



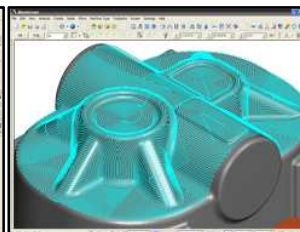
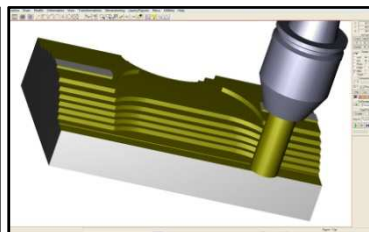
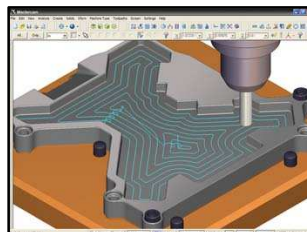
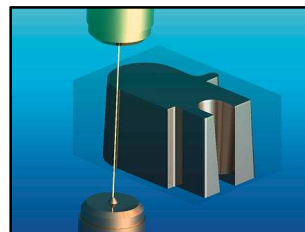
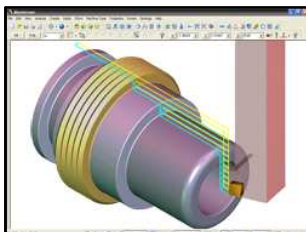
Gyártórendszerek mechatronikája

Termelési folyamatok II.

06 Költségbecslés

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgtk.uni-obuda.hu



Az idő- és költségbecslés feladata

Meghatározni a gyártás várható
időszükségletét és költség igényét.



A költségbecslés szerepe

- Önköltségszámítás árajánlat adáshoz
- Gyártási költségek kontrollálása
- Beszállítók árajánlatainak ellenőrzése
- „Venni vagy gyártani” döntés támogatása
- Tervezési alternatívák értékelése
- Anyagszükséglet tervezés
- Gyártás ütemezés



A költségbecslés problémája

↓ Befektetett munka



Pontosság



Probléma:

- Nem ismerjük a gyártási folyamat részleteit.
- Rövid idő áll rendelkezésre.

Költségbecslési módszerek

- Intuitív
- Analóg
- Parametrikus
- Analitikus
- MI alapú



Intuitív módszer



Intuícióra, tapasztalatra épít

- Nagy gyakorlat szükséges
- Részletesen ismerni kell a környezetet
- Pontatlan lehet
- Nem átlátható



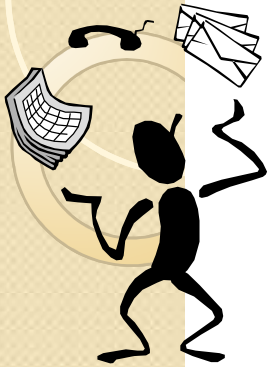
Analóg módszer

Összehasonlítás korábbi termékekkel

- Nagy adatbázis
- Hatékony keresés szükséges
- Statikus környezet
- Adaptálás

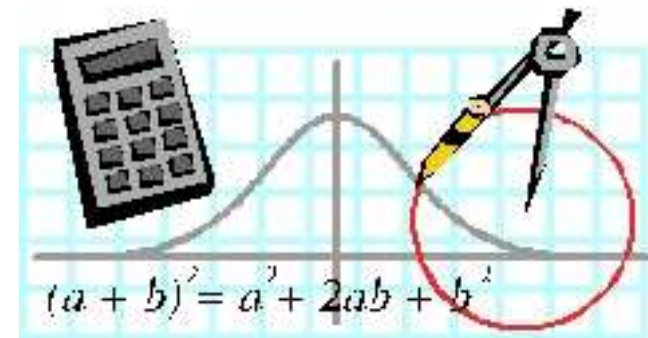


Parametrikus módszer

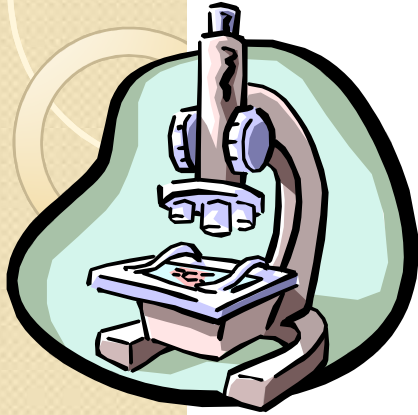


- Egyszerű függvénykapcsolat a néhány termék-paraméter és a költség között
- Általában tömeg vagy befoglaló méret
- Egyszerű
- Gyors
- Csak durva becslésre

Pl.: $K = C_0 + C_1 * m + C_2 * m^3$



Analitikus módszer

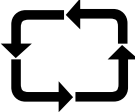
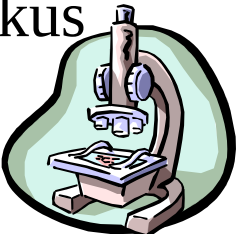


A feladat részletes dekomponálása,
részszámítások összegzése

- Részletes gyártási koncepció
- Az egyes elemek pontosabban becsülhetők
- Pontos ($\pm 5\%$)
- Időigényes

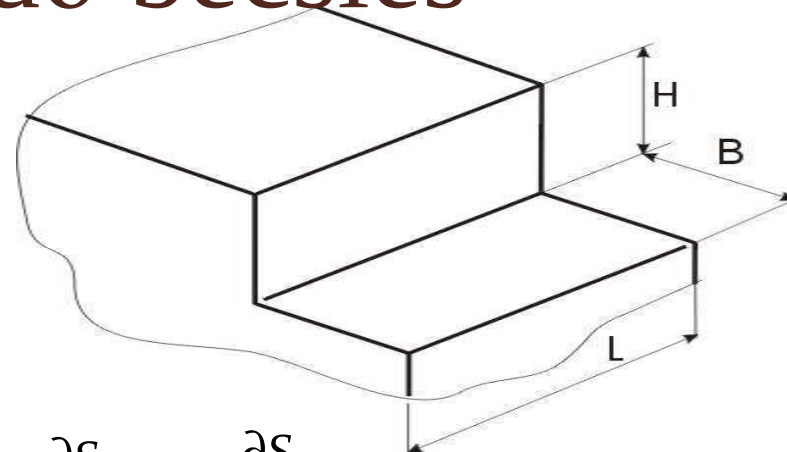


Költségbecslési módszerek

módszer	előny	hátrány
intuitív 	- gyors - egyszerű alkalmazni	- szakember igényes - pontatlan - nem átlátható
analóg 	- figyelembe veszi a konkrét környezetet	- időigényes - nagy adatbázist igényel
parametrikus 	- egyszerű - gyors	- pontatlan - heurisztikus
analitikus 	- pontos	- időigényes - szakember igényes - túl részletes

Parametrikus gyártási idő becslés

$$t_{est} = C \cdot B^{X_B} \cdot H^{X_H} \cdot L^{X_L}$$



Legkisebb négyzetek módszere

$$S = \sum_{i=1}^n \left(t_i - C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \right)^2 \rightarrow \text{MIN} \quad \begin{matrix} \frac{\partial S}{\partial C} = 0 & \frac{\partial S}{\partial X_L} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial X_B} = 0 & \frac{\partial S}{\partial X_H} = 0 \end{matrix}$$

