

KÉSZLETEZÉSI RENDSZEREK ÉS FOLYAMATOK KORSZERŰ OPTIMALIZÁLÁSI MÓDSZEREI, ELJÁRÁSAI

MTA Gazdaság- és Jogtudományok Osztálya – Logisztikai Bizottság
„A logisztika a felsőoktatásban és a doktori képzésben”

Bóna Krisztián

okl. közlekedésmérnök, egy. tanársegéd






Témavezető:

Dr. Molnár László Ph.D.

BME Közlekedésmérnöki Kar

Közlekedésüzemi Tanszék

Bevezetés

-  Korszerű logisztikai stratégiák, a raktárak szerepének átalakulása, átértékelődése
-  Az átfutási idők radikális csökkentése, illetve a rugalmasság és az alkalmazkodó képesség növelése
-  Globális értékalkotási hálózatok kérdése.
-  Egyértelmű igény a gyakorlatban is jól hasznosítható, hatékony folyamatirányítási és optimalizálási módszerekre.
-  ELMÉLET vs. GYAKORLAT !!!!!

Milyen eljárások lehetnek a jövőben sikeresek a készletezési rendszerek és folyamatok működésének optimalizálása területén?

Bebizonyosodott, hogy...



a láncok által kiszolgált piacok instabilitása egyre fokozódik;



védekezni csak **optimalizált készletezési rendszerrel** lehet;



szükség van egyfajta **dinamikus** készletszabályozásra a rendszerek **adaptivitásának** fokozásával;



a gyakorlatban működő készletezési rendszerek **nem használják ki** a modellezési, a szimulációs és az optimalizálási eljárások területén idáig elért kutatási eredményeket;



az alkalmazott információs háttérrendszerek és megoldások **problémái:**

- sok esetben csak „*elnevezésükben*” *optimalizáló rendszerek,*
- *hiányoznak a korszerű elveken alapuló, folyamat-specifikus döntési modellek,*
- egyáltalán *nem,* vagy csak *kis mértékben automatizálhatók,*
- lényeges szabályozó paraméterek beállítását a *készletgazdálkodó intuícióira* bízják,
- *inkább vezérlő,* mint *szabályozó rendszerek,*
- *nem eléggé dinamikusak,* ezáltal *adaptivitásuk* is meglehetősen *csekély.*

Pedig...

 MODELLEZÉS...

 SZIMULÁCIÓ...

 OPTIMUMKERESÉS...

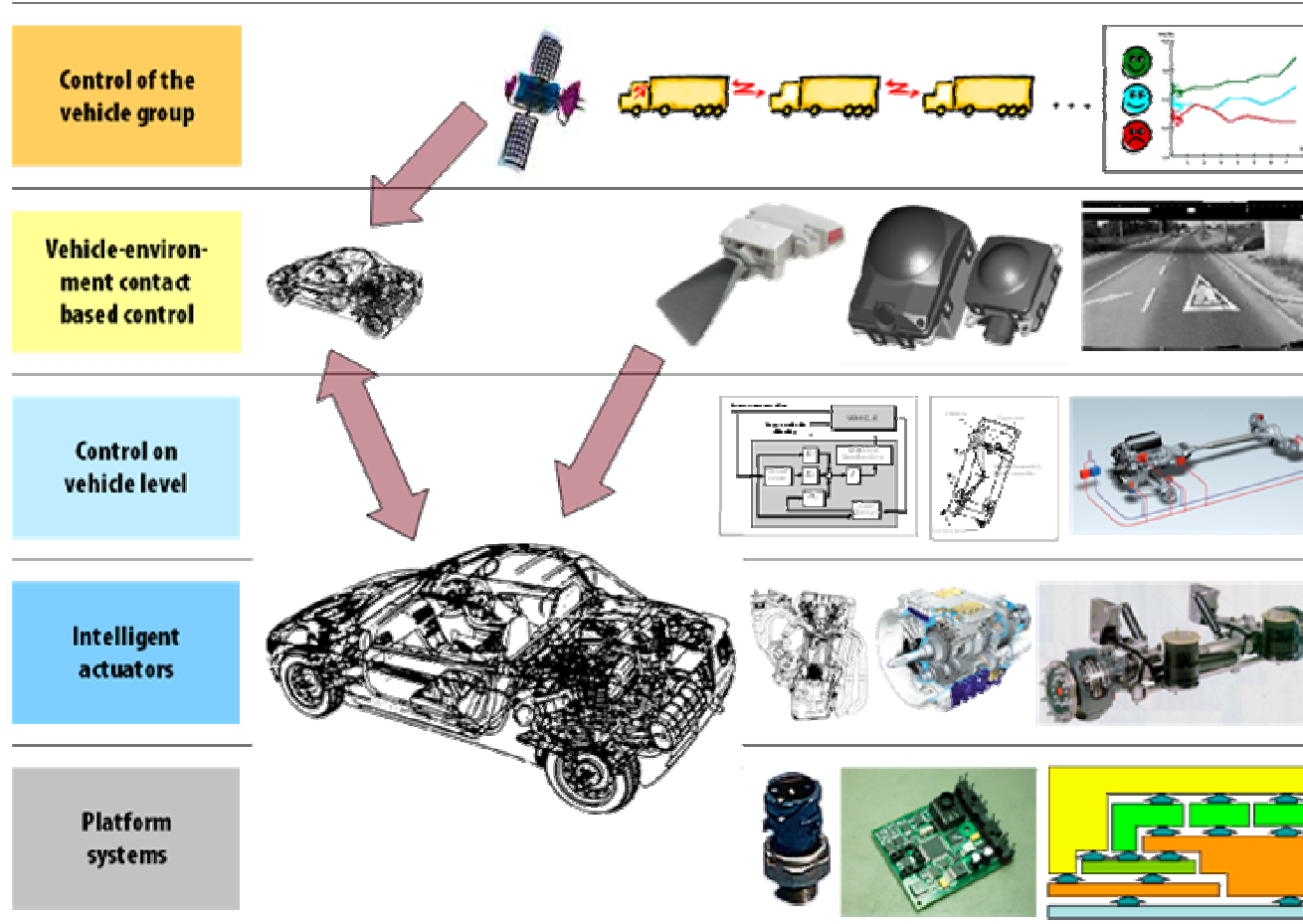
 MESTERSÉGES INTELLIGENCIA...

 SZABÁLYOZÁSELMÉLET...

 RENDSZERTECHNIKA...



Lehet-e ennél bonyolultabb a feladat ?!?!?



„Nehezen szabályozható, de nem szabályozhatatlan !!! ...”

A kutatási célkitűzések



A témával kapcsolatos **tudományos eredmények** minél szélesebb körű megismerése, valamint ezek gyakorlati alkalmazásának vizsgálata.



Korszerű, a feladat szempontjából hatékonyan felhasználható **modellezési, szimulációs és optimalizálási eljárások** felkutatása.









Az alkalmazott **vállalati információs háttérrendszerek** vizsgálata.



Egy **adaptív, dinamikus készletszabályozó rendszer** koncepciószintű rendszertervének kidolgozása, különös tekintettel a felkutatott modellezési, szimulációs és optimalizálási eljárások minél hatékonyabb integrálására, ezen belül:

- egy hatékonyan alkalmazható *folyamatmodellezési technika* kifejlesztése,
- egy célspecifikus *szimulációs rendszer* (szimulátor) kifejlesztése, továbbá
- egy célspecifikus, a szimulátorral együttműködő *optimalizáló háttérrendszer* kifejlesztése.

