elvárás lényegtelen. (Vannak más megoldások is ilyen esetek kezelésére, mivel a tanulómintából mindez megtanulható; ezt választottuk.)

A szabályok – mint az látható – összekapcsolják a bemeneti és kimeneti input/output halmazokat egymással. A kapcsolat néhol erős, néhol gyenge. Több szabály is „tüzelhet” egyszerre, adott inputvariáció esetén. Így a kimeneten megjelenő várható döntés szimbolikus értéke több különböző kimenetelű eredmény súlyozásával állítható elő. (A heurisztikus szabályok kimenetén különböző döntési kimenetek találhatók, eltérő súllyal.)

A minősítő fuzzy logika feladata, szerepe

Terjedelmi okok miatt a minősítő fuzzy logika működését meghatározó ún. döntéshozói igazságfüggvények kimérését, aggregátumait, reprezentativitásuk fokmérőjét nem ismertetjük.

A döntéshozói igazságfüggvények minden döntési szempontra, mint attribútumra, minden attribútum nyelvi változójára, mint elvárásra, a döntéshozók közreműködésével meghatározásra kerültek (*Biztonság, Hatóság, Idő, Minőség, Pénz* és a *Döntés* értékelése). Szintén terjedelmi korlátok miatt nem teljes körűen, de a rendszer működésének érthetősége érdekében az *Idő* és a *Döntés* kimenetére mért karakterisztikákat alább megadjuk (5. ábra).

tésfüggvényen keresztül érzékeli, és ez alapján dönti el a várakozását.

Problémát jelent, hogy az emberi attitűdök, a kockázatvállalási hajlam, a szociokulturális elemek hatása a kifizetési függvényben nem jelenik meg. Az ágens tehát egy objektív, csak a tényekre szorítókozó döntéshozó. Ennek következtében azt gondolhatnánk, hogy hibás várakozásokat (előrejelzéseket) készít. Ez azonban nem igaz, mert az ágens intelligens módon nem szabályokat tanul meg (például: SZMSZ, Folyamatutasítások), hanem a konkrét eseteket jegyzi föl. Továbbá képes fogalmi hierarchiába rendezni a szakmai terminológiát, és ezekből kiválogatni a releváns döntési változókat. Végül mindezekből heurisztikus szabályokat alkot, amelyekből következtet a jövőre.

A szervezet döntéseinek megítélésében kulcsszerepet játszó heurisztikus szabályok

- *Ha a Biztonság elfogadható, akkor a Döntés kielégítő vagy jó.*
- *Ha a Minőség jó, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kitűnő.*
- *Ha a Minőség kielégítő, akkor a Döntés inkább kielégítő.*
- *Ha az Idő kevés, akkor a döntés kielégítő.*
- *Ha az Idő kielégítő vagy bőséges, akkor a Döntés jó vagy kitűnő.*
- *Ha a Hatóság elfogadó, akkor a Döntés gyakran jó, ritkán kielégítő.*
- *Ha a Pénz kielégítő, akkor a Döntés néha kielégítő, néha kitűnő, és előfordul, hogy jó.*
- *Ha a Pénz nem lényeges, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kielégítő.*

Szélsőséges, zajos eseteket leíró heurisztikus szabályok eredményei

- *Ha a Pénz nem lényeges, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kielégítő.*
- *Ha a Minőség lényegtelen, akkor a Döntés gyakran jó, néha kielégítő.*
- *Ha az Idő lényegtelen, akkor a Döntés gyakran jó, ritkán kielégítő.*
- *Ha a Hatóság lényegtelen, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kielégítő.*
- *Ha a Biztonság lényegtelen, akkor a Döntés gyakran jó, előfordul, hogy kielégítő.*

A szabályok erős és gyenge jelzőkkel láthatók el. Egy olyan rendszerben, amelyben nincsenek receptek

a megoldásokra, mindkettő lényeges. Röviden az alábbi jellemvonások mutatják szerepüket:

- A gyenge kapcsolatok stabilizáló szereppel bírnak. Ezek jelentik a garanciát a megoldatlan problémák holtpontról történő kimozdításánál.
- Az erős kapcsolatok biztosítják a megoldások állandóságát, stabilitását.

Ha elakad a megoldás a cél felé vezető úton, akkor az erős kapcsolat nem képes a lokális kátyúból kimozdítani, mert a ráhatásra a válasz mindig ugyanaz. A gyenge kapcsolat válaszolhat a megszokottól eltérő módon is. Ez viszont elősegíti, hogy másféle módon is próbálkozzunk, ne csak a megszokott módon.

Konklúziók

A 3. ábrán vázolt előrejelző rendszer modelljének tudásbázisa az ismeretlen esetet minősítő logika számára a fenti heurisztikus szabályokat szolgáltatja. Nyolc tendenciózus, viszonylag koherens szabályt, valamint öt olyan szabályt szolgáltat, amelyek akkor lépnek működésbe, ha a döntési változóra előírt elvárás lényegtelen. (Vannak más megoldások is ilyen esetek kezelésére, mivel a tanulómintából mindez megtanulható; ezt választottuk.)