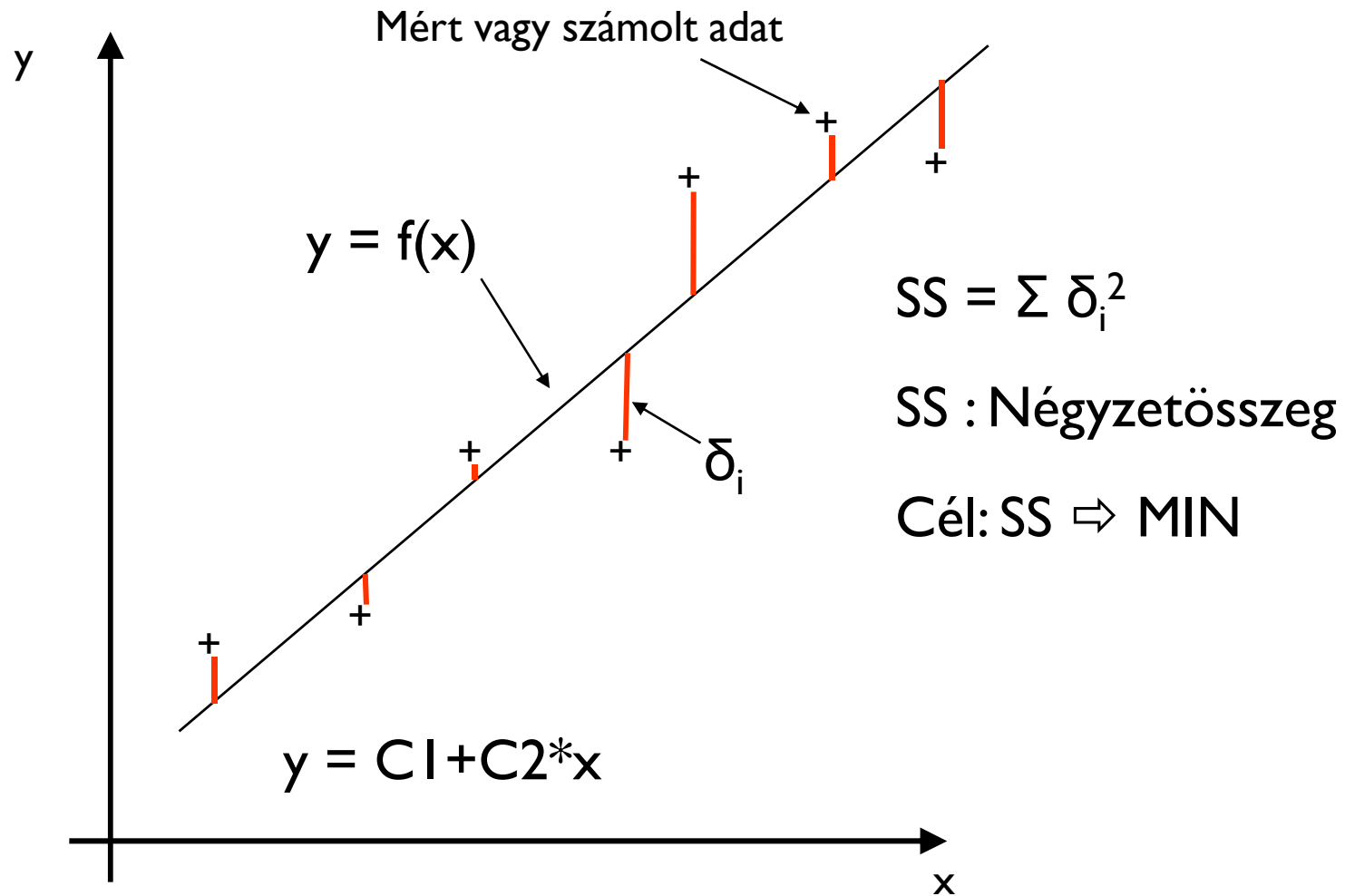
$$\frac{\partial S}{\partial C} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n \left(-t_i \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} + C \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \right) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial X_L} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n \left(-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln L_i + C^2 \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \cdot \ln L_i \right) = 0$$

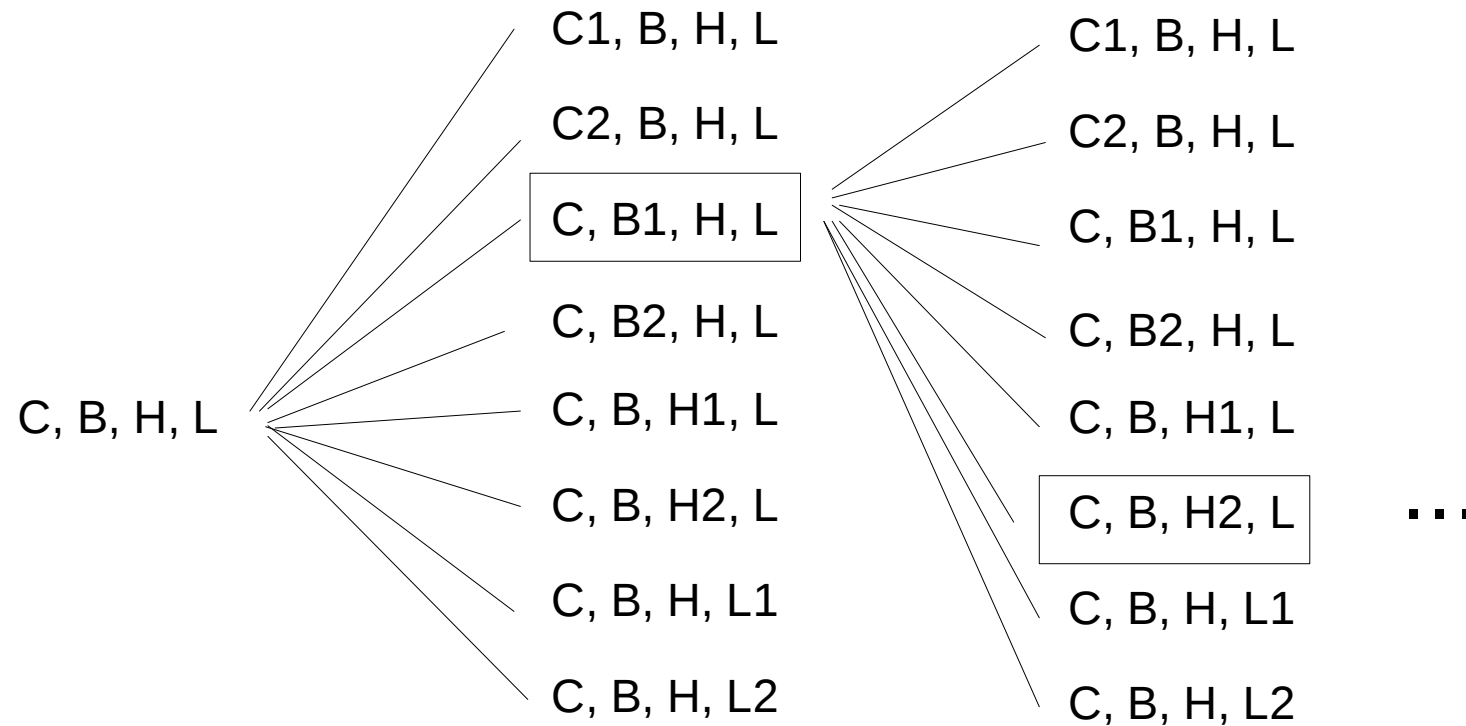
$$\frac{\partial S}{\partial X_B} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n \left(-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln B_i + C^2 \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \cdot \ln B_i \right) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial X_H} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n \left(-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln H_i + C^2 \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \cdot \ln H_i \right) = 0$$

