

Termékjellemzők optimalizálásánál használatos információs módszertan

Koczor Zoltán, Némethné Erdődi Katalin, Kertész Zoltán, Szenczi Péter

Óbudai Egyetem, RKK, Minőségirányítási és Technológiai Szakcsoport

1. Bevezetés

Napjaink aktuális iparági célkitűzése, hogy a textilipari termékeket a ruházati felhasználástól eltérő, minél szélesebb piaci területeken alkalmazzák. Megemlíthetjük itt az építőipar, a mezőgazdaság, az útépités vagy az autógyártás területét. A különböző iparágak szakemberei között azonban, ha a kapcsolatot már meg is találták, többnyire kommunikációs nehézségek adódnak, aminek egyik oka, az „idegen” szakma tartalmi, logikai, összefüggéseinek, szóhasználatának nem, vagy nem kellő ismerete. Az egyik szereplő (a textiles) kifejleszt valamit, vagy alkalmas olyan új termék kifejlesztésére, aminek a pontos felhasználási körülményeit, a teljesítendő funkciókat nem ismeri. Ugyanakkor a korszerű alapanyagokat felhasználó terméktervező a termékkel szemben megfogalmazott igények alapján értelmezi a funkciókat, majd a tervezés során ezekhez a funkciókhoz szeretne anyagot választani. Az elvárásokat megfogalmazó tervező (pl. az autópipari vagy az építőipari tervező) az anyagkutató és a konstrukciós eredményeket azonban csak akkor képes felhasználni, ha az eredmények számára jól értelmezhetően állnak rendelkezésére.

Tudományos munkánk során modelleztük a fenti folyamatot, és új felületet (adatbázist) terveztünk az információk hatékony strukturálására, a tudástranszferre és közzétételére. Ezzel fel lehet gyorsítani az innovációt, s esélyt lehet adni a nyersanyagok sikeresebb forgalmazására.

2. Az ismeretátadás jellemzői

A korszerű nyersanyagokat (pl. kötött műszaki textiliákat vagy kompozit konstrukciókat) a kutatások során megtervezett, vagy mérésrel meghatározott tulajdonságok jellemzik. Az egyes tulajdonságok gyakran egymással ellentmondó funkcióteljesítés mellett lépnek kölcsönhatásba. (Pl. az alkotóelemek növekvő felületegysége eső sűrűségével a termék szilárdsága és stabilitása javul, de a fiziológiai jellemzők és a nyersanyagköltségek romlanak). A kutatások során az egyes kimeneti, elvárt termékparamétereket a nyersanyag jellemző bemeneti faktoraival mentén a kutatók kiértékelik, azok széles spektrumában állnak rendelkezésre. A variált paraméterek mentén többféle, esetleg ellentmondásos kimeneti elvárások jelentkeznek. Amennyiben a termék csak egyetlen realizációjában, mint bemutatható nyersanyag kerül a továbbfelhasználó (felhasználást tervező) kezébe, kicsiny az esély, hogy kiválasztásra kerül. Amennyiben a továbbiakban feldolgozandó anyag jellemzőit, mint a bemeneti paraméterek változóit kapja meg a vevő, a felhasználha-

tóság sokkal nagyobb eséllyel derül ki számára.

