

DULEBA Szabolcs

AZ INTERPRETIVE STRUCTURAL MODELLING (ISM) MÓDSZERÉNEK ÉS EGY LEHETSÉGES ALKALMAZÁSÁNAK BEMUTATÁSA

A vezetői döntések támogatását több matematikai (többek között operációkutatási) alapon nyugvó módszer segítheti. Az Interpretive Structural Modelling (ISM) egy, a nemzetközi menedzsmenttudományokban széles körben, elsősorban stratégiai döntéshozatalra alkalmazott operációkutatási módszer. Komplex, többkritériumos döntési problémáknál szisztematikus segítséget nyújt az egyes tényezők kapcsolódásainak és kölcsönhatásainak feltárására. Számos sikeres – mind a tudományos, mind az üzleti életben történt – alkalmazása ellenére hazánkban kevésbé ismert. A jelen tanulmány célja, hogy részletesen bemutassa az ISM-et, továbbá egy modell eredményeit, és azok értelmezését is közölje.¹

Kulcsszavak: ISM, döntéstámogatás, többkritériumos problémák

Az ISM-et bonyolult döntési problémák tényezői közötti összefüggések megállapításának céljából alkották meg. Első tudományos leírása óta (Malone, 1975; Warfield, 1976) különböző menedzsmentterületeken alkalmazták. A bemutatás óta eltelt közel 40 év semmit sem csorbított a módszer aktualitásán, napjainkban is népszerű tudományos és üzleti körökben egyaránt. Pfohl et al. (2011) tanulmányában kiemelte, hogy az ISM-eljárás a rendszerelemek kapcsolódásainak vizsgálatakor megbízhatóbbnak bizonyult az összes többi tesztelt módszernél. Tabrizi et al. (2010) a tudásmenedzsment kritériumainak kapcsolódási gráfját alkotta meg a segítségével, míg Eswaralal et al. (2011) ezzel a módszerrel a fenntartható fejlődés szempontjából vizsgálta a megújuló energiaforrások alkalmazhatóságát. Pramod és Branwet (2010) egy telekommunikációs ellátási lánc szereplőinek viselkedését elemezte kutatásában az ISM-mel, Mandal és Deshmukh (1994) pedig beszállítók kiválasztásának komplex végrehajtására használta. Megrendelő-beszállító kapcsolatok értékelő feltárása a módszerrel Thakkar et al. (2008) tudományos cikkében olvasható. Több esetben használták ellátási láncok kockázatsökkentésének vizsgálatára az egyes elemek kölcsönhatásainak szisztematikus modellezési képessége miatt (Faisal et al.,

2006). Számos példát találunk vállalatok vagy ellátási láncok produktivitásának növelésére is az ISM-modellezéssel, Ravi et al. (2005) számítógép-alkatrészek ellátási láncára, Qureshi et al. (2007) pedig kiszervezett logisztikai tevékenységek esetén a beszállítók produktivitásának segítésére alkalmazta a módszert.

A tudományos irodalomban fellelhető néhány tanulmány, melyben az ISM-et más módszerekkel kombinálva is alkalmazzák, valamint egy összetett kutatás egyik fázisában kap szerepet. Néhány szerző (pl. Gorrveit – Liu, 2007) az Analytic Hierarchy Process-szel, azaz az AHP-vel együtt használta, a döntési folyamatban az ISM a döntési kritériumok hierarchikus kapcsolódásainak megállapítására szolgált, így az elemeket AHP-modellben lehetett értékelni a döntéshozóknak. Az AHP-eljárásokban ugyanis előfeltétel a döntési elemek hierarchikus rendje, amelyet így szisztematikus módszerrel lehetett megkapni a korábbi, kevésbé megbízható módokkal szemben. Azokban az esetekben, amikor nem állítható fel tiszta hierarchia a döntési elemek között, vagyis a kapcsolódások sokrétűbbek, az ISM-et az Analytic Network Process-szel, azaz az ANP-vel kombinálhatjuk sikeresen, erre példa Huang et al. (2005) kutatása.

VEZETÉSTUDOMÁNY

A következő fejezetben az ISM elméleti hátterének rövid bemutatása következik, mely elsősorban a Boole-algebra sajátosságait emeli ki a módszer vonatkozásában. A tanulmány alkalmazási megközelítésű jellegéből adódóan a részletesebb matematikai bemutatástól eltekintünk.

Ezt követően egy konkrét, közlekedési problémára vonatkozó alkalmazását mutatjuk be a módszernek, lépésenként leírva az applikációt, és ábrákkal, táblázatokkal segítve a szöveg megértését.