Regresszió



Numerikus kereső algoritmus



Változás

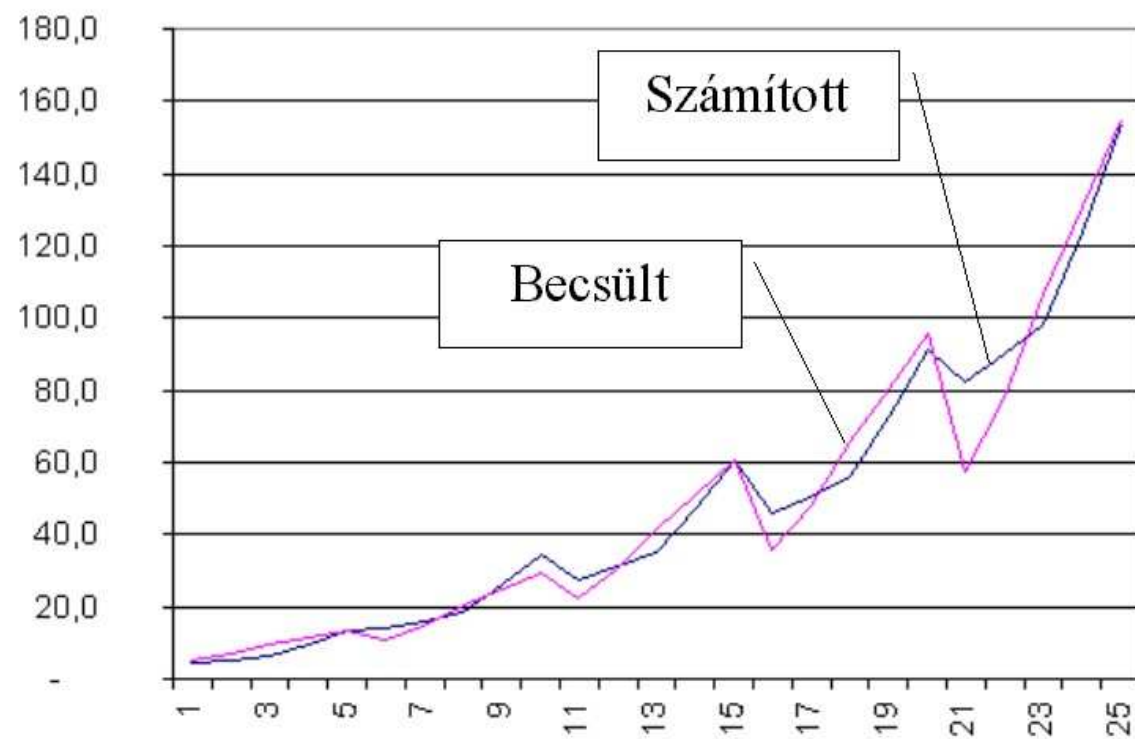
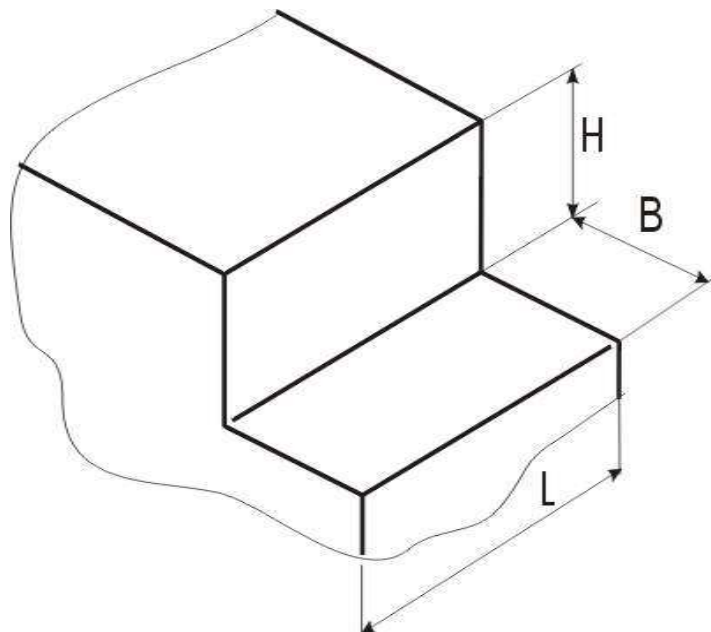
$$\Delta = 0.01 + \frac{Random(100)}{100 \cdot m}$$

Hiba

$$D_i = \frac{\sum_j |t - t_{i,j}|}{j}$$

Eredmények

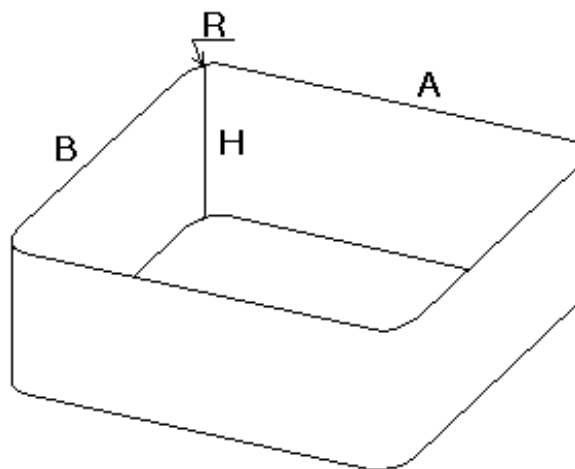
Alaksajátosság	Megmunkálás	C	XB	XD	XH	XL
Lépcső	Nagyol	0,160	0,430	-	0,690	0,600
	Simít	0,310	0,350	-	0,000	0,590
Horony	Nagyol	1,120	-0,255	-	0,790	0,900
	Simít	1,720	-0,360	-	0,000	0,950
Furat	Fúr	0,120	-	0,600	-	0,650
	Dörzsöl	0,171	-	1,388	-	0,660
Süllyesztés	Süllyeszt	0,080	-	1,100	-	0,550



Zseb nagyoló marása



A – Hossz
B – Szélesség
H – Mélység
R - Rádusz



Adatbázis

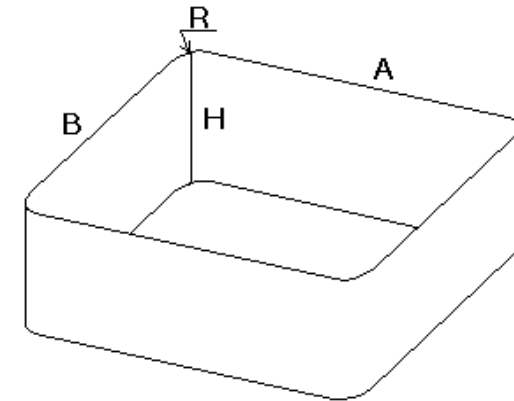
2028 eset:

