

MéRNÖKI Problémamegoldás

ZH jegyzet 2014.Ősz

A mérnöki problémamegoldás célja

- Új mérnöki termék/rendszer létrehozása egy probléma megoldására
- A termék/probléma a megrendelő tényleges vagy látens (rejtett) igényeiből származik (ered)
- Termék: mérnöki/műszaki megoldások problémákra
 - Invenció: Új mérnöki termék/rendszer készítése
 - Innováció: invenció megvalósítása új eladható termék formájában
 - Feladat: rutinszerű, megoldása előre látszik, megoldási módszere adott
 - Probléma: a megoldás (ill. a megoldáshoz vezető út, S->C) nem ismert, sőt, nem is biztos, hogy létezik
 - Megoldás: nem abszolút és nem egyetlen lehetséges
 - Mérnöki probléma: igényt elégít ki

Igény:

- technikai probléma megoldása
- meglévő megoldás költségének csökkentése
- meglévő megoldás megbízhatóságának növelése
- meglévő megoldás hatékonyságának növelése
- Látens igények felkeltése a problémamegoldó feladata

De: mindegyik visszavezetve műszaki problémára

Mérnöki problémamegoldás

- Értelmezés: megfelel a számpélda megoldásnak, korszerűen szoftver támogatással
- **Értelmezés: általános elmélet, metodikai útmutató és támogatás az új megoldások létrehozására**
- a mérnöki problémamegoldás lényegében az új termékek létrehozásának tudománya
- felhasználja a teljes természettudományos és műszaki tudományi apparátust

A probléma nehézségi foka és a megoldás gazdasági konzekvenciái egymástól elég függetlenek:

- bonyolult problémák zérus gazdasági konzekvenciájú megoldásokkal
- egyszerű problémák megoldása nagy gazdasági konzekvenciákkal

Inventív probléma: nem létezik ismert megoldás, és legalább egy lényeges ellentmondást tartalmaz. Az inventív probléma azonosítása és megoldása eredményez lényegesen új megoldást, megoldása sokszor paradigmaváltást igényel.

Fizikai: megkövetelt tulajdonságok ütközése térben és/vagy időben.

Technikai: egy paraméter javítása maga után vonja egy másik lényeges paraméter romlását.

Paradigma: minta, szabályok összessége; gondolkodási séma; egy szakterület képviselőinek közös felfogása. Inventív megoldás: sok esetben paradigmán kívüli.

Technikai az a rendszer, amely valamilyen funkciót elvégez. Fejlődnek. A tökéletesség mérőszáma az **ideálitási tényező:** $I=E/H$ (a fogalmat a TRIZ elmélet vezette be).

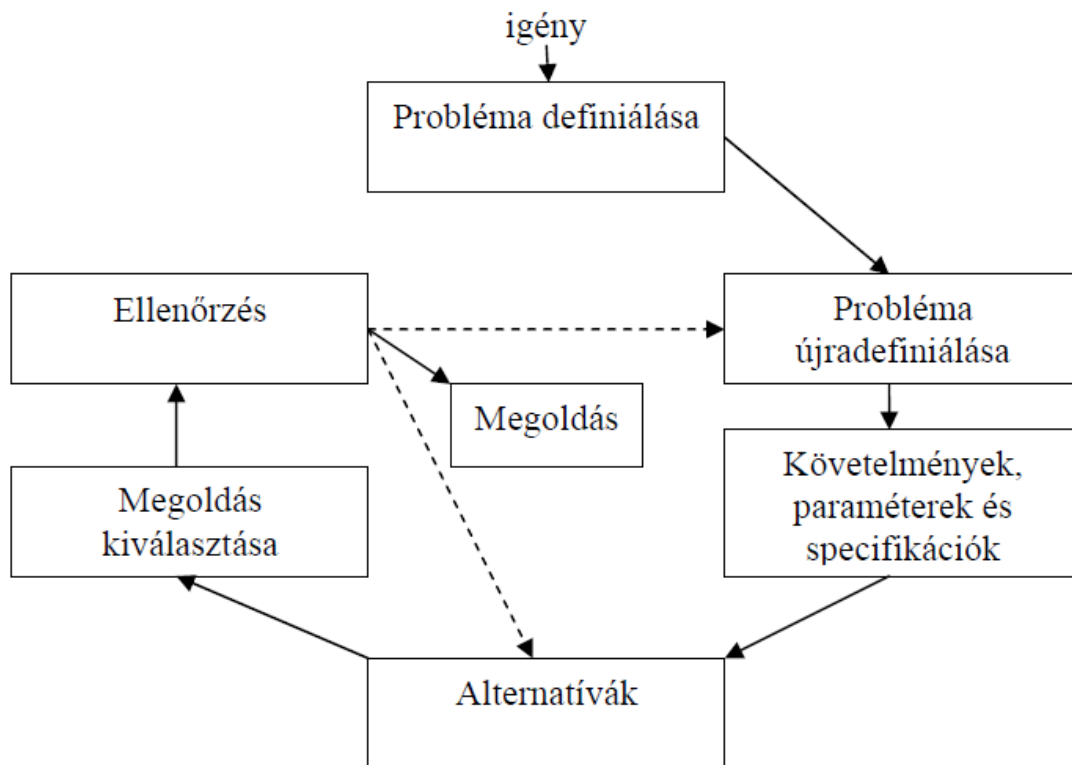
- E az előnyös tulajdonság, H a hátrányos tulajdonság
- Ideálisan tökéletes rendszer esetén $I=\infty$
- Ideálisan tökéletlen rendszer esetén $I=0$
- Idealitást lehet növelni: a) E növelése, b) H csökkentése