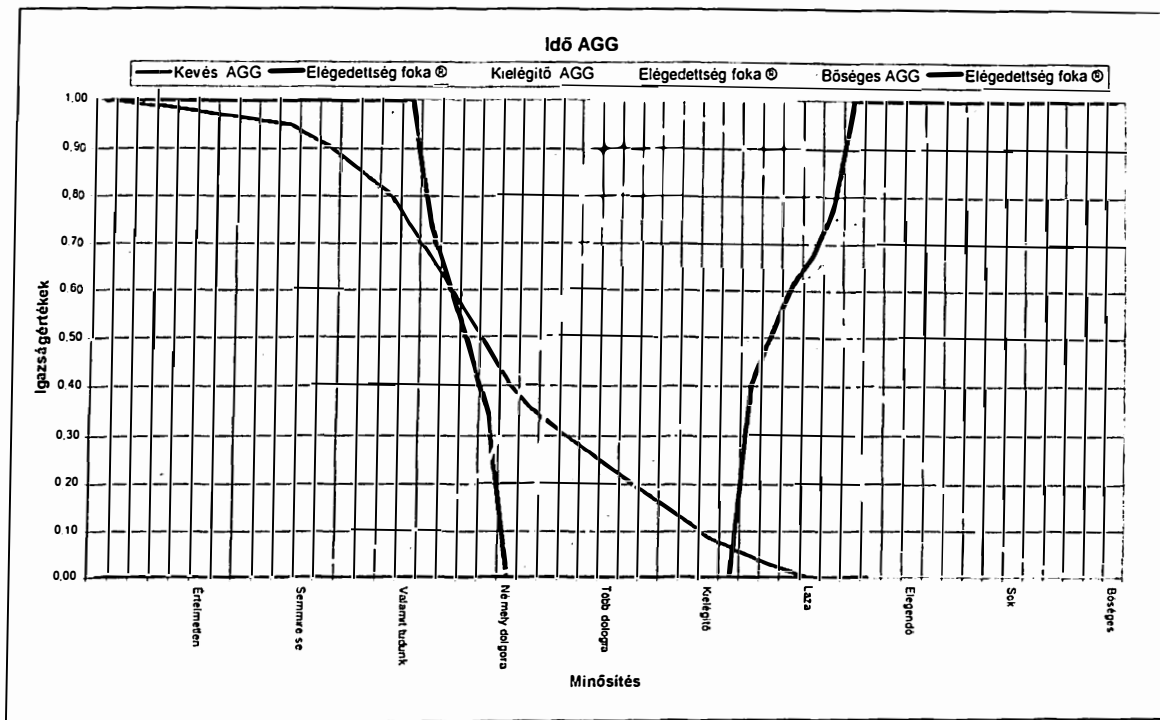
A szabályok – mint az látható – összekapcsolják a bemeneti és kimeneti input/output halmazokat egymással. A kapcsolat néhol erős, néhol gyenge. Több szabály is „tüzelhet” egyszerre, adott inputvariáció esetén. Így a kimeneten megjelenő várható döntés szimbolikus értéke több különböző kimenetelű eredmény súlyozásával állítható elő. (A heurisztikus szabályok kimenetén különböző döntési kimenetek találhatók, eltérő súllyal.)

A minősítő fuzzy logika feladata, szerepe

Terjedelmi okok miatt a minősítő fuzzy logika működését meghatározó ún. döntéshozói igazságfüggvények kimérését, aggregátumait, reprezentativitásuk fokmérőjét nem ismertetjük.

A döntéshozói igazságfüggvények minden döntési szempontra, mint attribútumra, minden attribútum nyelvi változójára, mint elvárásra, a döntéshozók közreműködésével meghatározásra kerültek (*Biztonság, Hatóság, Idő, Minőség, Pénz* és a *Döntés* értékelése). Szintén terjedelmi korlátok miatt nem teljes körűen, de a rendszer működésének érthetősége érdekében az *Idő* és a *Döntés* kimenetére mért karakterisztikákat alább megadjuk (5. ábra).

Az idő döntési változó szempontjainak tagsági értékei



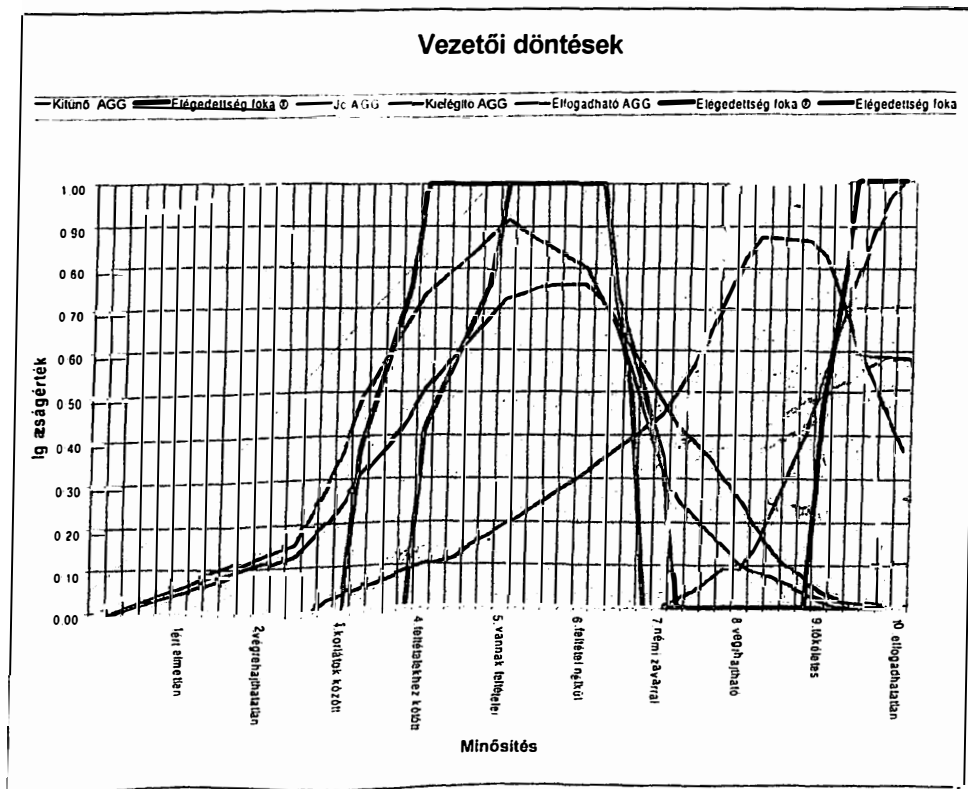
5. ábra látható egy eredő kimeneti igazságfüggvény. (Az eredő az ábrán látható trapéz alakú függvények szuperpozíciójaként jelenik meg.) Az egyes inputvariációk által működésbe hozott szabályok többször is megszólíthatják ugyanazt a kimenő „trapéz jelet”, és másokat is.

