

## **Modell bázisú optimalálás a kapcsolódó folyamatok bizonytalan, kooperatív értékelésével**

**Varga Mónika**

Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Informatika Tanszék, 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

*Munkánk során egy konkrét köztes termék-előállítás kis részfolyamatának vizsgálatán keresztül egy olyan általános gazdasági szempontú optimalálási módszer kialakítására törekedtünk, mely a bizonytalan, sőt, sok esetben ismeretlen költségparaméterek mellett, a kapcsolódó részfolyamatokat is figyelembe véve javasol gazdaságilag jobb megoldást. Célunk a gazdasági értékeléshez szükséges ismeretek hiányának áthidalása számítógépi módszerek bevonásával. Az optimalálási módszer kialakításához a közvetlen számítógépi leképezés elvén működő dinamikus szimulátort valamint a többszempontú genetikus algoritmust alkalmaztuk. A folyamat pontos műszaki modelljére alapozva, egy módszert dolgoztunk ki, amely a változtatható technológiai paraméterek több lépésben, széles tartományban való változtatásával, a biztos és bizonytalan költségtényezők, illetve a kapcsolódó részfolyamatok figyelembevételével választja ki a gazdaságilag kedvező megoldásokat.*

(Kulcsszavak: gazdasági optimalálás, értékelés, bizonytalan költségtényezők, kooperatív folyamatok, szimulációs modell)

### **Model Based „Optimization” with the Uncertain Cooperative Evaluation of the Neighboring Partprocesses**

Mónika Varga

Kaposvár University, Faculty of Economic Science, Department of Information Technology, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

### **ABSTRACT**

*Having analyzed a case study, a general methodology has been developed for the economic optimization of the part-processes of complex process systems. The methodology considers the functionally neighboring part-processes, as well as the uncertain (sometimes unknown) cost parameters. Consequently, the computational model helps to compensate the lack of the exact data, needed for the economic evaluation. The optimization methodology is based on the use of the generic simulation of the directly mapped process model, controlled by the multicriteria genetic algorithm. The elaborated optimization method utilizes the detailed process model, while the changes of the variable technological parameters in wide ranges can coexist with the uncertain cost factors and with the consideration of the joint part-processes.*

(Keywords: economic optimization, evaluation, uncertain cost parameters, cooperative processes, simulation model)

### **BEVEZETÉS**

A profitorientált, termék-előállítással foglalkozó vállalatok egészének nyereségessége szempontjából döntő fontosságú, hogy valamennyi részegységüket, ezen belül

valamennyi technológiai folyamatot úgy fejlesszék, hogy az összességében véve gazdaságilag kedvezőbb módon működjön. Ezért kulcsfontosságú feladat számukra a soklépéses folyamatok kisebb részeinek optimális tervezése és üzemeltetése.

Egy-egy ilyen nagy értéknövekedést biztosító, önmagában is bonyolult részfolyamat megismeréséhez, fejlesztéséhez, tervezéséhez ma már különféle, más-más elven működő, számítógép-intenzív módszerek, szimulációs modellek állnak rendelkezésre. Ennek széles körű bemutatására, a közgazdaságtan különféle területein való alkalmazások összegyűjtésére, azok kritikai elemzésére vállalkozik például a „*Handbook of Computational Economics*” című könyv 2. kötete (2006). A számítógépi kapacitások gyors ütemű fejlődésével lehetőség nyílik a folyamatok valós idejének töredéke alatt történő, sok lehetséges gyártási alternatíva kiszámolására, majd az alternatívák értékelése, rangsorolása révén az adott technológia fejlesztésére.

A modern eszközök birtokában azonban ma már paradox módon oda jutottunk, hogy a fejlesztés legkritikusabb kérdése az értékelés, ezen belül az értékelés célfüggvényének meghatározása. A technológus feladata az adott folyamat gazdaságosabb változatának megtalálása. Az üzemi, esetleg részegységi szintű költségbecsléshez különféle eljárások állnak rendelkezésre (Turton, 2003). A részfolyamat szintű gazdasági információk kinyerése és azok lebontása az elemi folyamatok szintjére azonban nagyon nehéz, majdnem lehetetlen. A természetes paraméterekkel történő értékelés (pl. legyen a lehető legnagyobb konverzió) eddigi tapasztalataink alapján, az esetek döntő többségében nem biztosítja a technológia gazdasági szempontból is legjobb eredményt szolgáltató alternatívájának megtalálását. Ezt felismerve gazdasági célfüggvények használatára van szükség a folyamatfejlesztésben. Kézenfekvő, elsőként felmerülő megoldás az előállított „termék” értékének illetve a ráfordítások különbözetének maximalizálása lenne. A bonyolult, soklépéses folyamatok esetében azonban nem állnak a fejlesztő rendelkezésre ilyen részletességgel a gazdasági értékeléshez szükséges adatok (költségek, elszámoló árak), vagy csak nagyon bizonytalan, széles tartományban mozgó értékeket tudnak becsülni. Az előállított termék értékének meghatározásában alapvető problémát jelent a részfolyamatok szintjén jelentkező értéknövekedések meghatározása, a ráfordítások esetében pedig a viszonylag jobban becsülhető közvetlen költségek mellett a közvetett költségek bizonytalansága.

