

**Nyugat-Magyarországi Egyetem  
Sopron**

Doktori értekezés tézisei

**“Gyártási folyamatok optimalizálása a minőségügyben alkalmazott  
kompromisszummodellek felhasználásával”**

Réthy Zsolt

**2004**

**Doktori Iskola:** Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola  
(**vezető:** Prof. Dr. Winkler András)

**Program:** F4 Rosttechnikai tudományok

(**vezető:** Prof. Dr. Erdélyi József)

**Tudományág:** Anyagtudományok és technológiák

**Témavezető:** Prof. Dr. Erdélyi József

## *1 A kutatómunka célja és tudományos előzményei*

Egy konstrukció ipari jellegű létrehozása, a rendszeres szolgáltatásnyújtás legtöbbször a termékterv alapján még nem egyértelmű. Szakmaterülettől függően jelentős szabadsága marad a kivitelezésnek. Gyakran a technológiai lépcsők száma vagy jellege is megválasztható, de a gyártási paraméterek, a technológiai beállítások, a szolgáltatások belső mutatói szinte minden esetben önálló megfontolás tárgyát képezik (Koczor(1999)).

A minőségirányítás megpróbálja a folyamatparaméterek kölcsönhatását kezelni. Nem egyszerűen káros hatások elkerülése vagy elérendő célok megvalósítása a tevékenység lényege, hanem a köztes állapotok közül kell kiválasztani a konkrét helyzethez igazodó optimumot; nagy rugalmassággal, szubjektív igények értelmezésével, múltbeli tapasztalatok felhasználásával és a döntéshozatalhoz illeszkedő gyorsasággal.

Az eltérő minőségi elvárások más és más folyamat-kivitelezést igényelnek. Ennek következtében sajátos technikát kell alkalmazni a több, egy időben megjelenő elvárás kielégítésére. Ennek a technikának van olyan eleme, mely analitikus függvények segítségével tervezhető.

A dolgozat az ily módon előálló döntési helyzetek megkönnyítésére létrehozott minőségjavító technikákkal, ezen belül az úgynevezett kompromisszummodellekkel (Harrington (1965)), azok lehetséges felhasználásával illetve kiegészítési lehetőségeivel foglalkozik. A kompromisszummodellek egymásnak ellentmondó feltételrendszernek eleget tenni tudó, az egyes paraméterek fontosságát indikáló egyedi súlyozást is megvalósító többváltozós függvényekkel írják le az optimalizálni kívánt folyamatot.

A kompromisszummodell eredeti formájában – és a legtöbb módosított formájában – nem kezeli a folyamat statisztikai paramétereit. Egy olyan új modell kifejlesztésére tettünk kísérletet, amely egy – adott paraméter célértéktől való eltéréseinek hatását veszteségfüggvénnyel leíró és a veszteség valószínűségének figyelembe vételével a célértéktől való eltérés kockázatát reprezentáló – kockázati modellen alapul. Az általánosság megtartása érdekében lehetőség van arra, hogy egyes folyamat-paramétereket változatlan formában, az eredeti modell szerint kezeljünk.

Elismerve a meglévő kompromisszummodellek előnyeit, az alapmodell rugalmasságából adódik, hogy kisebb-nagyobb kiegészítésekkel adott problémák kezelésére még inkább alkalmassá válnak.

A kompromisszummodell használhatóságának növelésére – hasonlóan Derringer (1994) módszertanához, megpróbálván nem egy egyszerű modellben, hanem komplex módszertanban gondolkodni –

- az igényfüggvények egymáshoz és a minőségi szintekhez, illetve az optimumhoz való viszonyát megjelenítő ábrázolástechnikát, és
- az optimumkereséshez felhasznált adatsorok súlyozott figyelembevételére felejtő mechanizmust dolgoztunk ki.

Az általunk javasolt módosított függvények gyakorlati alkalmazását egy textilipari alkalmazás adatsoraiban, egy fonodai szakértői rendszer keretében mutattuk be, összehasonlítva a Derringer – Suich (1980) modellel kapott eredményekkel.