Így a várható döntés kimenetelét leíró kimeneti függvény nem egyértelműen adja meg a kimenet várható értékét,

Ha a 6. ábrán látható kimeneti lehetőségek (trapéz alakú) halmazfüggvényeit megvizsgáljuk, láthatjuk, hogy különböző „terpeszkedéssel”, toleranciával, „meredekséggel”, érzékenységgel rendelkeznek. Az egyes szabályok által megszólított kimenetekre elől-

hanem tartalmazza az összes lehetséges kimeneti variációt, méghozzá úgy, hogy hozzákapcsolja annak igazságmértékét¹⁰. Kiértékelése sokféleképpen elvégezhető. Legnépszerűbb kiértékelési módja az eredő függvény alatti terület gravitációs középpontjának megke-

A döntés kimenete szempont változóinak tagsági értékei⁸

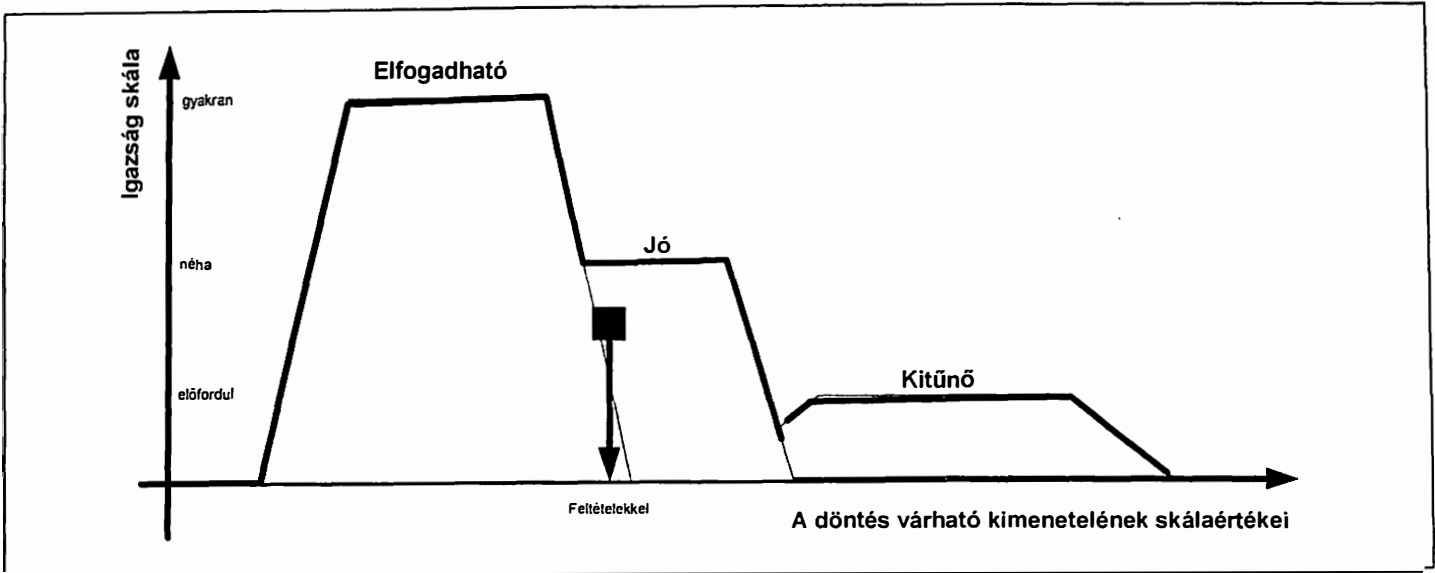


6. ábra

resése. A szimbolikus skálán leolvasható a döntés várható értéke. A 7. ábrán, az érthetőség érdekében, egy lehetséges kimeneti függvényt mutatunk be.

Nemcsak azt tudja ezzel a rendszer beméni, hogy a döntés például a jó és az elfogadható között lesz, ennél többet mond! Előre jelzi, hogy a döntés kimenetelével milyen várható fejlemények adódnak. Például a döntés a jó és az elfogadható közé esik úgy, hogy vannak feltételei a végrehajtásnak. Nyilván ez egy előrejelzés! A „vannak feltételei” most azt jelenti, hogy erre készülhet a döntéshozó. Nem egy sima döntésvégrehajtásról lesz szó. Hogy pontosan milyen feltételei lesznek? – ezekből a paramétereiből megállapítani nem lehet. A konkrét eset határozza meg a mélyebben fekvő döntési változók által, hogy konkrétan melyek is ezek.