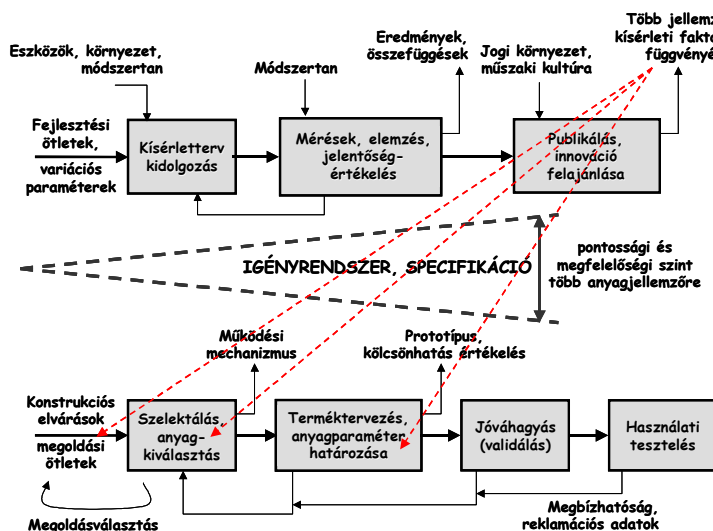
Ennek oka, hogy az anyagok kifejlesztői a kompromisszumokat igénylő elvárások esetében a célfüggvényt, vagyis a készülő termék szempontjait nem ismerik. Ugyanakkor az anyagkísérletek során szerzett ismeretek – megfelelő megadásuk esetén – alkalmassá tehetők a terméktervezés során való felhasználásra. Feltételezzük, hogy az „nyersanyagkutatás” (kelmekonstrukció) külön válik az azt felhasználó „konstrukció” létrehozásától. Így a kifejlesztett anyagokat épp az ismeretek találása teszi kelendőbbé. A tervezési módszertan felveti azt a problémát, hogy az egyes nyersanyagkísérletek eredményei milyen tartalmakkal és formában archiválhatóak, ha a kompozitot felhasználó tervező számára értéket kívánunk bemutatni.

A terméktervező által meghatározott célfüggvény (kompromisszum modell) kidolgozása és az adatok eszerinti optimalizálása meghatározza a termék szempontjából ideális kompozit változatot. Kutatásunk célja, hogy a gyakorlatban módosított bemeneti változók variálása mellett a kompozitból gyártandó terméket a felhasználás szempontjából optimálissá tegyük. Ehhez a kompromisszum optimumára alkalmazható számítógépes modellt, valamint egy egységes eredményközzétételi módot alakítunk ki.

A felhasználáscentrikus logika lehetővé teszi egy minőségügyileg is korrekt adattárolási keretet, mely a tudástranszfer jelentős hatékonyságnövelését eredményezheti.

2.1. A két folyamat információátadásának modellje

A végterméket tervező az elvárásokat a termék teljes életciklusa alapján határozza meg. Ennek alapján választja ki az alapanyagokat. Ehhez az anyagkutatói eredményeket használja fel. Az anyagkutatók a kifej-

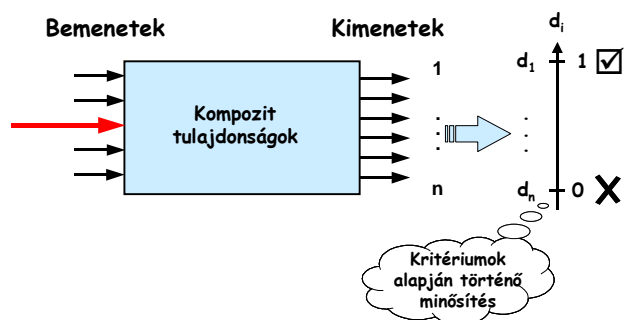


1. ábra. Az anyagkutatói és terméktervezési folyamatok összefüggése

lesztett anyag előállítását különböző beállítások mellett vizsgálják. Fejlesztési elképzelésünk szerint az eredményeiket a beállítások függvényében kapott anyagjellemzők formájában publikálnák. Az eredmények felhasználásához szervezett információgyűjtés szükséges. A szervezés vonatkozhat az adat gyűjtőjére, de sokkal fontosabb, hogy egy-egy termékcsoport esetében gyártónként az adatgyűjtés információtartalma legyen összehasonlítható.

A nyersanyag módosítható bemeneti jellemzőinek változásaival (fonalrendszerek sűrűsége, a fonalak lineáris sűrűsége, a kikészítés valamely folytonos paramétere stb.) gyakran egymással ellentmondó funkcióteljesítési képesség lép fel. A tervezők elvárása, hogy a megfogalmazott (esetenként ellentmondó) elvárásokra a legjobb ajánlatot kapják az anyagok vonatkozásában. Ez a bemeneti változók ideális szintjének meghatározásával egy kompromisszum optimum meghatározásával történhet.

E megközelítések akkor hasznosak, ha a bemenetek módosíthatóak, és a kimeneteken (lehetőleg a kutatási kísérletekből) ismert vagy felmérhető a hatásuk, így a korrelációs elemzés megfelelő információt nyújt.