A módszer bemutatása

Tanulmányunkban az ISM-et Warfield (1976), valamint Huang et al. (2005) alapján mutatjuk be. Ahogy a Bevezetésben utaltunk is rá, az ISM képes meghatározni egy döntési probléma összes elemének kapcsolódásait és egymásra hatását. Ezáltal meghatározható minden egyes elem befolyásoló ereje (driving power) és befolyásoltsága (dependency) a döntési struktúrán belül. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a módszer nem képes kezelni a kapcsolódások erősségét, mindössze a kapcsolatok meglétéről és irányáról – vagyis, hogy melyik a befolyásoló és melyik a befolyásolt elem a kapcsolatban – szolgáltat információkat.

Az alkalmazás első lépéseként azonosítani kell a döntésben szereplő elemeket. Ilyenek lehetnek például egy vállalat beszállítói értékelésének szempontjai, egy beruházás megtérülési mutatói stb.

Ezt követően az úgynevezett „relációs mátrix” megalkotása következik. Ez egy bináris (csak 0 és 1 elemeket tartalmazó) és kvadrátikus (a sorok és oszlopok száma megegyezik) mátrix, melyet a következő elv alapján konstruálunk:

$$a_{ij} = 1, \text{ ha az „}i\text{” elem hatással van a „}j\text{” elemre,}$$

$$a_{ij} = 0, \text{ egyéb esetben.}$$

A relációs mátrix (D) általános struktúrája az 1. táblázatban látható.

1. táblázat

A relációs mátrix általános alakja

	e^1	e^2	...	e^n
e^1	0	a^{12}	...	a^{1n}
e^2	a^{21}	0	...	a^{2n}
...	0	...
e^n	a^{n1}	a^{n2}	...	0

Forrás: saját szerkesztés

Itt az

e_i az i -dik elem a döntési rendszerben,

a_{ij} jelöli a kapcsolatot az i -dik és a j -dik elem között.

(D) elemeit a döntéshozók töltik ki szakmai tudásuk és a problémáról meglévő elképzelésük alapján. Ajánlatos egy workshop keretein belül az értékeléseket megtenni, lényeges, hogy a végeredmény tükrözze a döntéshozói menedzsercsoport közös véleményét az elemek kapcsolódásáról. Az eljárás többi lépése nem igényel újabb döntéshozói szerepet, a menedzserektől független kalkulációkból áll. Ezután a következő két lépés kell megtennünk:

$$RM = D + I \tag{1}$$

Tehát a relációs mátrixhoz hozzáadjuk az egység-mátrixot (I), ezáltal a főátló csupa 1-es számból fog állni, ezt az új mátrixot nevezzük elérhetőségi mátrixnak (RM, reachability matrix).

$$RM^k = RM^{k+1} \quad k > 1, \tag{2}$$

ahol a k hatványkitevőket jelöl, RM^* pedig az úgynevezett végső elérhetőségi mátrixot.

A (2)-es lépés egy nagyon lényeges mozzanat az eljárásban, és a módszer egyik legtöbb pluszinformációval szolgáló fázisa. A bináris mátrix megfelelő hatványokra emelésével ugyanis az elemek tranzitivitását érhetjük el, azaz érvényesülhet az a logikai feltétel, hogy amennyiben egy elem hatással van egy másikra, amely hatást gyakorol egy harmadikra, úgy figyelembe kell venni az első hatását is a harmadikra. Azaz:

$$\text{ha } a_{ij} = 1,$$

$$\text{és } a_{jk} = 1,$$

$$\text{akkor } a_{ik} = 1.$$

Az elérhetőségi mátrix hatványokra emelése tehát biztosíthatja azt a tranzitivitást, amely sem az eredeti relációs mátrixnak, sem az elérhetőségi mátrixnak nem feltétlenül sajátja. (Amennyiben a vizsgált döntési probléma sok elemből áll, szinte biztosan nem lesz tranzitív sem (D), sem (RM), hiszen az emberi mentális képességek nem követhetik a több tagból álló tranzitívítási láncokat.)

Felhívjuk arra a figyelmet, hogy a végső elérhetőségi mátrixot a Boole-algebra műveleti segítségével célszerű megalkotni a binaritás megőrzésének céljából. Ez a következő műveleti operátorok teljesítését feltételezi: $1+1=1$ és $1 \times 1=1$. (2) során tehát plusz 1-eseket adunk az eredeti elérhetőségi mátrixhoz, hogy a tranzitív kapcsolódások is kifejeződjenek a végső elérhetőségi mátrixban. A pluszinformációt az jelenti, hogy a több tagból álló tranzitív kapcsolódások feltárulnak a hatványra emelés során, így az elemek kapcsolódásának teljes struktúrája feltárul a döntéshozók előtt. Ahogy (2) is mutatja, a hatványozást addig kell folytatni, amíg a bináris mátrix stabillá nem válik, vagyis a további

hatványra emelések már nem változtatnak a mátrix elemein. Minél hosszabb kapcsolódási láncok találhatóak a döntési problémában, annál magasabb hatványra kell emelni az eredeti mátrixot, a hatványkitevők nagysága ugyanis megegyezik a láncok elemszámával.

