

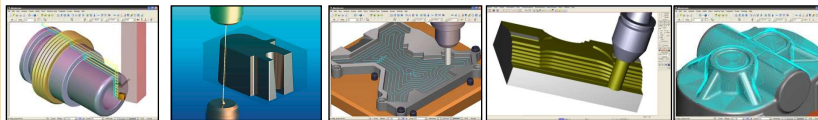


Forgácsolás technológia számítógépes tervezése II.

Technológiai tervezés

Dr. Mikó Balázs

miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu



TEMATIKA

1	
2	Tárgyismertető, Alapfogalmak, A technológiai tervezés elvei, módszerei
3	
4	A gyártástervezés modelljei, Típus- és csoporttechnológia
5	
6	Műveleti sorrendtervezés (1.HF kiadása) Művelet- és műveletelem tervezés
7	
8	CAM rendszerek: CAM folyamat, CAM modulok, Processzor-posztprocesszor elv Esztergálási ciklusok, Huzalos szikraforgácsolás ciklusai
9	
10	CAM rendszerek: 2.5/3/5 D-s marási ciklusok 1.HF beadása
11	
12	Rektori szünet
13	
14	Technológiai sajátosságok érvényesítése CAM rendszerekben

Követelmények

- Aláírás
 - Sorrendtervezési feladat
 - 2.5D marási feladat
 - 3D marási feladat (csak nappalin)
- Vizsga
 - Írásbeli

Alapfogalmak

A gyártástervezés feladata

Megtervezni a konstruktor által megtervezett termék gyártási folyamatát.



5

A gyártástervezés feladata

A technológiai tervezés célja
a gyártáshoz szükséges
dokumentációk
előállítása.



FTSZT II - miko.balazs@bkg.uni-obuda.hu

6

A gyártástervezés nehézsége

Előgyártmány



Termék

Gyártási
eljárások sorozata

A köztes állapotok száma
tetszőleges

Különböző eljárásokkal
létrehozható ugyanaz az
állapotváltozás

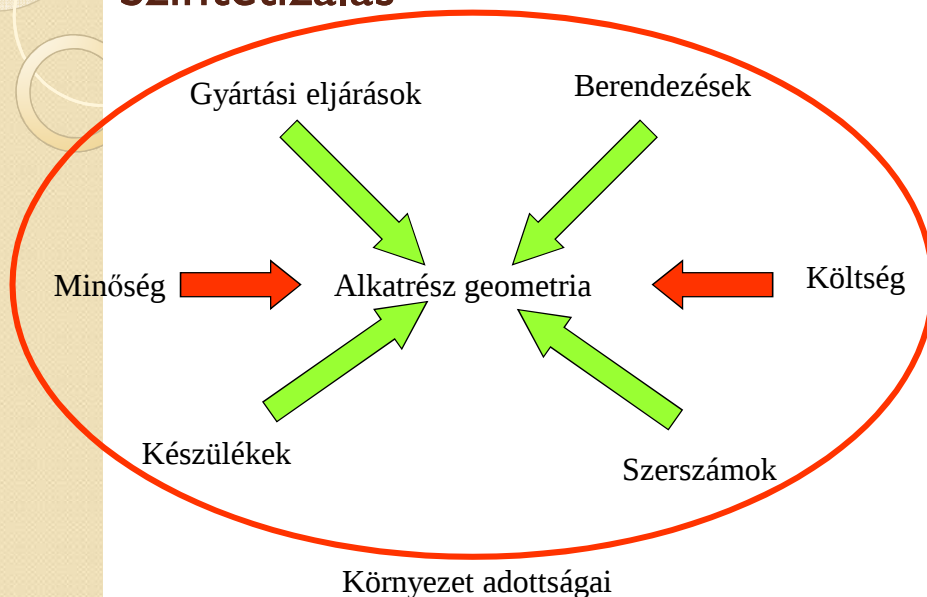
Ugyanaz az eljárás többféle
állapotot eredményezhet a
paraméterek függvényében

Az eljárások környezetfüggők

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

7

Szintetizálás



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

8

Alapfogalmak, definíciók

Gyártási folyamat: azon tevékenységek összessége, melynek folyamán egy anyagból alakjának és tulajdonságainak megváltoztatásával tervszerűen ipari termékeket állítanak elő.



Alapfogalmak, definíciók

Művelet: a gyártási folyamat önmagában befejezettnek tekinthető, megszakítás nélkül végzett szakasza.

A művelet a gyártási folyamat tervezési és szervezési egysége, amely több *műveletelemből* áll.

Forgácsolástechnológiában műveletnek nevezzük az egy gépen, egy felfogásban végrehajtott megmunkálások összességét.

Műveletelem: a művelet különválasztható és külön elemezhető, tervezhető eleme.

Forgácsolástechnológiában az egy szerszámmal geometriailag és technológiailag összefüggő ráhagyási alakzat eltávolítását nevezzük műveletelemnek.

Alapfogalmak, definíciók

Állapot: a munkadarab, felületelem, vagy felületelem csoport készülttségének meghatározására szolgál.

Megkülönböztethető állapotok: nyers állapot, közbenső állapot, pillanatnyi állapot, kész állapot.

Állapotjellemzők: az állapotot minőségileg számszerűen leíró paraméterek:

- anyagtulajdonsági
- geometriai
- méret (IT)
- alak (egyenesség, síklapúság, körkörösség stb)
- helyzet (párhuzamosság, merőlegesség, egytengelyűség stb.)
- mikropontosság (Ra)

Alapfogalmak, definíciók

Állapotváltozás: az állapotjellemzők megváltozásának folyamata.

Nyers állapot: a gyártási folyamat megkezdése előtti állapot.

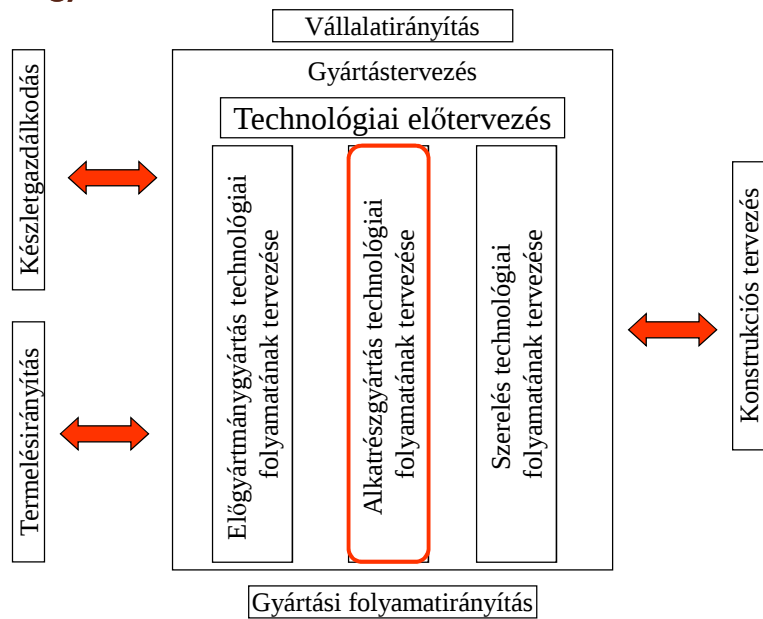
Közbenső állapot: az egyes műveletek közötti állapot.

Pillanatnyi állapot: a gyártási folyamat tetszőleges pillanatában fennálló állapot.

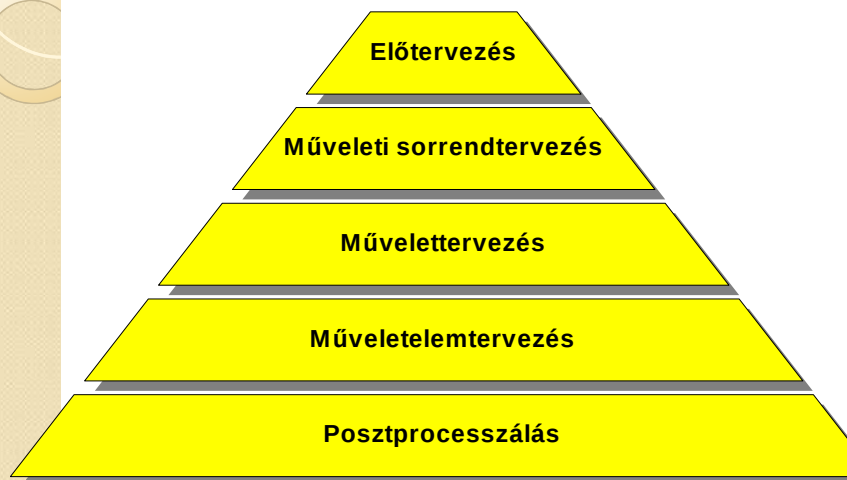
Kész állapot: a gyártási folyamat befejezése utáni állapot.