2. ábra. Kompromisszumos megoldáskeresés elméleti modellje

Az optimalizálás eredménye egy olyan anyagparaméter beállítás, mely a „konstrukció” tervezőjének igényeit elégíti ki. Az adott célrendszerre az „anyagkutató” valószínűleg sosem próbálta ki az anyagot. Az anyagkutatók és a terméktervezők közti adatszolgáltatás főbb elemei:

- adatgyűjtés az anyagról (megfelelő struktúra és adatmélység, adatbázis),
- a konstrukció tervezőinek igényértelmezése,
- az adatok alapján az ideális anyag és annak tulajdonságainak megtalálása.

Többféle célfüggvény közül a Harrington-féle függvény alkalmas a kimeneti jellemzők közötti kompromisszumra törekedve a kimeneteket befolyásoló bemeneti jellemző optimumának matematikai meghatározására.

A bemeneti jellemző optimális szintjét a célfüggvények harmonikus közepének (kompromisszumfüggvény) maximumának megkeresésével találhatjuk meg:

$$D(x) = \sqrt[n]{d_1(x) \cdot d_2(x) \cdot d_3(x) \cdots d_n(x)},$$

ahol

$D(x)$ – az optimalizálandó függvény, amely kompromisszumként tartalmazza az n db vevői elvárás érvényesülését,

$d_i(x)$ – az egyes minőségi jellemzők igény-kielégítését kifejező függvény a módosított paraméter függvényében.

Az $d_i(x)$ kívánatossági függvény eltérően alakul attól függően, hogy a minőségi jellemző egyoldali vagy két oldalról tűrésezett.

A jellemző egy oldalról tűrésezett

$$d_i = e^{-e^{-(b_0 + b_1 \cdot y_i)}}$$

A jellemző két oldalról tűrésezett

$$d_i = e^{-\left|y_i - y_i^*\right|^{p_i}},$$

$$y_i^* = \frac{2y_i - (y_{\max} + y_{\min})}{y_{\max} - y_{\min}}$$

3. A modell alkalmazása

A Harrington-féle kompromisszum modell használatára mutatunk be esettanulmányt.

Az adatbázis használatát egy üreges (3D-s) kötött kelmeszerkezet esetében mutatjuk be. Az anyag-előállítók (anyagkutatók), jelen esetben a kötőipari üzemek a főbb kimeneti termékjellemzők szerint, mint pl. termékvastagság, a termék nyomószilárdsága, légáteresztő-, vagy páraáteresztő-képesség, négyzetmétertömeg, ár, stb. kategorizálják a termékeiket.

A kelmét felhasználó tervező célja egy üreges (3D) kötött kelmeszerkezet esetében, hogy konkrét elvárásokat elégítsen ki. Ehhez kell a nyersanyag termékjellemzőit az elvárások szerinti legjobb értékre tervezni és megvalósítani. A „textiles” tervező mindig a termékkel szemben megfogalmazott igények alapján értelmezi a termék funkcióit, a tervezés során lebontott funkciókhoz aztán a gyártás technológiai paramétereit rendeli.

Az új módszer szerint egy adatbázis készítésével bemutatható a terméket felhasználó terméktervező részére, hogy a gyártás bemeneti jellemzői, mint az egyes fonalak lineáris sűrűsége, a beállított szemsorsűrűségi értéke, a két tűágy távolsága hogyan befolyásolják a vevő számára fontos kimeneti jellemzőket.

A próba- és kísérleti gyártások eredményeit adatbázisban gyűjtve és a korrelációs kapcsolatokat bemutattva egy új termék tervezéséhez felhasználható hatékony információcsomag áll rendelkezésére.