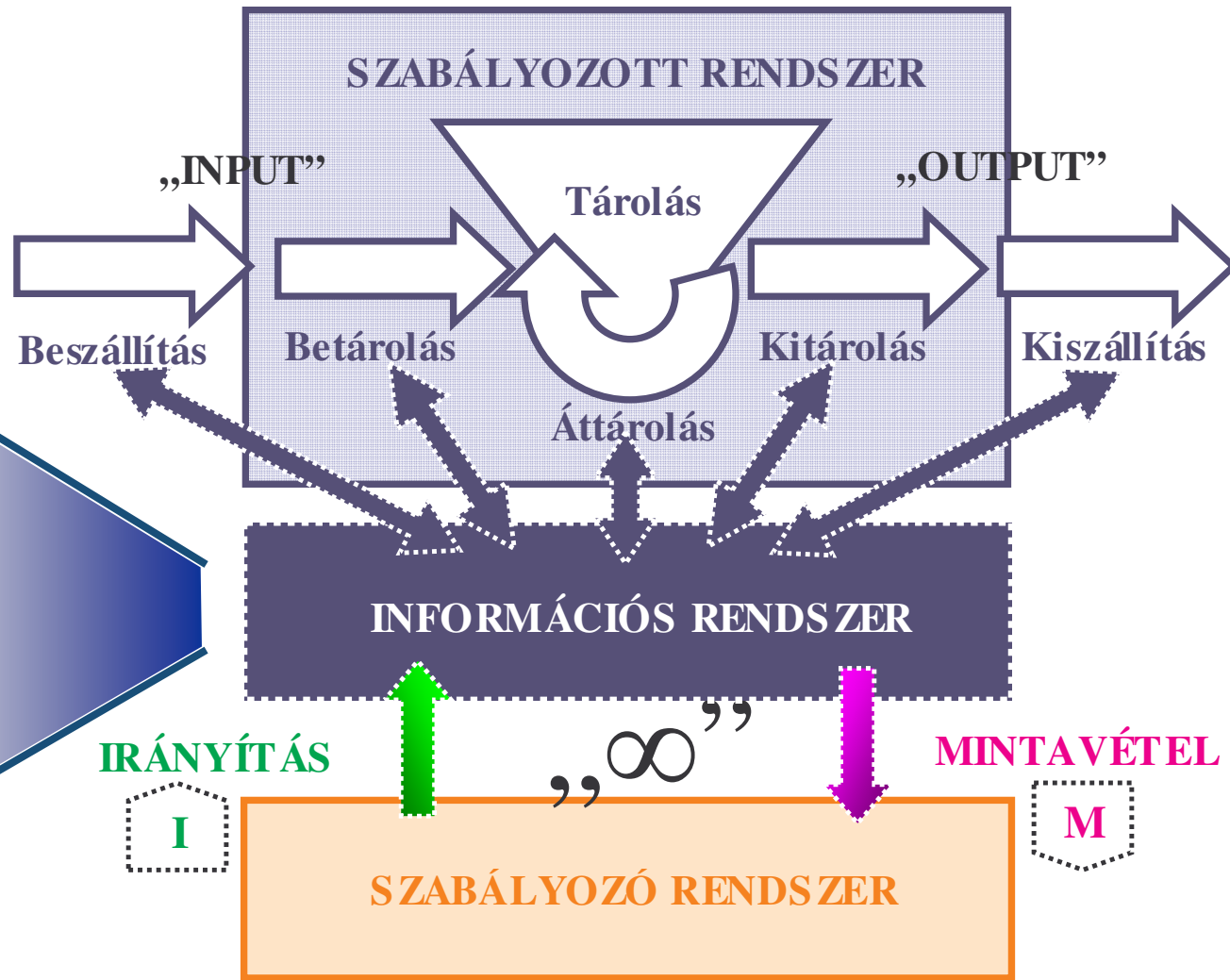
A korszerű döntési modellek által támogatott optimalás kérdései

-  Milyen jellegű, és hány darab **szabályozó paraméterre** van szükség? **STRATÉGIA???**
-  Milyen **bemeneti adatokra** van szükség?
-  Hogyan definiálhatók az elérni kívánt **célok, célfüggvények?**
-  Milyen **működési modellt** célszerű kialakítani?
KÍSÉRLETEZÉS???
-  Milyen módszerek segítségével határozhatók meg dinamikusan a szabályozó paraméterek **optimális beállítási értékei?**
-  Milyen **időközönként** célszerű a szabályozó paraméterek aktuális beállítási értékeit felülvizsgálni az adaptivitás biztosítása érdekében?

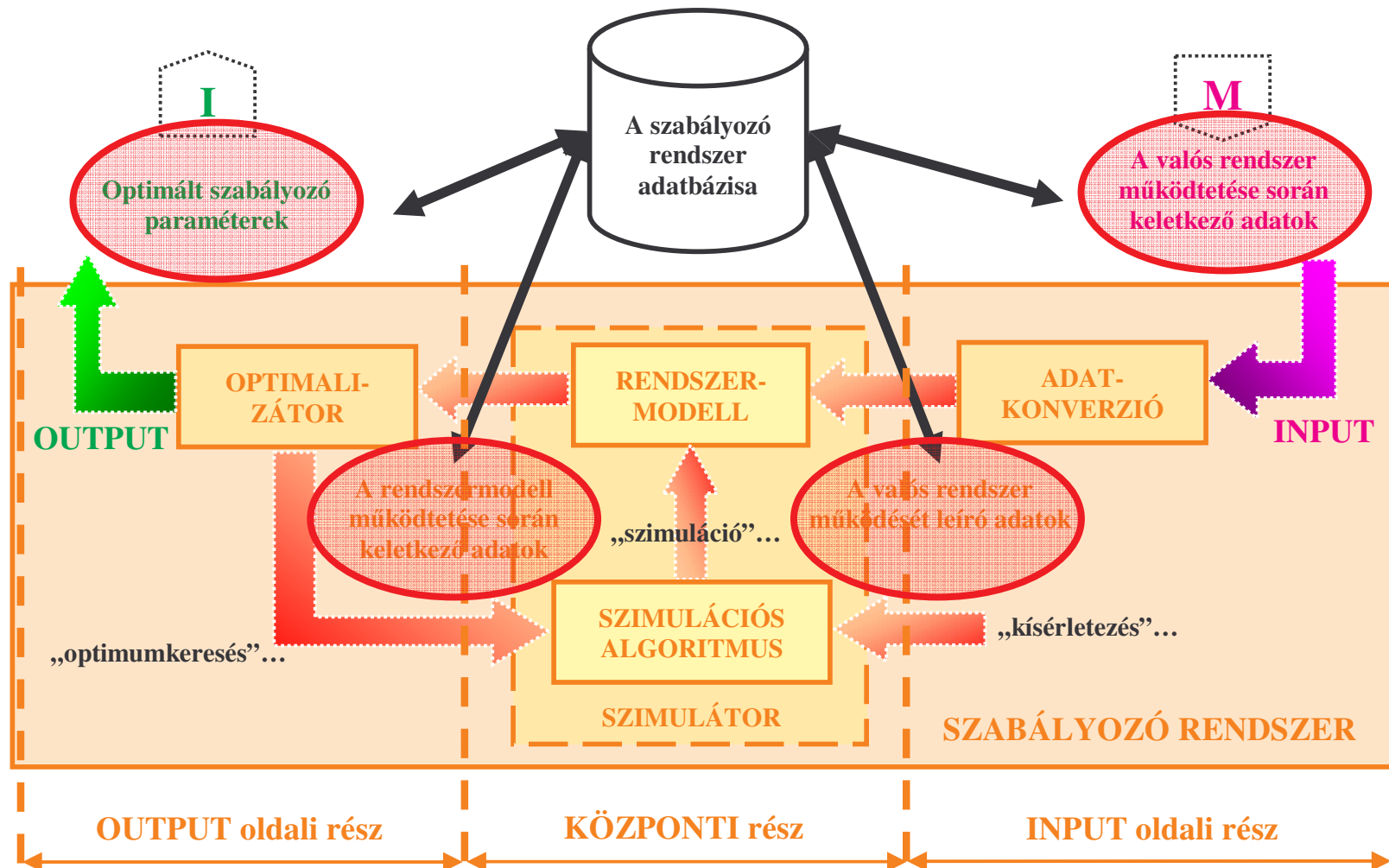
Az adaptív készletszabályozás alapelve



ERP
WMS






A szabályozó rendszer



A kutatás során vizsgált készletezési probléma

Ital-nagykereskedelem → nagykereskedelmi raktárak!!!
Tíz egymástól független cég módszertanának vizsgálata.

Általános megállapítások:

-  Az iparági „specialitások” megnehezítik a döntéseket.
-  Megszokásokon alapuló, többfajta rendelésütemezési „logika”.
-  Gyakoriak az irracionális döntések (nincs definiált stratégia!!!).