## **1.1 Kutatási célok meghatározása**

A dolgozatban az alábbiak vizsgálatára tettünk kísérletet:

1. A célértéktől való eltérés valószínűségével számított igényfüggvények illeszkedése a kompromisszummodell filozófiájához, illetve számítási módjához.
2. Az így kapott eredményekből levonható következtetések az alkalmazhatóság tekintetében.
3. A feldolgozott adatok kiértékelésének különböző módjai:
  - Felejtő értékelés, amely az adatok súlyozott figyelembevételét, ezáltal a folyamatparaméterek időbeli változásának leírását célozza;
  - Szemléltető megjelenítés, amely menedzsment-eszközként a kompromisszummodell alkalmazása során kapott értékek összevetését teszi lehetővé.
  - A kompromisszummodellre épülő szakértői rendszer fonóipari alkalmazásának gyakorlati bemutatása.
  - A kompromisszummodell kiterjesztése más, meghatározott kritériumokkal rendelkező tömeggyártási folyamatokra.

## **1.2 Vizsgálati módszerek**

A kompromisszummodellek összevetését, illetve az általunk javasolt módszer alkalmazhatóságának bizonyítását egy esettanulmány révén végeztük el. Az esettanulmány egy pamutfonodából származó passzív kísérleti eredményeket (gyártási adatokat) használt fel.

A kísérleti eredményekből kapott összetartozó paraméter-együttesek lehetővé tették a kimenetek függésének becslését a bemenetektől, illetve a kompromisszummodellek feltételeinek meghatározása után azok optimalizálását.

Az adatok gyűjtése, a feltételek meghatározása és az optimalizálás egy a tézisekben bővebben kifejtett szakértői rendszer keretei között történt.

## 2 Új tudományos eredmények összefoglalása

A kompromisszumfüggvények egyes változatait elterjedten alkalmazzák gyártási vagy egyéb folyamatok optimalizálására. Az 1. pontban említettük, hogy vannak olyan kiegészítések, amelyek az általánosság megtartásával valamilyen új elemet visznek az eredeti elgondolásba vagy az optimumkeresés szempontjából javítanak az alkalmazhatóságon (például Castillo – Montgomery – McCarville (1996)).

Mi előbbire tettünk kísérletet, amikor olyan eseteket vizsgálva, amikor a célértéktől való bármilyen eltérés döntően befolyásolja a teljes kompromisszumfüggvényt, a várható értéket olyan módon állítjuk be, hogy az eltérés valószínűsége minimális legyen. Ilyen esetekre felírtuk a célértéktől való eltérés valószínűségével számított igényfüggvényeket.

Javaslatot tettünk egy általános szakértői rendszerre, amely a problémafelvetés teljes terjedelmét átfogja, ehhez kapcsolódóan pedig egy szemléletes ábrázolásmódra, amely az igényfüggvények különböző szempontrendszer szerinti ábrázolását és összevetését teszi lehetővé, például a kiinduló megoldás és az optimum, vagy az optimumkeresés egyes lépéseinek összehasonlítását. Ennek előnye, hogy láthatóvá teszi, melyik jellemző „húzza el” valamilyen irányba a többi jellemző igényfüggvényét.

Javasoltunk továbbá egy felejtő értékelési módszert, amely különböző szempontok szerint a régebbi adatokat beépítve az aktuális adatsorok közé illetve az extrém értékek kiküszöbölésével lehetővé teszi a folyamatparaméterek időbeni változásának leírását.

Az általános szakértői rendszer gyakorlati használhatóságának alátámasztására egy működő fonodai rendszerre alkalmaztuk. Esettanulmányban hasonlítottuk össze a Derringer-Suich és az általunk módosított kompromisszumfüggvény optimalizálásának eredményeit azonos adatsorokat és feltételeket alapul véve. Az összehasonlítás azt mutatta, hogy a módosított függvények alkalmazása megengedhető, e függvények beleillenek az eredeti modell feltételrendszerébe és gondolkodásmódjába. Az adatok felvételezését, karbantartását, a feltételek megadását és az optimumkeresést az Excel táblázatkezelő szoftverhez írt általunk készített bővítmény segítségével oldottuk meg.

Az általunk alkalmazott kompromisszummodellről és az ezt felhasználó fonodai szakértői rendszerről megállapítottuk, hogy ezen eszköztár kiterjeszhető, vagyis minden, hasonló korlátokkal rendelkező tömegszerű termelési folyamat a termékjellemzők feltételeinek és a minősítő jellemzők összhangjának a szempontjából azonosan kezelhető.