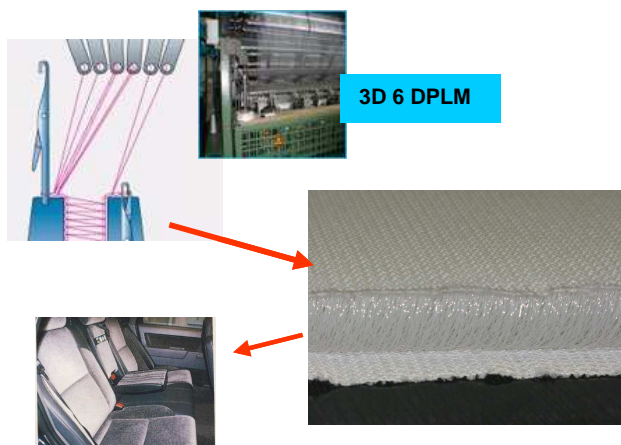
A 3. ábrán látható üreges kelme sokféle műszaki célra felhasználható. Különböző összetett (kompozit) szerkezetek, matracok, szigetelő, ütésálló, akár golyóálló anyagok is készülhetnek kétrétegű üreges (3D – három dimenziós) textiliából. A példa szerint autóipari vevő a két tűágyas raschel-gépen (RD 6 DPLM) 6 létrával, poliészter alapanyagból készített kelmeszerkezetet autóülés párnázatnak kívánja használni.

A konkrét vevői, felhasználói követelmények számszerűsítve:

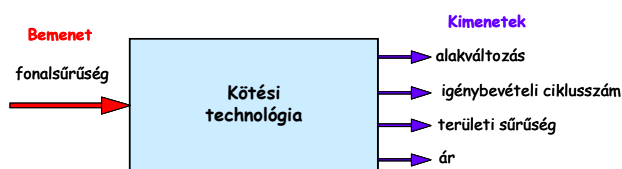
- Benyomódási alakváltozás [%]: a benyomódási alakváltozás legfeljebb 30%-os legyen, ha 100 kg tömegű ember 0,4 m átmérőjű területet használ. Elvárás műszakilag: a szerkezet a ráható erők hatására 30%-nál kisebb mértékű alakváltozást (benyomódási mélység) szenvedjen 7700 N/m² terhelésnél.

- A termék tartósságával szembeni követelmény: az igénybevételi ciklusszám (legalább 80 000 ciklusnál ne legyen kopott a felület, és ne változtassa az alakját; (alulról korlátos jellemző).

- Ár: a vevő által megszabott felső határ: legfeljebb 4500 Ft/m² (felülről korlátos jellemző).



3. ábra. A kétrétegű (üreges) kelmeszerkezet, előállítás és egy jellegzetes felhasználása



4. ábra. A tervezési probléma kompromisszum-modellje

- **Területi sűrűség:** 2500 g/m², két oldalról korlátozott jellemző (± 300 g/m²).

A kimenetekre több technológiai és anyagparaméter van befolyással. Esetünkben az adott felhasználási célhoz illeszkedően a fonalak lineáris sűrűsége és a kelme vastagsága került rögzítésre. A kimeneti paramétereket, kelmejellemzőket befolyásoló, optimalizálandó tényezőnek, a két kelmeréteget összekötő fonalak területegységre eső számát, a fonalsűrűséget [1/cm²] tekintettük, mivel ezen jellemzőtől függ a párnaréteg alakváltozása, a szerkezet tartóssága, anyagtartalma és ára.

Célunk a bemeneti jellemző – az összekapcsoló fonalak sűrűségének – a fentiekben említett több szempont szerinti optimális értékének meghatározása.

A bemenet és az egyes kimenetek közötti kapcsolatot ismeretében keressük a bemeneti jellemző – azaz a területegységre jutó monofil-szám – fonalsűrűség [1/cm²] optimális szintjét.

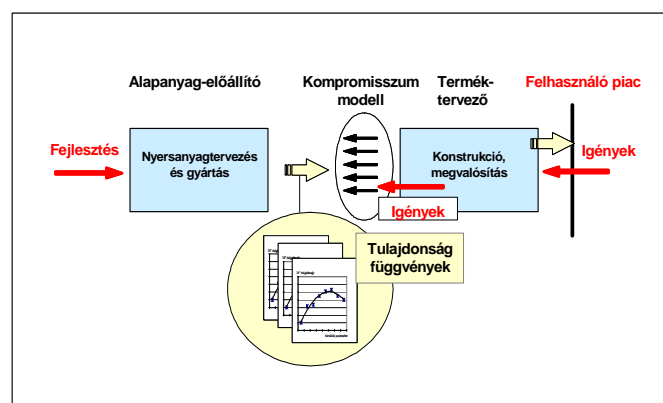
Az elvárt kimeneti jellemző és a kívánatosság közötti kapcsolatot Harrington két olyan függvénnyel (kívánatossági függvény vagy d-függvény) írta le, amelyek alkalmazása attól függ, hogy a vevő az adott termékjellemzővel kapcsolatosan egy, vagy mindkét oldalról korlátot szab. A d-függvény a kimeneti szinteket és a vevői reakció/elvárás szintjét rendeli össze.