Egy döntés várható kimenetelének alakulása



A kimeneti igazságfüggvény (7. ábra) azt is mutatja, hogy a döntések nem fehérek-feketék, hanem árnyaltak. Az eltérő preferenciákkal (szociális, pszichológiai, konfliktuskerülés, kockázatvállalás) rendelkező döntéshozók mindegyikének máshol lesz az előrejelzés szerinti súlypontja. Például egy nagymértékben kockázatkerülő azt mondhatja a fenti esetben, hogy inkább az elfogadhatóra szavaz, míg egy konfliktusokat vállaló a kitűnőre is leadja a voksát.

Az intelligens ágens azonban az aggregát igazságfüggvények által azt a várható kimenetet jelzi, amely a leginkább jellemezni fogja a szervezet döntéssel kapcsolatos elvárását, hiszen a döntéshozói attitűdök eleve belefogalmazottak az igazságfüggvényekbe, a heurisztikus szabályok pedig adottak.

Mennyire jók a jóslatok?

Az ismertetett elveken megépített intelligens ágens gyakorlatilag csak kétféle döntés várható kimenetelét képes ebből a mintából jól/rosszul megjósolni. Az egyik az elfogadható, a másik pedig a jó döntéseké. Ennek oka az, hogy a kitűnő döntésekre nagyon kevés, míg az elfogadhatatlan döntésekre egyetlen esetet sem ismer, így nem tudja, hogy mikor lesznek a döntések egyáltalán elfogadhatatlanok. Nincs tudása erről! A kitűnő döntéseket pedig rossz hatásokkal fogja eltalálni¹¹. Mindkét kimenetre nézve további tanulásokat kell végeznie. Mivel egy adaptív rendszerről van szó, ez semmilyen nehézséget nem okoz számára. Egyszerűen megtanulja a szervezet következő döntéseit, beépíti az eddigi ismeretei közé. Ezzel megerősíti, vagy éppen gyengíti a szabályok erősségét. Ahogy a környezet vál-

tozik, és a szervezet reakciói változnak, úgy fogja az ágens is változtatni a várható kimeneteket¹².

Jóllehet ez csak egyetlenegy teszt, valamilyen támpontot már ad arra nézve, hogy az ágens mennyire volt képes megtanulni a szervezet viselkedését.

A teszt-döntések gyors kiértékelése

Tíz ismeretlen kimenetelű döntésnek a kiértékelésére volt lehetőségünk. Ezek alapján az intelligens ágens képességeit minősíteni nagy bátorság lenne, de egy támpontot a jóslás jóságának megítélésre már nyertünk. Nyilván a további mérések biztosabb értékeléshez adnak támpontot. Kellő számú teszt-döntés lefuttatása után megrajzolható az ágens, tanulási teljesítmény-függvénye. Itt csak arra van lehetőségünk, hogy extrapolációval jelezzük, hogy melyik szakaszán tart az ágens a tanulásnak.

Az intelligens ágens, az öt heurisztikus szabállyal, mely négy döntési változóra épül 60% eredményt ért el a döntés kimenetelének eltalálásában. Vagyis 10-ből 6 darabot eltalált. Eredményeit az alábbi táblázat tartalmazza. Ha kockadobással jósltunk volna az öt lehetséges kimenet között, akkor 20% esélyt adtunk volna mindegyik kimenetnek. Látható, hogy amennyiben tudással rendelkezünk – hozzávetőleges ismeret esetén is – a becslések bizonytalansága drasztikusan lecsökken. Mindez néhány tucat esetnél már érezteti hatását. A kiértékelésnél „Occam beretvája” elvet használva az előrejelzések gyorsak is lesznek (11. táblázat).

Teszt döntések vizsgálatának eredménye

Eset	Biztonság Elvárás	Hatóság Elvárás	Minőség Elvárás	Idő Elvárás	Tanító	Biztonság kimenete	Hatóság kimenete	Minőség kimenete	Idő kimenete	Ágens kimenete
T1	*	*	jó	kielégítő	jó	*	*	Jó	jó/kitűnő	Jó
T2	elfogadható	*	jó	kevés	jó	kielégítő/jó	*	gyakran jó	kielégítő	kielégítő
T3	elfogadható	elfogad	*	*	jó	kielégítő/jó	gyakran jó	*	*	Jó
T4	*	*	jó	*	kielégítő	*	*	gyakran jó	*	Jó
T5	*	elfogad	jó	*	kielégítő	*	gyakran jó	gyakran jó	*	Jó
T6	*	*	jó	kielégítő	jó	*	*	gyakran jó	jó/kitűnő	Jó
T7	*	*	jó	bőséges	jó	*	*	gyakran jó	jó/kitűnő	Jó
T8	elfogadható	elfogad	*	kielégítő	kielégítő	kielégítő/jó	gyakran jó	*	jó/kitűnő	Jó
T9	elfogadható	*	jó	*	jó	kielégítő/jó	*	gyakran jó	*	Jó
T10	*	*	kielégítő	kevés	kielégítő	*	*	kielégítő	kielégítő	kielégítő

Az ágens tanulási görbéje (8. ábra), az ágens teljesítményfüggvénye. A fenti teszt alapján egyetlen pontot jelöltünk meg rajta. A teljesítményfüggvény eleje azt mutatja, hogy az ágensnek, amíg nincsenek ismeretei, addig nincs esélye eltalálni (csak véletlenszerűen) a döntés kimenetét. Ahogy az esetalapú ismeretei nőnek, úgy növekszik a találati arány is. Ahhoz, hogy nagyon pontosan tudjon jósolni, nagymennyiségű esetet kellene megtanulnia, mindemellett azt is elvárná, hogy környezete mindvégig változatlan maradjon. Erre a gyakorlatban szinte semmilyen esélye nincs. Így a legtöbb esetben megelégszünk az előrejelzés egy megadott pontosságával. A 8. ábra azt mutatja, hogy az ágens hol tart a tanulásban.