A: 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250,

B: 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 400

R: 4, 5, 6, 8, 10, 12,5

H: 1, 3, 5, 10, 15, 20



Microsoft Excel - számítás.xls

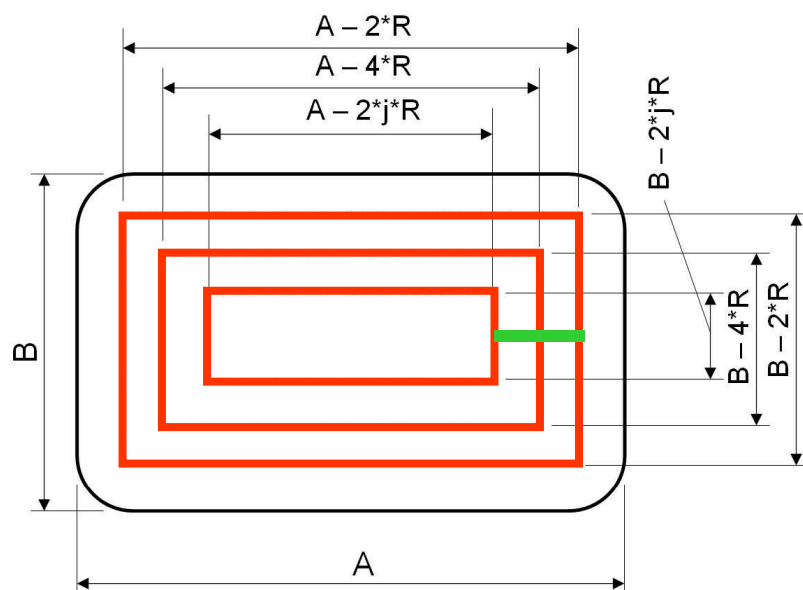
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

120%

.xls

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
13		Length (mm)	Width (mm)	Radii (mm)	Height (mm)		Tool diameter (mm)	No of cycles	No of levels	Depth of cut (mm)	Cutting speed (m/min)	No of revolution (1/min)	No of teeth	Feed per tooth (mm)	Speed of feed (mm/min)	Tool path (mm)	Manufacturing time (s)
14		A	B	R	H		D	j	i	a	vc	n	z	fz	vf	L	t
15	33	40	40	12,5	1		25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	60	4
16	72	40	50	12,5	1		25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	80	5
17	111	40	60	12,5	1		25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	100	6
18	423	50	50	12,5	1		25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	100	6
19	26	40	40	10	1		20	1	1	1,5	155	2467	4	0,078	769,696	80	7
20	34	40	40	12,5	3		25	1	2	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	120	7
21	462	50	60	12,5	1		25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	120	7
22	65	40	50	10	1		20	1	1	1,5	155	2467	4	0,08	769,696	100	8
23	150	40	80	12,5	1		25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	140	8

Szerszámút hossza



J	L_1
1	$L_1 = 2 \cdot [(A - D) + (B - D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 4 \cdot D$
2	$L_1 = 2 \cdot [(A - 2 \cdot D) + (B - 2 \cdot D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 8D$
3	$L_1 = 2 \cdot [(A - 3 \cdot D) + (B - 3 \cdot D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 12 \cdot D$
$\vdots$	
J	$L_1 = 2 \cdot [(A - J \cdot D) + (B - J \cdot D)] = 2 \cdot A + 2 \cdot B - 4 \cdot J \cdot D$

Ciklusszám egy szinten:

$$J = \text{int} \left[\frac{\min(A, B) - D}{D} \right]$$

Szerszámút hossza:

$$\underline{L_1} = J \cdot (2 \cdot A + 2 \cdot B) - 2 \cdot J \cdot (J + 1) \cdot D \quad (D=2 \cdot R)$$

Összekötő s fogásvételi mozgás hossza:

$$\underline{L_2} = 2 \cdot [(\max(A, B) - D) - (\max(A, B) - J \cdot D)] = 2 \cdot D \cdot (J - 1)$$

Megmunkálási idő

Fogás szám:

$$I = \text{int} \left[\frac{H}{a_p} \right] + 1$$

Megmunkálási idő:

$$t = \frac{L}{v_f} = \frac{I \cdot (L_1 + L_2)}{v_f}$$

$$t = \frac{I \cdot (J \cdot (2 \cdot A + 2 \cdot B) - 2 \cdot J \cdot (J + 1) \cdot D + 2 \cdot D \cdot (J - 1))}{v_f}$$

Előtolási sebesség

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

Fordulatszám

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi}$$

Szerszám

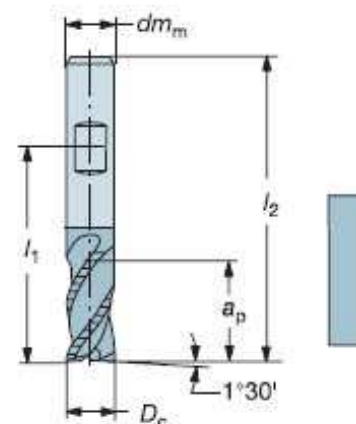
Roughing end mill

Kordell

Hardness <28HRc



Helix angle: -30° , -40°
Tolerances: D_c : h12
 dm_m : h8



SANDVIK
Coromant

l_1 = programming length

D_c mm	Ordering code	Front type, z_n	Dimensions, mm					P M K		
			dm_m	l_1	l_2	Helix l_{sh} mm ²⁾	Max a_p ¹⁾	GC	GC	GC
								1640	1640	1640
	Weldon									
6	R216.33-06030-BS07K	3	6	36	54	35.50	7.0	☆	☆	☆
8	R216.33-08030-BS09K	3	8	40	58	45.00	9.0	☆	☆	☆
10	R216.33-10030-BS11K	3	10	46	66	56.00	11.0	☆	☆	☆
12	R216.33-12030-BS12K	3	12	50.5	73	71.00	12.0	☆	☆	☆
14	R216.33-14030-BS14K	3	14	52.5	75	80.00	14.0	☆	☆	☆
16	R216.33-16030-BS16K	3	16	58	82	90.00	16.0	☆	☆	☆
20	R216.33-20030-BS20K	3	20	67	92	112.00	20.0	☆	☆	☆

MiniTab v14

MINITAB - ZSEBMARÁS 4.MPJ

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help

Session

Regression Analysis: lg t versus A; B; R; H

The regression equation is

$$\lg t = 5,61 + 0,0122 A + 0,00528 B - 0,309 R + 0,112 H$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	5,60576	0,04351	128,84	0,000
A	0,0122012	0,0002144	56,90	0,000
B	0,0052792	0,0001150	45,90	0,000
R	-0,309245	0,004137	-74,75	0,000
H	0,112029	0,001477	75,87	0,000

