



Disruptív technológiák fejlesztése, alkalmazása

(Értelmezés, disruptív technológiák azonosítása, értékelése és kiválasztása)

Módszertani összefoglaló

Összeállították

Gál István
Jankovics István
Rohács József
Rohács Dániel

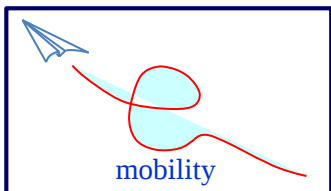


KIVONAT

A disruptív technológiák olyan új technológiák, melyek leépítik a jelenlegi működő rendszereket és egy új magasabb minőségi szinten építik azokat újjá (pl. gázturbinák alkalmazása a repülésben, elektromos járművek megjelenése, hibrid hajtás fejlesztése, az e-mobilitás, e-járművek fejlesztése). Ez a módszertan technológia és termék-fejlesztők részére készült. Meghatározza az innovatív, a disruptív és a szubverzív technológiafejlesztéseket. Meghatározza a disruptív technológiák azonosítása – értékelése – kiválasztása módszertant. Értelmezi a használható eljárásokat, mint a kompatibilitási, a morfológiai, stb. mátrixokat és azok alkalmazását.

A módszertan a szerzők részvételével megvalósuló EU által támogatott radikálisan új technológiák fejlesztésével foglalkozó projektek, mint az EPATS, PPLANE, GABRIEL, ESPOSA és hazai, többek közt a FEDKOM - GINOP-2.2.1-15-2016-00011 projekt keretében és a szerzők hivatkozott munkái publikációi alapján és közvetlen a „Disruptív technológiák kutatás-fejlesztése az e-mobility területén és integrálásuk a mérnökképzésbe” című EFOP-3.6.1-16-2016-00014 projekt támogatásával készült.

Budapest
2018



Tartalom

BEVEZETÉS	2
1 BEVEZETŐ ISMERETEK	3
1.1 INNOVÁCIÓELMÉLETI ALAPOK	3
1.2 SYSTEM ENGINEERING	6
1.3 MŰKÖDÉSI KONCEPCIÓ	10
1.4 MŰKÖDÉSI MODEL	11
2 FEJLESZTÉSI ELVEK, ELJÁRÁSOK.....	15
2.1 PARADIGMAVÁLTÁS A TERMÉKFEJLESZTÉSBEN.....	15
2.2 REPÜLŐGÉPEK TERVEZÉSI SAJÁTOSSÁGAI.....	16
2.3 REPÜLŐGÉPEK FEJLESZTÉSI FOLYAMATA.....	20
2.4 NYÍLT ÉS ZÁRT INNOVÁCIÓS FOLYAMAT	22
3 FEJLESZTÉSI MÓDSZEREK, FOLYAMATOK, FILOZÓFIÁK.....	25
3.1 A FEJLESZTÉSEKET MEGHATÁROZÓ VÁLTOZÁSOK	25
3.2 FEJLESZTÉSI FOLYAMAT-MODELLEK.....	29
3.3 FEJLESZTÉSI FILOZÓFIÁK	34
3.4 KÉPESSÉGEK FEJLESZTÉSE	35
4 TECHNOLÓGIA – POLITIKA	38
4.1 A TECHNOLÓGIA ÉRTELMEZÉSE ÉLETTARTAMA.....	38
4.2 DÖNTÉSHOZATALI MODELLEK ALAPJAI	43
4.3 TECHNOLÓGIA AZONOSÍTÁS, ÉRTÉKELÉS, KIVÁLASZTÁS	46
ÖSSZEFOGLALÁS	48
<i>Irodalom</i>	<i>49</i>

Bevezetés

A sikeres termék fejlesztésének egyik legfontosabb feltétele a termék kutatás - fejlesztésére, előállítására, gyártására, piaci értékesítésére, használatára, karbantartására, javítására, újra hasznosítására, azaz a termék teljes élettartamára kiterjedő folyamatnak a megfelelő menedzselése, a szükséges és helyes döntések időbeni meghozatala és alkalmazása. Ez a felfogás a Systems engineering (National 1995) elveit követi és a projekt teljes élettartamát fázisokra, életszakaszokra bontva kezeli.