A teszt döntések kiértékelése fuzzy módszerrel.

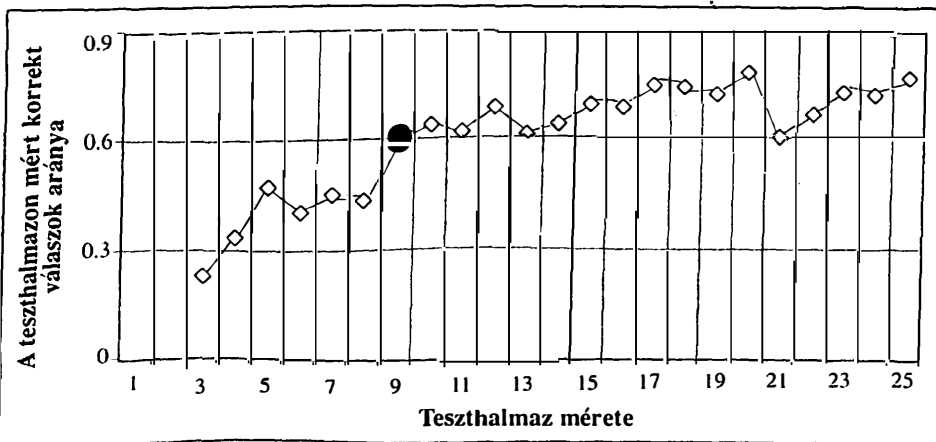
A teszt döntések finomabb felbontású kiértékelése rámutat az ágens tanuló képességére. Sokkal jobban, és alaposabban képes a várható döntést magyarázni, mint a gyors felszínes kiértékelés. Az 12. táblázat azt mu-

tatja, hogy a döntéshozók milyen konkrét elvárásokat vagy helyzetet fogalmaztak meg a releváns döntési változókra. A zárójelben szerepelő számok százalékos értékben azt jelentik, hogy az értékelési skálán milyen mértékben elégíti ki a szóban forgó minősítő kategóriákat.

Például az első tesztnél a *Kielégítő(Idő)* $\xrightarrow{77\%}$ *Több dologra elég(Idő)*. Ebből viszont az is következik, hogy a kielégítő időre megfogalmazott heurisztikus szabály konklúzióját tovább bizonytalanítja a konkrét helyzet. A második döntési változó a minőség kategória a példában, mely *Jó(Minőség)* $\xrightarrow{100\%}$ *jó(Minőség)* teljes mértékben teljesül. Így itt a heurisztikus szabály nem válik bizonytalanná. A két döntési változóhoz kapcsolt döntési kimenetek szuperpozíciója adja a lehetséges megoldások halmazát. Esetünkben ez az alábbiak szerint alakul (9. ábra).

- Ha a Minőség jó, akkor a Döntés gyakran jó.
- Ha az Idő kielégítő, akkor a Döntés jó vagy kitűnő.