Problémamegoldási Ciklus

A mérnöki munka **rendezettebb**, szisztematikus problémamegoldást követel. Ilyen lehetőség a **“problémamegoldási ciklus (PSC)”**. Itt lépésről lépésre kell gondosan **dokumentálni** minden egyes lépést. Ha gond van, nincs szükség az egészet újra kezdeni. Elég csak oda visszatérni, ahol az **elakadást** látjuk.

A Ciklus Sémája

1. A probléma definiálása
2. A probléma újradefiniálása
3. Paraméterek, specifikációk, korlátozások megállapítása
4. Alternatívák kidolgozása
5. Megoldás kiválasztása
6. Ellenőrzés



Az igények lehetnek: vevői, vállalati, látens.

A probléma definiálása: valós világból származó igényt elégít ki. A megfogalmazást általában az igény felkeltője adja meg. Megfogalmazások: egy új termék kifejlesztése; termék továbbfejlesztése; egy létező feltétel, amelyet meg kell változtatni; egy projekt javaslat.

Újradefiniálás: A csoport tagjai az eredeti problémamegfogalmazás minden egyes szavát alaposan tisztázzák. Ezzel lehet a problémamegfogalmazást pontosabbá tenni. A definiálást illetve az újradefiniálást követően meg kell állapítani a korlátozásokat, a korlátozásokból pedig megszerkeszthetők azok a követelmények, amelyeket bármely megoldásnak ki kell elégítenie.

Az újradefiniálás fontos eleme a problémák kisebb részproblémákra bontása.

A lépés célja: mérnöki megfogalmazás, pontosítás, részproblémákra bontás, információ gyűjtés.

Követelmények: Milyen feltételeket kell teljesíteni ahhoz, hogy a vevő/felhasználó elégedett legyen?

- Követelmény: vevői igények
- Specifikáció: műszaki paraméterek és célértékek, teljesítendő feltételek
- Korlátozások v. kényszerek: olyan műszaki paraméterek, melyek nem léphetők át. Ezek a specifikációban figyelembe veendőek!

Mielőtt egy specifikációt a listára vennénk, először definiálni kell, azután kvantifikálni kell, végül igazolni kell. Ez a **DKI. Gazdaságos specifikáció:**

- *definíció:* a legnagyobb megtakarítás, mind a beruházási, mind pedig az üzemeltetési költségeket tekintve.
- *kvantifikáció:* beruházási költség, üzemeltetési költség, és maguk a megtakarítások, jelenértékben kifejezve.
- *igazolás:* a költségek gyors és hatékony csökkentése, ennek mérési módszere.

Alternatívák: keresését általában brainstorminggal kezdjük csoportmunkával. Az ötleteket lehet továbbfejleszteni, kombinálni vagy esetleg elvetni. Végül az ötletek listájából készül el a **megoldási (döntési) mátrix.**

A legjobb megoldás kiválasztása: folyamat, amit a megoldási mátrixok sorozatával foglalunk keretbe. A MM oszlopai az egyes specifikációk, míg soraiban az egyes alternatív megoldások találhatók. Az alternatívákat rangsorolni kell. A rangsoroláshoz skálát hozunk létre (pl. egytől ötig...). Az alternatívák pontszámainak megállapítását típusfüggvényekkel állapíthatjuk meg. Az utolsó oszlopa tartalmazza az egyes alternatívákhoz tartozó összpontszámot. Annak megállapítására, hogy a legmagasabb pontszám mennyire tekinthető a legjobb megoldásnak, érdemes **érzékenységi** (sensitivity) vizsgálatot készíteni!!!!