Egy másik, a gazdasági célfüggvény meghatározását nehezítő jellegzetesség az, hogy a vizsgált részfolyamat gazdasági jellemzőit nagymértékben befolyásolják a hozzá funkcionálisan kapcsolódó részrendszerek (az előző és a következő feldolgozási lépés) gazdasági jellemzői. Példaként, ha a vizsgált folyamatba jobb minőségű anyag érkezik az előző folyamatból alapanyagként, akkor az az előző lépésben többbe került ugyan, de a vizsgált lépésben kevesebb ráfordítással lehet átalakítani. Ugyanígy elmondható ez a továbbadott termékekre is. Ha a vizsgált folyamat jobb minőségű terméket eredményezett, akkor a további feldolgozás kevesebbe kerül majd.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vázolt problémák megoldására egy olyan módszert alakítottunk ki, amely a számítógéppel segített generikus szimuláció és a genetikus algoritmus módszereinek felhasználásával, a folyamat biztos műszaki modelljére alapozva, a kapcsolódó részrendszerek egyszerűsített értékelésének figyelembevételével, széles gazdasági paramétertartományokat (felhasznált anyagok költsége, üzemeltetési költség, termék belső elszámoló ár) lépésről lépésre keres egy olyan „optimális” technológiai eljárást, mely a költségparaméterek viszonylagosan nagy változtatásaira is kis érzékenységgel reagál.

Munkánkban egy bonyolult gyógyszergyártási folyamat kis lépése, egy konkrét enzimmatalitikus dehidrogénezési reakció példáján mutatjuk be a részrendszerek gazdasági szempontú, modell bázisú optimalálásának lehetőségét bizonytalan költségparaméterek bevonásával, a kapcsolódó részfolyamatok figyelembevételével (Balogh, 2006, Varga, 2007). A vizsgált problémára vonatkozó konkrét adatok nem publikusak, azonban a jelen cikkben felvetődött kérdések és az erre adott válaszok teljesen tipikusak. Például egy mezőgazdasági termékeket élelmiszerré feldolgozó technológia tetszőleges részének fejlesztése is csak a funkcionálisan kapcsolódó (megelőző és követő) részfolyamatok figyelembevételével oldható meg. Emellett a gazdasági értékelést műszaki megfontolásokkal kell kombinálni, valamint a bizonytalan költség tényezőkre részletes érzékenységvizsgálatot kell végezni.

A jelen munkában vizsgált, bonyolult folyamat kis részét képező, de nagy értéknövekedést eredményező biotechnológiai folyamat sematikus rajzát az 1. ábrán mutatjuk be, hogy a részfolyamat bonyolultságát szemléltessük. Az ábrán a számozott gráfpontok a komponenseket, a kis vonalak az átalakulásokat, míg az irányított gráfélek az átalakulások jellemző irányát jelzik.

### 1. ábra

A vizsgált folyamat sematikus ábrája

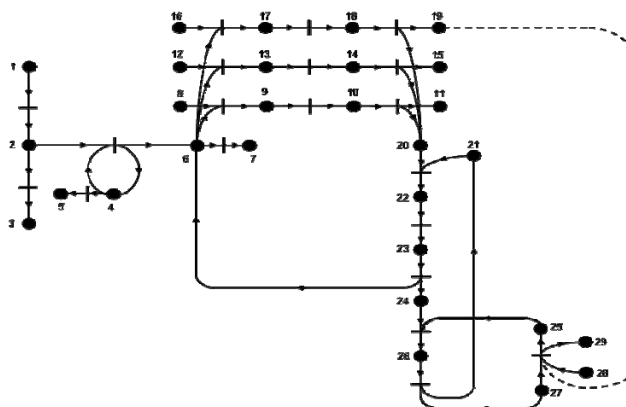


Figure 1: Schematic structure of investigated process

Munkánk három fő lépését a 4. ábrán foglaltuk össze, ahol az egyes szakaszokban alkalmazott módszereket is feltüntettük.

A munka előzményeként (4. ábra (1)) elkészítettük a vizsgált folyamat részletes, az egyes komponensek időbeli változásainak számítását leíró szimulációs modelljét, a közvetlen számítógépi leképezés módszerét alkalmazva. A modell-struktúra kialakítását követően (komponensek és elemi folyamatok összegyűjtése) felváltva a dinamikus szimulátorral együttműködő genetikus algoritmus (Csukás, 1998) segítségével, valamint heurisztikus módszerrel, több lépésben iteratív módon meghatároztuk a modellparamétereket, azaz az elemi folyamatokat leíró kinetikai és egyensúlyi állandókat. Ezt követően a legjobbnak ítélt paraméterkombinációval minden egyes kísérletet lefuttatva ellenőriztük a modell megbízhatóságát. A modell által számolt és a kísérletek során mért adatok összehasonlítására egy-egy példát a 2. és 3. ábrán láthatunk.