### 3 Az értekezés tézisei

#### 3.1 A tézisekben használt fogalmak értelmezése

A *kompromisszumfüggvény* fogalmát az eredetinel tágabb értelemben használjuk. A Harrington-féle módszertan egy több vevői igényt egyszerre kielégíteni képes technika. Ezt a fogalmat kétféle irányban bővíthetjük:

1. A kompromisszumot, mint minőségmenedzsment fogalmat definiáljuk, objektív, mérnöki módon mérhető, de a menedzsment-szemlélet irányából is kezelhető termékparaméterekre kiterjesztve az általános definíciót. Ilyen termékparaméterek az esettanulmányban megjelenő gyártási tulajdonságok, továbbá időbeli paraméterek.
2. Olyan tulajdonságokat viszünk bele a modellbe, amelyek nem mérhetőek ("érzetek"), ilyenek például a motivációs szint vagy a vevői elégedettség konkrét szintje.

Utóbbi kiterjesztést a dolgozatban kizárjuk a kompromisszummodell szempontjából.

A *kockázatot* a következőképpen értelmezzük: a kockázat egy esemény valószínűségének és következményeinek függvénye.

$$K=P(A)V(A)$$

Ezt a kockázat-fogalmat használjuk a módosított kompromisszumfüggvényekben, amikor a kompromisszumfüggvényt egy valószínűség és egy veszteségfüggvény szorzataként állítjuk elő.

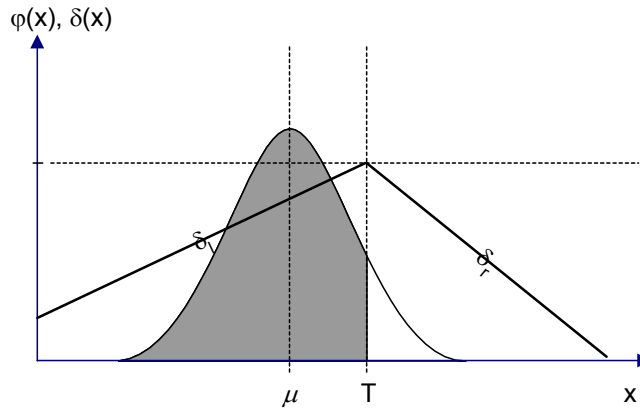
Az adatsorok *felejtő mechanizmusa* újszerű fogalomként jelenik meg a dolgozatban. A felejtő mechanizmus a régebbi adatok átlagban való megőrzésére, a valamilyen szempontból kiugró értékek (periodicitások vagy várhatóan többé nem előforduló hatásokból származó extrémítások) kiküszöbölésére szolgáló módszert jelent. Alkalmazásával a folyamatot leíró paraméterek időbeni változásairól valósághűbb képet kapunk.

#### 3.2 Tézisek

##### 1. Tézis: A célértéktől való eltérés valószínűségével számított kompromisszumfüggvények

**A kompromisszumfüggvények egy új családját dolgoztuk ki a célértéktől való eltérés valószínűségének segítségével.**

*E függvények alapját egyrészt az általunk kidolgozott kockázatelemzési módszertan számítási módja, másrészt a kockázatelemzési módszertanban megjelenő veszteségfüggvények illetve a Taguchi-féle négyzetes veszteségfüggvény analógiájára bevezetett úgynevezett kiegészítő igényfüggvények adják (1. ábra).*



1. ábra: A célértéktől való eltérés valószínűsége lineáris kiegészítő igényfüggvényekkel

A kiegészítő igényfüggvények számítása, amennyiben lineáris veszteséget okoznak a célértéktől való bármely irányú eltérés esetén, az alábbiak szerint történik:

$$\delta_{il}(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 + k_{il}(\hat{y}_i(\mathbf{x}) - T_i), & T_i - \frac{1}{k_{il}} \leq y_i \leq T_i \\ 0, & \text{egyébként} \end{cases}$$

a bal oldalra, és

$$\delta_{ir}(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 - k_{ir}(\hat{y}_i(\mathbf{x}) - T_i), & T_i \leq y_i \leq T_i + \frac{1}{k_{ir}} \\ 0, & \text{egyébként} \end{cases}$$

a jobb oldalra.