A következő lépésben kiszámoljuk az egyes elemek elérhetőségi halmazát ($R[ti]$) és befolyásolt halmazát ($A[ti]$). ($R[ti]$) azt mutatja meg, hogy az i -dik elem mely más elemekre gyakorol hatást a döntési struktúrán belül. ($A[ti]$) azt mutatja meg, hogy az i -dik elemre mely más elemek hatnak a döntési struktúrán belül. A kalkuláció a következőképpen végezhető el:

$$R(ti) = \{e_i \mid m_{ji}^* = 1\} \quad (3)$$

$$A(ti) = \{e_i \mid m_{ij}^* = 1\} \quad (4)$$

ahol m_{ij}^* jelöli az i -dik sor és a j -dik oszlop értékeit, m_{ji}^* pedig a j -dik sor és az i -dik oszlop értékeit.

Ezután a döntési elemeket hierarchikus szintekbe sorolhatjuk befolyásoló erejük és rendszeren belüli függőségük alapján, illetve az elemek kapcsolódási gráfját is megrajzolhatjuk. A szintek meghatározásához a következő kalkulációs szabályt kell követni:

$$R(ti) \cap A(ti) = R(ti), \quad (5)$$

tehát az első szint elemeit úgy választhatjuk ki, hogy megkeressük azokat a döntési tényezőket, amelyeknek megegyezik az elérhetőségi és befolyásolt halmazának metszete: $R(ti) \cap A(ti)$, az elérhetőségi elemhalmazával: $R(ti)$. Ha kiválasztottuk az első hierarchikus szint elemeit, azokat töröljük a kalkulációból, így a következő szintre is alkalmazhatjuk az (5)-ös számítási szabályt. Addig folytatjuk tovább a fent leírt számításokat, amíg a döntési probléma minden elemét be nem soroljuk valamely klaszterbe a befolyásoló erő és függőség alapján.

Egy lehetséges alkalmazás: közforgalmú közlekedési rendszer-elemek kapcsolódásainak feltárása

Amennyiben egy közforgalmú közlekedési rendszer elemeinek fejlesztési szükségességét vizsgáljuk döntésünkben, igen összetett problémával szembesülünk. Először is, nehéz egy modellben az összes rendszerelemet szerepeltetni. Másodszor, a rendszerben található kvantitatív, azaz számszerűen kifejezhető összetevők (pl. járatsűrűség stb.), de ugyanúgy tartalmaznia kell a modellnek kvalitatív (pl. a menetrendek érthetősége stb.) összetevőket is, ezek együttes kezelése pedig metodológiai nehézséget okoz. Harmadszor ezek a tényezők nem függetlenek egymástól, az egyik fejlesztése pozitív hatást gyakorolhat más rendszerösszetevőkre, vagy épp ellenkezőleg, akár negatívan is érintheti azokat.

Megelőző kutatásunkban az alapfeladat az volt, hogy próbáljuk meg egy városi buszközlekedési rendszer elemeire vonatkozó utaspreferenciákat megtalálni, azaz elemezzük, a felhasználók a rendszernek mely részeit tartják leginkább fejlesztendőnek. A kutatás eredményeit részletesen Duleba et al. (2012) tanulmánya mutatja be.

Az eredményekre vonatkozóan viszont úgy találtuk, hogy azok csak egymástól független tényezők esetén érvényesek, így a modellben a rendszeren belül integrálni kell a kapcsolatokat és a kölcsönhatásokat. Ennek megvalósítására alkalmas, ha lefolytatjuk az ISM-eljárást a modellre. 24 elemet különböztettünk meg a közlekedési rendszer leírására, ezeket tartalmazza a 2. táblázat.