Az optimálistól eltérő működés,
gyakori túlkészletezés.

Átfogó vizsgálatok,
adatelemzések.













Az alulméretezett fizikai
rendszerek állandósult túlterhelése.

PI. SÖRIPAR

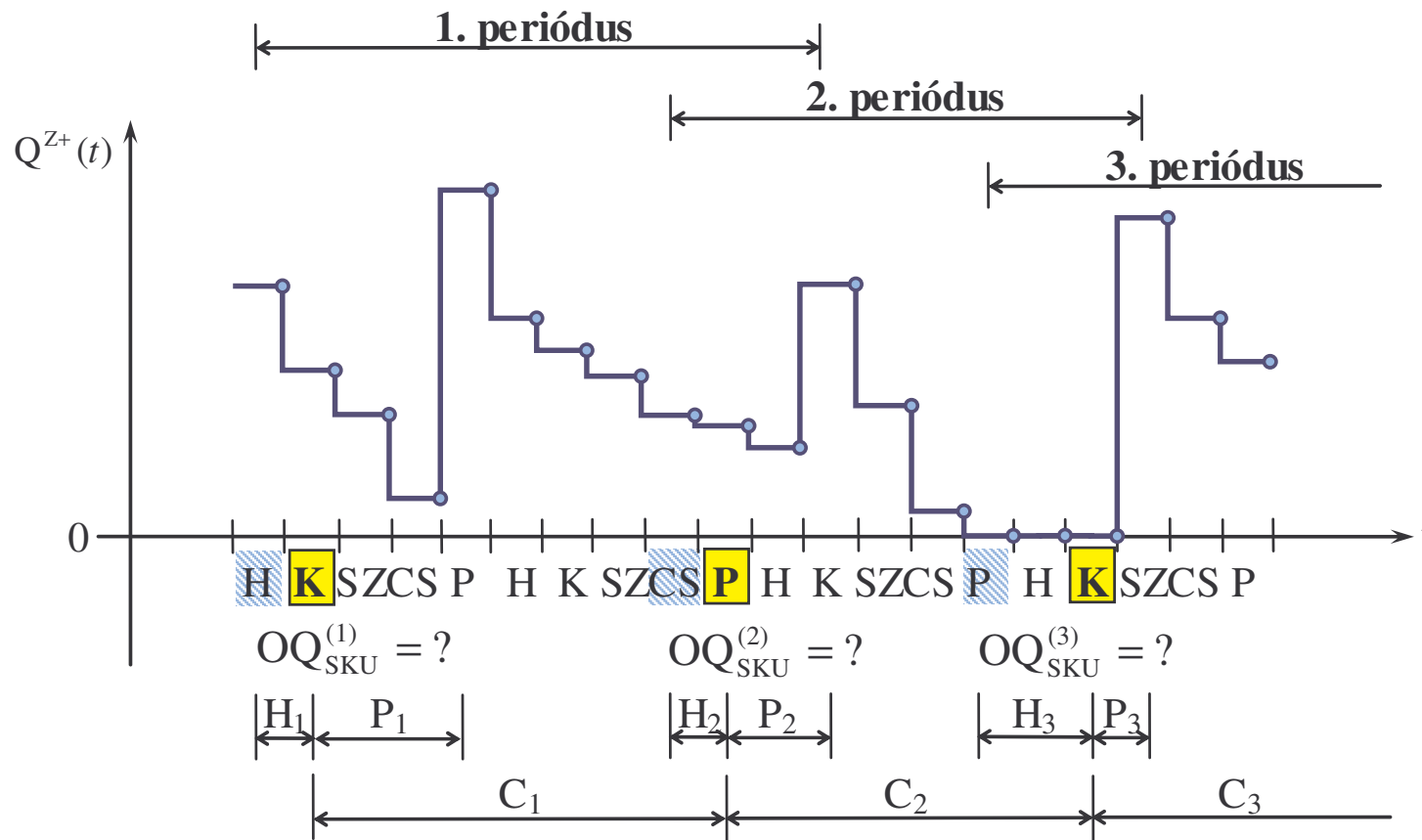
A készletezési stratégia

MIKOR? ...MENNYIT?

Figyelembe veendő tényezők:

-  rendelésfeladási napok (RF),
-  tervezett készletforgási sebesség (v)
-  a minimálisan rendelhető mennyiség (EOQ_{SKU}^{MIN}),
-  a maximálisan rendelendő mennyiség (EOQ_{SKU}^{MAX}),
-  a rendelés egysége (OU_{SKU}),
-  a beszerzési érték ($c_{SKU}^{(b)}$),
-  a készletkiesési ráta (p_{SKU})
-  a járműkapacitás (c_v),
-  megrendelés összetételével kapcsolatos korlátok,
-  a logisztikai bonus kérdése (L_B),
-  a készlet utánpótlási idő (P),
-  a vevői megrendelések időbeli és mennyiségi tulajdonságait leíró statisztikai modellek eredményei (lásd később Weibull statisztika).

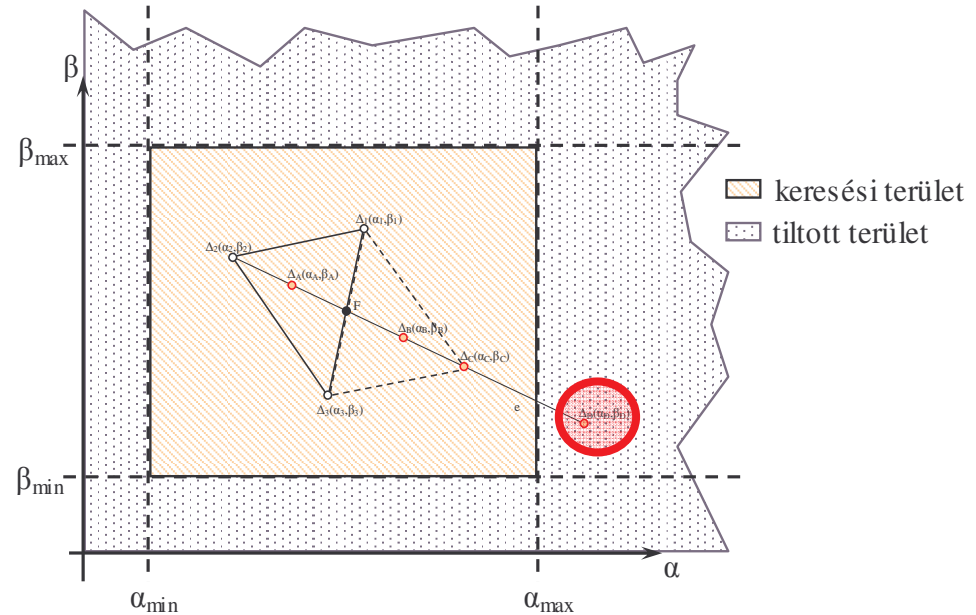
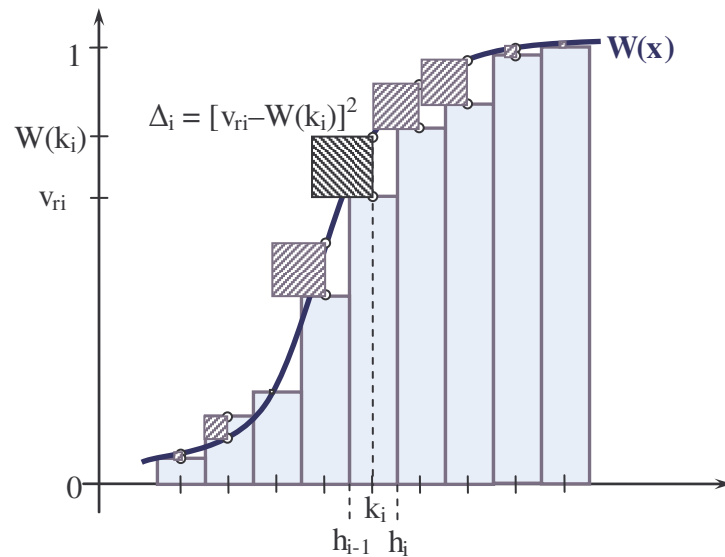




Kétlépcsős, hierarchikusan egymásra épülő **multikritériumos** módszertan.