S = 0,537044 R-Sq = 90,3% R-Sq(adj) = 90,2%

Eredmény terület

adatok.MTW ***

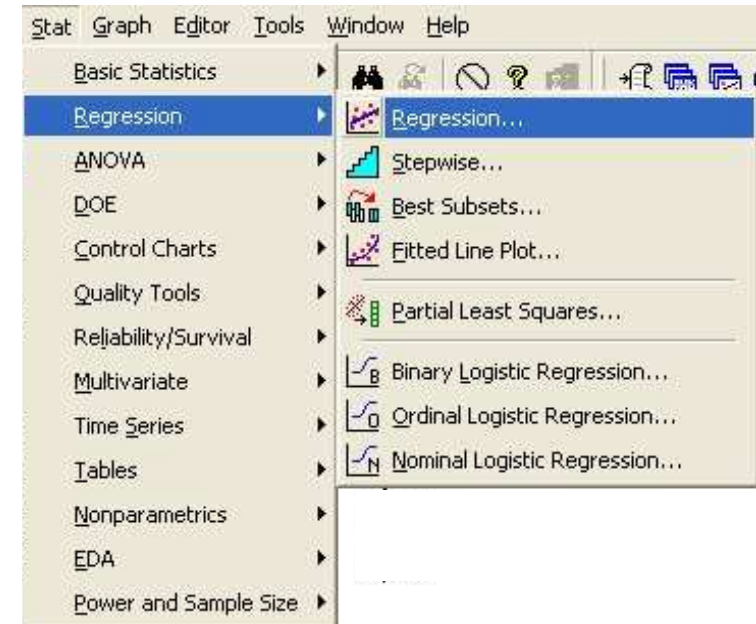
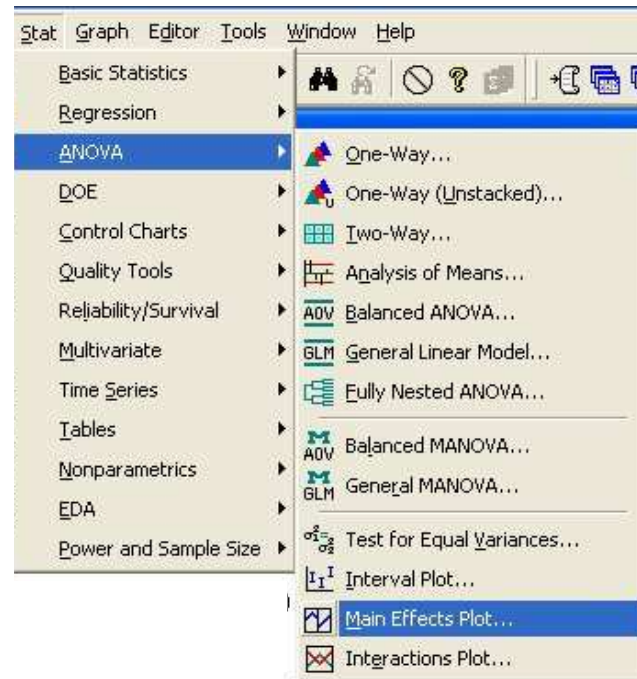
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22
	A	B	R	H	t	A2	B2	ln t	R2	H2	A3	B3	R3	H3	ln A	ln B	ln R	ln H				
1	40	40	4,0	1	45	1600	1600	3,89562	16,00	1	64000	64000	64,00	1	3,68888	3,68888	1,38629	0,00000				
2	40	40	4,0	3	135	1600	1600	4,91398	16,00	9	64000	64000	64,00	27	3,68888	3,68888	1,38629	1,09861				
3	40	40	4,0	5	224	1600	1600	5,41199	16,00	25	64000	64000	64,00	125	3,68888	3,68888	1,38629	1,60944				
4	40	40	4,0	10	448	1600	1600	6,10136	16,00	100	64000	64000	64,00	1000	3,68888	3,68888	1,38629	2,30259				
5	40	40	4,0	15	518	1600	1600	6,55331	16,00	225	64000	64000	64,00	3375	3,68888	3,68888	1,38629	2,70805				
6	40	40	5,0	1	32	1600	1600	3,46574	25,00	1	64000	64000	125,00	1	3,68888	3,68888	1,60944	0,00000				
7	40	40	5,0	3	95	1600	1600	4,5539	25,00	9	64000	64000	125,00	27	3,68888	3,68888	1,60944	1,09861				
8	40	40	5,0	5	158	1600	1600	5,0626	25,00	25	64000	64000	125,00	125	3,68888	3,68888	1,60944	1,60944				
9	40	40	5,0	10	316	1600	1600	5,7557	25,00	100	64000	64000	125,00	1000	3,68888	3,68888	1,60944	2,30259				
10	40	40	5,0	15	473	1600	1600	6,1591	25,00	225	64000	64000	125,00	3375	3,68888	3,68888	1,60944	2,70805				
11	40	40	5,0	20	631	1600	1600	6,4473	25,00	400	64000	64000	125,00	8000	3,68888	3,68888	1,60944	2,99573				
12	40	40	6,0	1	21	1600	1600	3,0445	36,00	1	64000	64000	216,00	1	3,68888	3,68888	1,79176	0,00000				
13	40	40	6,0	3	61	1600	1600	4,1109	36,00	9	64000	64000	216,00	27	3,68888	3,68888	1,79176	1,09861				