2. táblázat

A közlekedési rendszer elemei és jelölésük a modellben

Szolgáltatási minőség	r1
Utazási minőség	r2
Nyomonkövethetőség	r3
Térbeli elérhetőség	r4
Közvetlenség	r5
Időbeli elérhetőség	r6
Sebesség	r7
Megbízhatóság	r8
Fizikai kényelem	r9
Mentális kényelem	r10
Utazási biztonság	r11
Menetrend-érthetőség	r12
Utazás előtti infók	r13
Utazás közbeni infók	r14
Megállók elérése	r15
Megállók biztonsága	r16
Megállók kényelme	r17
Átszállások	r18
Kapcsolódás	r19
Járatsűrűség	r20
Időbeli korlátozások	r21
Utazási idő	r22
Várakozási idő	r23
Megállóelérési idő	r24

Forrás: saját szerkesztés

Ahogy látható, általános tényezők (pl. utazási minőség) ugyanúgy szerepelnek a táblázatban, mint specifikusak (pl. megállóelérési idő). Az ISM egyik előnye,

A közlekedési rendszer elemeinek elérhetőségi mátrixa

	r 1	r 2	r 3	r 4	r 5	r 6	r 7	r 8	r 9	r 1 0	r 1 1	r 1 2	r 1 3	r 1 4	r 1 5	r 1 6	r 1 7	r 1 8	r 1 9	r 2 0	r 2 1	r 2 2	r 2 3	r 2 4
r 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 5	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 6	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 7	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 8	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
r 9	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 1 0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 1 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 1 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
r 1 3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
r 1 4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r 1 5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
r 1 6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
r 1 7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
r 1 8	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
r 1 9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
r 2 0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
r 2 1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
r 2 2	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
r 2 3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
r 2 4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Forrás: saját szerkesztés

hogy általános és specifikus faktorokat képes együttesen kezelni, természetesen a kapcsolódásokban és a felépített hierarchiában ezek általában kifejezésre jutnak (az általánosabb faktoroknak nagyobb a függőségük, hiszen több más faktor hat rájuk, mint a specifikusakra).

A következő lépés a relációmátrix kitöltése a döntéshozókkal. Kutatásunkban három közlekedési szakértő konszenzusával a következő elérhetőségi mátrixot kaptuk (3. táblázat, külön nem jelezzük a reláció és egységmátrix összeadását, csak az eredményét).

A kitöltők egy workshop keretében, saját szakmai tapasztalatuk és véleményük alapján, konszenzusos kitöltést valósítottak meg, azaz a mátrix egyes rubrikái szakértői egyetértést tükröznek. Természetesen töreked-

kitöltési eredményeit. Látható, hogy a specifikusabb tényezők sorában szerepel több 1-es (amely a kapcsolat meglétét és a más elemekre gyakorolt hatást jelenti), míg az általánosabb tényezők oszlopában van több 1-es (amely jelzi, hogy több elemtől függenek). Már ebben a fázisban fontos pluszinformációkat lehet megállapítani a rendszerről az ISM és a kitöltések segítségével.

A végső elérhetőségi mátrix konstruálásához a fenti bináris mátrixot a 4-dik hatványra emeltük (lásd [2]), magasabb hatványozás már nem befolyásolta az 1-esek számát, ezáltal a tranzitivitás kritériuma teljesült. A Boole-algebra már említett összeadási és szorzási szabályait követtük a kalkulációban. Az eredményeket a 4. táblázat demonstrálja.

4. táblázat

A rendszerelemek végső elérhetőségi mátrixa

	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11	r12	r13	r14	r15	r16	r17	r18	r19	r20	r21	r22	r23
r1	1																						
r2		1																					
r3			1																				
r4	1			1																			
r5	1		1		1		1	1				1						1					1
r6	1					1	1																
r7	1						1																
r8	1		1		1		1	1				1						1					1
r9		1							1														
r10		1								1													
r11		1									1												
r12	1		1				1					1											1
r13	1		1				1						1										1
r14		1	1							1				1									
r15	1			1			1								1								
r16	1			1												1							
r17	1			1													1						
r18	1		1		1		1	1				1						1	1				1
r19	1		1		1		1	1				1							1				1
r20	1	1				1	1		1											1			1
r21	1		1			1	1					1									1		1
r22	1	1					1		1	1	1											1	
r23	1						1																1
r24	1						1																
Dep.	18	7	9	4	4	3	14	4	3	3	2	1	6	1	1	1	1	1	4	1	1	1	9

Forrás: saját szerkesztés

hettünk volna nagyobb reprezentativitásra, de az első fejezetben említett szakirodalmi példánál is elegendőnek fogadták el három (sőt esetenként egy) szakértő

A 4. táblázat egyrészt tehát a végső elérhetőségi mátrix, másrészt mutatja az ISM-eljárás következő lépését (3), (4), azaz a befolyásoló erő és a függőség ki-