A kompromisszumfüggvény:

$$d_i(\mathbf{x}) = \delta_{il}(\mathbf{x})\Phi_{\mu_i, \sigma_i}(T_i) + \delta_{ir}(\mathbf{x})(1 - \Phi_{\mu_i, \sigma_i}(T_i))$$

A teljes kompromisszumfüggvény számítása:

$$D_\delta = \sqrt[q]{\prod_{i=1}^q d_i^{w_i}},$$

ahol

$$S = \sum_{i=1}^q w_i, \text{ a súlyozó kitevők összege.}$$

## 2. Tézis: A mérnöki és a menedzsment rendszer együttműködésének megvalósítása a kompromisszumfüggvény alkalmazásánál

A mérnöki<sup>1</sup> és a menedzsment<sup>2</sup> rendszer harmonikus együttműködésére új módszert fejlesztettünk ki, amely a kompromisszumfüggvény alapfogalmainak rendszeren belüli alkalmazását támogatja.

Ezt a következőképpen tettük:

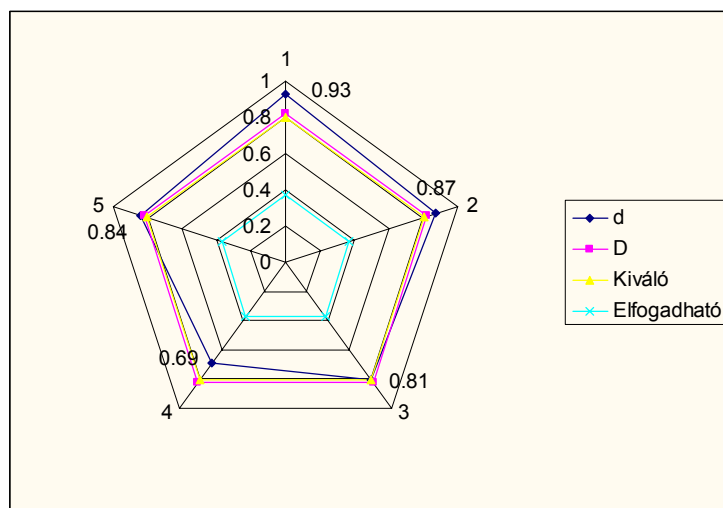
1. a döntéshozatalt segítő minőségpoligonos ábrázolásmóddal, és
2. a kompromisszummodellre épülő szakértői rendszer definiálásával.

A kompromisszumfüggvények optimális értékeinek megjelenítésére szemléltető módszert dolgoztunk ki, amely *minőségpoligon* formájában jeleníti meg az egyes értékeket. Az ábrázolásmód lehetővé teszi a célértéktől való eltérés valószínűségének, illetve a minőségi szinteknek a megjelenítését (2. ábra).

Az ábrázolásmód könnyen összevethető elrendezésben mutatja meg az optimális értékeket, vizuális eszközt nyújtva a vezetői döntéshozatalhoz.

Az kompromisszummodellre épülő általános szakértői rendszer (3. ábra) magában foglalja az adatfelvételezést, annak kiválasztását, hogy milyen nyersanyagok, nyersanyag-jellemzők, egyéb mérendő jellemzők jelenjenek meg a modellben. Segítségét nyújt a probléma megfogalmazásához, a feltételek felírásához és az olyan alapkérdések felvetéséhez, hogy létezik-e egy adott esetben optimális megoldás.

Az általános szakértői rendszer végeredménye a felvett modell, feltételekkel, adatsorokkal együtt.



2. ábra: Minőségpoligon a kompromisszumfüggvény optimális értékeire minőségi szintek megadásával

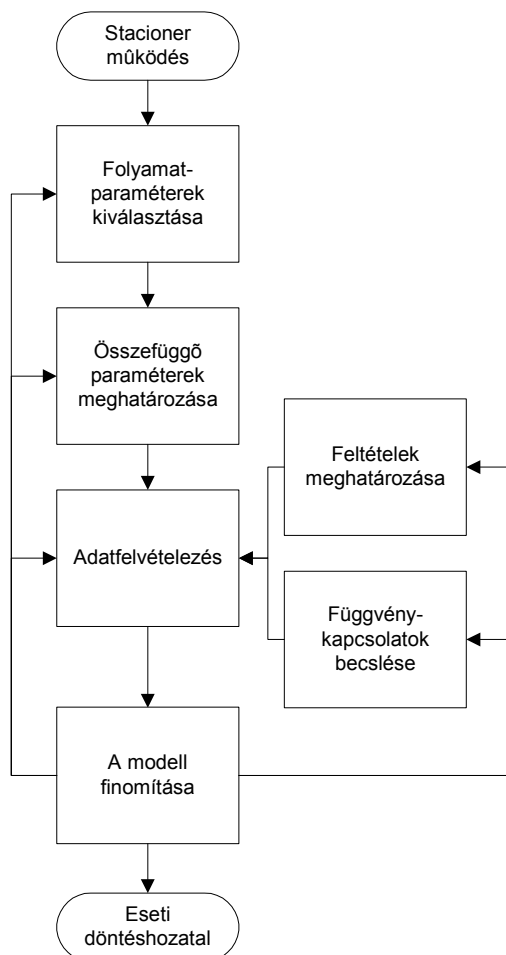
<sup>1</sup> Mérnöki rendszeren olyan műszaki megvalósítást értünk, amely a fizikai és kémiai tulajdonságok megváltoztatását lehetővé teszi.