Copy + Paste
Excel táblából

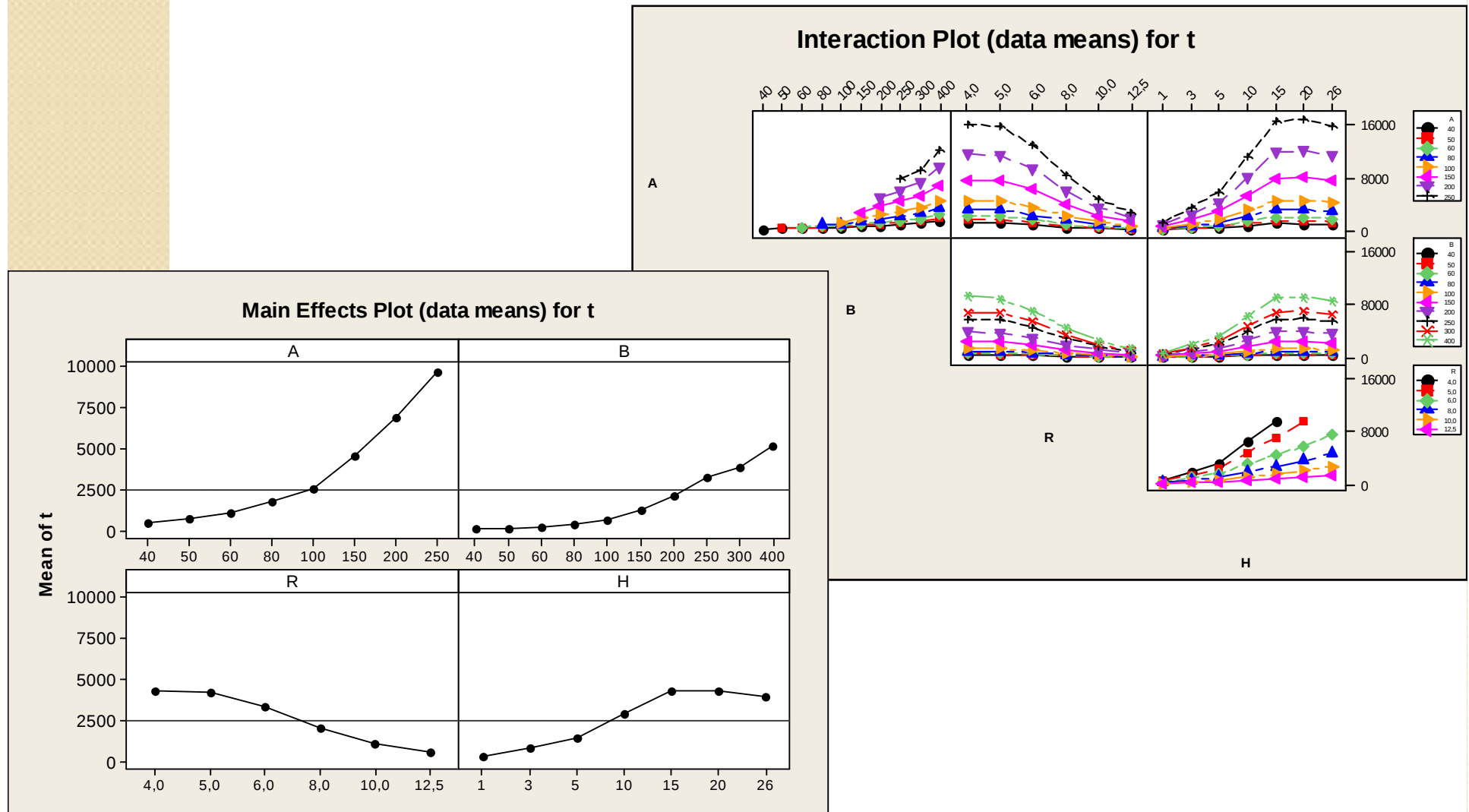
Diagrammok

Project... Residu... Main Ef... Main Ef... Interac... Residu... Main Ef... Residu...

MiniTab v14



Main effects plot – Interaction plot



#1 regresszió - lineáris

Regression Analysis: t versus A; B; R; H

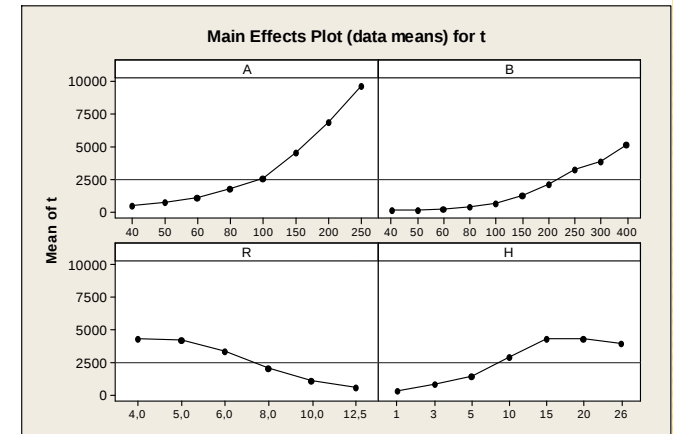
The regression equation is

$$t = -216 + 36,6 A + 7,38 B - 556 R + 204 H$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-216,4	251,1	-0,86	0,389
A	36,585	1,238	29,56	0,000
B	7,3768	0,6638	11,11	0,000
R	-555,65	23,88	-23,27	0,000
H	204,271	8,522	23,97	0,000

S = 3099,53 R-Sq = 55,0% R-Sq(adj) = 54,9%

95 felett kell lennie



$$R^2 = 1 - \frac{SS_Error}{SS_Total}$$

$$R^2(adj) = 1 - \frac{SS_Error / (n - p)}{SS_Total / (n - 1)}$$

SS – Sum of squares

#2 regresszió – négyzetes tagokkal

Regression Analysis: t versus A; B; A2; B2; R; R2; H; H2

The regression equation is

$$t = 4063 + 20,2 A - 4,54 B + 0,0651 A^2 + 0,0264 B^2 - 1479 R + 56,2 R^2 + 407 H - 7,82 H^2$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4063,3	705,1	5,76	0,000
A	20,243	5,440	3,72	0,000
B	-4,541	2,723	-1,67	0,095
A2	0,06506	0,01970	3,30	0,001
B2	0,026383	0,005758	4,58	0,000
R	-1479,4	163,1	-9,07	0,000
R2	56,247	9,666	5,82	0,000
H	407,28	30,86	13,20	0,000
H2	-7,824	1,182	-6,62	0,000

S = 3012,72 R-Sq = 57,6% R-Sq (Adj) = 57,4%

Regression #3 - logarithmic

Regression Analysis: ln t versus A; B; R; H

The regression equation is

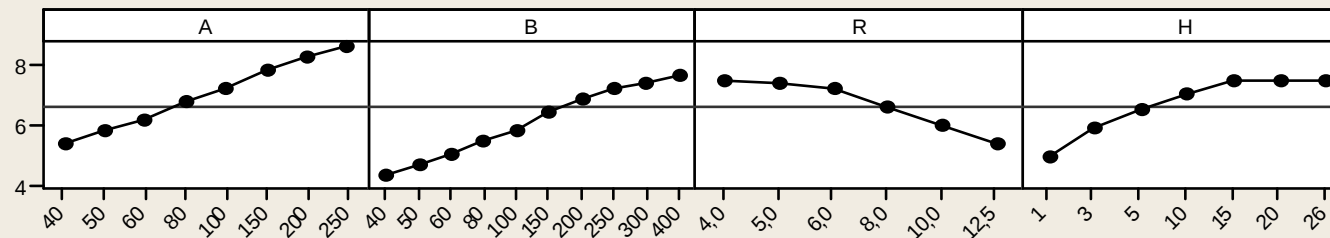
$$\ln t = 5,61 + 0,0122 A + 0,00528 B - 0,309 R + 0,112 H$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	5,60576	0,04351	128,84	0,000
A	0,0122012	0,0002144	56,90	0,000
B	0,0052792	0,0001150	45,90	0,000
R	-0,309245	0,004137	-74,75	0,000
H	0,112029	0,001477	75,87	0,000

S = 0,537044 R-Sq = 90,3% R-Sq(adj) = 90,2%



Main Effects Plot (data means) for ln t



Regression #4 – log, quadratic

Regression Analysis: ln t versus A; A2; B; B2; R; R2; H; H2

The regression equation is

$$\ln t = 4,20 + 0,0294 A - 0,000066 A^2 + 0,0112 B - 0,000013 B^2 - 0,430 R + 0,00790 R^2 + 0,264 H - 0,00599 H^2$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4,19634	0,06458	64,98	0,000
A	0,0293707	0,0004983	58,95	0,000
A2	-0,00006627	0,00000180	-36,72	0,000
B	0,0112452	0,0002494	45,09	0,000
B2	-0,00001339	0,00000053	-25,39	0,000
R	-0,42985	0,01493	-28,78	0,000
R2	0,0078993	0,0008854	8,92	0,000
H	0,263908	0,002827	93,35	0,000
H2	-0,0059925	0,0001082	-55,36	0,000
S = 0,275947 R-Sq = 97,4% R-Sq(adj) = 97,4%				

Regression #5 – log, cubic

Regression Analysis: ln t versus A; A2; A3; B; B2; B3; R; R2; R3; H; H2; H3

The regression equation is

$\ln t = 2,70 + 0,0486 A - 0,000234 A2 + 0,000000 A3 + 0,0187 B - 0,000052 B2 + 0,000000 B3 - 0,367 R - 0,00016 R2 + 0,000319 R3 + 0,464 H - 0,0253 H2 + 0,000479 H3$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	2,7022	0,1359	19,89	0,000
A	0,048623	0,001051	46,28	0,000
A2	-0,00023405	0,00000853	-27,45	0,000
A3	0,00000041	0,00000002	20,33	0,000
B	0,0186978	0,0005849	31,97	0,000
B2	-0,00005195	0,00000288	-18,03	0,000
B3	0,00000006	0,00000000	13,58	0,000
R	-0,36744	0,05263	-6,98	0,000
R2	-0,000164	0,006683	-0,02	0,980
R3	0,0003187	0,0002661	1,20	0,231
H	0,464229	0,004944	93,90	0,000
H2	-0,0252801	0,0004462	-56,65	0,000
H3	0,00047922	0,00001094	43,80	0,000

S = 0,182954 R-Sq = 98,9% R-Sq(adj) = 98,9%

Ha a P-value 0.2
felett van, a
paraméter
elhagyható.