A bemenetek és a kívánatosság közötti kapcsolat feltárásához szükséges a bemenetek és a kimenetek közötti kapcsolat jellegét meghatározni. Mivel ritkán áll rendelkezésünkre függvénykapcsolat a bemeneti és a kimeneti paraméterek között, e függvénykapcsolatot mérések alapján felvett korrelációs függvénnyel közelítjük.

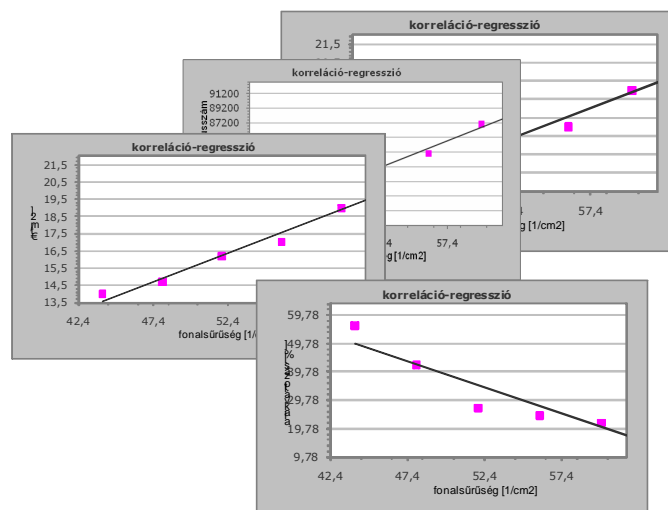
Az $d_i(x)$ kívánatossági függvény eltérően alakul attól függően, hogy a minőségi jellemző egyoldali vagy két oldali elfogadási határral bír.

A jellemző egy oldalról tűrésezett	A jellemző két oldalról tűrésezett
$d_i = e^{-\left(\frac{y_i - y_i^*}{\sigma_i}\right)^2}$	$y_i^* = \frac{2y_i - (y_{\max} + y_{\min})}{y_{\max} - y_{\min}}$

5. ábra. A kívánatossági függvények matematikai megfogalmazása



6. ábra. A kommunikációs modell és a beépített célfüggvény



7. ábra. A bemeneti paraméter (fonalsűrűség) és a kimeneti paraméterek között meghatározott kapcsolatok