Az ISM iterációs fázisa

	Reachability set	Antecedent set	Intersection set	Level
r1	1	1, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24	1	I.
r2	2	2,9,10,11,14,20,22	2	I.
r3	3	3, 5, 8, 12, 13, 14, 18, 19, 21	3	I.
r4	1, 4	4, 15, 16, 17	4	
r5	1, 3, 5, 7, 8, 13, 19, 23	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r6	1, 6, 7	6, 20, 21	6	
r7	1, 7	5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24	7	
r8	1, 3, 5, 7, 8, 13, 19, 23	5,8,18,19	5, 8, 19	
r9	2, 9	9, 20, 22	9	
r10	2, 10	10, 14, 22	10	
r11	2, 11	11, 22	11	
r12	1, 3, 7, 12, 23	12	12	
r13	1, 3, 7, 13, 23	5, 8, 13, 18, 19, 21	13	
r14	2, 3, 10, 14	14	14	
r15	1, 4, 7, 15, 24	15	15	
r16	1, 4, 16	16	16	
r17	1, 4, 17	17	17	
r18	1, 3, 5, 7, 8, 13, 18, 19, 23	18	18	
r19	1, 3, 5, 7, 8, 13, 19, 23	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r20	1, 2, 6, 7, 9, 20, 23	20	20	
r21	1, 3, 6, 7, 13, 21, 23	21	21	
r22	1, 2, 7, 9, 10, 11, 22	22	22	
r23	1, 7, 23	5, 8, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 23	23	
r24	1, 7, 24	15, 24	24	

	Reachability set	Antecedent set	Intersection set	Level
r4	4	4, 15, 16, 17	4	II.
r5	5, 7, 8, 13, 19, 23	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r6	6,7	6, 20, 21	6	
r7	7	5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24	7	II.
r8	5, 7, 8, 13, 19, 23	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r9	9	9, 20, 22	9	II.
r10	10	10, 14, 22	10	II.
r11	11	11, 22	11	II.
r12	7, 12, 23	12	12	
r13	7, 13, 23	5, 8, 13, 18, 19, 21	13	
r14	10, 14	14	14	
r15	4, 7, 15, 24	15	15	
r16	4, 16	16	16	
r17	4, 17	17	17	
r18	5, 7, 8, 13, 18, 19, 23	18	18	
r19	5, 7, 8, 13, 19, 23	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r20	6, 7, 9, 20, 23	20	20	

r21	6, 7, 13, 21, 23	21	21	
r22	7, 9, 10, 11, 22	22	22	
r23	7, 23	5, 8, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 23	23	
r24	7, 24	15, 24	24	
	Reachability set	Antecedent set	Intersection set	Level
r5	5, 8, 13, 19, 23	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r6	6	6, 20, 21	6	III.
r8	5, 8, 13, 19, 23	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r12	12, 23	12	12	
r13	13, 23	5, 8, 13, 18, 19, 21	13	
r14	14	14	14	III.
r15	15, 24	15	15	
r16	16	16	16	III.
r17	17	17	17	III.
r18	5, 8, 13, 18, 19, 23	18	18	
r19	5, 8, 13, 19, 23	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r20	6, 20, 23	20	20	
r21	6, 13, 21, 23	21	21	
r22	22	22	22	III.
r23	23	5, 8, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 23	23	III.
r24	24	15, 24	24	III.
	Reachability set	Antecedent set	Intersection set	Level
r5	5, 8, 13, 19	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r8	5, 8, 13, 19	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r12	12	12	12	IV.
r13	13	5, 8, 13, 18, 19, 21	13	IV.
r15	15	15	15	IV.
r18	5, 8, 13, 18, 19	18	18	
r19	5, 8, 13, 19	5, 8, 18, 19	5, 8, 19	
r20	20	20	20	IV.
r21	13, 21	21	21	
	Reachability set	Antecedent set	Intersection set	Level
r5	5, 8, 19	5, 8, 19	5, 8, 19	V.
r8	5, 8, 19	5, 8, 19	5, 8, 19	V.
r18	5, 8, 18, 19	18	18	
r19	5, 8, 19	5, 8, 19	5, 8, 19	V.
r21	21	21	21	V.
	Reachability set	Antecedent set	Intersection set	Level
r18	18	18	18	VI.

Forrás: saját szerkesztés

számítását a rendszer minden egyes elemére. Minél nagyobb egy tényező befolyásoló ereje, annál több másik tényezőre gyakorol hatást (a hatás erősségét nem méri az ISM, ahogy már említettük), minél nagyobb egy tényező függősége, annál több másik rendszerösszetevő gyakorol rá hatást. Az r18-as elem, azaz az átszállás szükségessége, rendelkezik a legnagyobb befolyásoló erővel, 9-cel; míg a szolgáltatási minőség tényező, vagyis az r1, a leginkább függő 18-as értékkel. Ezek az értékek természetesen már tartalmazzák a tranzitivitás miatti közvetett kapcsolatokat, így jobban jellemzik a rendszert, mint a 3. táblázat.