A technológiai tervezés feladatai

A gyártástervezés területei



A gyártástervezés szintjei



Előtervezés

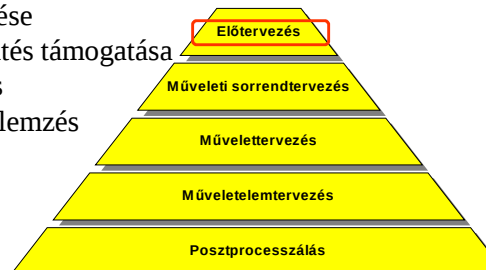
➤ A konstrukció technológiai bírálata

- Szerelhetőségi elemzés
- Gyárthatósági elemzés (globális, lokális)

➤ Gyártástervezési részfolyamatok előkészítése

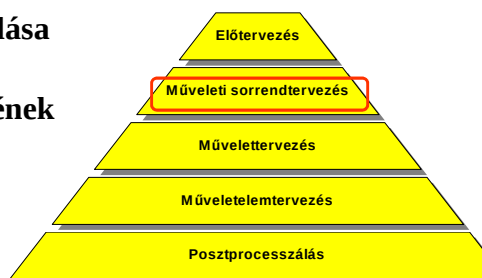
- Az előgyártmány gyártási, az alkatrészgyártási és a szerelési folyamat elemzése
- Gyártás / beszerzés döntés támogatása
- Előgyártmány választás
- Vázlatos technológiai elemzés

➤ Idő- és költségbecslés



Műveleti sorrendtervezés

- A megmunkálási igények és módok meghatározása
- A megmunkálási bázisok kijelölése
- A szerszámgépek és készülékek kiválasztása
- A műveletek behatárolása
- A műveletek sorrendjének meghatározása

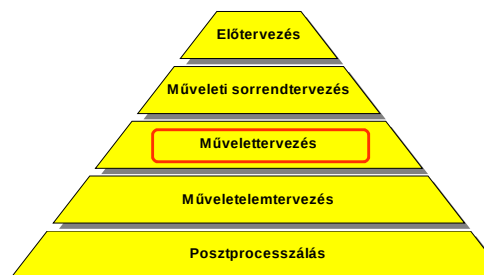


FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

17

Művelettervezés

- Műveletelemek tartalmának és sorrendjének meghatározása
- Szerszámok kiválasztása
- Szerszámelrendezési terv készítése

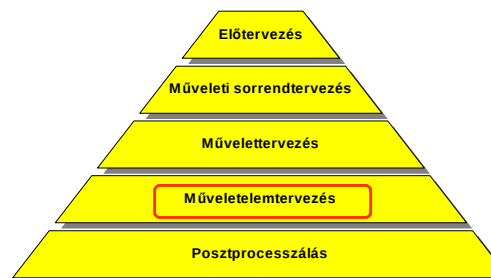


FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

18

Műveletelem tervezés

- Forgácsolási paraméterek meghatározása
- Szerszámpályák meghatározása

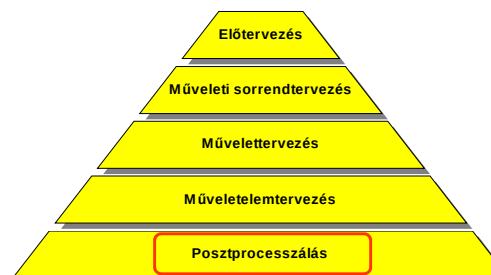


FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

19

Posztprocesszálas (illesztés)

- A tervezési eredmények illesztése az adott géphez, vezérléshez
- A gyártási dokumentáció elkészítése



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

20

A technológiai tervezés feladat típusai

Gyártástervezési feladatok típusai

Elemzési feladatok igények, feltételek analízisével kapcsolatosak, melyek megoldása révén előállnak a választási feltételek (pl. Eljárások, szerszámok kiválasztásának kritériumai). A feltételek részint valamely paraméterek tartományait, részint eljárások, objektumok típusait határozzák meg.



Gyártástervezési feladatok típusai

Választás: az elemzés során generált megoldási lehetőségek közül a megoldás kijelölése.



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

23

Gyártástervezési feladatok típusai

Értékelés: a választott, vagy generált megoldás vizsgálata.



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

24

Gyártástervezési feladatok típusai

Adaptálás/Korrekción: a javasolt megoldás módosítása a kezdeti feladat sajátosságainak figyelembevételével.

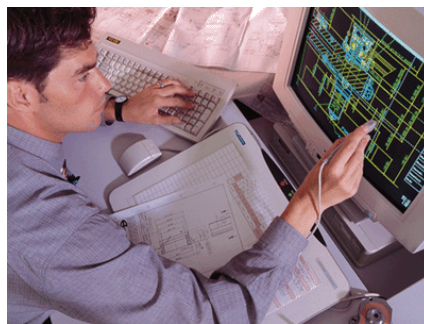


FTSZT II - miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

25

Gyártástervezési feladatok típusai

Geometriai feladatok: a teljes munkadarab, vagy bizonyos felületek definiálására, a közbenső állapotok meghatározására, a ráhagyások elosztására, ütközésvizsgálatokra, különböző objektumok (gép, munkadarab, készülék, szerszám) egymáshoz viszonyított elrendezésére szolgál.



FTSZT II - miko.balazs@bgi.uni-obuda.hu

26

Gyártástervezési feladatok típusai

Aritmetikai feladatnak tekintünk minden olyan nem geometriai számítási feladatot, amelynek eredménye valamilyen szám, paraméter.

Ide soroljuk:

- a mechanikai (statikai, kinematikai, dinamikai, szilárdságtani),
- hőtani,
- áramlástani,
- tribológiai,
- gépelem tervezési,
- forgácsoláseleméleti feladatokat.



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

27

Gyártástervezési feladatok típusai

Struktúrálási feladatok: egy folyamat elemeink és azok kapcsolatának, sorrendjének meghatározása.



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

28

A feladatmegoldás általánossága

Alkatrészek sokfélesége

Környezeti feltételek



A feladat modellje és általánossága nem lehet mindig általános érvényű!

- Általános
- Korlátosan általános
- Parametrikusan környezetfüggő
- Struktúrálisan környezetfüggő
- Speciális

A feladatmegoldás általánossága

Általános a feladat modellje és megoldása, ha bármilyen alkatrész esetén, bármilyen gyártási környezetben korlátozás és utólagos illesztés nélkül alkalmazható.

Az alacsonyabb szintű geometriai feladatok többsége ide sorolható.

Korlátosan általános megoldásról akkor beszélünk, amikor valamely jól definiált feladatra:

- bármely környezetben, de csak bizonyos alkatrészekre, felületelem csoportra, vagy
- bármely alkatrésze, de csak bizonyos környezeti feltételek mellett adható megoldás.

A feladatmegoldás általánossága

A parametrikusan környezetfüggő megoldások esetén a matematikai modell és a megoldás módja is megfogalmazható általános alakban, de a modell paramétereit adaptálni kell a konkrét környezet adottságaihoz.

A strukturálisan környezetfüggő megoldások jellemzője, hogy létezhet ugyan környezetfüggetlen legjobb megoldás, de ennek csak elvi jelentősége van, mivel az adott környezetben a feltételek hiánya okán nem alkalmazható.

A feladatmegoldás általánossága

A speciális megoldások csak abban a környezetben alkalmazhatók, amelyekre kidolgozták őket.



A technológiai tervezés elvei



A gyártástervezés elvei

- absztrakció szerepe a tervezésben
- lokalitás kihasználása a tervezésben
- analógiák alkalmazása
- nemlineáris és korlátozás alapú tervezés
- heurisztikák
- optimalizálás

Absztrakció

Az absztrakció bonyolult feladatok megoldásának megközelítése

A lényeges vonásokat kiemelve, a közelítő megoldást finomítjuk a korábban elhanyagolt részek figyelembevételével.

Mikor érdemes absztrakciót alkalmazni?

- nem kell tartani attól, hogy fontos megoldások vesznek el.
- jobb hatékonyság érhető el, mint részletes tervezéssel.
- lehetőség van absztrakt tervek újrafelhasználására.

Nem lehet elkerülni a korai elkötelezettséget.

A lényeges részek önkényes kiemelése korlátozást jelent.

Absztrakció nélkül nincs tervezés.

Lokalitás

Elkülönítjük az önállóan kezelhető, zárt problémákat, dekomponáljuk a feladatot.

Az egyes részek lokálisak, de nem izoláltak!

Az okozat lokális.

Dekompozíció.

A feladat komplexitása csökkenthető.

Pl. Felületelem csoport – technológiai, nem konstrukciós.

Analógiák

Cél: a tervek újrafelhasználása.

Kérdés: a tervek milyen reprezentáció mellett alkalmasak újrafelhasználásra?

Motiváció:

- nincs idő a terveket előlről kezdve végigvinni,
- gyors döntések,
- komplex feladatok.