<sup>2</sup> Menedzsment alatt a sikeres vállalkozás működtetését és minden ehhez kapcsolódó egyéb feladatot értünk. A mérnöki rendszer ennek részalmazát képezi.



E szakértői rendszert egy állandó jellegű nyersanyagbázissal dolgozó fonoda példáján bemutatva új módszerként bevezettük és alkalmazhatóvá tettük egy konkrét megvalósításban.

Míg a kompromisszummodellre épülő általános szakértői rendszer eredménye a problémafelvetés az adatsorokkal illetve feltételekkel, addig az alkalmazott szakértői rendszer végeredménye egy optimális megoldás, amely így a gyártásra vonatkozó döntések, beavatkozások alapjául szolgálhat.



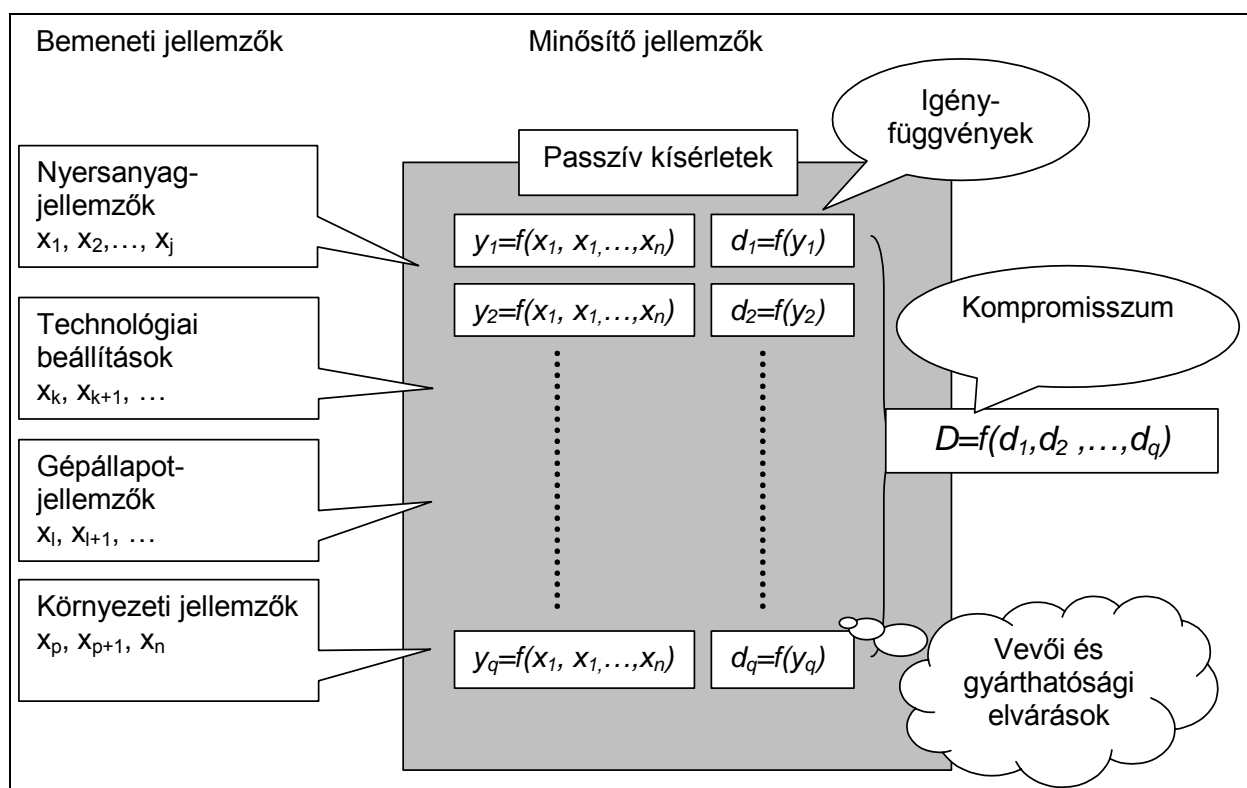
3. ábra: A szakértői rendszer felépítése