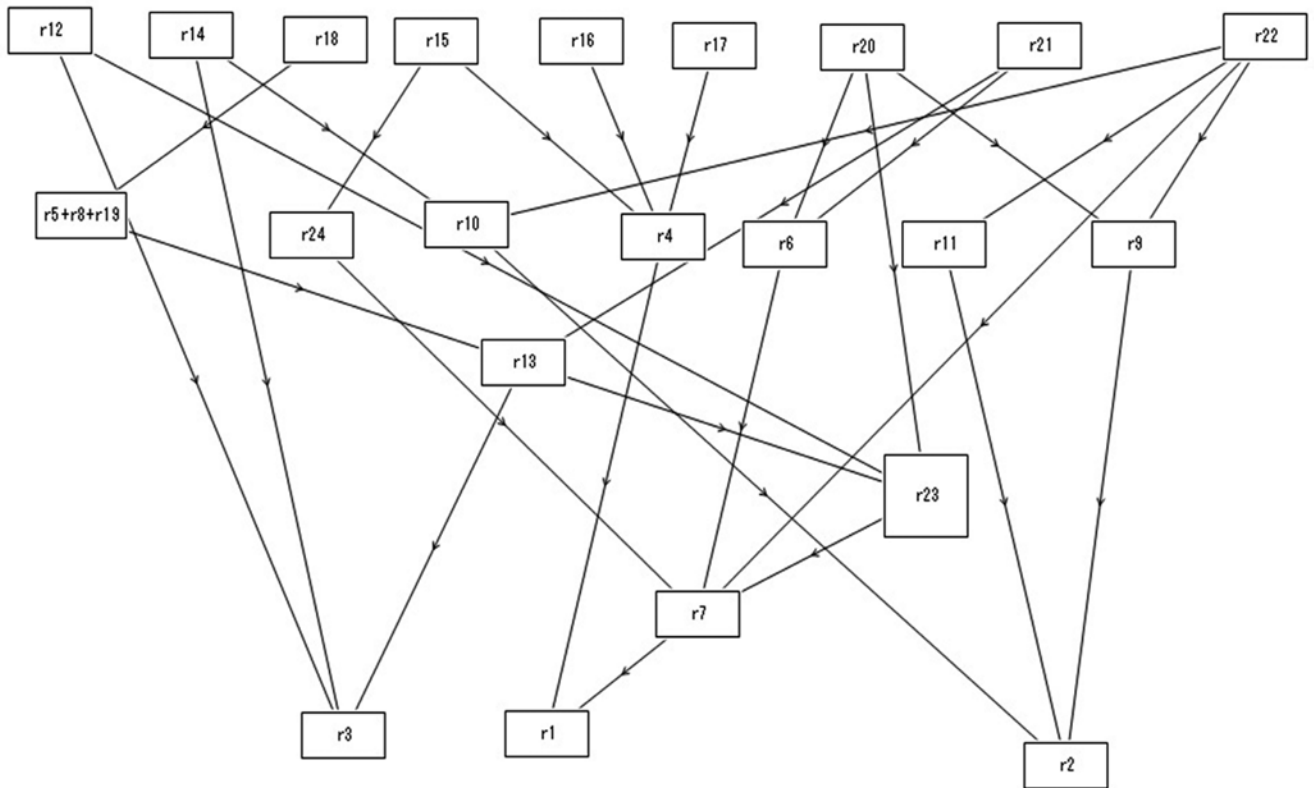
A végső elérhetőségi mátrix alapján megrajzolható a rendszer elemeinek direkt gráfja, amelyben a közvetlen elemkapcsolódásokat szerepeltethetjük. Ezt demonstrálja az 1. ábra.

hatásait akarják a döntéshozók végigkövetni, elegendő az 1. ábra nyilait követni, és így prognosztizálható a fejlesztés jövőbeli, externális hatása (az externálist itt a rendszeren belüli, de az elemen kívüli hatásként értelmezhetjük). A közvetlen externális hatást a nyilak jelenléte jelzi, a közvetett hatásokat pedig az adott elemből kiinduló nyilak utolsó elemig történő végigkövetése teszi lehetővé. Stratégiai döntéshozatal esetében ez fontos támogató eszköz lehet a döntéshozók számára.