Analógiák

- **Transzformációs analógia:** korábbi tervek újrafelhasználása.
- **Származtatási analógia:** korábbi tervek tervezési folyamatának újrafelhasználása.

Analógiákat érdemes alkalmazni, ha:

- a tervbeli lépések és kölcsönhatások száma csekély,
- van erős világmodell,
- sok a hasonló feladat,
- nincs szükség az eredmények globális optimalizálására.

- Típustechnológiák
- Csoporttechnológiák
- Eset-alapú tervezés

Nemlineáris és korlátozás alapú tervezés

Addig késleltetünk egy tervezési döntést, amíg nem vagyunk rákényszerítve a döntés meghozatalára.

A nemlineáris tervezési módszerek egy megoldást lépésről lépésre finomítanak, egyre több korlátozást építve a tervbe.

Nem a megoldás tulajdonságait határozzák meg, hanem azokat a követelményeket, melyeket az összes megoldásnak ki kell elégíteni.

A korlátozások nem feltétlenül egzakt alapokon nyugszanak.
„Így ésszerű”

Nemlineáris és korlátozás alapú tervezés

Hatékonyabb, tömörebb reprezentáció, gyorsabb tervezési eljárás.

Nem hozunk korán rossz döntéseket, visszalépés elkerülhető.

Nincs biztosíték a terv helyességére.

A helyesség ismérve: nincs ellentmondás a terv egyes elemei között.

A terv javítható valamely korlátozás visszavonásával.

Heurisztikák

- A probléma numerikus formában nem írható fel.
- Célfüggvény nem fogalmazható meg numerikusan.
- Nem áll rendelkezésre megoldási algoritmus.
- A heurisztikus eljárások egyszerűbbek és kevésbé igényesek, mint az egzakt matematikai megoldások.
- A heurisztikus megoldások az emberi megoldási mechanizmust utánozzák.
- A heurisztikus eljárások jósága matematikailag nem bizonyítható, a gyakorlati alkalmazhatóság határozza meg jóságát.
- A heurisztikus eljárások a gyakorlati tapasztalat felhasználásával teszik lehetővé egy feladat megoldását, vagy rövidítik meg annak menetét
- Csak szuboptimális megoldást garantálnak.

Optimalizálás

Optimalizálás = maximális hatás elérése

~~„legoptimálisabb”~~

1. Egy rendszer tulajdonságai leírhatók $\underline{Z}$ paraméterekkel.
2. Megfogalmazható egy jósági kritérium: $f(\underline{Z})$.
3. A rendszer optimálisnak nevezhető ha $\underline{Z}^*$ esetén $f(\underline{Z}^*) = \min/\max$.

Optimalizálás

Statikus optimalizálás: $\underline{Z}$ nem függ az időtől.

Dinamikus optimalizálás: $\underline{Z}$ függ az időtől.

Egyes paraméterek lehetnek:

- determinisztikus, vagy
- valószínűségi változók.

Jósági kritérium megfogalmazása:

- $f(\underline{Z})$
- gyakorlati célokat fogalmazzon meg

Optimalizálás

A statikus optimalizálás elemei:

- paraméterek: $\underline{Z}$
- célfüggvény: $f(\underline{Z})$
- az egyes paraméterek értelmezési tartománya által meghatározott keresési tartomány
- megoldási algoritmus

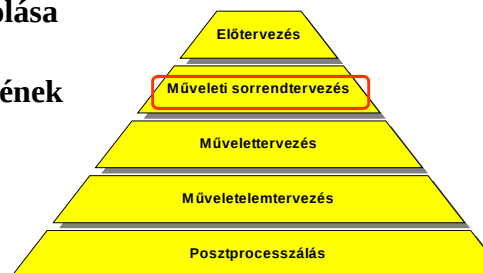
A megoldás feltételei:

1. A probléma numerikus formában felírható.
2. A cél definiálható célfüggvény formájában.
3. Létezik időben és kapacitásban elérhető algoritmus.

Műveleti sorrendtervezés

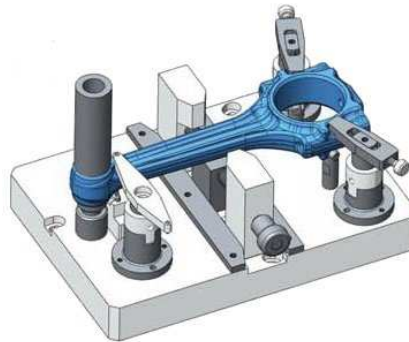
Műveleti sorrendtervezés

- A megmunkálási igények és módok meghatározása
- A megmunkálási bázisok kijelölése
- A szerszámgépek és készülékek kiválasztása
- A műveletek behatárolása
- A műveletek sorrendjének meghatározása



Műveleti sorrend

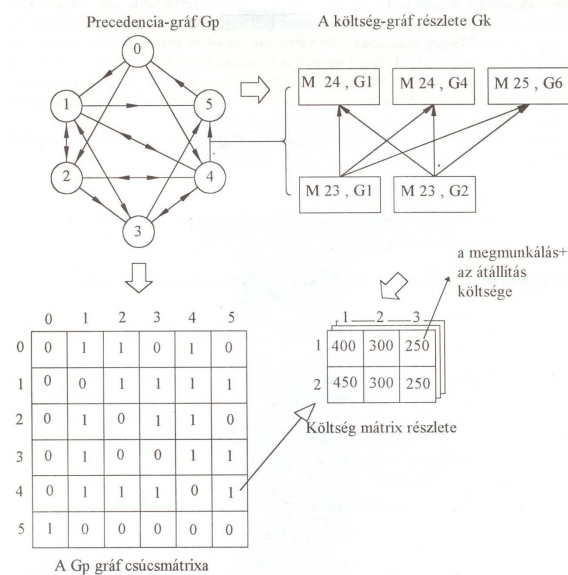
- Előzési feltételek
- Műveletek számának minimalizálása
- Megmunkáló gépek
- Bázisok, készülékek



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

47

A modell elemei



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

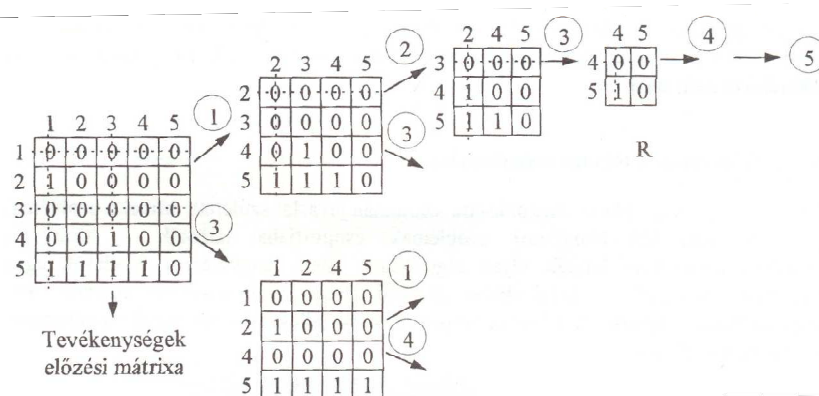
48

Megoldási módok

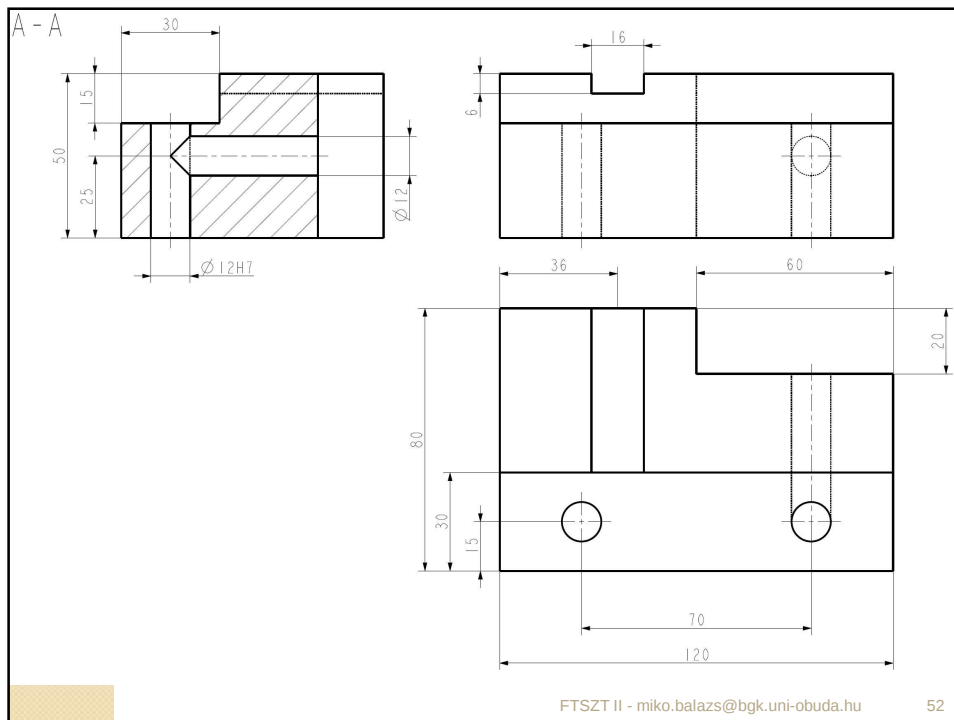
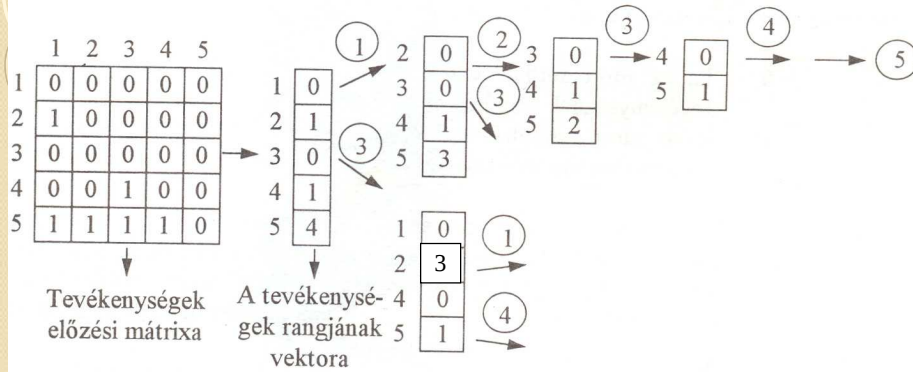
Egzakt módon nem oldható meg (NP-teljes probléma)