- 1. lépéső: gazdaságos rendelési tétel nagyság \longrightarrow (EOQP)
- 2. lépéső: diszpozíciós terv \longrightarrow (DISP)

Szochasztikus folyamatok modellezése Weibull statisztikával



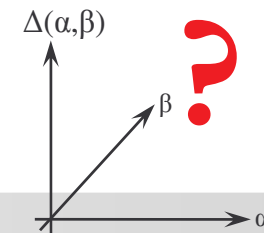
$$W(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$$

- relatív gyakoriság - v_r
- Weibull eloszlás - $W(x)$
- négyzetes hiba - Δ_i

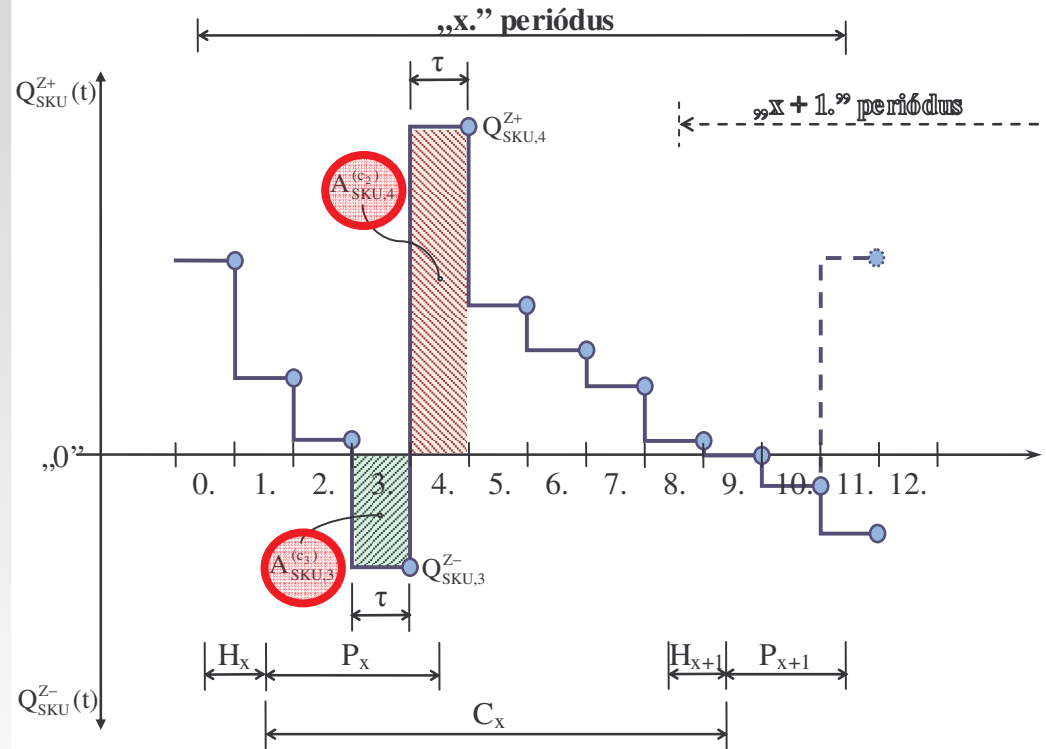
h_{i-1}, h_i – osztályköz határok
 k_i – osztályköz közepe

$$\Delta(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^n \Delta_i = \sum_{i=1}^n [v_{ri} - W(k_i)]^2 = \sum_{i=1}^n \left[v_{ri} - \left\{ 1 - e^{-\left(\frac{k_i}{\beta}\right)^\alpha} \right\} \right]^2 \Rightarrow \text{MIN!}$$

Paraméter optimalizálás
 LSM-DSA algoritmussal



Az EOQP modellje



Pl. $\tau = 1$ nap

Készletellenőrzési időköz sorszama	Tranzakció	Melyik periódusra vonatkozik?
0.	vizsgálat	„x.” periódus
1.	rendelésfeladás	
4.	beérkezés	
8.	vizsgálat	„x + 1.” periódus
9.	rendelésfeladás	
11.	beérkezés	

Vizgált periódusidő kalkulációja

Keresleti és utánpótlási folyamat modellje

Célfüggvény

$$A_{SKU}^{(c_2)} = \sum_{t=1}^T A_{SKU,t}^{(c_2)} \quad A_{SKU}^{(c_3)} = \sum_{t=1}^T A_{SKU,t}^{(c_3)}$$

$$C_{SKU} = C_2 + C_3 = c_2 \cdot A_{SKU}^{(c_2)} + c_3 \cdot A_{SKU}^{(c_3)} = [\text{Euro}]$$

$$\frac{c_3}{c_2 + c_3} + \frac{c_2}{c_2 + c_3} = 1$$

$$A_{SKU}^{(c)} = (1 - \rho_{SKU}) \cdot A_{SKU}^{(c_2)} + \rho_{SKU} \cdot A_{SKU}^{(c_3)} = [\text{db} \cdot \text{nap}]$$

$$M(A_{SKU}^{(c)}) \pm 1.96 \cdot \frac{D(A_{SKU}^{(c)})}{\sqrt{F}}$$

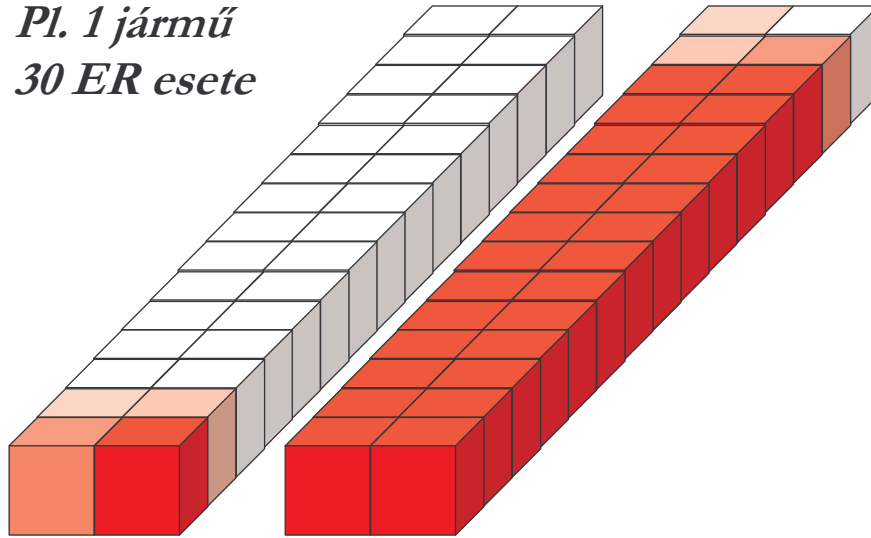
$$A_{SKU}^{(c) \text{ MAX}} = M(A_{SKU}^{(c)}) + 1.96 \cdot \frac{D(A_{SKU}^{(c)})}{\sqrt{F}}$$

$$A^{(c) \text{ MAX}} = \sum_{SKU=1}^s A_{SKU}^{(c) \text{ MAX}} \Rightarrow \text{MIN!}$$

$$EOQ = [EOQ_1 \quad \dots \quad EOQ_{SKU} \quad \dots \quad EOQ_s]$$

A DISP modellje

*Pl. 1 jármű
30 ER esete*



„Legjobb” „Legrosszabb”

Prioritási lista	Súly „f _{SKU} ”	„Legjobb” összetétel...		„Legrosszabb” összetétel...	
		OQPAA _{SKU}	f _{SKU} · OQPAA _{SKU}	OQPAA _{SKU}	f _{SKU} · OQPAA _{SKU}
A1	1	26	26	1	1
A2	2	1	2	1	2
A3	3	1	3	1	3
A4	4	1	4	1	4
A5	5	1	5	26	130
Σ		30	40	30	140
		η _p ^{max} (%)	75	η _p ^{min} (%)	21.43