Annak érdekében, hogy még szofisztikáltabb eredményekhez jussunk, érdemes elvégezni az ISM következő lépését, amelyet iterációs fázisnak is neveznek, és az előző fejezet (5)-ös képlete ír le. Ez az iterációs fázis a rendszer elemeinek befolyásolási ereje szerint alkot hierarchiaszinteket, a legmagasabb szinten a legnagyobb hatású tényező lett meghatározva, a leg-

1. ábra

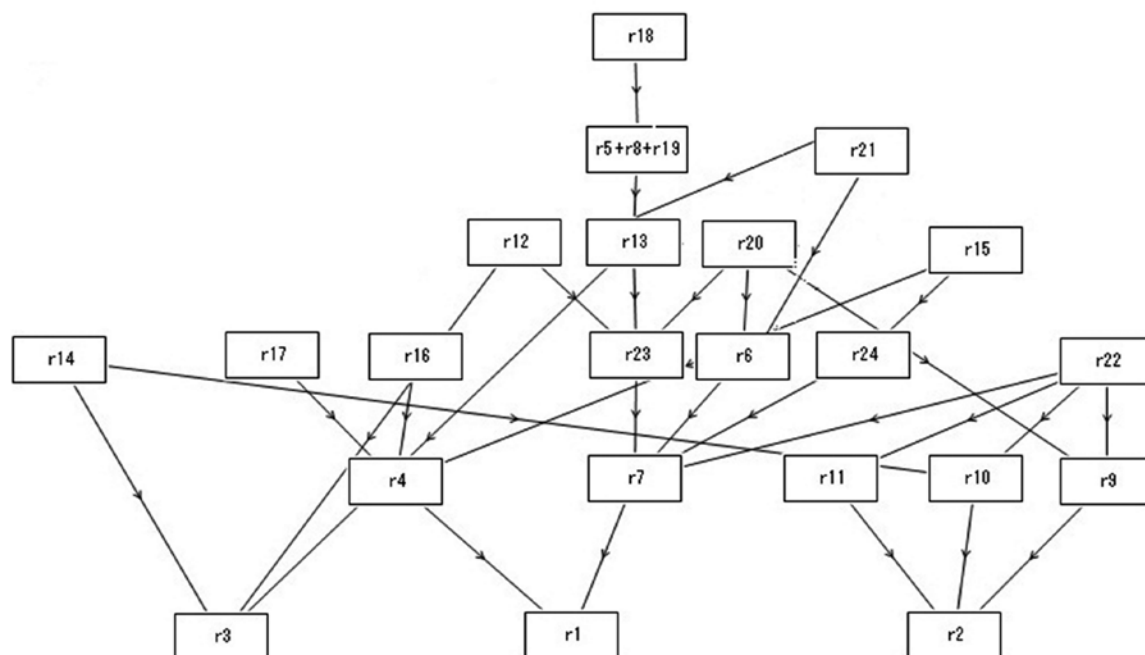
A közlekedési elemek direkt kapcsolódásai



Nagyon fontos, új következtetések vonhatók le az 1. ábrából. 3 tényező r5, r8 és r19 integráltan szerepelnek, vagyis ugyanazon elemeket befolyásolnak, és ugyanazoktól függenek. Vannak olyan elemek (r12, r14, r18, r20, r21, r22), amelyek két általános elemet is befolyásolnak (általános az r1, r2, r3), így fejlesztésük nagyobb hatással lehet az egész rendszerrel szembeni felhasználói elégedettségre, mint más tényezők fejlesztése. Amennyiben egy bizonyos elem fejlesztésének

só szinten pedig a leginkább függő tényezők vannak. Ahogy a 2. ábrán látható is, az r18-as elemre nem hat már tényező a rendszeren belül, de a legtöbb hatást gyakorolja más elemekre. Ezzel ellentétesek az r1, r2 és r3 faktorok, amelyek csak függenek a többiektől, de hatást nem gyakorolnak másokra. Már említettük, hogy általánosságuk miatt ez nem meglepő, de a hierarchiaszinteken való faktorpozíciók értékes új információkkal láthatják el a döntéshozókat.

Az elemek befolyásolási hierarchiája



Összegzés

Egy döntési probléma rendszerlemeinek kapcsolódási hálójá fontos információkat tartalmaz a döntéshozók számára. A tanulmányban bemutatott közlekedési rendszerre vonatkozó kutatásban az egyes tényezők egymásra hatása a végső fejlesztési döntést is jelentősen befolyásolhatja, hiszen a fejlesztési forrásokat úgy célszerű elosztani, hogy a többi elemre nagy befolyásoló erővel bíró tényezőket jobban megéri fejleszteni, mint a kevesebb hatású elemeket. Az ISM önmagában is jelentősen segítheti a stratégiai döntéshozatalt azzal, hogy egy szisztematikus hálót közöl a döntési problémáról a döntéshozókkal. Hatásos azonban más módszerekkel kombinálva is, jó kiegészítője az AHP-nek vagy a gráfelméletnek.

Ki kell emelni azonban a módszer legfőbb hiányosságát; nem közöl információt az elemkapcsolatok erősségéről. A mátrixok binaritásának előnye a matematikai könnyen kezelhetőség, hátránya viszont, hogy csak a kapcsolat létét vagy nemlétét tudja kifejezni, az erősséget nem lehet betenni a modellbe. Ennek kezelése a jövőre vonatkozó kutatási irány, túlmutat e tanulmány keretein.