- Teljes leszámolás módszere
- Mátrix redukciós módszer
- Vektoros módszer

Mátrixredukció



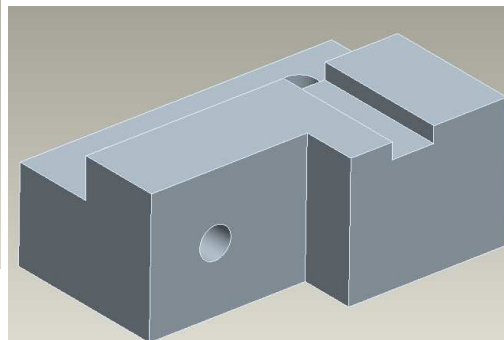
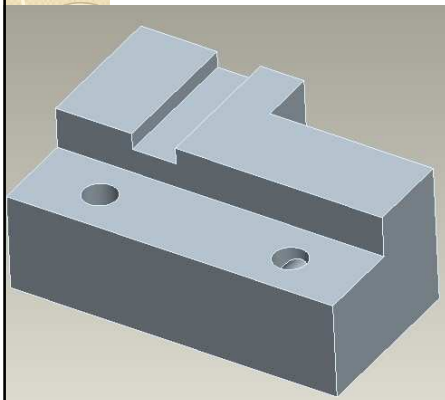
Vektoros módszer

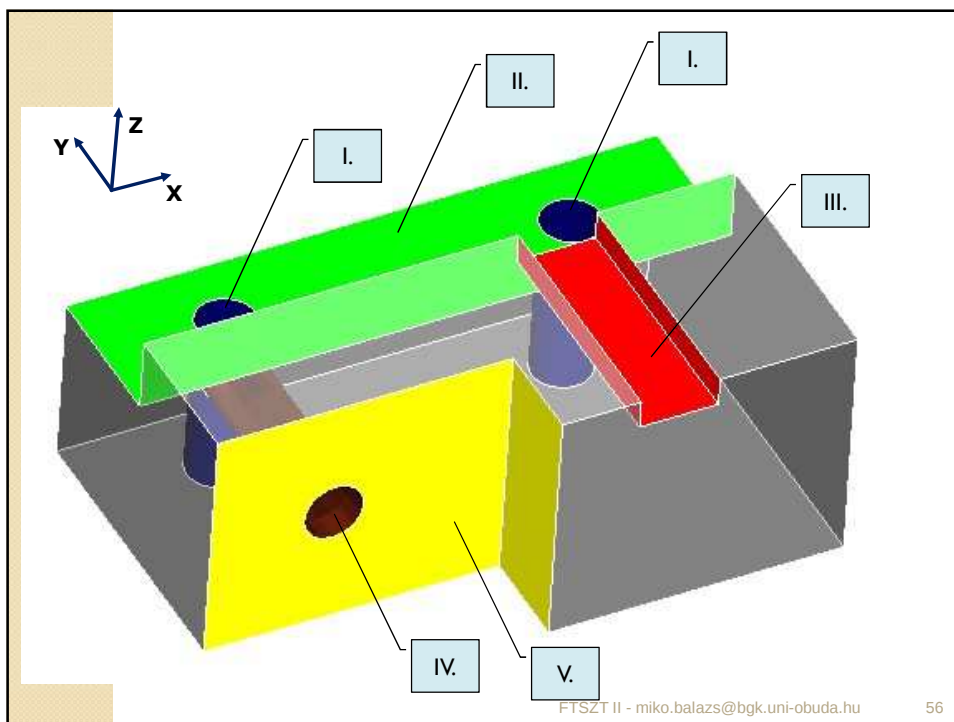
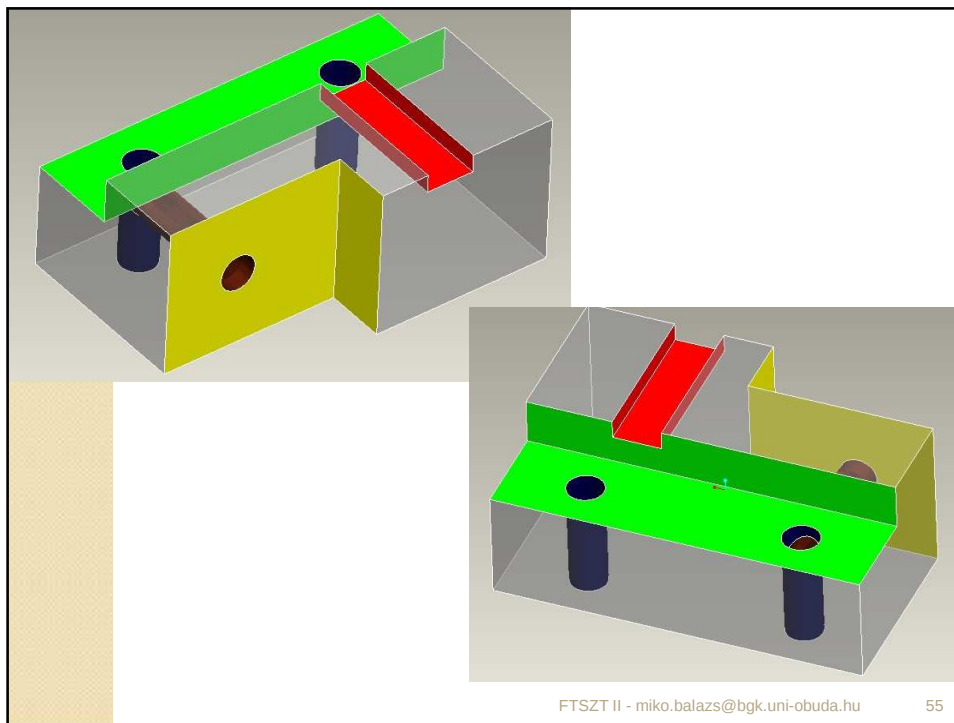


Feladatmegoldás lépései

- Felületelem csoportok kialakítása
- Gyártási eljárások meghatározása
- Előzési feltételek meghatározása
- Sorrend meghatározása
- Művelethatárok kijelölése

Példa





Megmunkálási lépések

Megmunkálás lépései

			1.1.a	1.2.a	1.3.a	1.1.b	1.2.b	1.3.b	2.1.a	2.1.b	3.1.	4.1.	4.2.
1.1.a	Központfúrás	Z+											
1.2.a	Fúrás Ø11.8	Z+											
1.3.a	Dörzsárazás Ø12H7	Z+											
1.1.b	Központfúrás	Z-											
1.2.b	Fúrás Ø11.8	Z-											
1.3.b	Dörzsárazás Ø12H7	Z-											
2.1.a	Lépcső marás	Z+											
2.1.b	Lépcső marás	Y+											
3.1.	Horony marás	Z+											
4.1.	Központfúrás	Y-											
4.2.	Fúrás Ø12	Y-											
5.1.a	Lépcső marás	Y-											
5.1.b	Lépcső marás	X-											