3.1. A bemeneti paraméter optimumának meghatározása az egyes d-függvények együttes figyelembevételével

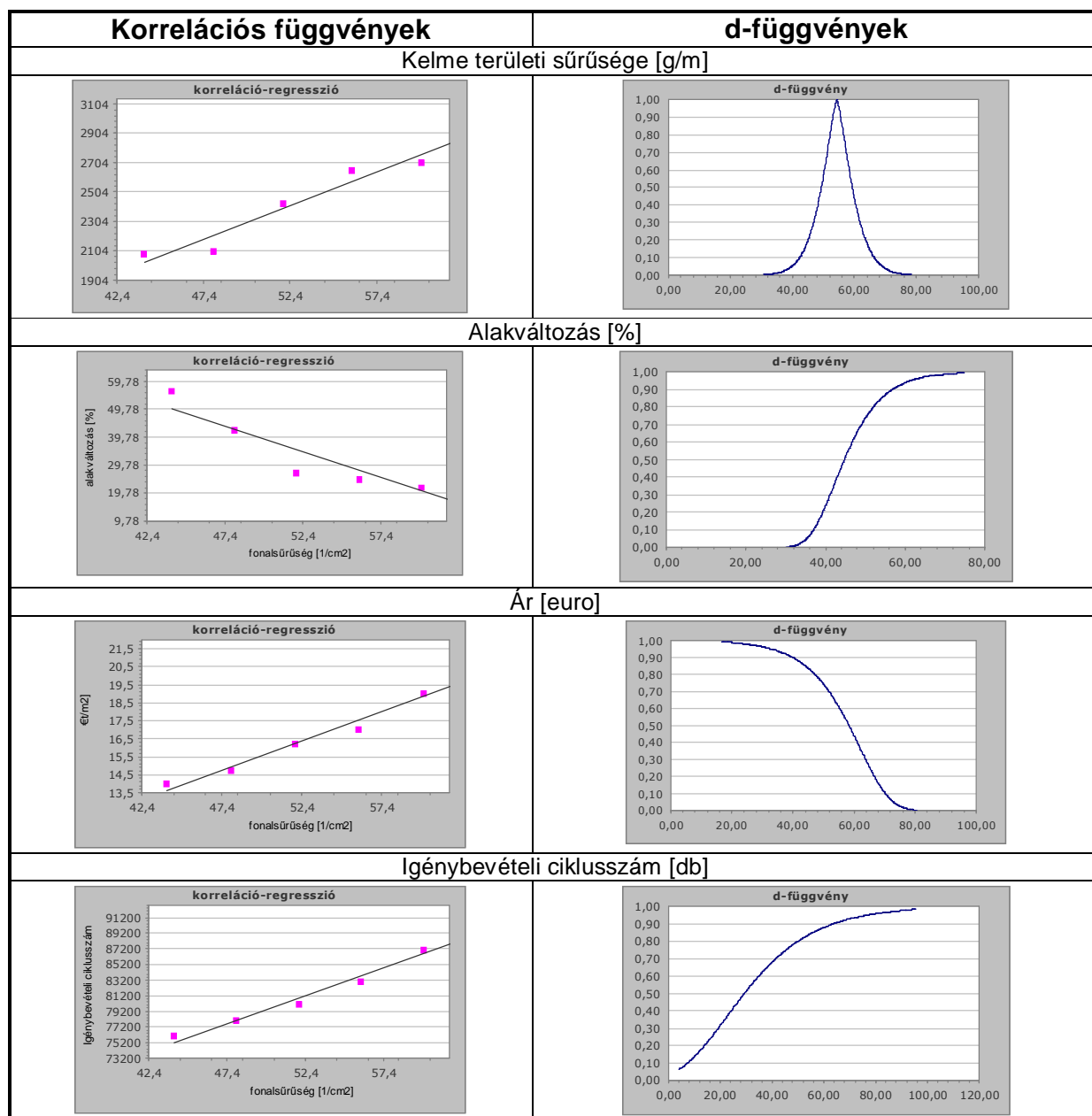
Az egyes tulajdonságoknak a vevői igények, elvárások, kívánalmaknak való megfelelés mentén való értékelését (a d-függvényeket) már lehet úgy összekapcsolni, hogy az egyes elvárások közötti kompromisszumra vonatkozó bementi jellemző optimuma legyen meghatározva. Az így kialakított D-függvényből kiolvasható a tervezési paraméter, jelen esetben a monofil fonalak területegységre jutó sűrűségének optimális értéke, ami figyelembe veszi az ellentmondó vevői igényeket. Ezek a 8. ábrán láthatóak grafikusán.

A d-függvényekből kialakított „D” kompromisszum függvény a tervezési paraméter (fonalsűrűség) optimális értékét szemlélteti a 9. ábrán.

Az eredő D függvényt az egyenként meghatározott, szám szerint 4 darab d-függvény harmonikus közepé-
ként az alábbi összefüggéssel határoztuk meg:

$$D(x) = \sqrt[4]{d_1(x) \cdot d_2(x) \cdot d_3(x) \cdot d_4(x)}$$

Az optimalizálás eredménye az adott paraméter több szempontból legkedvezőbb beállítása, amely a „konstrukció” tervezőjének, és a termék felhasználójá-
nak igényeit egyaránt kielégíti.