Szándékunk az volt a tanulmány megírásával, hogy az ISM-et, mint hatékony menedzsmentdöntéseket segítő módszert, megismertessük a szélesebb tudományos és szakmai közvéleménnyel.

Lábjegyzet

¹ Köszönetnyilvánítás: Ez a tanulmány a TÁMOP-4.2.2.A-11/11/KONV-2012-0051 projekt keretei között készült el.

Felhasznált irodalom

- Duleba, Sz. – Mishina, T. – Shimazaki, Y. (2012): A dynamic analysis on public bus transport's supply quality by using AHP. *Transport*, 27(3): p. 268–275.
- Eswaralal, V.K. – Dey, P.K. – Shankar, R. (2011): Enhanced renewable energy adoption for sustainable development in India: Interpretive Structural Modeling Approach. *World Renewable Energy Congress, Linkoping 2011. 05. 8. 13. Conference Proceedings*: p. 351–358.
- Faisal, M.N. – Banwat, D.K. – Shankar, R. (2006): Supply Chain Risks Mitigation: modelling the enablers. *Business Process Management Journal*, 12(4): p. 532–552.
- Gorvett, R. – Liu, N. (2007): Using interpretive structural modeling to identify and quantify interactive risks. *Astin Colloquium Call for papers*: p. 2–11.
- Huang, J.-J. – Tzeng, G.-H. – Ong, C.-S. (2005): Multidimensional data in multidimensional scaling using the analytic network process. *Pattern Recognition Letters*, 26: p. 755–767.
- Malone, D.-W. (1975): An introduction to the application of interpretive structural modeling. *IEEE*, 63(3): p. 397–404.
- Mandal, A. – Deshmukh, S.-G. (1994): Vendor selection using interpretive structural modeling (ISM). *International Journal of Operations and Production Management*, 14(6): p. 52–59.

- Pfohl, H.-C. – Gallus, P. – Thomas, D.* (2011): Interpretive structural modeling for supply chain risks. *International Journal of Physical Distribution and Management*, 41(9): p. 839–859.
- Pramod, V.-R. – Banwet, D.-K.* (2010): Interpretive Structural Modeling for understanding the inhibitors of a telecom service supply chain. *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Bangladesh, 2010. 01. 9. 10.
- Qureshi, M.N. – Kumar, D. – Kumar, P.* (2007): Modeling the logistics outsourcing relationships variables to enhance shippers productivity and competitiveness in logistics supply chain. *International Journal of Production and Performance Management*, 56(8): p. 689–714.
- Ravi, V. – Shankar, R. – Tiwari, M.K.* (2005): Productivity improvement of a computer hardware supply chain. *International Journal of Production Performance Measurement*, 54(4): p. 239–255.
- Tabrizi, R.S. – Foong, Y.P. – Ebrahimi, N.* (2010): Using Interpretive Structural Modeling to determine the relationship among knowledge management criteria inside Malaysian organizations. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 72/2010
- Thakkar, J. – Kanda, A. – Deshmukh, S.-G.* (2008): Evaluation of buyer-supplier relationships using an integrated mathematical approach of interpretive structural modeling (ISM) and graph theoretic matrix: the case study of Indian automotive SME-s. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(1): p. 92–124.
- Warfield, J.-W.* (1974): Developing interconnected matrices in structural modelling. *IEEE Transcript on Systems, Man and Cybernetics*, 4(1): p. 81–87.

A cikk beérkezett: 2012. 9. hó

Lektor vélemény alapján véglegesítve: 2013. 1. hó

E SZÁMUNK SZERZŐI

Dr. Malota Erzsébet, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem; **Gyulavári Tamás**, egyetemi adjunktus, Budapesti Corvinus Egyetem; **Dr. Kovács Zoltán**, egyetemi tanár, Pannon Egyetem; **Rendes István**, műszakvezető, Audi Hungaria Motor Kft.; **Dr. Sterbenz Tamás**, egyetemi docens, Semmelweis Egyetem Testnevelési és Társadalomtudományi Kar; **Gulyás Erika**, egyetemi tanársegéd, Semmelweis Egyetem Testnevelési és Társadalomtudományi Kar; **Dr. Duleba Szabolcs**, főiskolai docens, Nyíregyházi Főiskola; **Dr. Futó Péter**, PhD egyetemi magántanár, Budapesti Corvinus Egyetem; **Dr. Bokor Zoltán**, egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; **Dr. Udvari Beáta**, PhD egyetemi adjunktus, Szegedi Tudományegyetem