Regression #6 – log, modified

Regression Analysis: ln t versus A; A2; B; B2; R; H; H2; H3

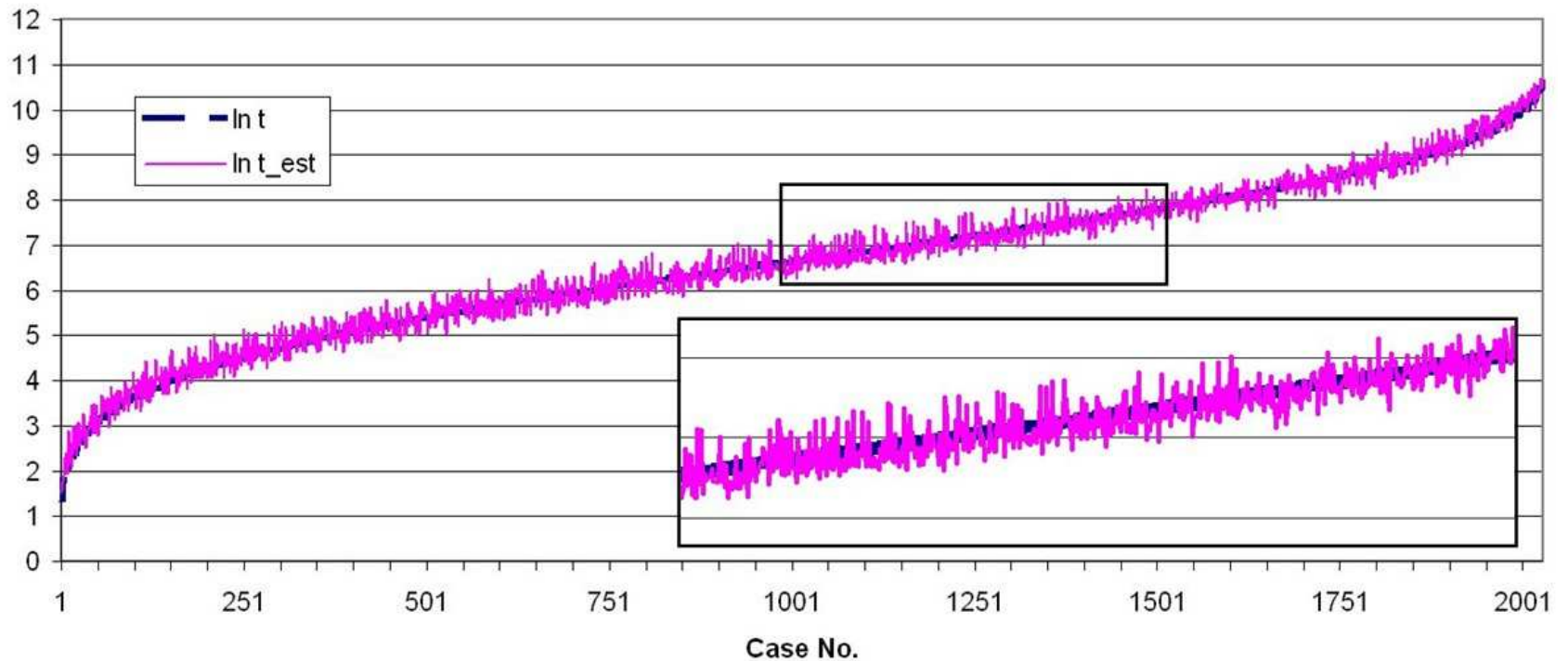
The regression equation is

$$\ln t = 3,33 + 0,0294 A - 0,000066 A2 + 0,0113 B - 0,000013 B2 - 0,299 R + 0,465 H - 0,0254 H2 + 0,000480 H3$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,33362	0,03017	110,51	0,000
A	0,0293667	0,0003926	74,81	0,000
A2	-0,00006625	0,00000142	-46,59	0,000
B	0,0112544	0,0001965	57,28	0,000
B2	-0,00001341	0,00000042	-32,28	0,000
R	-0,298923	0,001683	-177,66	0,000
H	0,465276	0,005872	79,24	0,000
H2	-0,0253605	0,0005299	-47,86	0,000
H3	0,00047959	0,00001300	36,90	0,000

S = 0,217412 R-Sq = 98,4% R-Sq (adj) = 98,4%

Results - Conclusions



$$\ln t = 3,33 + 0,0294 \cdot A - 0,000066 \cdot A^2 + 0,0113 \cdot B - 0,000013 \cdot B^2 - 0,299 \cdot R + 0,465 \cdot H - 0,0254 \cdot H^2 + 0,000480 \cdot H^3$$