EOQP



$$EOQ = [EOQ_1 \dots EOQ_{SKU} \dots EOQ_s]$$

1. korrekció: $OU = [OU_1 \dots OU_{SKU} \dots OU_s]$

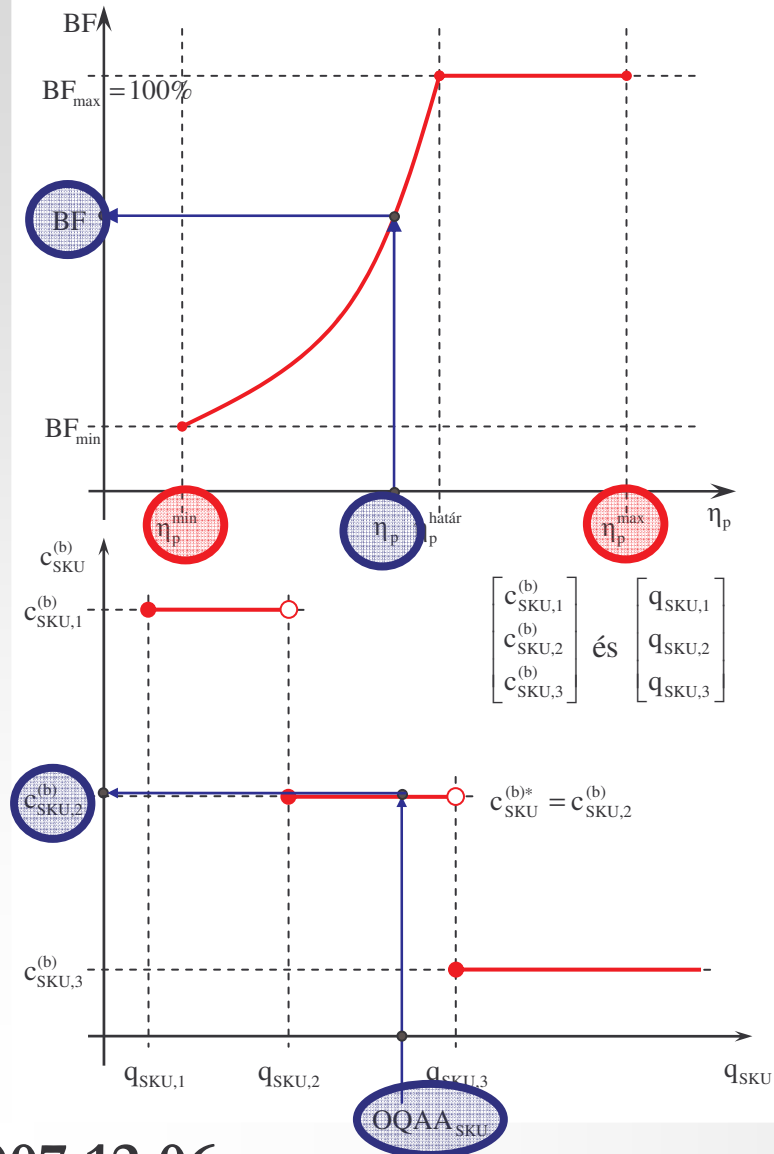
2. korrekció: C_v

$$QDP = [QDP_1 \dots QDP_{SKU} \dots QDP_s]$$

$$OQPAA = [OQPAA_1 \dots OQPAA_{SKU} \dots OQPAA_s]$$

$$\eta_p = \frac{\sum_{SKU=1}^s OQPAA_{SKU}}{\sum_{SKU=1}^s f_{SKU} \cdot OQPAA_{SKU}} = \frac{SOQPAA}{\sum_{SKU=1}^s f_{SKU} \cdot OQPAA_{SKU}}$$

A DISP modellje



Büntetés mértéke c -vel paraméterezhető,
ahol $c > 1$!!!

$$a = \frac{100 \cdot c^{\eta_p^{\min}} - BF_{\min} \cdot c^{\eta_p^{\text{határ}}}}{c^{\eta_p^{\min}} - c^{\eta_p^{\text{határ}}}}$$

$$b = \frac{BF_{\min} - 100}{c^{\eta_p^{\min}} - c^{\eta_p^{\text{határ}}}}$$

$$BF = a + b \cdot c^{\eta_p} \quad L'_B = L_B \cdot BF$$

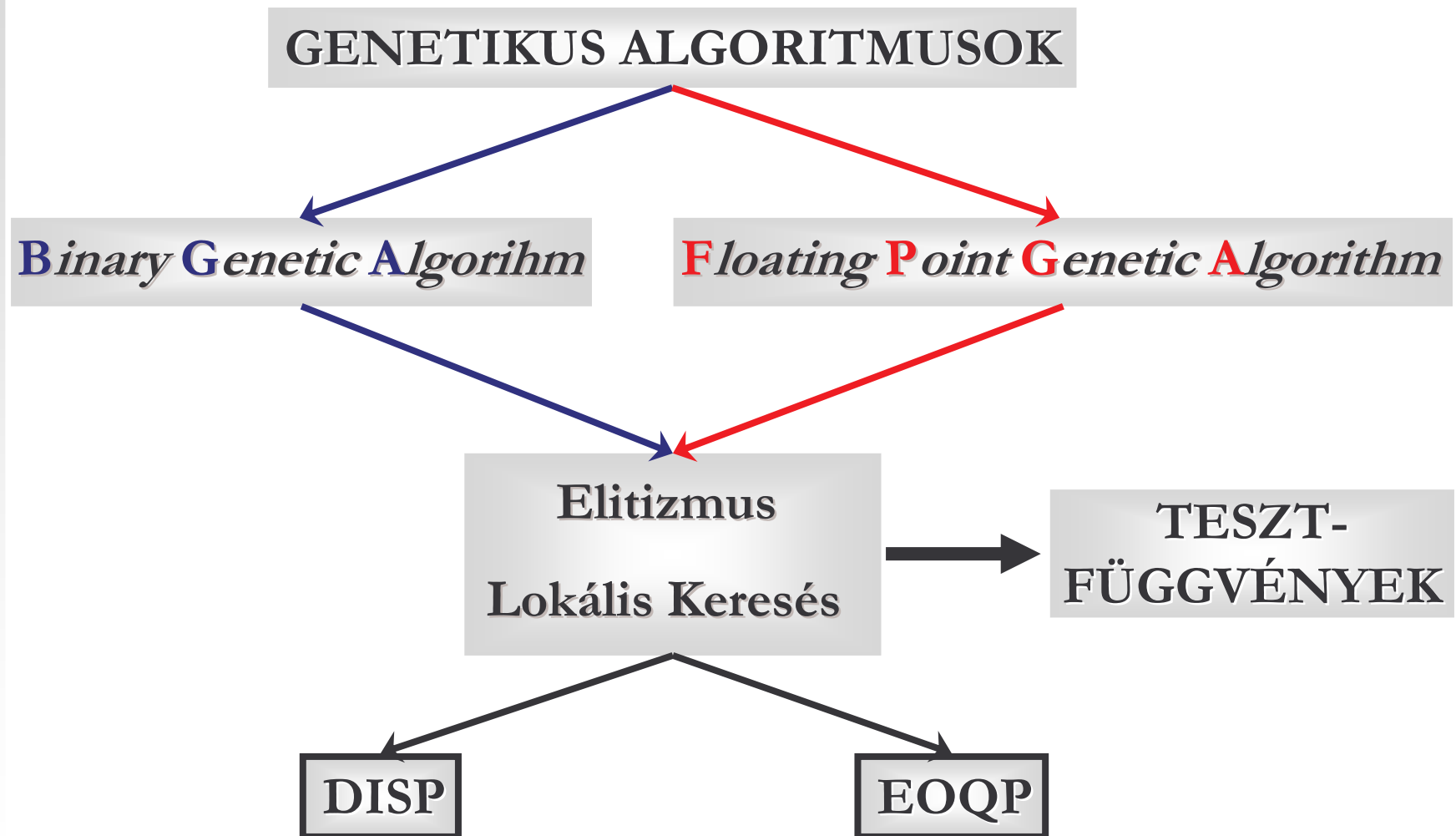
Az aktuális beszerzési ár kalkulálása
a „lépcsős” függvényből: $c_{SKU}^{(b)*}$

$$C^{(b)} = \frac{(100 - L'_B)}{100} \cdot \sum_{SKU=1}^s OQAA_{SKU} \cdot c_{SKU}^{(b)*} = [\text{Euro}]$$