Megmunkálás iránya

Megmunkálási variációk

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

57

Előzési mártix

			1.1.a	1.2.a	1.3.a	1.1.b	1.2.b	1.3.b	2.1.a	2.1.b	3.1.	4.1.	4.2.
1.1.a	Központfúrás	Z+							1	1			
1.2.a	Fúrás Ø11.8	Z+	1										
1.3.a	Dörzsárazás Ø12H7	Z+		1			1						
1.1.b	Központfúrás	Z-											
1.2.b	Fúrás Ø11.8	Z-				1							
1.3.b	Dörzsárazás Ø12H7	Z-		1			1						
2.1.a	Lépcső marás	Z+											
2.1.b	Lépcső marás	Y+											
3.1.	Horony marás	Z+							1	1			
4.1.	Központfúrás	Y-											
4.2.	Fúrás Ø12	Y-										1	
5.1.a	Lépcső marás	Y-											
5.1.b	Lépcső marás	X-											

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

58

Megoldási algoritmus

- Előkövetelmények nélküli megmunkálások kijelölése
- Választás → **Heurisztikus szabályok**
- Kiválasztott megmunkálás és az alternatív megmunkálási lépés sorának és oszlopának törlése

Heurisztikus szabályok

- Az előző megmunkálási iránnyal azonos irányú megmunkálást válasszunk.
- Ha nincs azonos irányú megmunkálás, olyan megmunkálást válasszunk, amely irányából több megmunkálás végezhető el.
- Azonos sorszámmal elvégezhető megmunkálást válasszunk.
- A nagyolás és a simítás különüljön el.
- Lépcső marásának iránya a kisebbik mélység.
- Nagyoló marással kezdjünk.

Megoldás

1	1	2.1.a	Lépcső marás	Z+
	2	3.1.	Horony marás	Z+
	3	1.1.a	Központfúrás	Z+
	4	1.2.a	Fúrás Ø11.8	Z+
	5	1.3.a	Dörzsárazás Ø12H7	Z+
2	6	5.1.a	Lépcső marás	Y-
	7	4.1.	Központfúrás	Y-
	8	4.2.	Fúrás Ø12	Y-

Csoporttechnológia

A hagyományos technológiai tervezés módszerei

- Többfázisú iteratív módszer
- Típustechnológiák alkalmazása
- Csoporttechnológiák alkalmazása

Többfázisú, iteratív módszer

A technológus a feladat megoldását egy olyan terv konstruálása útján keresi, amely során lépésről-lépésre dönt a következő tervezési elemről.

Az egyes fázisokban a tervező olyan döntéssorozatot hajt végre, amelyek kölcsönösen összefüggenek, emiatt többszörös visszacsatolásra, *iterációra* van szükség.



Meghatározó elvek:

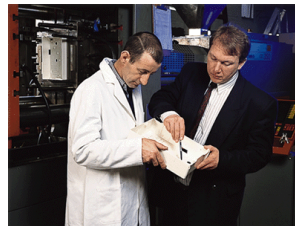
- Analógiák alkalmazása
- Heurisztikus módszerek
- Absztrakció

Többfázisú, iteratív módszer

Egyedi, kis és középsorozat gyártás esetén alkalmazzák (70%).

Individuális technológiai terv:

- jelentősen függ a technológus képességeitől
- befolyásolják a helyi szokások
- kidolgozottsága gyártóeszköz és sorozatnagyság függő



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

65

Típustechnológiák

Cél: a technológiai tervek szabványosításával a technológiai tervezés hatékonyságának növelése.

Lépések:

1. Alkatrészek osztályozása geometriai, anyag és darabszám függvényében
2. Az egyes alkatrésztípusokra technológiai tervek kidolgozása
3. Alkatrész besorolása a megfelelő osztályba
4. Adaptálás

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

66

Típustechnológiák

Előnyök:

- korszerű ismeretek beépítése
- gyors tervezési folyamat



Hátrányok:

- előkészítés
- karbantartás
- osztályozás
- technológia kidolgozottsága
- csak nagysorozat esetén alkalmazható

Csoporttechnológiák

Cél: az alkatrészek csoportosításával a gyártandó darabszám virtuális növelésével a technológiai tervezés hatékonyságának növelése.

Lépések:

1. Alkatrész csoportok kialakítása
2. Komplex alkatrész megtervezése
3. A komplex alkatrész technológiai tervének kidolgozása
4. Adaptálás

Csoporttechnológiák

Előnyök:

- gyors tervezési folyamat
- egységes technológiai folyamat



Hátrányok:

- előkészítés
- karbantartás
- technológia kidolgozottsága

Típus- és csoporttechnológia

Típustechnológia ~~≠~~ Csoporttechnológia

Alapvető különbség:

- A típustechnológia általában nem konkrét gyártási környezetre készül, nem feltételezi a csoportos gyártást.
- A csoporttechnológia mindig konkrét gyártási környezetre készül és általában a gyártás is csoportosan történik.

Technológiai kód

Típustechnológia	125054004873
Csoporttechnológia	215541025879
Eset-alapú tervezés	158745462040

Hierarchikus kódolás: a jel értelmezése függ az előző jel értelmezésétől. Rövid kód, pontos információ.

Lánc kódolás: a jelek értelmezése fix. Hosszú kód.

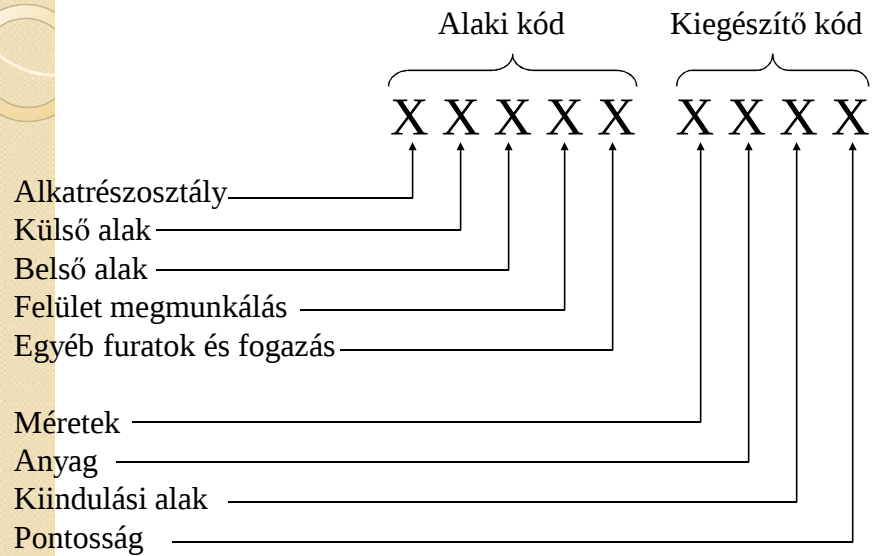
Hibrid kódolás: hierarchikus kódszegmensek láncolata.

Standard kódrendszerek

- Opitz (VDW) – Aacheni Egyetem
- Brisch
- MICLASS – TNO
- CODE – Manufacturing Data System Inc.