## 2. ábra

### A mért és számolt termék összehasonlítása

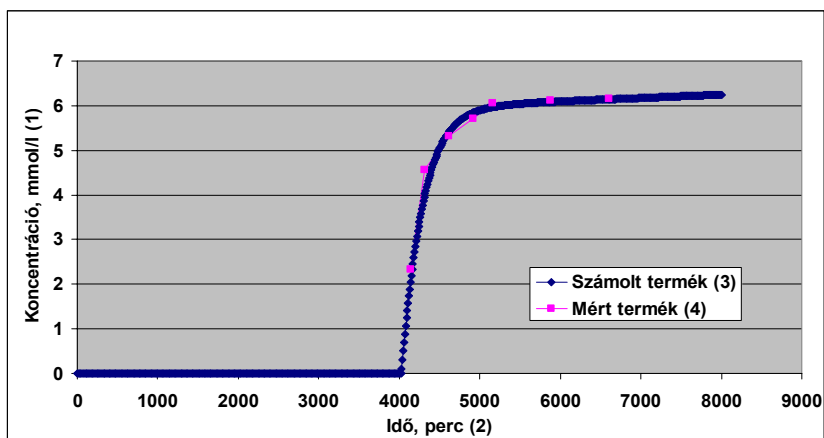


Figure 2: Comparison of measured and calculated product

Concentration, mmol/l(1), Time, min(2), Calculated product(3), Measured product(4)

## 3. ábra

### A mért és számolt enzimkoncentráció összehasonlítása

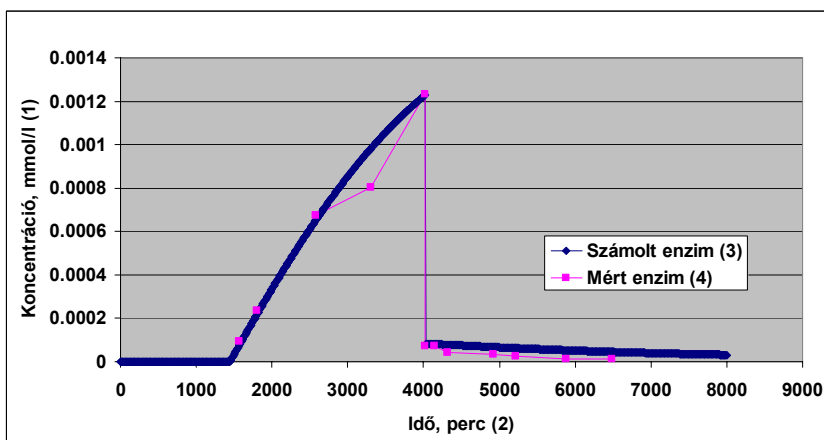


Figure 3: Comparison of measured and calculated enzyme concentration

Concentration, mmol/l(1), Time, min(2), Calculated enzyme concentration(3), Measured enzyme concentration(4)

Jelen munkában a modellkészítés folyamatát nagyobb részletességgel nem ismertetjük, hiszen ez esetben célunk a már meghatározott, biztos műszaki modellre alapozott, gazdasági optimalás egy lehetséges módszerének kidolgozása és bemutatása.

A továbbiakban a 4. ábrán jelölt második és harmadik lépéssel foglalkozunk részletesen.

#### 4. ábra

#### A technológiai-gazdasági optimalás sémája

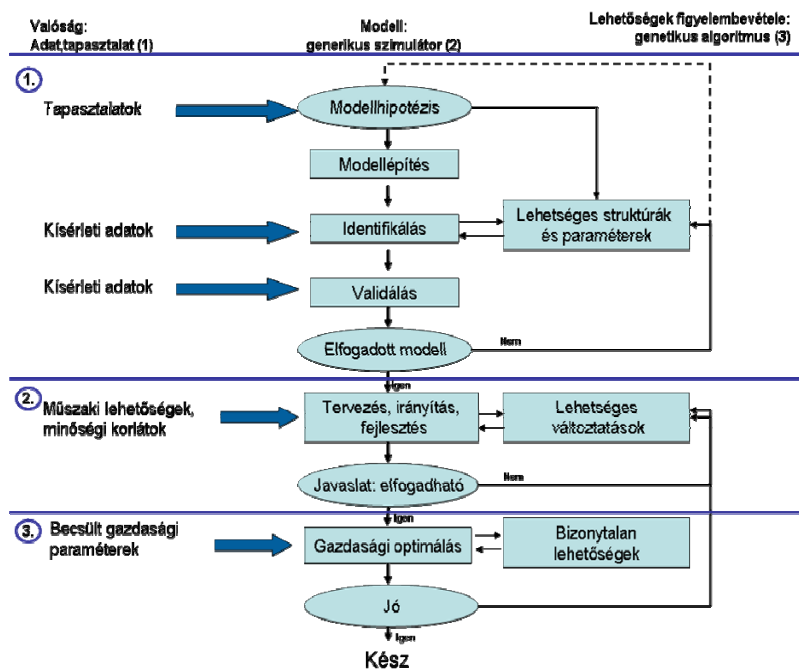


Figure 4: Scheme of technologic-economic optimization

Real world: data and experience(1), Model: generic simulator(2), Possibilities: genetic algorithm(3)

A folyamatot pontosan leíró műszaki modellre alapozva (4. ábra (2,3)), a funkcionálisan kapcsolódó szomszédos részfolyamatok (alapanyaggyártás, továbbfeldolgozás) egyszerűsített értékelésének bevonásával végeztük a gazdasági optimalást támogató módszer kialakítását. A gyártási folyamat gyakorlatban történő megvalósítása során, a szabadon változtatható technológiai beállítások kombinatorikusan nagy számú gyártási alternatívát határoznak meg. Célunk ezek közül egy olyan változat megkeresése, mely a jó minőségű termék előállítását és a gazdaságos gyártást egyszerre teszi lehetővé. A változtatható gyártási/beállítási paraméterek a vizsgált folyamat esetén rendre a következők voltak:

1. a kiindulási sejttenyészet hígításának mértéke,
2. az indukció időpontja,

3. az átalakítandó anyag beadagolása és a hígítás időpontja,
4. a beadagolt átalakítandó anyag mennyisége,
5. a beadagolt enzimtermelődést indukáló segédanyag,
6. valamint a beadagolt redukáló segédanyag mennyisége.