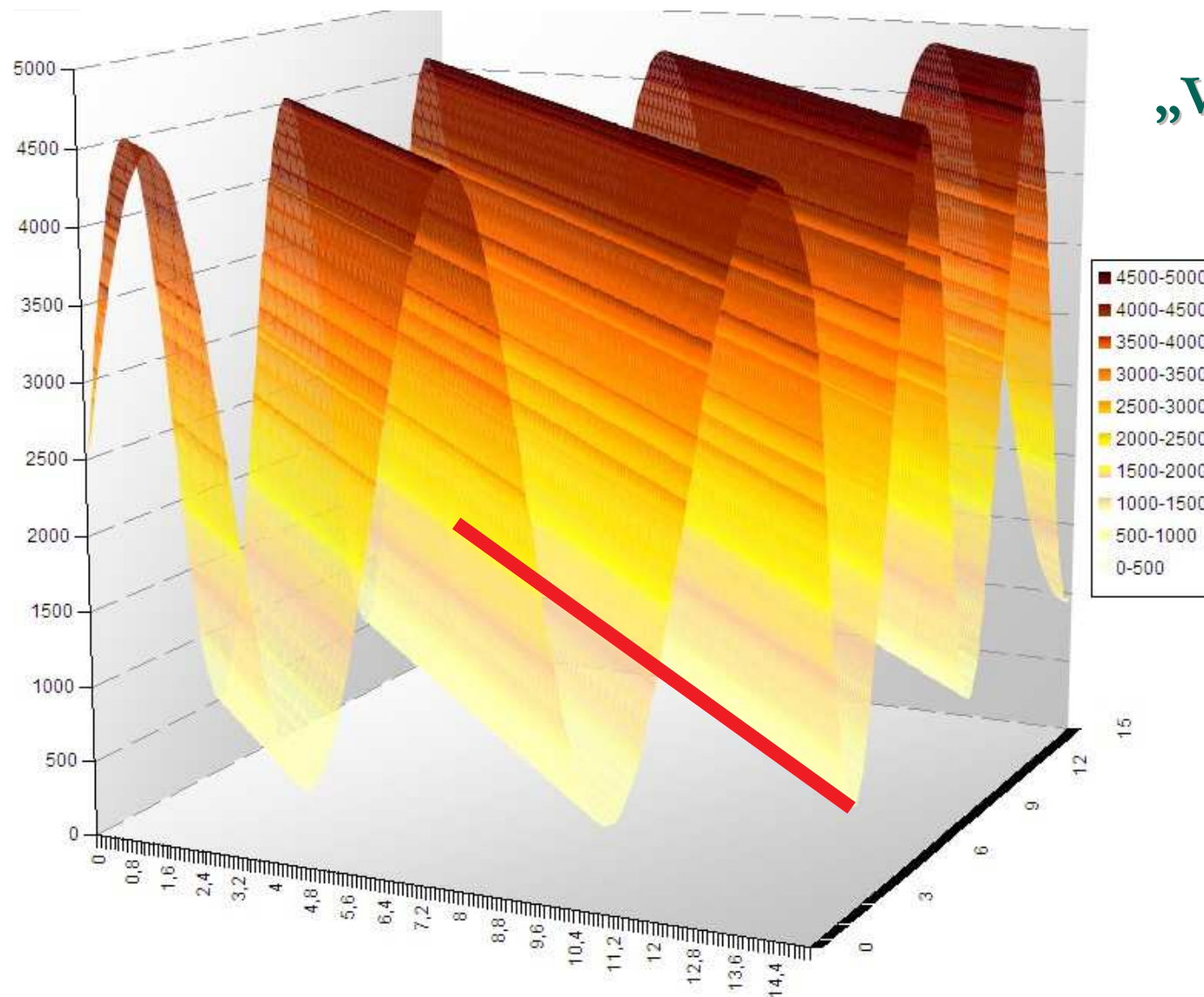
$C^{(b)} \Rightarrow \text{MIN!}$

$$OQ = [OQ_1 \quad \dots \quad OQ_{SKU} \quad \dots \quad OQ_s]$$

Az optimum kereső rendszer



„Völgy”



$a = 2500$

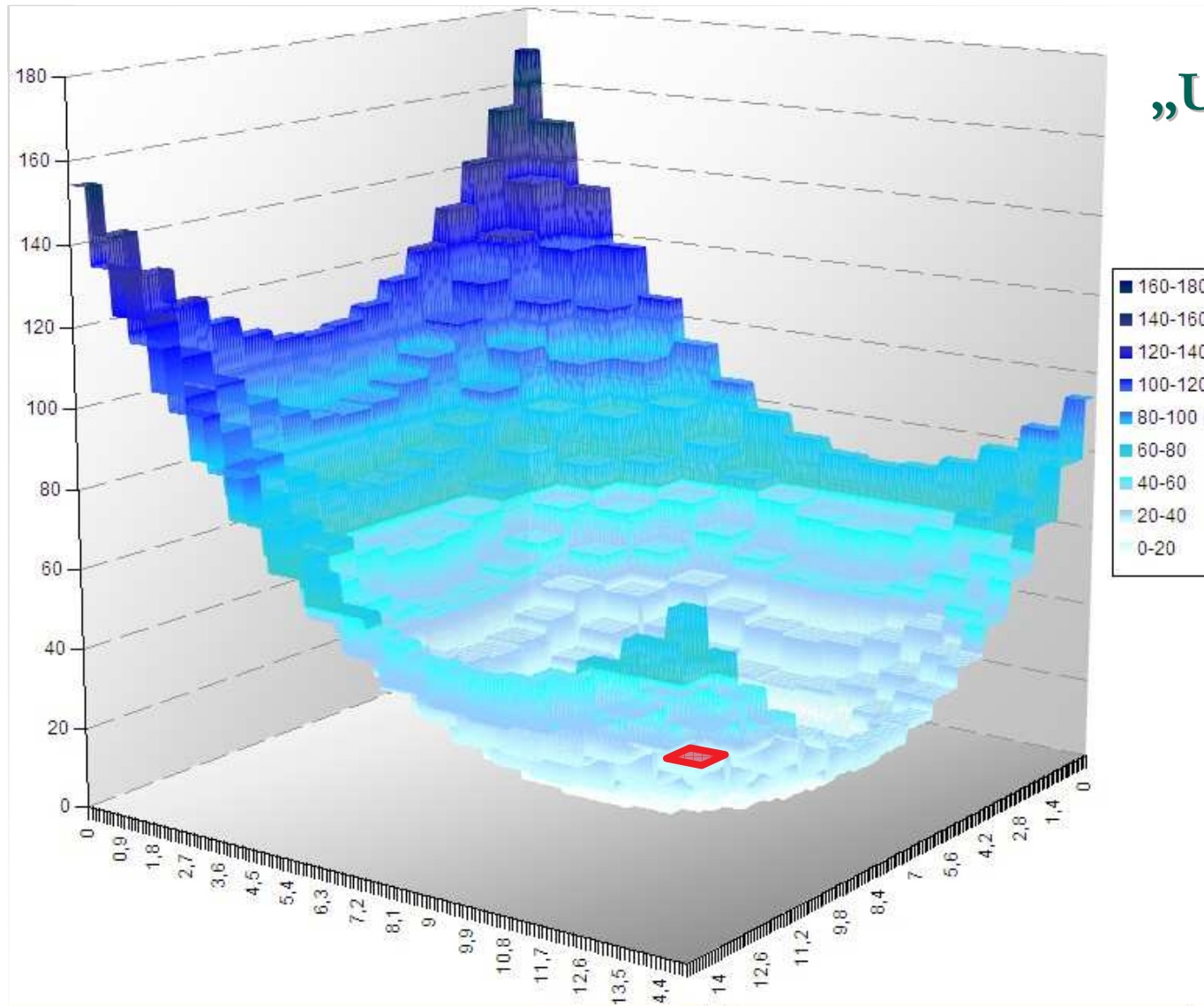
$b = 0.5$

$c = 2000$

$$f(x_1, x_2) = a + b \cdot (x_1 + x_2)^2 + c \cdot \sin(x_1 + x_2)$$

2007.12.06

„Ugrás”