A fejlesztések lényegében egy döntés-sorozatra épülnek. A döntéseket természetesen csoportosítani lehet és kell is különböző dimenziók mentén. Egyértelmű, hogy a termék életszakaszaiban különböző típusú és jellegű döntések meghozatalára van szükség. Ez egyben azt is jelenti, hogy az egyes, termékhez köthető tevékenységek, mint például a gyártás, terjesztés és forgalmazás, termékkövetés olyan sarkalatos különbségekkel rendelkeznek, melyek eltérő típusú döntési, menedzsmenti módszerek alkalmazását igénylik.

A systems engineering (National 1995) tanítása szerint a termék fejlesztésének a kezdeti szakaszai, a koncepció, azaz a fejlesztendő termék működési koncepciójának kidolgozása, a technológia kiválasztása és az előtervek elkészítése alapvetően befolyásolja a termék teljes élettartamát, annak költségeit. Ezért a termékfejlesztést segítő döntési módszerek vizsgálata alapvetően erre a kezdeti kutatás – fejlesztési és előtervezési szakaszokra vonatkozik és a termék fejlesztésének a műszaki támogatását határozza meg.

A kezdeti szakaszt alapvetően meghatározzák az elérhető technológiák tulajdonságai. Sikeres és a jövő piacára készülő termékek esetében forradalmian új technológiákat, ún. diszruptív technológiákat célszerű alkalmazni.

Ez a rövid módszertani útmutató meghatározza a diszruptív technológiákat, meghatározza a diszruptív technológiák azonosítása – értékelése – kiválasztása módszertant. Értelmezi az használható eljárásokat, mint a kompatibilitási, a morfológiai, stb. mátrixokat és azok alkalmazását.

Egy ilyen rövid útmutató persze nem törekedhet a teljességre. Ez az útmutató inkább csak a problémákra és a ma követendő megoldásokra szeretné felhívni a figyelmet.

1 Bevezető ismeretek

1.1 Innovációelméleti alapok

Az innovációelmélet egy viszonylag fiatal tudomány. Sokan úgy vélik, hogy az innováció elméleti alapjai Schumpeternél (1911, 1980) jelennek meg először. Schumpeter az innovációnak öt alapesetét különbözteti meg:

- új termékeknek, új javaknak - vagy egyes javaknak új minőségben való – előállítás,
- új termelési, értékesítési eljárás bevezetése,
- új elhelyezési lehetőség, új piac megnyitása,
- nyersanyagok vagy félkész áruk új beszerzési forrásainak megnyitása,
- új szervezet létrehozása - például monopolhelyzet teremtése trösztösítéssel - vagy megszüntetése.

Ezekben az innovációkban nem érdekes, hogy az ötlet adója részt vesz, vagy sem. Az újdonságnak nem feltétlen kell tudományosan új dolognak, vagy korábban ismeretlennek lennie, elég, ha azok az adott területen, az adott piacon képviselnek újdonságot. Végül az innováció tárgya nem feltétlen tárgyasult újdonság, lehet az valamilyen szolgáltatás, vagy akár módszertani eljárás is.

Kétségtelen, hogy minden új ötlet alkalmazása egy innovációs folyamatban valósul meg. Innováció lehet pl. egy új pénzügyi szolgáltatás bevezetése, egy biztosítási körvény, egy új tanítási metodika, egy új méretezési eljárás, stb. is (Rohács, 2001). Mégis egyet lehet érteni azzal a felfogással is (Pungor et al. 2000), mely szerint az innováció – az azt segítő jogalkotás szempontjából - alapvetően műszaki innovációt takar. Ezt bizonyítja a fejlett országokban elfogadott innovációt segítő, szabályzó törvények tartalma is. Természetesen egy innovációs törvény megalkotásakor különös gonddal kell alkalmazni a jogi és gazdasági szabályozási lehetőségeket.