Egyszerűen fogalmazva, a vizsgálat során ezeket a gyártási paramétereket széles határok közt változtattuk és különféle módon kombinálva futtattuk le a genetikus algoritmus által automatikusan vezérelt szimulátort. Ennek előnye egyrészt, hogy jóval gyorsabb, mint a tényleges folyamat végrehajtása, másrészt veszteségmentes kísérletezésre ad lehetőséget.

Részletesebben megfogalmazva, a felsorolt paraméterekre vonatkozóan a gyakorlatban lehetséges, széles változtathatósági tartományokat vagy diszkrét paramétereket adunk meg a genetikus algoritmus (jelenleg Excel interfészben leírt) „lehetőségterében”. A genetikus algoritmus ezekből a paraméterekből változatos variánsokat képezve, továbbadja azt számolásra a dinamikus szimulátornak, ami számolás után visszaadja a kapott értékeket a genetikus algoritmusnak értékelésre. A legkritikusabb kérdés munkánk során azonban az volt, hogy milyen szempontokat adjunk meg a genetikus algoritmusnak az értékelés célfüggvényeként. Hiszen a felhasznált számítógépi eszközökkel, a rendelkezésre álló műszaki modellel, a felsorolt technológia paraméterek ismeretének birtokában könnyen számolható bármely változat, a gyakorlatban szükséges idő töredéke alatt. A kérdés azonban továbbra is az, hogy a gazdasági értékeléshez szükséges, kevés és bizonytalan költség adat birtokában hogyan rangsoroljuk az egyes változatokat, illetve hogyan válasszuk ki a „legjobb” megoldást.

A körvonalazódó feladat egy, a bizonytalan ismereteket is magába foglaló, többszemponú célfüggvény meghatározása, ezen túlmenően pedig egy olyan módszer kidolgozása, mely az ismeret-elemek felhasználásával lépésről lépésre haladva támogatja a gazdaságilag is jó megoldás kiválasztását.

A gazdasági célfüggvény felírásához szükséges, rendelkezésünkre álló közvetlen költségeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

## 1. táblázat

### A rendelkezésre álló közvetlen költségek

Felhasznált anyagok (1)	Felhasznált anyagok költsége, Ft/kg (2)
Átalakítandó anyag	250.000
Felhasznált tápanyag	300
Indukáló anyag	275.500
Redukáló hatású anyag	3.840

Table 1: The available direct costs

Raw materials(1), Cost of raw materials(2)

A nem elhanyagolható közvetett költségekre (fermentor üzemeltetésének költsége, közüzemi költségek, munkaerő költsége, stb.) azonban csak nagyon bizonytalan, széles tartományban mozgó értékeket tudtak becsülni a szakemberek (kb. 1000-4000 Ft/óra), pedig az 5. ábrán látható módon (valamennyi tétel felhasznált mennyiségét is figyelembe véve) ennek az értéknek az alsó határával kalkulálva is ez teszi ki a legnagyobb arányt a technológia összköltségén belül.

## 5. ábra

## A költségek megoszlása

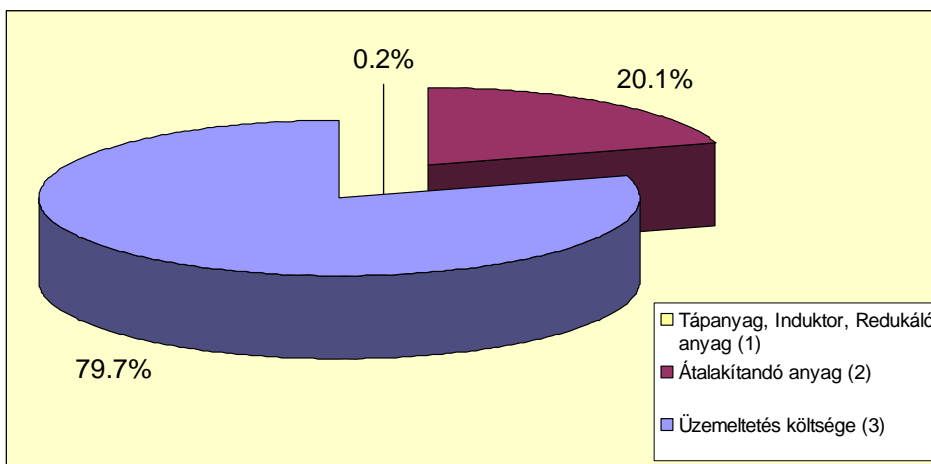


Figure 5: Ratio of costs

*Auxiliary material(1), Substrate(2), Operational cost(3)*

A kapcsolódó (megelőző és következő) részfolyamatok figyelembevételére az alábbi információk álltak rendelkezésünkre.