Szabványos sorozat + opcionális sorozat

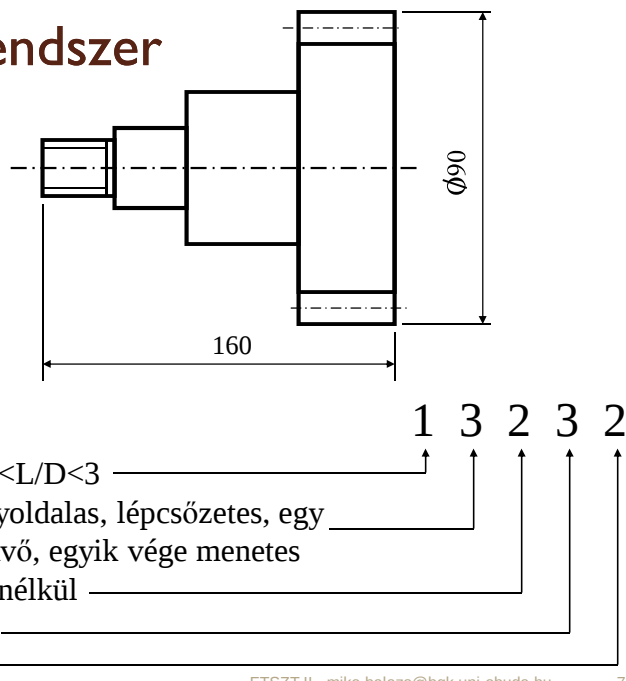
Opitz rendszer



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

73

Opitz rendszer

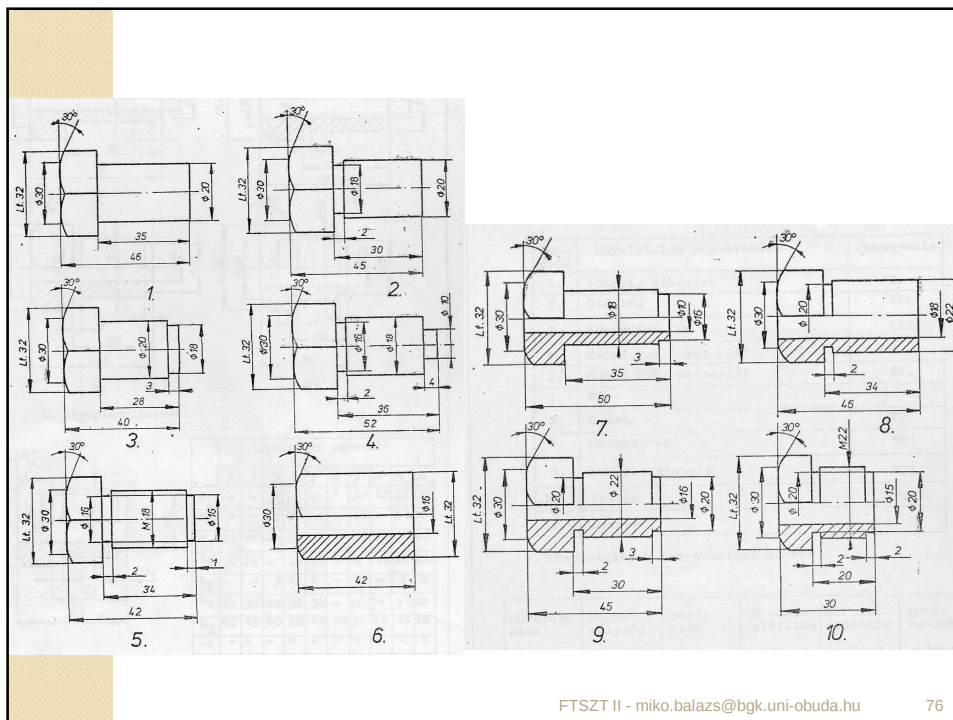


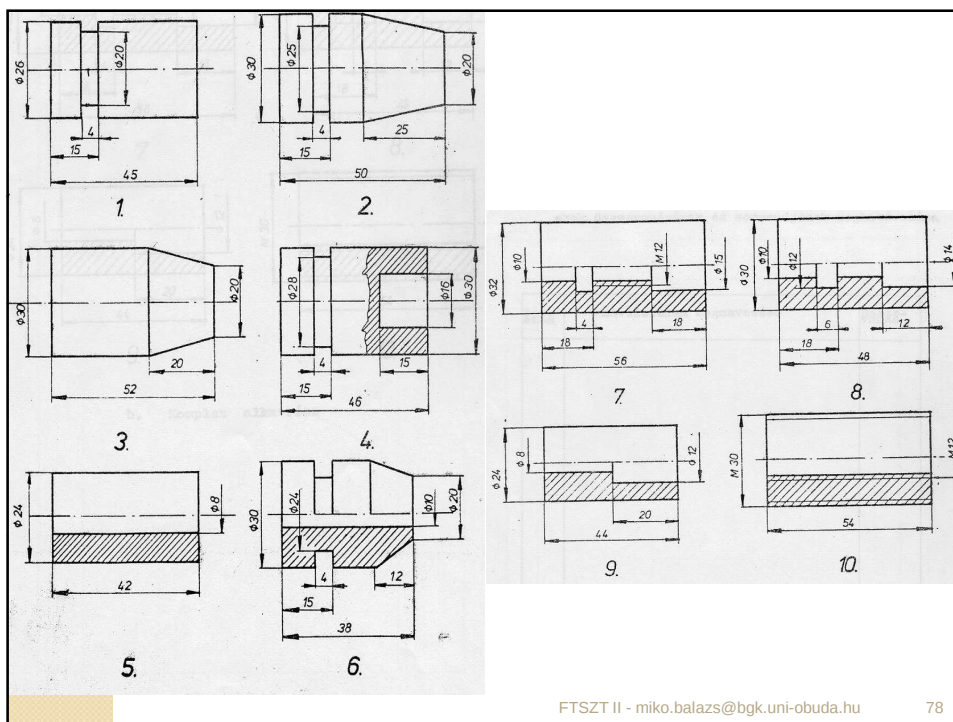
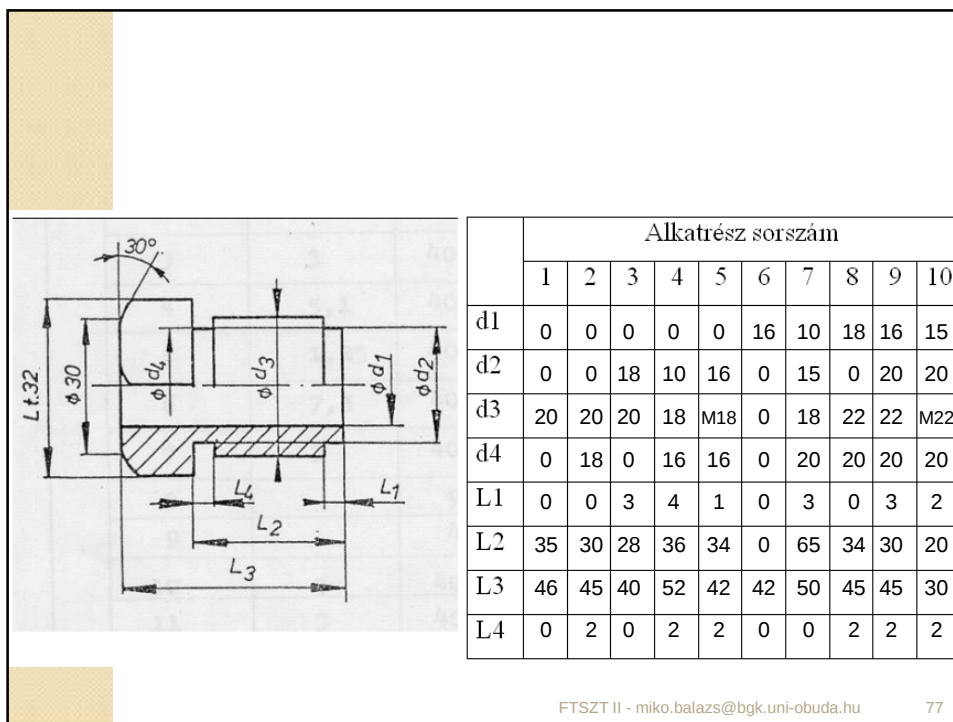
FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

74

A tervezés menete

- Alkatrészcsoporthok kialakítása
- Komplex alkatrész tervezése
 - Vezéralkatrész kiválasztása
 - Komplex alkatrész generálás
- Komplex technológia elkészítése
- Adaptációs tábla elkészítése





Költségbecslési módszerek

Az idő- és költségbecslés feladata

Meghatározni a gyártás várható
időszükségletét és költség igényét.



mailto:niko.balazs@bvk.uni-obuda.hu

80

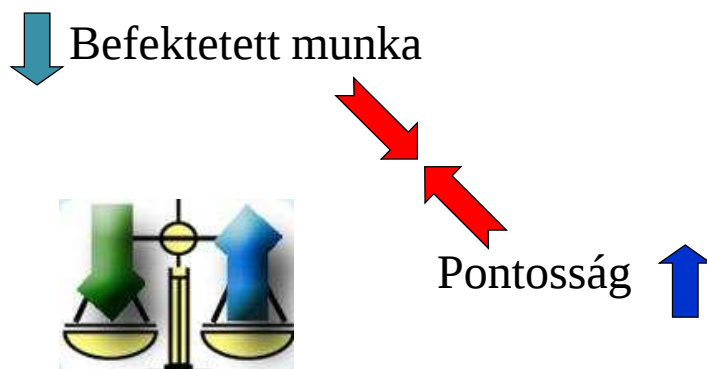
A költségbecslés szerepe

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



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

A költségbecslés problémája



Probléma:

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

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

82

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



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

85

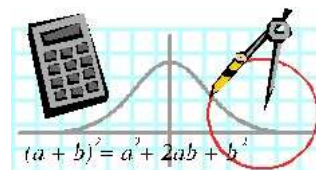
Parametrikus módszer



- Egyszerű függvénykapcsolat a néhány termék-paraméter és a költség között
- Általában tömeg vagy befoglaló méret

- Egyszerű
- Gyors
- Csak durva becslésre

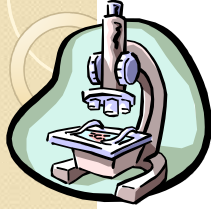
Pl.: $K = C_0 + C_1 \cdot m + C_2 \cdot m^3$



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

86

Analitikus módszer



A feladat részletes dekomponálása,
részszámítások összegzése

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



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

87

Költségbecslési módszerek

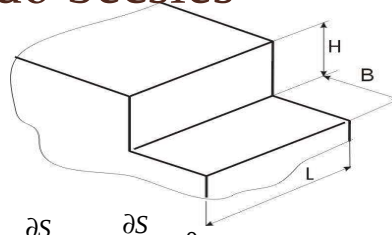
módszer	előny	hátrány
intuitív 	- gyors - egyszerű alkalmazni	- szakember igényes - pontatlan - nem átlátható
analóg 	- figyelembe veszi a konkrét környezetet	- időigényes - nagy adatbázist igényel
parametrikus 	- egyszerű - gyors	- pontatlan - heurisztikus
analitikus 	- pontos	- időigényes - szakember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