Az intelligens ágens tanulási görbéje

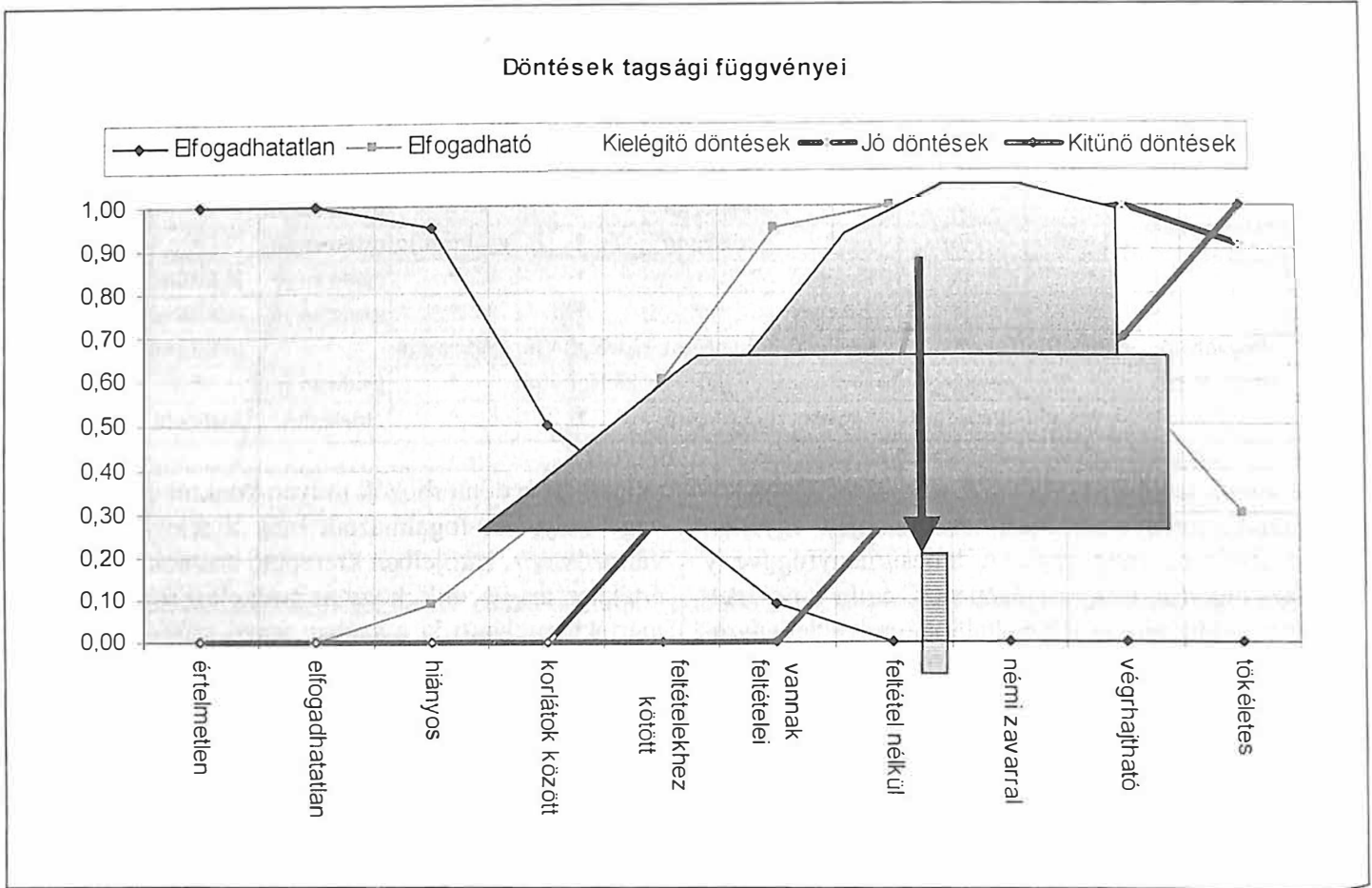


8. ábra

Megkeressük a gravitációs középpontját a különböző valószínűségekkel súlyozott területeknek. A második heurisztikus szabály a kitűnő és jó döntéseknek 50-50% esélyt ad. Az első pedig a jó döntést dilatálja, nagyobb „terpeszt” biztosít neki. Ez alapvetően a bizonytalanság miatt van. A sötét színű terület jól láthatóan túlnyúlik a tagsági függvény által letakart területen.

A végső eredmény az intervallum skálán a „némi zavarral” történő Jó döntés környezetében vár-

Egy tesztdöntés kiértékelése fuzzy logikával



ható. Ha megvizsgáljuk a tagsági függvényeket, ~90%-ban a *Jó*, és ~40%-ban a *Kitünő* döntéseket eredményez. Vagyis az ágens döntése a *Jó* döntés mellett helyes volt, hiszen a legmegalapozottabb lehetőséget választotta.

Az elemzett T1 döntés mintájára a 12. táblázatban bemutatjuk a T1-T10 döntések eredményeit a transzformációkat végrehajtva, és részletes bemutatásukat mellőzve.

Az eredmények tekintetében a rendszer nem lett jobb. Ugyanúgy 10-ből 6-ot talált el. Viszont a döntések kimenete sokkal jobban magyarázható, mivel a felbontás finomabb. Mivel a tagsági függvények átfedik egymást, ezért nagymértékű redundanciával rendelkezik a rendszer. Az eredményt másként is lehet értelmezni, amely egyenértékű a közölt eredményekkel. Ez viszont lehetővé teszi a környezet bevonását annak eldöntésbe, hogy melyik minősítő tagsági függvény-

12. táblázat

Tesztdöntések kiértékelése fuzzy logikával

Teszt döntések	Biztonság	Hatóság	Minőség	Idő	Ágens	Tanító
T1	*	*	jó(100)	több dologra elég(70)	Jó (némi zavarral)	jó
T2	vállalható(100)	*	jó(100)	valamit tudunk csinálni(90)	Jó(feltétel nélkül)	jó
T3	vállalható(100)	elfogadható(90)	*	*	Jó(némi zavarral)	jó
T4	*	*	jó(100)	*	Jó(végrehajtható)	kielégítő
T5	*	elfogadható(90)	jó(100)	*	Jó(némi zavarral)	kielégítő
T6	*	*	jó(100)	kielégítő(100)	Jó(végrehajtható)	jó
T7	*	*	jó(100)	sok(100)	Kitünő(végrehajtható)	jó
T8	vállalható(100)	elfogadható(90)	*	kielégítő(100)	Jó(némi zavarral)	kielégítő
T9	vállalható(100)	*	*	*	Jó(feltételek nélkül)	jó
T10	*	*	éppen jó(90)	valamit tudunk csinálni(90)	Kielégítő(vannak feltételek)	kielégítő

kategória segítségével kerüljön a várható döntés kimenete magyarázatra.

Intelligens ágensünk sokkal okosabb, és rafináltabb lett azzal, hogy hangolhatóságot biztosítottunk neki. Más következtetésre is juthat. A környezeti jelkiosarak súlya, azok pozitív/negatív volta (amit egy neurális hálózattal menetközben megtanul, és figyel) segít eldönteni, kiszavazni a megfelelő tagsági függvényt. Ha ezt az intelligenciát beépítjük az ágensbe, akkor a tálati pontossága növekszik.