$$a_1 = 10$$

$$a_2 = 8$$

$$b_1 = 0.5$$

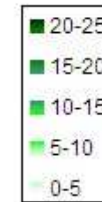
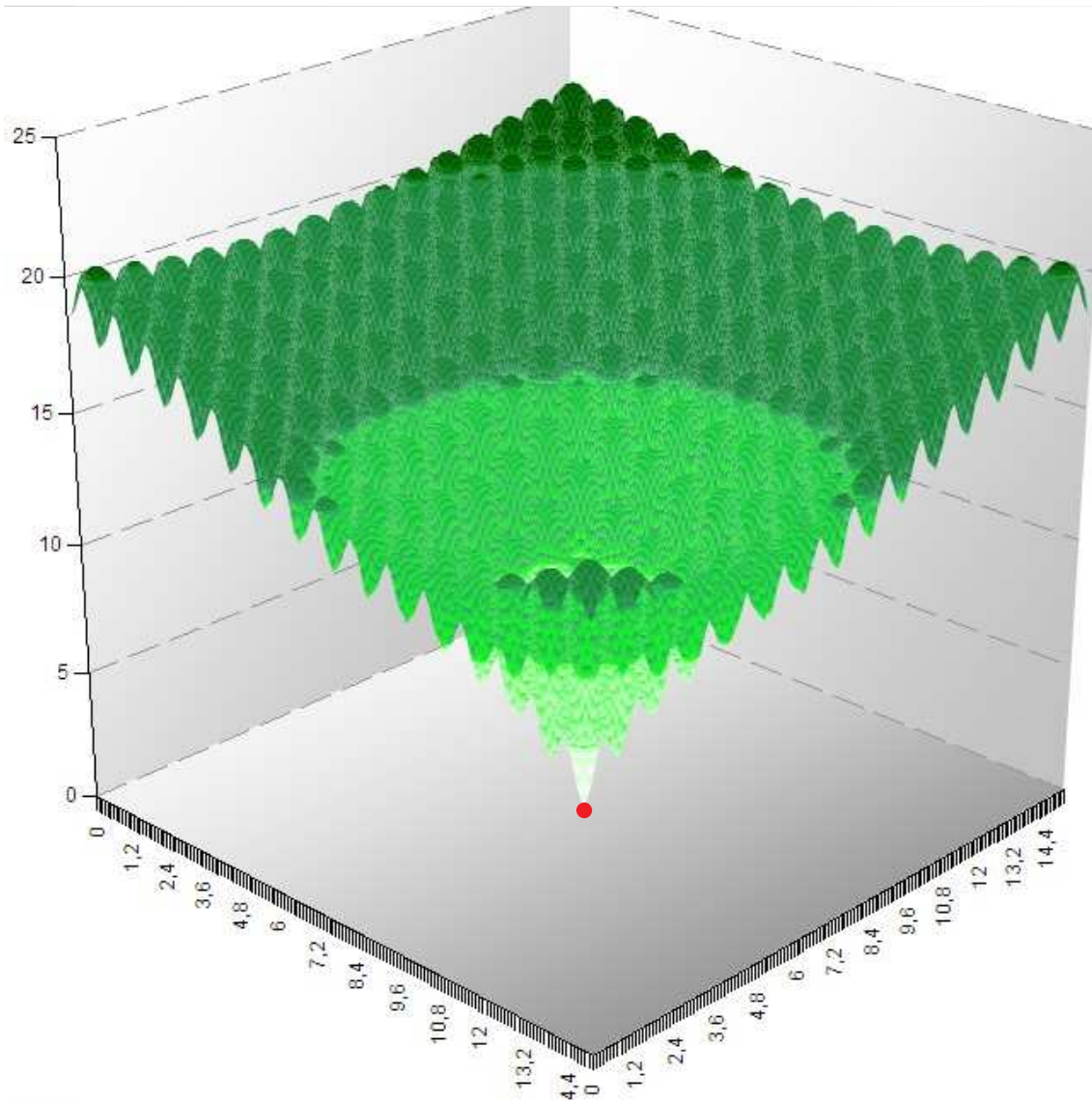
$$b_2 = 0.5$$

$$f_{\text{opt}} = 5$$

$$f(x_1, x_2) = \{\text{INT}[(x_1 - a_1) + b_1]\}^2 + \{\text{INT}[(x_2 - a_2) + b_2]\}^2 + f_{\text{opt}}$$

2007.12.06

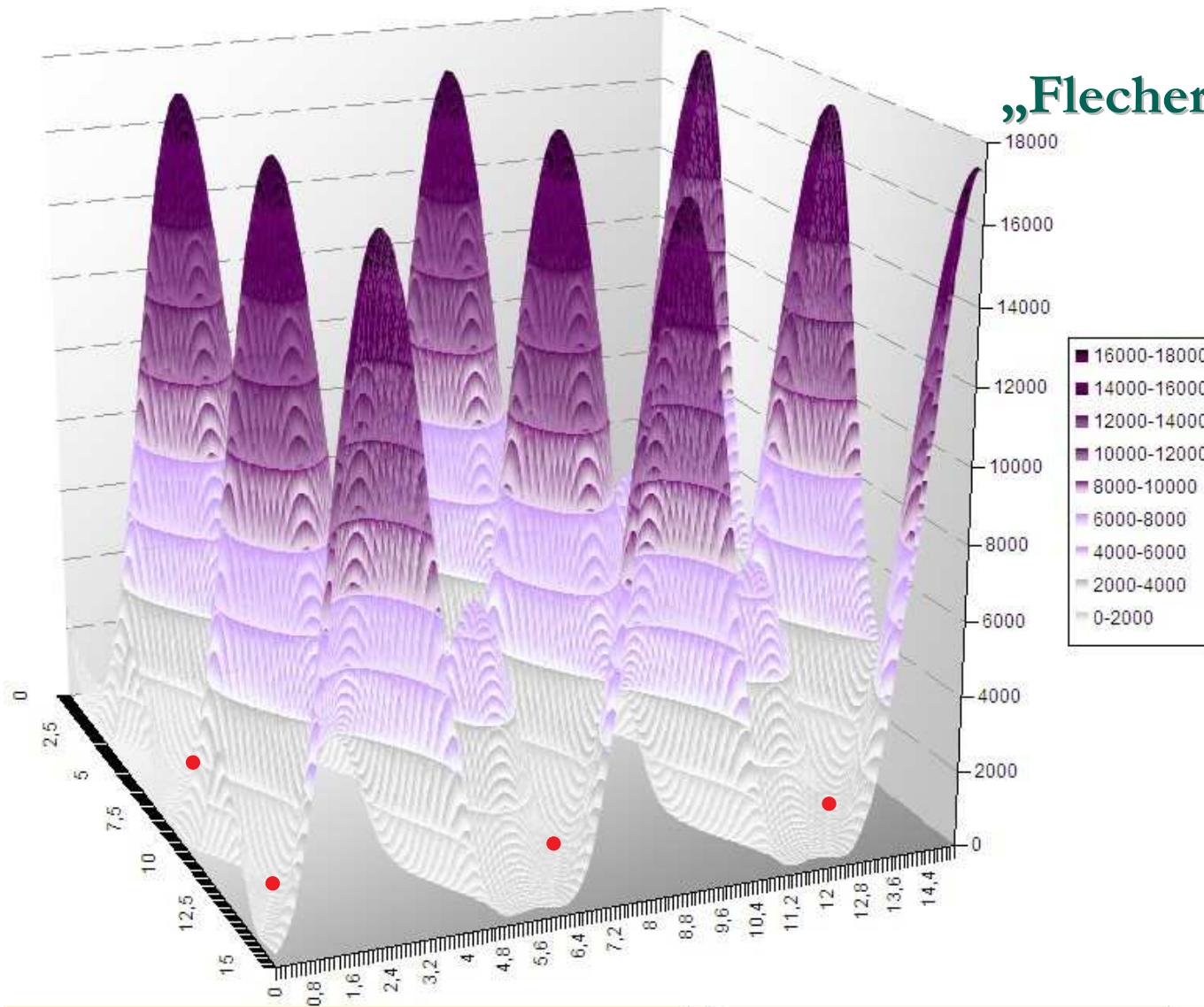
„Ackley”