A fonodai szakértői rendszer a

- bemeneti jellemzők csoportosításából, esetünkben:
  - nyersanyagjellemzők,
  - gépállapot-jellemzők,
  - technológiai beállítások,
  - környezeti jellemzők,

- a kimenetek (minősítő jellemzők) meghatározásából,
- a kimenetek és a bemenetek egymástól való függésének becsléséből passzív kísérletek (gyártási adatok) alapján,
- a kapott regressziós függvények és a vevői illetve gyárthatósági elvárások figyelembevételével igényfüggvények számításából, és
- az igényfüggvények egyesítéséből a kompromisszum-függvényben, majd utóbbi optimalizálásából

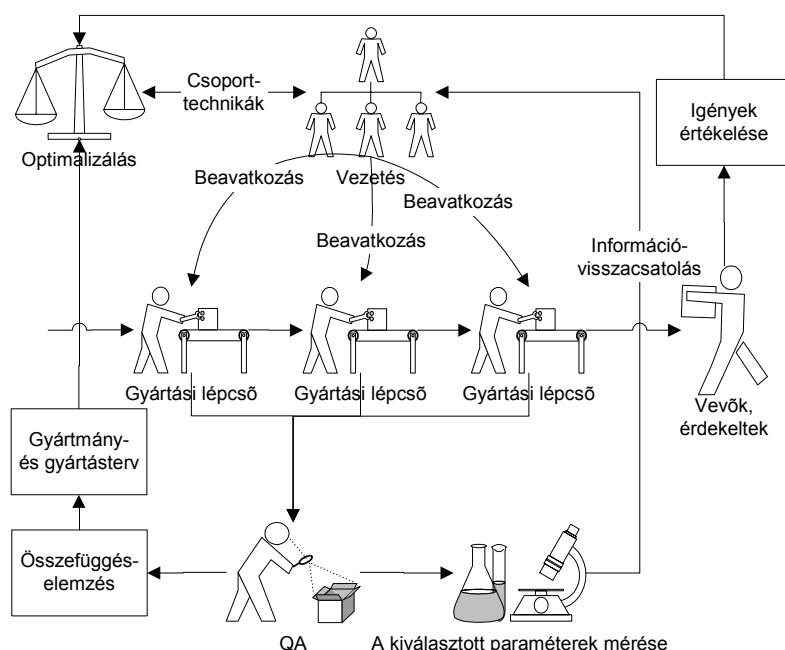
tevődik össze (4. ábra).



4. ábra: A fonodai szakértői rendszer felépítése

A bemutatott eszköztár képes a vevői igények *parametrizált értékeit* és *fontosságát* egyaránt kezelni. Előbbihez a vevői igényeket közvetlenül vagy megfelelő szakember általi leképezéssel számszerűsíteni kell. A számszerűsítés az elfogadási határok típusának meghatározását illetve a határ értékét jelenti. A fontosság mérésére és figyelembe vételére egy súlyozó mechanizmus szolgál, amely a vevői elvárásokban szereplő számszerűsíthető minőségi szintek meghatározásából és a mért jellemző értékeinek a megfelelő szintekhez rendeléséből áll.

Előnye, hogy igen rugalmasan alkalmazható, ugyanakkor igen fontosak a folyamatról szerzett *a priori* ismeretek annak érdekében, hogy a kapott eredmények értelmesek illetve értelmezhetők legyenek. A vevői elvárások fontossággal súlyozott rendszerének minél jobb kielégítését iteratív módon addig végezhetjük, amíg egy kívánt minőségi szintet el nem érünk.



**5. ábra: A szakértői rendszer a vevői igények, az optimumkeresés és a vezetői döntések irányából megközelítve**

A kompromisszummodellre alapozott problémakezelés alkalmas vevői csoportok számára visszacsatolva az elégedettséget növelő eredményeket szolgáltatni (5. ábra). Lényege: törvényszerű összefüggések megállapítása olyan folyamat-paraméterek között, ahol a bemeneteket (gyártási paramétereket) módosítani tudjuk. Ugyanakkor nem tudunk egyszerre minden jellemzőt a lehető legjobb értéken tartani, hiszen az elvárásoknak egyszerre kell teljesülniük, így ronthatják egymást. A cél olyan értékek elérése, amelyek az adott körülmények közötti lehető legmagasabb vevői elégedettséghez vezetnek.