Összefoglalás, konklúziók

Egy kaotikusan viselkedő rendszer várható kimenetelének pontos jóslása az információk hozzáférhetősége, a döntési szempontok és elvárások magas száma, valamint a döntéshozók egyéni pszichológiai beállítódása miatt lehetetlen. A rendszer viselkedésének tanulmányozására akkor van esély, ha képesek vagyunk tömör, leíró formában rögzíteni a rendszer viselkedését. A tömörség nem mehet az érthetőség rovására, mert akkor általános érvényű, de semmire sem használható következtetésekre jutunk. Nem bonthatjuk nagyon részletesen sem fel a konkrét eseteket, mert akkor olyan események is belekerülnek a konklúziókba, melyek alapvetően zajos, szélsőséges eseteket reprezentálnak, és hibás következtetésekre vezetnek. A kettő között kell megtalálni az arany középutat. Ez adott esetben több kísérletezés után előállítható. Nincs recept arra, hogyan is kell eljárni.

Másfelől a rendszer annyira lesz pontos (annyi bizonytalanságot hordoz magában), amennyire az elemi leíró szimbólumok – akár kvantitatív, akár kvalitatív jellemzők – pontosak. Fügő a tudás mélységének leírásától. Egy szakértői tudásbázis megépítésénél erre figyelemmel kell lenni, hiszen ez képezi a rendszer hosszú távú memóriáját. A tudás leírására, ábrázolására a legkülönbözőbb formákat találták ki. Egyik tömör ábrázolási módja a döntési fák. Miután egy tréning mintasorozatból felépítettük a döntési fát – képesek vagyunk felszínes, gyors értékeléseket végezni segítségével. A döntési fából kiolvasható a rendszer viselkedését leíró néhány domináns heurisztikus szabály.

Bármilyen bonyolultságú is egy rendszer, néhány heurisztikus szabály segítségével viselkedése leírható. Ezek azonban, csak egy megadott pontosságot biztosítanak. A konkrét esetre nem rendelkeznek pontos kimenettel. A döntéseinknél a legtöbb esetben erre nem is tartunk igényt, mivel az input információk is hiányosak, zajosak és néha hamisak, zavarosak. Így a rendszer hátránya előnyére válik, mivel képes egy megadott felbontási ablakon belül tartani a megoldást.

Ezáltal a homályos, zajos jelek okozta variációkat nem kell egyenként vizsgálni, temérdek időt takarítva meg a döntés meghozatalánál.

Amennyiben a konkrét viselkedést úgy ítéljük meg, hogy átlépi a toleranciánkat, akkor az új input adatokkal korrigáljuk az előző döntést, támaszkodva újra a heurisztikus szabályokra. Ezzel azt ismerjük el, hogy döntéseink nem lesznek pontosak, sőt rosszak is lehetnek, ugyanakkor a gyors visszacsatolás és újra beavatkozás lehetősége miatt a korrekciók a helyes irányba terelik a rendszer viselkedését. A döntési sorozatot mindaddig folytatjuk, ameddig nem vagyunk elégedettek az elért eredménnyel.

Felhasznált szakirodalom

- Borgulya István* (1997): Neurális hálózatok és fuzzy rendszerek. Dialog Campus Kiadó. Budapest
- Bothe, H. H.* (1993): Fuzzy Logic. Einführung in Theorie und Anwendungen. Springer. Berlin
- Cover, T. M. – Joy, A. T.* (1991): Elements of Information Theory. Wiley Series in Telecommunications, John Wiley & Sons, Inc.
- Gátl Zoltán* (2000): Karbantartás menedzsment. Budapest
- Hámori Balázs* (1998): Érzelem-gazdaságtan. Budapest, Kossuth
- Han, J. – Kamber, M.* (2004): Adatbányászat (konceptiók, technikák). Budapest, Panem
- Hornick, K. – Stinchcombe, M. – White, H.* (2000): Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators. Neural Networks 2, (5) pp. 350-370.
- Horváth G.* (1998): Neurális hálózatok és alkalmazásai. Műgye-temi kiadó, Budapest
- Kóczy T. László – Tikk Domonkos* (2000): Fuzzy rendszerek. Budapest, Typotex
- Retter Gyula* (2003): Fuzzy, neurális, genetikus, kaotikus rendszerek. Bevezetés a „lágó számítási” módszerekbe. BME Villamos Energetikai Tanszék. Budapest, Invest
- Russel, S. J. – Norwig, P.* (2000): Mesterséges intelligencia modern megközelítésben. Budapest, Panem-Prentice Hall
- Schapiro, R. E.* (2002): The boosting approach to machine learning: An overview. In MSRI Workshop on Nonlinear Estimation and Classification
- Smith, E. R. – Mackie, D. M.* (2004): Szociálpszichológia. Budapest, Osiris
- Zadeh L. A.* (2000): Fuzzy Set. Informat. Control, 8, pp. 338-353
- Zadeh L. A.* (2000): Fuzzy logic=Computing with words. IEEE Trans. On Fuzzy System, 4, no.2 pp. 103-111
- Zoltayné Paprika Zita* (2002): Döntéelmélet. Budapest, Alinea

Lábjegyzetek

¹ Távoli múltban történt eseményeket a döntéshozók nem, vagy csak nagyon homályosan tudtak felidézni. Másfelől a távoli múltban működő környezet teljesen másféle feltételrendszert tartalmazott a döntési szempontokat, elvárásokat illetően. Sokkal praktikusabb volt azokra az esetekre építeni, amelyek a nem túl távoli időben, 1-2 éven belül következtek be. Itt számíthatunk arra, hogy a működési feltételek, a környezet nem változott meg gyökeresen, így a problémamegoldás során a hasonló problémákra a szervezet hasonló megoldásokkal próbálkozott.