$c_1 = 20$
 $c_2 = 0.2$
 $c_3 = 2\pi$
 $a = 5$
 $b = 10$
 $f_{\text{opt}} = 2.5$

$$f(x_1, x_2) = -c_1 \cdot e^{-c_2 \cdot \sqrt{0.5 \cdot [(x_1 - a)^2 + (x_2 - b)^2]}} - e^{0.5 \cdot (\cos c_3 \cdot x_1 + \cos c_3 \cdot x_2)} + c_1 + e + f_{\text{opt}}$$

„Flecher-Powell”



$$\begin{aligned}
 a_1 &= -50 \\
 a_2 &= -25 \\
 b_1 &= 50 \\
 b_2 &= 25 \\
 \alpha_1 &= -(\pi/2) \\
 \alpha_2 &= \pi/2 \\
 f_{\text{opt}} &= 200
 \end{aligned}$$

$$f(x_1, x_2) = \left[\sum_{i=1}^2 (a_i \cdot \sin \alpha_i + b_i \cdot \cos \alpha_i) - \sum_{i=1}^2 (a_i \cdot \sin x_i + b_i \cdot \cos x_i) \right]^2 + f_{\text{opt}}$$

2007.12.06

EOQP – FPGA, BGA

A VIZSGÁLT ISMÉRVEK	FPGA	BGA
Kísérletek száma:	25	
A célfüggvény várható értéke: $M(A^{(c)MAX})$	2471.26 dbnap	2509.74 dbnap
A célfüggvény várható értékének szórása: $D(M(A^{(c)MAX}))$	88.30 dbnap	119.73 dbnap
„EOQ ₁ ” várható értéke: $M(EOQ_1)$	3530.41 db	3493.81 db
„EOQ ₁ ” várható értékének szórása: $D(M(EOQ_1))$	101.88 db	76.02 db
„EOQ ₂ ” várható értéke: $M(EOQ_2)$	2505.94 db	2508.53 db
„EOQ ₂ ” várható értékének szórása: $D(M(EOQ_2))$	91.51 db	103.12 db
„EOQ ₃ ” várható értéke: $M(EOQ_3)$	5900.28 db	5899.33 db
„EOQ ₃ ” várható értékének szórása: $D(M(EOQ_3))$	10.05 db	12.21 db
„EOQ ₄ ” várható értéke: $M(EOQ_4)$	2187.80 db	2209.88 db
„EOQ ₄ ” várható értékének szórása: $D(M(EOQ_4))$	51.61 db	52.85 db
„EOQ ₅ ” várható értéke: $M(EOQ_5)$	1290.12 db	1299.81 db
„EOQ ₅ ” várható értékének szórása: $D(M(EOQ_5))$	49.93 db	50.50 db
Az iterációs lépések várható értéke:	557	577
Az iterációs lépések szórása:	89	116
Futási idő várható értéke:	7.87 perc	11.70 perc
Futási idő várható értékének szórása:	1.38 perc	2.23 perc

DISP – FPGA, BGA

A VIZSGÁLT ISMÉRVEK					FPGA		BGA		
Kísérletek száma:					25				
A célfüggvény értéke: $C^{(b)}$					3872561.43 Ft				
Összes raklapszám / járműszám:					30 ER / 1 jármű				
OQP ₁	OQA ₁	QDP ₁	OQAA ₁	OQPAA ₁	5 ER	4000 db	0 ER	4000 db	5 ER
OQP ₂	OQA ₂	QDP ₂	OQAA ₂	OQPAA ₂	4 ER	3000 db	0 ER	3000 db	4 ER
OQP ₃	OQA ₃	QDP ₃	OQAA ₃	OQPAA ₃	8 ER	6000 db	2 ER	7500 db	10 ER
OQP ₄	OQA ₄	QDP ₄	OQAA ₄	OQPAA ₄	4 ER	2400 db	5 ER	5400 db	9 ER
OQP ₅	OQA ₅	QDP ₅	OQAA ₅	OQPAA ₅	2 ER	1300 db	0 ER	1300 db	2 ER
Az iterációs lépések várható értéke:					10		4		
Az iterációs lépések szórása:					2		1		
Futási idő várható értéke:					0.1166 perc		0.0510 perc		
Futási idő várható értékének szórása:					0.0264 perc		0.0140 perc		

Tudományos eredmények

1. Megállapítottam, hogy a szakirodalomban rendelkezésre álló dokumentált, készletezési, rendelésütemezési folyamatok optimalására kifejlesztett, matematikai alapokon nyugvó modellek gyakorlati alkalmazásának hiánya a vállalati készletezési folyamatok korszerű, szabályozó rendszerként való értelmezésének módszertani problémáira vezethető vissza. ([BK1.], [BK5.], [BK11.], [BK15.], [BK17.])
 - a. Kibővítettem a készletszabályozás rendszerszemléletű értelmezésének módszertanát, megalapozva ezzel a valós készletezési rendszerek működésének korszerű, döntési modellek által támogatott folyamatorientált modellezését és optimalizálását.
 - b. Létrehoztam az adaptív, dinamikus készletszabályozás általánosan értelmezett, az 1.a. altézisben megfogalmazott elveken alapuló modelljének koncepció szintű rendszertervét.

Tudományos eredmények

2. Kísérleti úton igazoltam, hogy az 1. tézisben bemutatott kibővített módszertan az ital-nagykereskedelmi készletezési rendszerek és folyamatok modellezésében, működési jellemzőinek meghatározásában és elemzésében nagy hatékonysággal alkalmazható. ([BK2.], [BK3.], [BK4.], [BK6.], [BK8.], [BK9.], [BK12.], [BK17.])

- a. Egy kísérleti jelleggel vizsgált, ital-nagykereskedelemben jelentkező készletezési probléma rendelésütemezési folyamatainak racionalizálására és hatékonyságának vizsgálatára alkalmas kétszintű, hierarchikus folyamatmodellt és optimum számítási logikát fejlesztettem ki.
- b. VBA fejlesztőkörnyezetben kifejlesztettem a kísérleti jelleggel vizsgált készletezési folyamat racionalizált (2.a. altézisben ismertetett) rendelésütemezési stratégiája működési jellemzőinek meghatározására és elemzésére alkalmas szimulációs kísérleti eszközt.

Tudományos eredmények

3. Derivált független paraméter kereső eljárást fejlesztettem ki a Weibull-eloszlás alak és skála paramétereinek becslésére, a készletmodellezésben jelentkező keresleti és utánpótlási folyamatok Weibull statisztikával való modellezési lehetőségeinek megteremtése érdekében. ([BK12.], [BK17.])

Tudományos eredmények

4. Kísérleti úton igazoltam, hogy a korszerű, optimumkeresési hatékonyságot fokozó eljárásokkal kombinált genetikus algoritmusok az ital-nagykereskedelmi készletezési rendszerek és folyamatok komplex, sokváltozós és sokszor meglehetősen bizonytalan célrendszerében jelentkező optimum számítási feladatok végrehajtására hatékonyan alkalmazhatók. ([BK2.], [BK3.], [BK4.], [BK6.], [BK7.], [BK17.]
 - a. Lokális kereséssel, valamint az elitizmus technikájával kombinált, a bitsoros számábrázolás (BGA), valamint a valós vektoros számábrázolás (FPGA) elvén alapuló genetikus optimumkereső algoritmust fejlesztettem ki a gazdaságos rendelési téteknagyság probléma (EOQP), valamint a diszpozíciós probléma (DISP) megoldására.
 - b. VBA fejlesztőkörnyezetben kifejlesztettem a kísérleti jelleggel vizsgált (4.a. altézisben ismertetett) kombinált genetikus algoritmusok tulajdonságainak tesztelésére alkalmas optimumkereső kísérleti eszközt.

MÁR A MIKULÁS IS TUDJA, HOGY KORSZERŰ TECHNOLÓGIÁK NÉLKÜL NEM LEHET VERSENYKÉPES!

Néhány alapvetés...

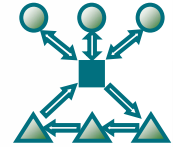
Szortiment?!?!? Készlet?!?!?!?

Beszállítók?!?!?

Kiszorgálandó türelmetlen
ügyfelek száma !?!?!?

.....





KÖSZÖNÖM A MEGTISZTELŐ FIGYELMET!

Bóna Krisztián