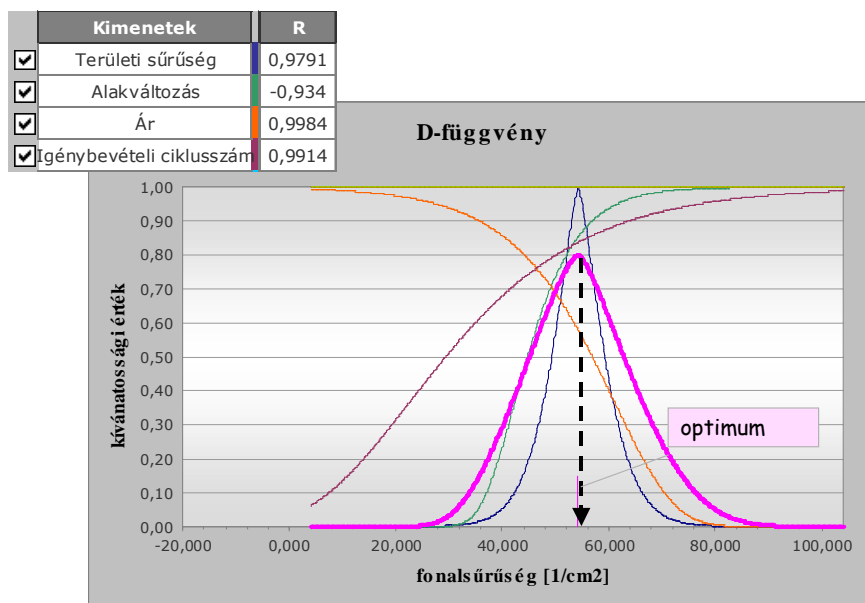


8. ábra. A kimeneti termékjellemzők korrelációs- és d-függvényei

4. Összefoglaló

A kutatás egy újlévi adat disszemináció ötletét veti fel, mely lehetővé teszi az alapanyaggyártó technológiai kísérleteiből származó jellemzők és a konstrukciót tovább feldolgozó, azt a végtermékbe beillesztő tervezők

közi kommunikációt, az elvárások kompromisszumel-
vű teljesülését. Az irodalom által tárgyalt kompromisz-
sumelemzések közül egy esetünkre jól használható
értékelési módszert alkalmaztunk. Az egyes módszerek
a megfelelő standardizált kommunikációs keretben jól
automatizálhatók.



9. ábra. Az eredő D-függvény

Felhasznált irodalom

- [1] Harrington Jr., E.C.: "The desirability function"; *Industrial Quality Control* 21 (10) p. 494-498. (1965)
- [2] Derringer, G. and Suich, R.: "Simultaneous Optimization of Several Response Variables". *Journal of Quality Technology* Vol. 12. No. 4. 1980, p. 214-219. (1980)
- [3] del Castillo, E. ; Montgomery, D.C. and McCarville, D.R.: „Modified desirability functions for multiple response optimization”. *Journal of Quality Technology* Vol. 28(3) p. 337-344. (1996)
- [4] Réthy, Zs.;Koczor, Z.; Erdélyi, J.: Handling contradicting requirements using desirability functions. *Acta Polytechnica Hungarica*, 2004. IV p 5-12. (2004)
- [5] Koczor, Z. (alkotószerk.): Minőségirányítási rendszerek fejlesztése. TÜV Rheinland interCert (2006)
- [6] Göndör, V.; Pataki, M.: Designing Textile Products for the Full Life Cycle with a Special Focus on Maintenance during Usage, New aspects in the Innovation of a Traditional Industry (35 Years of Higher Education and Research in The Light Industry), p. 129-138 (2007)
- [7] Koczor, Z., Kertész Z., Göndör, V.: Kompozitkísérletek eredményeinek felhasználáscentrikus kezelése, *Aachen-Dresden Textil Konferencia*, 2008. Dresden
- [8] Némethné Erdődi K. - Tóth Timea – Kokasné Palicska Livia: Anwendung einer auf Kompromiss der Kundenerwartungen basierenden Prüfungsmethode in der Praxis der Produktplanung von Maschenwaren, *IFKT Kongressszus, Zágráb*, 2003. október
- [9] Kertész Z. által készített szoftver: „Optimalizálás kompromisszum függvénnyel”