A vizsgált folyamatban felhasznált, átalakítandó anyag árát a megelőző folyamatban előállított anyag minősége határozza meg. Ha jobb minőségű a szubsztrát, azaz kevesebb szennyezőt tartalmaz, akkor itt nyilvánvalóan nagyobb költségen kell szerepeltetnünk. Ennek figyelembevételére az anyag tisztaságának és árának kapcsolatát a 6. ábrán látható exponenciális függvénnyel közelíthetjük.

A vizsgált folyamat után következő részfolyamatot nagymértékben befolyásolják az itt alkalmazott technológiai paraméterek és azok gazdasági szempontú vonzatai. A folyamatot követő tisztítási eljárás milyenségét ugyanis az itt alkalmazott hígítás mértéke határozza meg. Ha legalább tizenötszörös hígítást alkalmaznak, akkor extrakció lehet a továbbfeldolgozás módja. Ennek becsült állandó (20 000 Ft) és literenkénti változó költsége (1500 Ft/l) is kedvezőbb, viszont a vizsgált technológia végrehajtása nehezebb és költségesebb. Kisebb hígítás esetén könnyebben lefolytatható a technológia, viszont a továbbfeldolgozásra kromatográfiai eljárást kell alkalmazni, aminek becsült állandó (70 000 Ft) és változó költsége (3 000 Ft/l) is magasabb. Az 1-től 50X-ig történő hígításnak – a változtatás függvényében történő, 5 l termékre vonatkozó – az összes költségre gyakorolt hatását a 7. ábrán mutatjuk be.

A bemutatott biztos és bizonytalan költségtényezők célfüggvénnyé formálásával, valamint a szomszédos részfolyamatokra vonatkozó információk figyelembevételével, egy általánosan is alkalmazható gazdasági optimalizációs módszert kialakítására törekedtünk.

6. ábra

A szubsztrát minősége és ára közti összefüggés

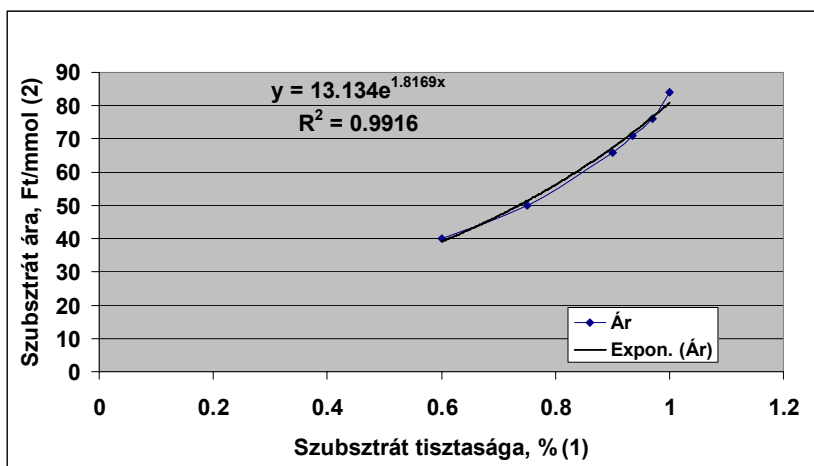


Figure 6: Relation between purity and price of substrate

Purity of substrate,%(1), Price of substrate(2)

7. ábra

Kétféle feldolgozás költsége a hígítás függvényében

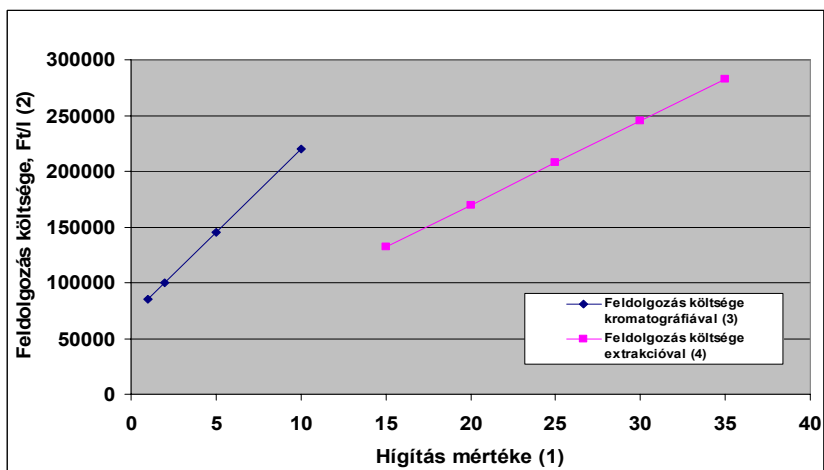


Figure 7: Cost of separation in the function of the dilution

Ratio of dilution(1), Cost of separation, Ft(2), Cost of separation in case of chromatography(3), Cost of separation in case of extraction (4)



## EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Eredményeinket két részre bontva mutatjuk be. Az 1.a., b., c. pontban a biotechnológiai gyártási folyamatra vonatkozó konkrét, a 2. pontban pedig az általánosan kidolgozott gazdasági optimalizációs eljárást ismertetjük.