Ellenőrzés módszerei: deszkamodell, prototípus, modellezés, szimuláció.

A PSC Iterálása: Elakadás esetén visszalépés

1. Alternatívák elemzése, ismételt MM. Új alternatívák kiválasztása.
2. Újabb brainstormot
3. Szorosabb specifikációk.
4. Újrdefiniáljuk a problémát-> specifikusabb megoldás
5. Iteráljuk a folyamatot a problémamegoldásig.
6. **Mélyebben, részletesebben** vizsgáljuk meg a problémát.

A PSC első köre leszűkíti az eredeti probléma vizsgálati körét. Második kör:

1. koncepcionális terv készítése
2. vázlatos terv
3. részletes terv
4. gyártás
5. minőség-ellenőrzés
6. termék életciklus

Mindegyik lépésnél alkalmazható a PSC módszere.

Komplex problémák esetén az iterációs ciklusok szükséges száma nagy lehet.

State-of-Art

A téma jelenlegi helyzete. Leszűrhető belőle, hogy a témával érdemes-e foglalkozni.

Súlyozás

A követelmények és az értékelési szempontok listáját legtöbbször érdemes súlyozva figyelembe venni. Történhet pl. egymáshoz páronként mérve (AHP).

Analytic Hierarchy Process (AHP)

Az AHP a követelmények súlyozását végző módszer. Lényege, hogy a követelményeket **páronként összehasonlítva** meg kell határozni a fontosságukat egymáshoz képest. Első lépésben az összes követelményt össze kell hasonlítani egymással. Mindig azt kell eldönteni, hogy az aktuális pár melyik eleme fontosabb, és mennyivel. A táblázatba egy tört számot kell beírni. A tört *számlálója a sorban, nevezője az oszlopban* szereplő követelményre vonatkozik. Közelítő módszer segítségével egyszerűen meg lehet kapni a súlyokat. A mátrix oszlopaiban szereplő elemeket először is össze kell adni, majd az oszlop minden elemét el kell osztani az oszlop összegével:

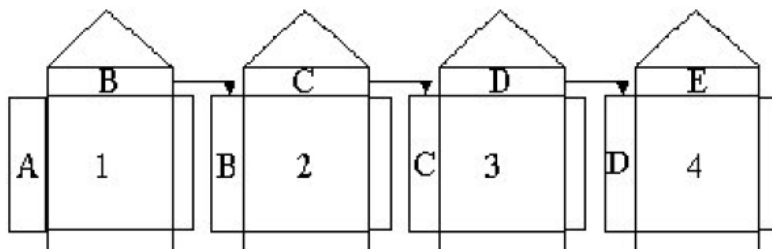
$$C_i = \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}}$$

$i, j = 1 \dots m$

Az így kapott mátrix sorainak elemeit összeadva egy vektort kapunk, melyet, ha 100 %-ra normalunk, megkapjuk a **súlyozást** százalékos formában. A mátrixban a nem megfelelő (inkoherens) súlyokat ún. **ciklikus körök** keresésével lehet megtalálni.

Quality Function Deployment (QFD módszer)

A QFD a termék konstrukciós- és gyártástervezési folyamatát kisebb, áttekinthetőbb, könnyebben kezelhető részekre osztja. Egyszerre mindig csak két egymás után következő résszel foglalkozik. (->Minőség Háza módszer.) Az első ház a vevői igények alapján az őket befolyásoló műszaki jellemzők felsorolását és tervezett értékük meghatározását tartalmazza. A második ház feladata a specifikáció, azaz a részrendszerek és alkotó elemek részletes jellemzőinek meghatározása. A harmadik ház a részfeladatok alapján az alkotó elemek technológiai jellemzőinek kidolgozása. Harmadik ház képezi a minőségellenőrzési terv kidolgozásának az alapját. Az utolsó ház határozza meg a technológiai jellemzők alapján az ellenőrzési pontokat és módszereket. A gyakorlatban a QFD folyamat legtöbbször csak az első két ház létrehozására terjed ki.