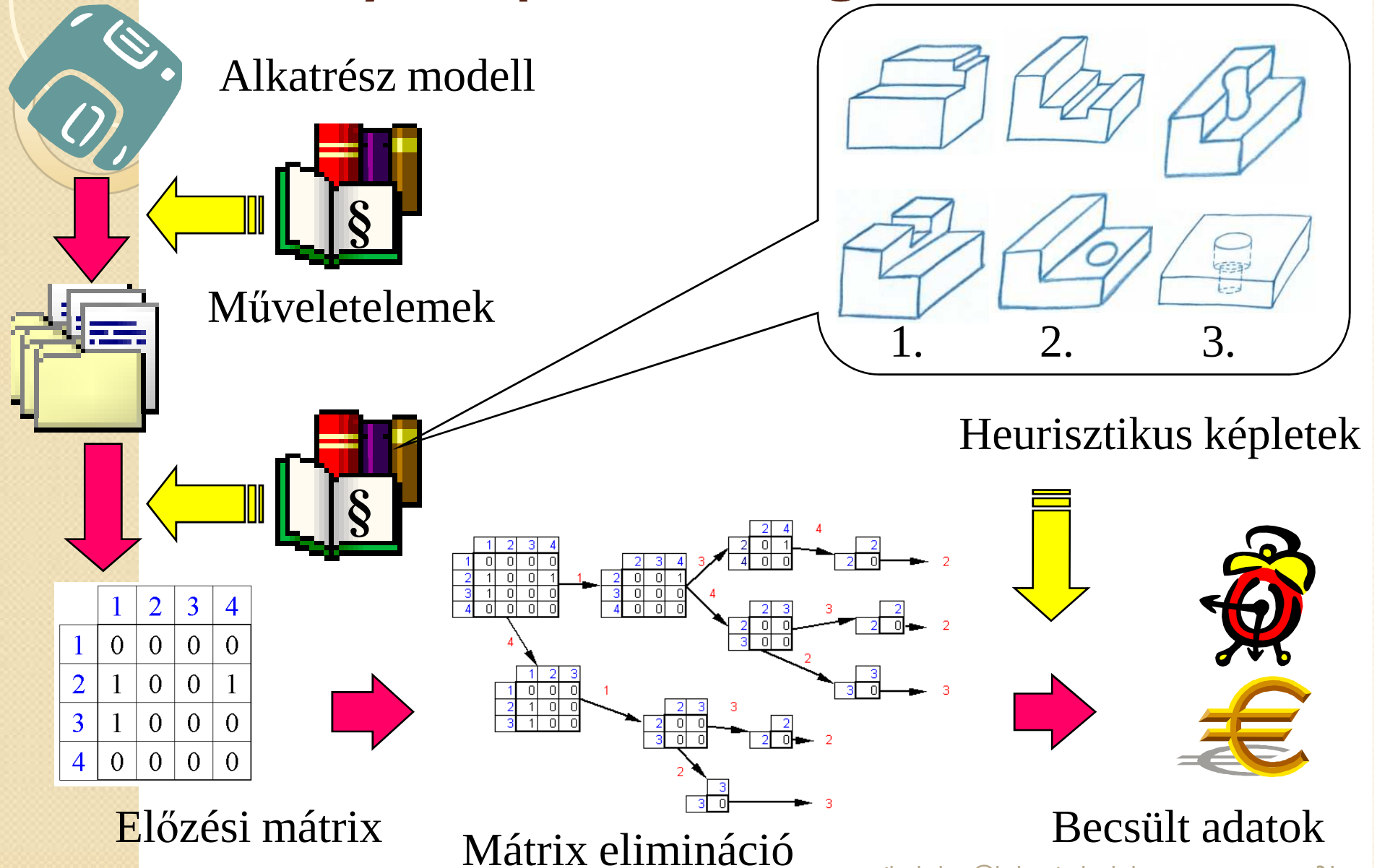
$$t = e^{3,33 + 0,0294 \cdot A - 0,000066 \cdot A^2 + 0,0113 \cdot B - 0,000013 \cdot B^2 - 0,299 \cdot R + 0,465 \cdot H - 0,0254 \cdot H^2 + 0,000480 \cdot H^3}$$

Mesterséges intelligencia módszerek

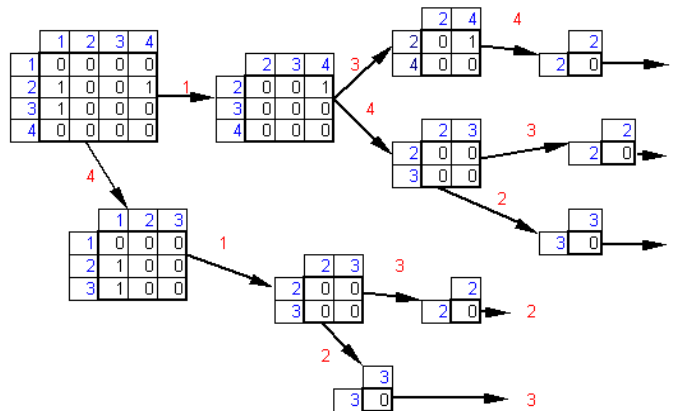


- Szabály-alapú becslés
- Eset-alapú becslés
- Neurális háló-alapú becslés

Szabály-alapú költségbecslés



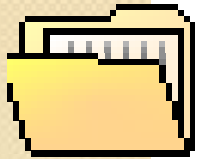
	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	1	0	0	1
3	1	0	0	0
4	0	0	0	0



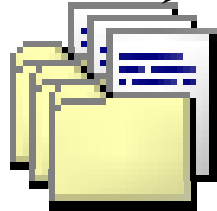
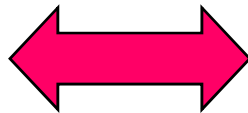
Eset-alapú költségbecslés



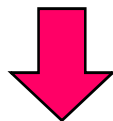
Alkatrész modell



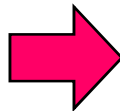
Paraméter
lista



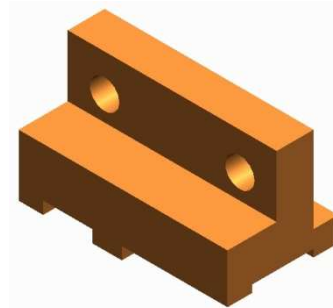
Eset bázis



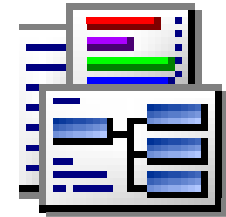
Keresés



Becsült adatok



+



Hasonlóság megállapítása
Választás
Adaptálás

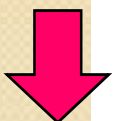
ANN-alapú költségbecslés



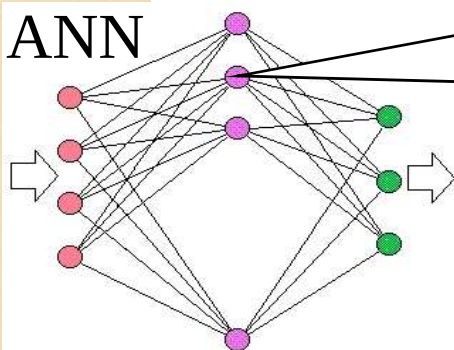
Alkatrészmodell



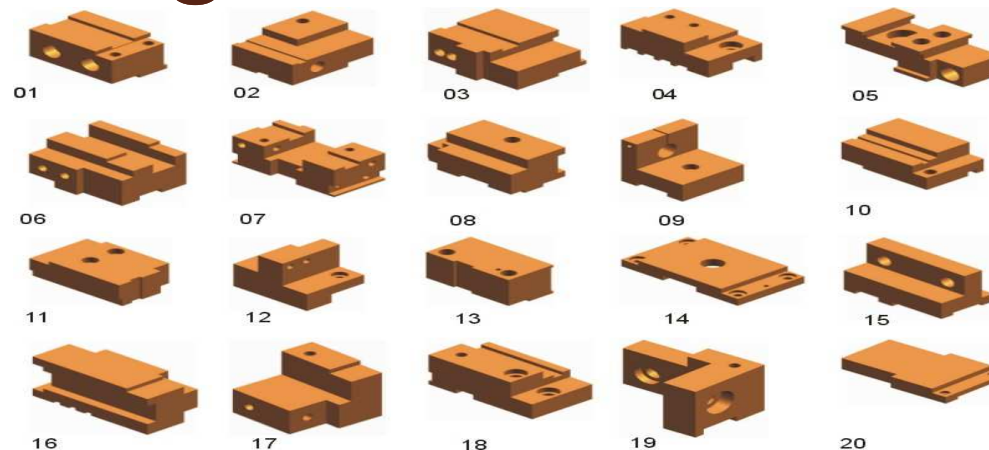
Paraméter
lista



ANN



Becsült adatok



Tanítási minta