**1.a.** A példaként vizsgált részfolyamat esetében a fejlesztés céljából elsőként két szempontú, kombinált célfüggvényt írtunk fel, mely a következő elemekből tevődik össze:

- Az első, gazdasági szempontú célfüggvényként azt írtuk elő, hogy a költség minimális legyen a folyamat végén. Ehhez meg kell adni azokat az összetevőket, melyeknek a folyamat során valamilyen költségvonzata van. Ezek a teljes gyártott mennyiségre vonatkoztatott közvetlen költségek, valamint a bizonytalan mértékű közvetett költségek (pontosabban e szakaszban ezek becsült átlagos értéke kerül felhasználásra). Ezt a program (szimulátor) minden egyes technológiai paraméter-kombináció esetén kiszámolja a szimuláció végén, és a genetikus algoritmus ennek nagysága szerint rangsorolja az egyes változatokat.
- Szükséges azonban egy második, természetes célfüggvény megadása is, mivel a korábbi tapasztalatok (Balogh, 2006) azt mutatták, hogy kizárólag költségminimalizálás esetén, a szakértők által nem elegendően nagy mértékűnek tartott konverziót javasolt az optimalizálás. Ennek az oka az, hogy még az előállított fázistermék árával sem lehet megfelelően kifejezni, a végtermék árának a vizsgált részfolyamatra gyakorolt hatását. Ezt figyelembe véve, egy második értékelési szempontként előírtuk az előállított termék mennyiségének maximalizálását. Ennek számolása úgy történik, hogy a program a folyamat végén összegzi a keletkezett terméket.

A két szempont együttes figyelembevételével, több száz automatikusan vezérelt szimuláció lefuttatása után, a genetikus algoritmus segítségével kereshetjük vissza a mindkét szempont szerint elegendően jó megoldást.

**1.b.** A vizsgált részfolyamatot magába foglaló teljes folyamat egyidejűleg történő gazdasági optimalizálása – annak komplexitása miatt – lehetetlen. Ennek feloldása céljából merült fel annak szükségessége, hogy a vizsgálatot a kooperatív séma szerint (minden folyamat tekintettel van a hozzá funkcionálisan kapcsolódó részfolyamatokra) a szomszédos részfolyamatok figyelembevételével is elvégezzük.

Ebben az esetben az előzőleg bemutatott két célfüggvényen kívül még kettőt határoztunk meg, az előző és a következő részfolyamatra vonatkozóan, az előző fejezetben bemutatott információk felhasználásával. Az alapvető cél tehát továbbra is a költségek minimalizálása és a termék maximalizálása az átalakítandó anyag minőségének (előző folyamat) és – az itt alkalmazott eljárástól függő – további feldolgozás költségének figyelembevételével.

A program az átalakítandó anyag minőségének figyelembevétele céljából az előző fejezetben ismertetett exponenciális függvényvel közelíti annak jelen folyamatbeli költségét. Részletesebben, az átalakítandó anyag minősége is a lehetőségtér részét képezi ez esetben (60-100% között változtatott tisztaság), és ennek megfelelő mértékben járul hozzá az összköltséghez.

A vizsgált részfolyamat utáni feldolgozási módszer (extrakció vagy kromatográfiás tisztítás) kiválasztását az itt alkalmazott hígítás mértéke befolyásolja. Ezért amikor a lehetőségtérben 1-50-szeres hígítás közül „válogat” a genetikus algoritmus, akkor annak gazdasági kihatásait is figyelembe veszi, ugyanis ezek állandó és változó költsége – az ismertetett módon – különbözik.

A két- és négyszempontú célfüggvényekkel való fejlesztés eredményeit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

## 2. táblázat

### A vizsgálat eredményei I.

Technológiai jellemzők, beállítási paraméterek (1)	Általánosan alkalmazott technológiai eljárás (2)	Értékelés eredménye rögzített gazdasági paraméterekkel (3)	Értékelés eredménye a kapcsolódó folyamatok figyelembevételével (4)
Folyamat teljes ideje	8000 perc	5320 perc	5560 perc
Hígítás mértéke	15-szörös	15-szörös	15-szörös
Indukció kezdete	1440. perc	1300. perc	1200. perc
Beadott induktor mennyisége	1.38 mmol	2.16 mmol	3 mmol
Átalakítandó anyag beadásának ideje	4020. perc	4600. perc	4300. perc
Beadott átalakítandó anyag mennyisége	480 mmol	624 mmol	530 mmol
Beadott redukáló anyag mennyisége	28.7 mmol	64.8 mmol	40 mmol
Keletkező termék	450 mmol	592 mmol	502 mmol
Technológia összköltsége	<b>188 ezer Ft</b>	<b>137 ezer Ft</b>	<b>122 ezer Ft</b>
Összköltség kapcsolódó folyamatokkal	<b>252 ezer Ft</b>	<b>212 ezer Ft</b>	<b>194 ezer Ft</b>

Table 2: Results of the case study I.

*Technological characteristics, set points of technological parameters(1), Default parameter set(2), Results with modified parameters resulted from economical optimization(3), Modified parameters considering the neighboring processes(4)*

Elmondhatjuk, hogy az általánosan alkalmazott eljárásnál találtunk költséghatékonyabb megoldást is. A kétszempontú értékelésnél azonban még kedvezőbb a négy célfüggvényt alkalmazó, a szomszédos részfolyamatokat is figyelembe vevő vizsgálat eredménye.

A legnagyobb megtakarítás – a magas közvetett költségek (munkaóra, üzemeltetési költség) miatt – a folyamat idejének csökkentésével érhető el. A konverzió a számítások szerint már az 5000. percnél eléri a kívánt 95%-ot, ezért folytatása gyakorlatilag nem jelent többleterméket, viszont jelentős költséget generál.