² Meg kell említeni az esetekkel kapcsolatban, hogy nem képes a rendszer közel sem jól reagálni egy újabb ismeretlen probléma

megoldására, ha a tapasztalatai (heurisztikus szabályok) a távoli múlt esetéből épülnek fel. Így a távoli múltban felhalmozott ismeretanyagunk azon részét, amely a távoli múltban működő környezettel állt kapcsolatban – el kell „felejteni” a szabályalkotásnál, történeti archívként kell kezelni. Vagyis egy jól működő adaptív, modellező rendszernek tudni kell felejteni is.

² Olyan adat, amely tovább már nem bontható. Pld. egy dátum 2006.02.14, vagy egy mérési érték [$y(t=5)=14$]

³ Az attribútum egy szóban forgó csemény, egy bizonyos jellemvonását azonosítja. Itt egy döntési szempontot jelenít meg. Mivel döntéseink általában több szempontúak, ezért több jellemvonással, attribútummal jellemezhetők.

⁴ Indukció. Konkrét döntési eseteket használunk arra, hogy összekapcsoljuk a döntési szempontok (tulajdonságok) értékeit általános szabályokká. Az általánosított szabályokhoz úgy jutunk, hogy az egyes esetekből építjük fel az általánost, vagyis *induktív* módon.

⁵ Egy attribútum reprezentációtól elvárható, hogy legyen kifejező és tömör. Minden számunkra érdekes dolgot el lehessen benne mondani. Legyen független a használat kontextusától, és biztosítsa a hatékony következtetés lehetőségét. Ezeket a követelményeket elégítik ki többé-kevésbé azok a döntést leíró lényegi attribútumok (szempontok, tulajdonságok), melyeket kiemelünk, mint releváns szempontokat az általános szabályok felépítéséhez. A releváns szempontok megalapozottak, és nagymértékben hasznosak.

⁶ A fogalmi fa, szimbólumok hierarchikus szerkezete, melyben az általános szinten történő tömör leíró szimbólum több más konkrét leíró szimbólum által magyarázott. A konkretizált szimbólumok legtöbbször, hálós kapcsolatot alkotnak. Tudást reprezentálnak. A tudást pedig számtalan módon ki lehet fejteni.

⁷ A minta nagysága 30 döntési eset.

⁸ A kimeneti igazságfüggvények meghatározása (trapézfüggvények) a döntéshozók által egyénileg megrajzolt hasznosságfüggvények alapján történt. A hasznosságot egy az attribútumot

teljes mértékben leíró mérési skála-tartomány és az attribútum nyelvi változói között fennálló igazságérzet adta. Ebben a döntéshozó összes attitűdje (szociológiai, pszichológiai, kulturális, közgazdasági, technikai stb.) összegződött, és a rajzolat könnyű elkészítése miatt nem volt szükség bonyolult tesztekre.

⁹ A trapézfüggvény az elégedettség fokát leíró fuzzy függvény, melyet a döntéshozók egyéni, különböző lefutású igazságfüggvényeinek aggregátumából állítottuk elő a következő elfogadott szabály alapján: (1) ha az x függvényérték $< 30\%$, akkor $\cdot 0$; (2) ha az x függvényérték $> 70\%$, akkor $\cdot 1$; a kettő között pedig arányosan növekvő elégedettséget definiáltam.

¹⁰ Valójában arról van szó, hogy a kimenet, a konklúzió csak annyira lehet igaz, amennyire a premisszák igazak. Így a kimenet minden esetben a bemeneti igazságértékeket veszi fel. Mivel az esetek vizsgálatánál kimértünk egy korrelációt a bemeneti és kimeneti változók között, ezért ez a korreláció erőssége adja a kapcsolat erősségét. A korreláció erősségét szimbolikus logikai kifejezésekkel minősítettük. Ezek a mindennapi nyelvhasználatban is jól ismert módon fejezik ki a bizonytalanságunkat (például: előfordul, ritka, néha-néha, gyakran, majdnem). Ezeket a fuzzy logikában módosító operátorként használják. Itt a szabály erősségére utal.

¹¹ Azokat a kimeneteket, amelyekre nincsenek konkrét esetek a tudásbázisban, a rendszer nem tudja értékelni. Azokra a kimenetekre, amelyek ritkán fordulnak elő a környezeti zaj erősen hat, mint általában minden kimenetre. Azonban a kimenet gyakoriságának növekedése az egyes inputváltozókat szignifikánsan kiemeli ebből a zajtérből. Ezt a szignifikancia-vizsgálatot például χ^2 próbával is el tudjuk végezni.

¹² Meg kell jegyezni, hogy amennyiben a döntéshozók száma nő/csökken, akkor az új helyzetre a minősítő fuzzy logika aggregát igazságfüggvényeit újra kell számolni. Ekkor az elégedettség fokát egy másképp „terpeszkedő”, és más érzékenységgel rendelkező kiértékelő halmazfüggvény írja le.

KEDVES OLVASÓ!
NE FELEJTSE MEGÚJÍTANI ELŐFIZETÉSÉT
A KÖVETKEZŐ ÉVRE IS!