Az, hogy mire tesszük a hangsúlyt, hogyan súlyozunk, a mi döntésünk, a vevői elégedettségi információk felhasználásával, objektív illetve szubjektív elemekre támaszkodva.

### 3. Tézis: A kompromisszummodell eszköztárának kiterjesztése

*A kompromisszummodell eszköztárának kiterjesztése a 2. Tézis általánosítása. Az általánosítás alapja, hogy a fent említett korlátokkal rendelkező tömegszerű termelési folyamatok a termékjellemzők feltételeinek és a minősítő jellemzők összhangjának a szempontjából azonosan kezelhetők.*

A vizsgált terület lehatárolásához módszertanilag felhasználjuk a kísérlettervezési módszerek elfogadott alapjait:

- a folyamatot leíró paramétereket bemeneti paraméterekre és kimenetekre oszthatjuk,
- az egyes kimenetek bemenetektől való függését a kapcsolat milyenségének meghatározása után becsüljük;

- e becstlt függvények felhasználásával kívánunk optimumhoz jutni.

Azokat a tömeggyártási folyamatokat vizsgáljuk a továbbiakban, amelyeknél az adatok megfelelő *rendszerességgel* és *menyiségben* állnak rendelkezésre.

Amennyiben a kompromisszummodellt a kísérlettervezés eszköztára egy speciális esetének tekintjük, előbbit kiterjeszthetjük – bizonyos további feltételek teljesülése esetén – minden olyan termelési folyamatra, amelyre a kísérletek tervezése adekvát.

Az említett további megkötések a kompromisszummodell jellegéből adódnak. Ezek szerint az eddigi feltételeken túlmenően minden olyan termelési folyamatra alkalmazhatjuk a kompromisszummodell, amelynél

- a minősítő jellemzők egymásnak ellentmondó volta, mint probléma megjelenik, így kompromisszumos megoldás keresendő,
- a minősítő jellemzőkre értelmezhető elfogadási határok illetve célértékek.

*Menedzsment* szemszögből megvizsgálva a kompromisszummodell, a koncepcionális, innovációs, stabilizálási és stabilan működő technológiai környezet szakaszok közül leginkább az utóbbiba sorolhatjuk.

#### **4 A témában megjelent tudományos közlemények**

##### ***Folyóiratcikkek***

1. Dr. Koczor Zoltán – Marschall Marcell – Némethné Dr. Erdődi Katalin – Réthy Zsolt (1996): *A kockázatokra optimáló minőségügyi technikák a termékjellemzők és a gyártási folyamatok információinak feldolgozása alapján*, Anyagvizsgálók lapja, 1996/4. szám, p. 123-126.
2. Réthy Zsolt – Dr. Koczor Zoltán (2002): *Az eseti vevői igények optimalizációs módszere*, Magyar Minőség, 2002. június, p. 20-23.

##### ***Idegen nyelvű folyóiratcikkek***

3. Réthy Zsolt – Dr. Koczor Zoltán – Dr. Erdélyi József: *Handling contradicting requirements using desirability functions*, Acta Politechnica (közlésre elfogadva)

##### ***Egyéb közlemények***

1. Dr. Koczor Zoltán – Réthy Zsolt (2000): *Technológiai optimalizálási folyamat a vevői igények figyelembe vételével*, OMFB Zárójelentés.

##### ***Konferenciaelőadások***

1. Réthy Zsolt – Dr. Koczor Zoltán – Dr. Erdélyi József (2002): *Folyamatoptimalizálás automatikusan felvételezett szövevény paraméterek szubjektív súlyozása alapján; A minőségügy kvantitatív módszereinek alkalmazása technológiai problémákra*, MTA Természetes Polimerek Munkabizottsága, MTA Szál- és Rosttechnológiai Bizottsága ülése, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 2002. június 4.
2. Réthy Zsolt – Dr. Koczor Zoltán (2002): *Az eseti vevői igények optimalizációs módszere*, Minőségirányítás az elégedettség szolgálatában. Vevői és dolgozói elégedettség vizsgálatok módszerei és eredményei. Konferenciaelőadás, HM Technológiai Hivatal, 2002. május 15.