A sejtenyészet indukciójának időpontja viszonylag kiegyensúlyozott, hiszen a tenyészet fejlődésének mértéke leginkább a felhasznált tápanyag függvénye, ami minden esetben állandó volt. A beadott indukáló anyag mennyiségével – költsége elhanyagolható – azonban esetleg többlet enzimermelés érhető el, ezért valószínűleg célszerű annak akár kétszeresre történő emelése.

**1.c.** Végül a három, összes költségen belül nagy részt kitevő és bizonytalan költségparaméter (átalakítandó anyag költsége, közvetett költségek, keletkezett termék belső elszámoló ára) széles tartományban történő változtatásával végeztük el a vizsgálatot

annak céljából, hogy egy olyan technológiai paraméterkombinációt találjunk, mely ezen költségek nagy változtatása mellett is viszonylag állandó eredmény (állandó mértékű konverzió) elérését teszi lehetővé, tehát érzéketlen akár a költségek nagyfokú változására is. Ez esetben a lehetőségtérben a három bizonytalan költségparaméterre széles változtathatósági tartományt adtunk meg, míg a technológiai paraméterekre az előző vizsgálatokhoz képest – azok tapasztalata alapján – szűkebb változtathatósági teret engedélyeztünk. Célfüggvényként ez esetben a keletkező termék maximalizálása, a költségek minimalizálása szerepelt, illetve ezeken felül, a becstült elszámolóár bevonásával a „nyereség” (az elszámolóár és összes költség különbsége) maximalizálása.

E vizsgálat eredményei még kezdetlegesnek tekintendők, a korrekt eredményhez több számítógépi elemzésre van szükség. A 3. táblázatban összefoglalt előzetes eredmények alapján azonban azt érzékeltjük, hogy vannak olyan technológiák, melyek a gazdasági paraméterek szélsőséges változtatásaira érzéketlenek, mások pedig kifejezetten érzékenyek. A következő időszak vizsgálatai alapján célunk azon érzéketlen, de jó variánsok megtalálása, melyek függetlenek a kevésbé ismert, bizonytalan gazdasági környezet hatásaitól.

### 3. táblázat

#### A vizsgálat eredményei II.

Technológiai jellemzők, beállítási paraméterek (1)	Példa egy érzéketlen technológiára (2)	Példa egy érzékeny technológiára (3)
Közvetlen költségek változtatási tartománya	1-3 ezer Ft/óra	1-3 ezer Ft/óra
Átalakítandó anyag változtatási tartománya	100 - 300 ezer Ft/kg	100 - 300 ezer Ft/kg
Belső elszámoló ár változtatási tartománya	750 - 1200 ezer Ft/kg	750 - 1200 ezer Ft/kg
Hígítás mértéke	15-szörös	25-szörös
Indukció kezdete	1200. perc	1200. perc
Átalakítandó anyag beadásának ideje	3700. perc	3300. perc
Keletkező termék változási tartománya	550 mmol	450-600 mmol

Table 3: Results of the case study II.

Economical and technological parameters(1), Example for a non-sensitive parameter set(2), Example for a sensitive parameter set(3)

2. A konkrét feladat tapasztalatai alapján általánosan kidolgozott módszert a 8. ábrán mutatjuk be.

8. ábra

Az általános módszer sémája

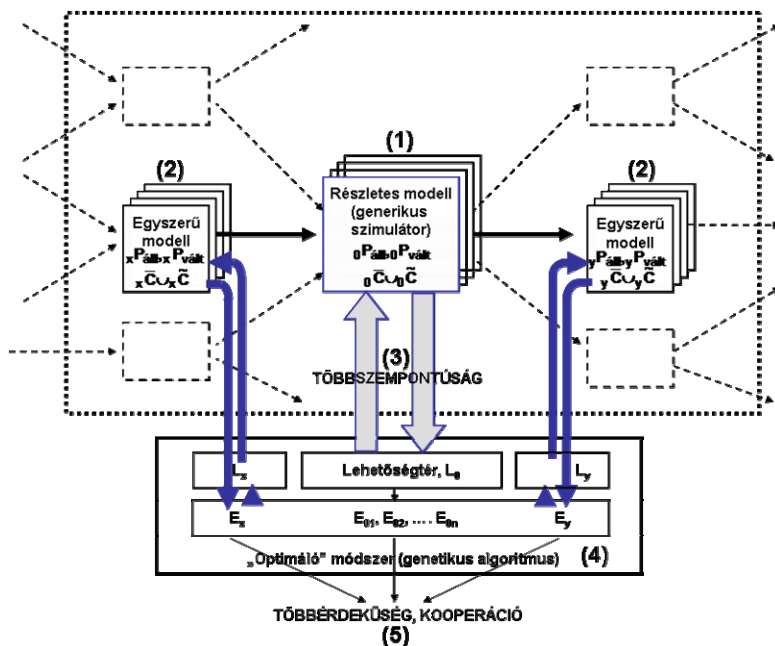


Figure 8: Scheme of general method

Detailed model (generic simulator)(1), Simplified models of neighbor processes(2), Multicriteria optimization(3), Optimization method (genetic algorithm)(4), Cooperative objectives of joint processes(5)