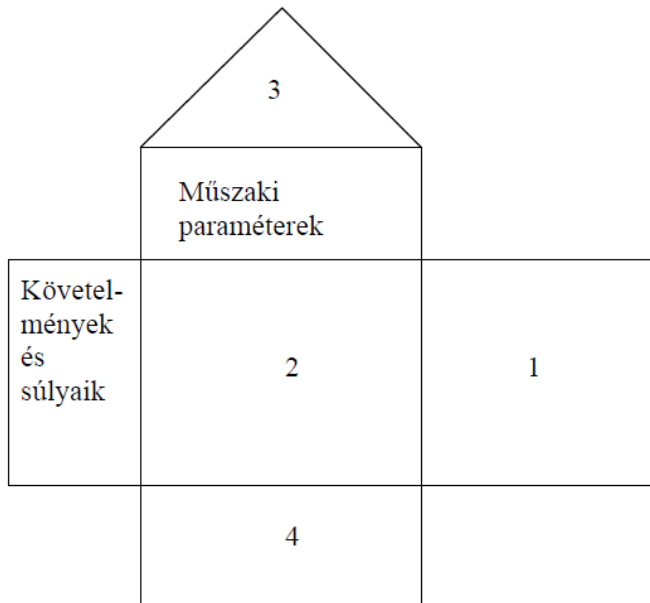
1. ábra QFD folyamata

- A - Vevői igények
- B - Műszaki jellemzők
- C - Részfeladatok
- D - Technológiai jellemzők
- E - Minőség-ellenőrzési terv

A vevői igények, vagy más néven minőségi követelmények, meghatározása különböző felmérések alapján történik. A „**Minőség háza**” egyik legfontosabb feladata, hogy a fogyasztói igényeket összekapcsolja a műszaki jellemzőkkel, lefordítsa a mérnökök nyelvére. A műszaki jellemzők egymásra is hatást gyakorolnak. Ezt ábrázolja a „Minőség házában” tetején lévő háromszög alakú rész.

A fontos műszaki paraméterek kiválasztásához és a köztük lévő ellentmondások feltárásához a QFD a „**Minőség háza**” elnevezésű táblázatos módszert kínálja.

1. A követelmények súlyozását módosít(hat)ja.
2. A kapcsolati mátrix. Itt meg kell adni, hogy milyen erős az összefüggés a követelmények és a műszaki paraméterek között.
3. Műszaki paraméterek közti kapcsolat.
4. Elérni kívánt célértékek.



A célértékek meghatározását célszerű a legfontosabb paraméterrel kezdeni, aztán sorban a többit megállapítani, az ellentmondások figyelembevételével.

Pugh-módszer

Többkörös döntési mátrix. Kiválasztanak egy megoldást, és az összes többit ehhez viszonyítják. Jellemzők: széthúzott pontozás (pl. 1,3,9 – kicsit jobb, jobb, lényegesen jobb); páronkénti összehasonlítás; többlépcsős kiválasztás; a lépések között a megoldások.

Új megoldások találása

Módszerek: laterális gondolkozás, párhuzam, bionika, Law Breaker, Fast Failure, Idea Card.

Kombináció: a megoldások erős komponensei (részei) együtt adnak-e új megoldást

Morfologikus analízis: változók, amik befolyásolják az eredményt, ezek lehetséges „értékeinek” kombinálása.

SCAMPER (Osborn-kérdéssor)

Lépések: helyettesítés mással; kombinálás; adaptálás, más feladatból átvétel felhasználásra; módosítás; felhasználás másra; kiküszöbölés, elhagyás; újrendezés.

Brain-storming

1. Cél: sok lehetőség/ötlet összegyűjtése
2. Nincs kritika
3. minél szabadabb, „vadabb” ötletek (
4. interaktivitás – az ötletek egymásra épülése

A megvalósíthatósággal ezen a szinten nem kell törődni.

Moderátor feladata a szabályok betartatása: nincs kritika; minél vadabb ötletek szülessenek; az ötlet épüljön más ötletére; ne térjenek el a tárgytól; ötletek gyűjtése mindenki számára látható módon.

Lépései:

1. probléma és háttér pontos ismertetése
2. szabályok ismertetése
3. bemelegítés
4. brainstorming
5. befejezés

6. ötletek begyűjtése, leírása

Air-Opera módszer

3 lépés:

1. a feladat analízise (Analysis)
2. ötletek gyűjtése (Ideas)
3. eredmények (Results), további lépések a realizálás felé

Előnyei: Egyéni és csoportos is. Párok: könnyebb megbeszélni a gondolatokat, mint csoportosan. A táblázatban minden ötlet látszik.