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

88

Parametrikus gyártási idő becslés

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



Legkisebb négyzetek módszere

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

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

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

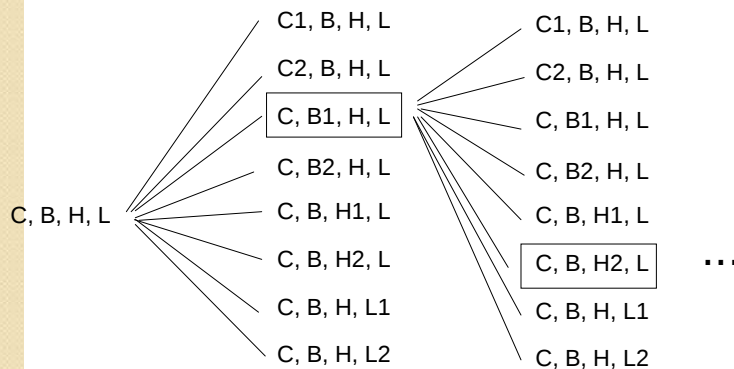
$$\frac{\partial S}{\partial X_B} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln B_i + C^2 \cdot L_i^{2X_L} \cdot B_i^{2X_B} \cdot H_i^{2X_H} \cdot \ln B_i) = 0$$

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

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

89

Numerikus kereső algoritmus



Változás

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

Hiba

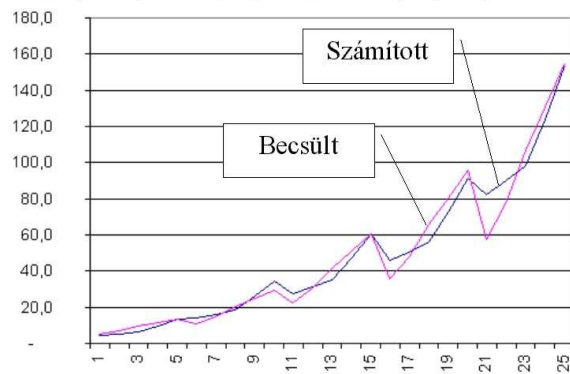
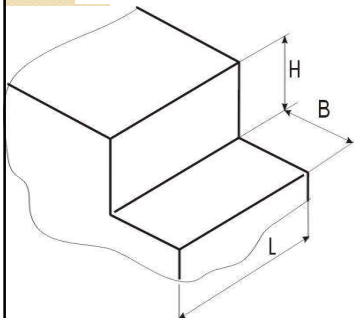
$$D_i = \frac{\sum_j |t - t_{i,j}|}{j}$$

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

90

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



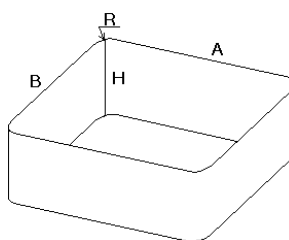
FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

91

Zseb nagyoló marása



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



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

92

Adatbázis

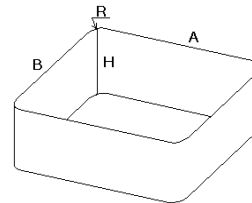
2028 eset:

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

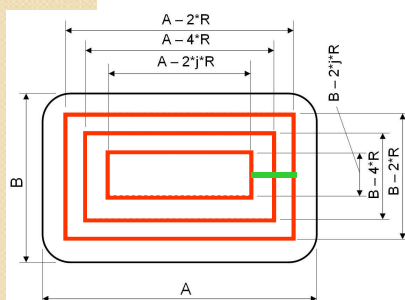


Microsoft Excel - számítások																	
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help																	
[Icons]																	
ÁrsléCE 10 [Icons] 120% [Icons]																	
.xls																	
A12 [Icons]																	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
		Length (mm)	Width (mm)	Radii (mm)	Height (mm)		Tool diameter (mm)	No of cycles	No of levels	Depth of cut (mm)	Cutting speed (mm/min)	No of revolution (1/min)	No of teeth	Feed per tooth (mm)	Speed of feed (mm/min)	Tool path (mm)	Manufacturing time (s)
13		A	B	R	H		D	J	I	a	Vc	n	z	fz	vf	L	t
14		33	40	40	12,5	1	25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	60	4
15		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		1501	40	80	12,5	1	25	1	1	1,5	155	1974	5	0,11	1085,47	140	8

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

93

Szerszámút hossza



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

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

Összekötő s fogásvételi mozgás hossza:

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

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

94

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

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

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

95

Szerszám

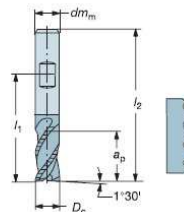
Roughing end mill

Kordell

Hardness <28HRC



Helix angle: -30°, -40°
Tolerances: D_c : h12
 dm_m : h6



SANDVIK
Coromant

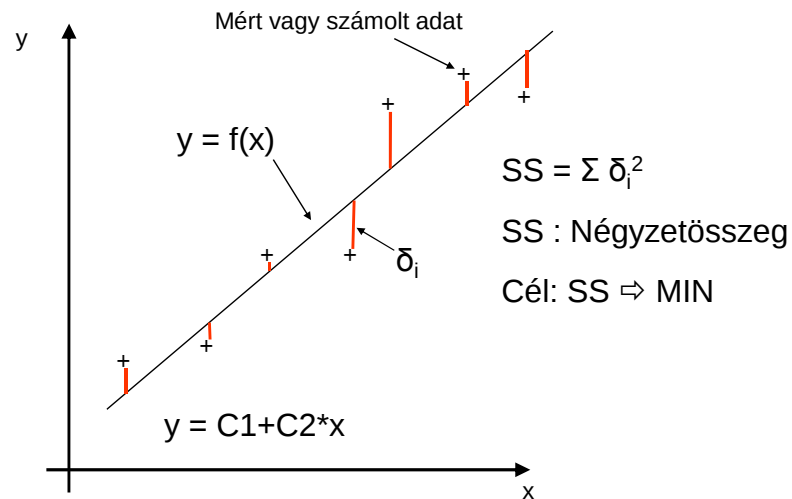
h = programming length

D_c mm	Ordering code	Front type, z_n	Dimensions, mm					P M K		
			dm_m	h	l_2	Helix l_h mm ²	Max a_p ¹⁾	ec	ec	ec
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	☆	☆	☆

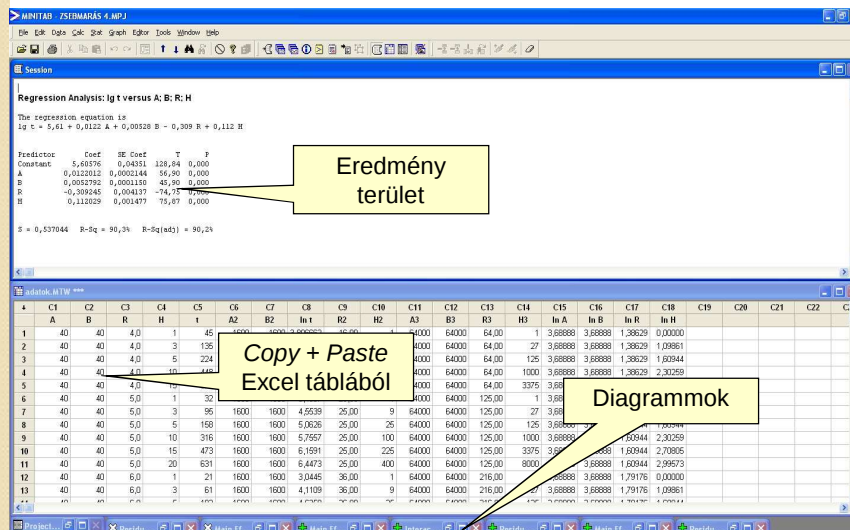
FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

96

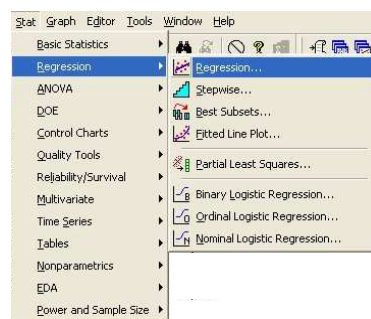
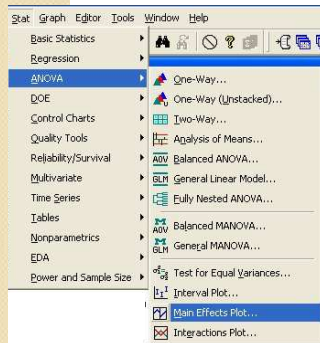
Regresszió