Az általunk alkalmazott, közvetlen számítógépi leképezés elvén alapuló szimulációs módszerrel, valamint az együttműködő genetikus algoritlussal határozzuk meg a folyamat műszaki modelljét. Az ábra „részletes modell” része a vizsgált folyamat ezen részletes, pontos modelljét jelzi, melyre alapozva végezhetjük a technológiai, gazdasági optimalítást. A folyamat szabadon változtatható technológiai paramétereinek ( $P_{vált}$ ) meghatározását követően, a genetikus algoritmus bevonásával azokat széles határok közt megadott lehetőségtérben ( $L$ ) változtatva próbálunk egy gazdaságilag is kedvező technológiát meghatározni, a rendelkezésre álló rögzített költségtényezők ( $C$ ) és értékelési szempontok ( $E$ ) figyelembevételével. Még árnyaltabb eredményt kapunk a szaggatott vonallal jelzett rendszerkontúron belüli, kapcsolódó részfolyamatok figyelembevételével. Ezek egyszerűsített lehetőségtérét és értékelését a genetikus algoritmusban kapcsolhatjuk össze a részletesen vizsgált folyamattal. E részfolyamatok egymással többérdekű kooperatív kapcsolatban vannak, hiszen csak együttes „optimum” esetén beszélhetünk ténylegesen „jobb” technológiáról.

Végül a biztos költségtényezők segítségével optimalított technológiai folyamat eredményeinek ismeretében ( $P_{all}$ ) a lehetőségtérben a nagymértékben bizonytalan

költségtényezőkre ( $\tilde{c}$ ) széles változtathatósági tartomány adunk meg, és olyan technológiai paraméterkombinációt, illetve robosztus technológiai eljárást keresünk, mely a költségek szélsőséges változtatására is érzéketlen.

## **KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK**

A gyártási részfolyamatok szintjén általánosan jelentkező probléma az értékelés kérdése. A fejlesztés során ugyanis nem állnak rendelkezésre a különféle lehetőségek közti választást segítő gazdasági információk, vagy azok bizonytalanok. A bizonytalanság oka lehet az egyes folyamatokban termelődött érték ismeretének a hiánya, de fakadhat a gazdasági környezet folyamatosan változó feltételrendszeréből is. További nehézséget okoz, hogy a kiragadott részfolyamat optimalása bizonyos mértékig önkényes, ugyanakkor a teljes folyamatra gyakorolt hatások részletes értékelése lehetetlen.

A munkánk során kidolgozott módszer kipróbálása alapján, az előzőekben felsorolt nehézségek kiküszöbölésére a következőket javasoljuk:

1. A gazdasági célfüggvény (pl. költségminimalizálás) mellett célszerű a szakértők tapasztalatait figyelembe véve, természetes célfüggvényt vagy célfüggvényeket (pl. esetünkben az előállított termék mennyiségének maximalizását) is alkalmazni egy többcélű értékelés keretében.
2. A vizsgált rendszert magába foglaló technológia egészének a vizsgált rész értékelésére gyakorolt hatását célszerűen figyelembe lehet venni a részfolyamathoz funkcionálisan kapcsolódó, „szomszédos” részfolyamatok egyszerűsített értékelésével. Az ilyen módon létrehozott további célfüggvényekkel lényegében olyan többérdekű értékelés készíthető, amely a mindenkori szomszédos alrendszerekkel kooperáló megoldásokat biztosít.
3. A bizonytalan gazdasági paraméterek hatásának figyelembe vételére célszerű azokat a lehetőségtérben megadva, és elegendően széles tartományban változtatva olyan elegendően jó megoldásokat keresni, melyek kevésbé érzékenyek a bizonytalan ismeretekre.

Az előzőekben javasolt módszer alkalmazására kedvezően használható a dinamikus szimuláció és a genetikus algoritmus visszacsatolt rendszere, mivel hatékonyan vizsgálhatók a kombinatorikusan nagyszámú lehetőségek is.

## **IRODALOM**

- Balogh S., Barthó I., Boldizsárné Sinkó I., Csukás B., Hantos G., Varga M. (2006): Biokonverziós folyamat optimalása genetikus algoritmussal fejlesztett generikus szimulátorral. In: Műszaki Kémiai Napok '06, Veszprém konferencia kiadványa, 203-204. p.
- Csukás B., Balogh S. (1998): Combining genetic programming with generic simulation models in evolutionary synthesis. *Computers in Industry*, 36, 181-197. p.
- Tesfatsion L., Judd K. (2006): *Handbook of Computational Economics*, Vol 2., Elsevier
- Turton R., Bailie R., Whiting W., Shaeiwitz J. (2003): *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*, Prentice Hall, New Jersey, 143. p.
- Varga M., Balogh S., Boldizsárné Sinkó I., Csukás B., Hantos G., Katonáné Tóbiás E. (2007): Az enzimkoncentráció meghatározása az aktivitásmérés identifikált modellje alapján. *Műszaki Kémiai Napok '07*, ISBN 978-963-9696-15-0, 293-296. p.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

**Varga Mónika**

Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar

Informatika Tanszék

7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

*Kaposvár University, Faculty of Economic Science*

*Department of Information Technology*

*H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.*

Tel.: 36-70-320-6556

e-mail: [varga@matinf.gtk.u-kaposvar.hu](mailto:varga@matinf.gtk.u-kaposvar.hu)