Hátrányai: Sok idő (3-4 óra). Tapasztalt moderátor kell a jó eredményhez. Nem biztos, hogy új megoldásokat ad.

Hat Sapka módszer (de Bono-módszer)

Tudni kell megváltoztatni a gondolkodási megközelítését a problémának. Hat féle gondolkozási irányt tartalmaz: tényszerű, adatok; megézés, emóció; szabályszerű, logikus, figyelmeztető; pozitív; változtató, alternatíva kereső, javasoló, kreatív; gondolkozási irány, módszer megválasztása. Minden tagnak tudnia kell viselni minden sapkát.

A TRIZ elmélet (Inventív Problémamegoldás Elmélete)

Elemei: technikai fejlődés, idealitás; ellentmondások ; ARIZ algoritmus; tudásbázisok összeállítása.

Alkalmazása: technikai ellentmondás táblázat; fizikai ellentmondás szeparációs elvek; Standard megoldások; effektusok.

A tudásbázisok általánosak, nem korlátozódnak egy területre.

Idealitási fok: hasznos és káros funkciók hányadosa.

Fizikai ellentmondások feloldása

Szeparációs elvek: Fizikai ellentmondásokra, ahol „önellentmondás” van (egyszerre kell teljesülnie két ellentmondó állapotnak). Megoldások: elválasztás térben; elválasztás időben; a teljes rendszer jellemzője ellentétes a rendszer részében; anyagok fázisváltásának kihasználása, állapotváltás;...

Technikai ellentmondások feloldása

Ellentmondási táblázat. Egyik mérnöki paraméter jobbítása rosszabbítja a másikat

Cél: az ellentmondások teljes/minél nagyobb. 39x39 általános mérnöki paraméteres táblázatot használunk benne.

Koncepció tervezés

- Tervezés: igénytől a gyártási dokumentációig.
- Tervezés feladata: optimális technikai rendszer teljes leírása és terve megfelelő időn és költségen belül.

A koncepcionális terv alapján a becsült költség, méretek, fő jellemzők, megvalósíthatóság, működési feltételek megadhatók. A koncepcionális terv tehát nem részletes terv, de kellőképp kidolgozott.

Technikai rendszer modelljének szintjei:

1. rendszer – fő funkció (cél)
2. funkcionális – funkciók hálózata. Ez a szint még megoldásfüggetlen.
3. szerv – funkció hordozók struktúrája. Ez a koncepcionális terv, a fő problémák megoldásával.
4. részegység – funkció hordozók megvalósítása. Ez adja a konstrukciót.

(1): funkció: cselekvés leírása.

(2): Lehet elsődleges és kiegészítő. Kapcsolatban állnak egymással.

(3): szervek: eszközök a funkciók ellátására, érzékelők, beavatkozók. Struktúrális szinten kapcsolatban állnak egymással.

(4): Ez már realizálható, gyártható. Modell szintek leírhatók az ún. funkció-megvalósítás fával.

Esettanulmány

1. fázis: előkészítő tanulmány: nem minden esetben készül. Egyeztetés a megrendelővel, előkészület a 2. fázisra.

2. fázis: megvalósíthatósági tanulmány: analízis kutatási projekt kimenetelére.

Javaslattevél egy jobb megoldásra.

Eredmények:

- A projekt leírása
- A cél megfogalmazása, amelyet a megoldási tanulmánynak kell elérnie
- A megvizsgált megoldási utak leírása
- Az utak analízise, mennyire megvalósíthatók
- A legjobb utak (megoldások) értékelése
- Sikerességi analízis, hogy a javasolt megoldás(ok) pozitív kimenetele mennyire valószínű (százalékban)
- Idő becslés
- Költség becslés
- Szabadalomkeresés az ütközések elkerülése érdekében

3. fázis: megoldási tanulmány: A kért eredmény szállítása a megrendelő felé.

Eredmények:

- A termékfejlesztés elindításához szükséges „bizonyíték”
- A javasolt megoldás működésének megismerése

4. fázis: fejlesztési cél: Béta prototípus kifejlesztése.

Eredmények:

- Teljes működésű prototípus
- Mérési adatok, leírások stb. a gyártás előtti prototípus megtervezéséhez
- Nem tartalmaz részletes műszaki terveket, összeállítási rajzokat, árapokat, azaz a gyártáshoz szükséges információkat