MiniTab v14



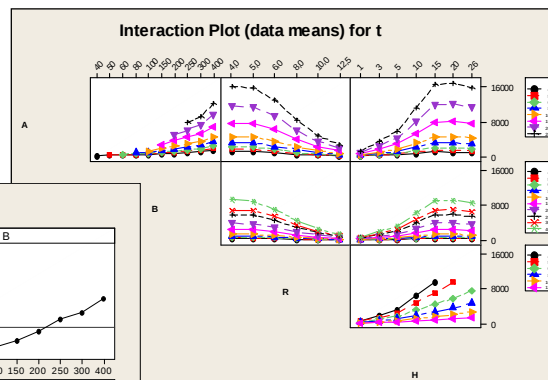
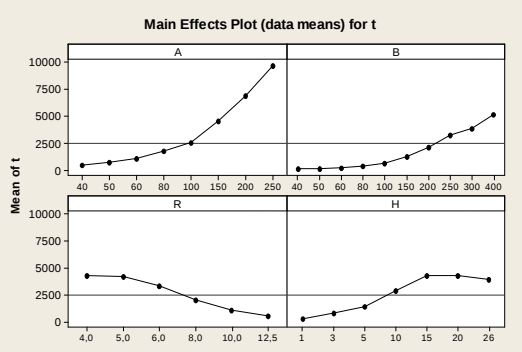
MiniTab v14



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

99

Main effects plot – Interaction plot



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

100

#1 regresszió - lineáris

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

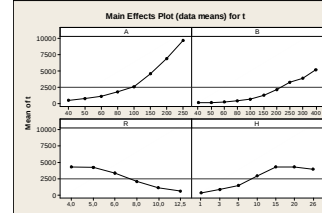
The regression equation is

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

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

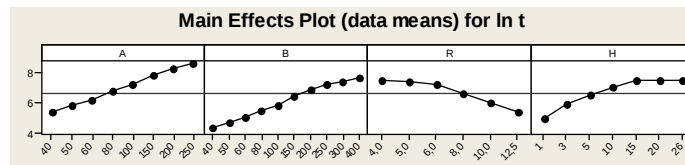
Regression Analysis: ln t versus A; B; R; H

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	-0,1120245	0,004137	-74,75	0,000
H	0,112029	0,001477	75,87	0,000

$S = 0,537044$ $R\text{-Sq} = 90,3\%$ $R\text{-Sq}(\text{adj}) = 90,2\%$



FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

103

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

$S = 0,275947$ $R\text{-Sq} = 97,4\%$ $R\text{-Sq}(\text{adj}) = 97,4\%$

FTSZT II - miko.balazs@bqk.uni-obuda.hu

104

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

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

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

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

105

Regression #6 – log, modified

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

The regression equation is

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

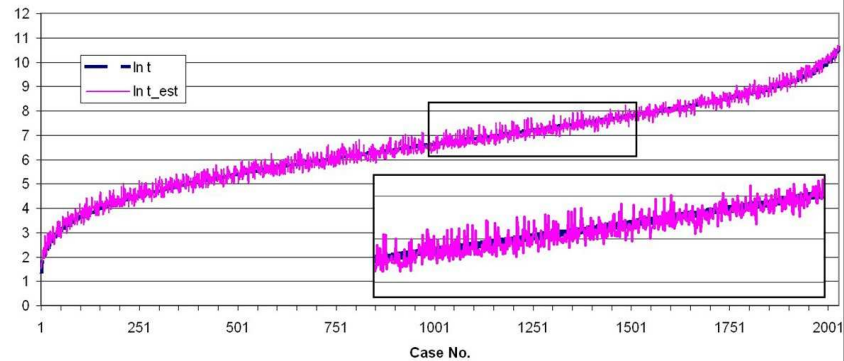
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,33362	0,03017	110,51	0,000
A	0,0293667	0,0003926	74,81	0,000
A2	-0,00006625	0,00000142	-46,59	0,000
B	0,0112544	0,0001965	57,28	0,000
B2	-0,00001341	0,00000042	-32,28	0,000
R	-0,298923	0,001683	-177,66	0,000
H	0,465276	0,005872	79,24	0,000
H2	-0,0253605	0,0005299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

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

106

Results - Conclusions



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

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

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

107

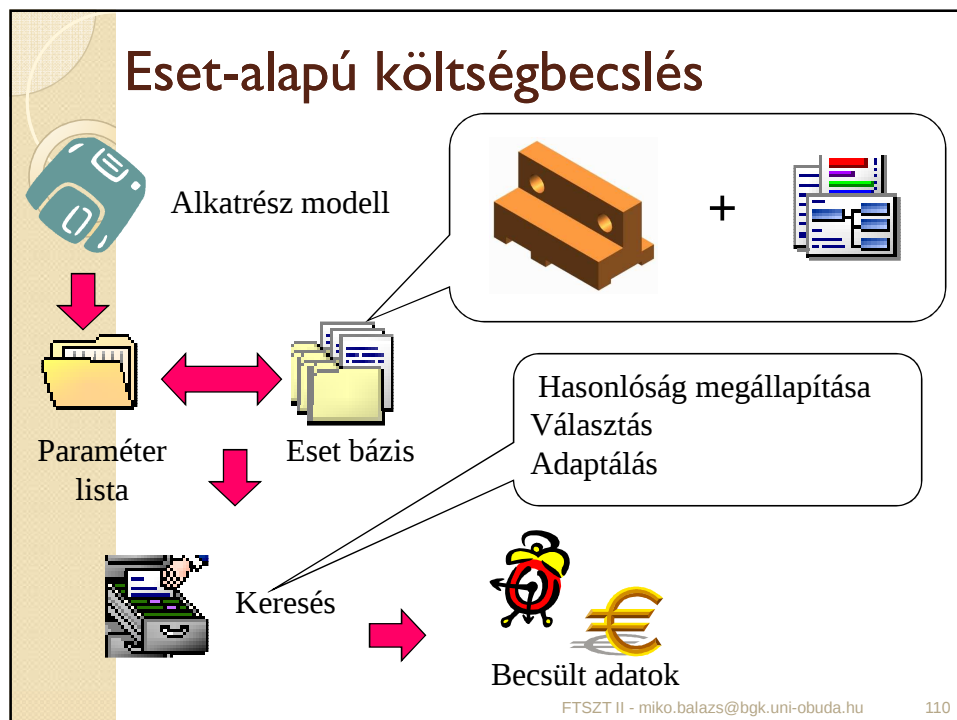
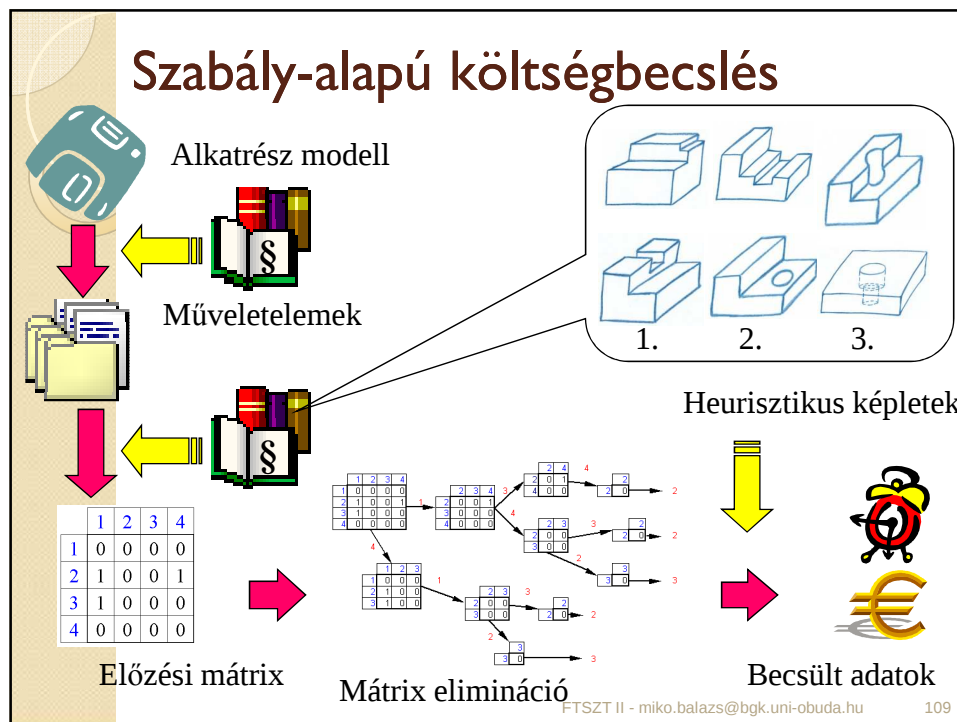
Mesterséges intelligencia módszerek



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

FTSZT II - miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu

108



ANN-alapú költségbecslés