Az a téves felfogás, hogy az innovációt alapvetően a K+F határozza meg, már a Schumpeteri (1911, 1980) gazdasági növekedési felfogástól is elmarad, mely szerint az ötlet, felfedezés – innováció – diffúzió folyamat alkotja a fejlődés alapját. Valójában a K+F azaz az R & D (Research and Development) kutatás – fejlesztés helyett az R & D & E & M = I (Research and development and Engineering and Manufacturing equals to Innovation), tehát a kutatás – fejlesztés – műszaki tervezés – gyártás egyenlő innováció megfogalmazást javasoljuk alkalmazni (Rohács, 2001). Sőt ennél is tovább mehetünk és az új termék, vagy szolgáltatás piaci bevezetését, a használatát, és a használat utáni újrahasznosítását is ide lehetne sorolni. Egy ismert termék hasznosítását megkönnyítő változtatás, vagy egy újrahasznosítási eljárás is lehet az innováció tárgya.

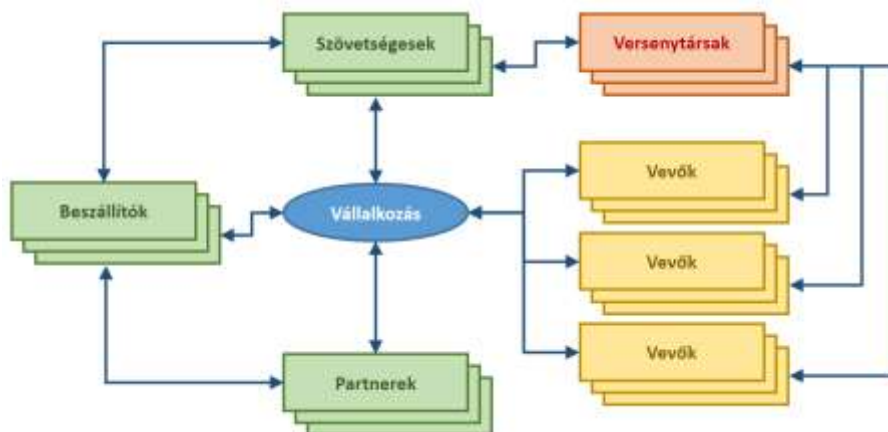
Az innovációt elemezve, Rothwell (1994) megállapította, hogy az innováció folyamatosan és gyorsan fejlődik és már az ötödik generációs innovációs folyamatnál tartunk (1. táblázat,

1. ábra) (Amidon, 1996, Dodgson, Gvann, Salter, 2001, Rothwell, 1994, Terzionski, Samson, Glassop, 2001). Az innovációs folyamatok irányításának és vállalatokon belüli kezelésének ezek a legfontosabb alapjai.

1. táblázat: A különböző generációs innovációs folyamatok jellemzése

generációk	első	második	harmadik	negyedik	ötödik
megjelenési ideje	1960-as évek	70- és, 80-as évek	80-as évek	80-as, 90-és évek	90-és évek vége?
legfontosabb "hasznélvezője"	technológia	projektetek	vállalkozás	vevő	általános tudás
fő jellemzője	technológiai nyomás (technology push)	szükségletek húzó szerepe (need pull, market need pull)	kapcsolt modell (a technológiai nyomás és a szükségletek összekapcsolása)	integrált modell (további szereplők: beszállítók, a piacvezetők bekapcsolása a folyamatba)	rendszer integrált hálózati modellek (system integration and networking - SIN.)
stratégiai alap	technológia fejlesztés	piac (vevő) igényei, elmozdulás a piac felé	a technológia és a vállalkozás integrálása,	technológia, vállalkozás, beszállítók, vevők integrációja	együttműködő innovációs rendszerek
fejlesztési elvek	K+F	piackutatás	K+F és piackutatás	a teljes innovációs folyamat (kutatás - fejlesztés - tervezés - gyártás - hasznosítás) kezelése	a teljes innovációs folyamat hálózati kezelése
Változásokat generáló tényezők	K+F mindenképp	kölcsönös függőség	rendszeresített K+F menedzsment	gyorsított, folyamatos globális változás	kaleidoszkopikus, dinamikus
Jellemzői	K+F mindenképp	költség-megosztás	kockázat - haszon egyensúlya	gyártási paradox	intellektuális kapacitás/hatás
Szerkezete	hierarchikus, funkcionálisan vezett	mátrix	osztott koordináció	multidimenzionális, kommunikáció-központú	szimbiotikus hálózatok
humán kapcsolatok	mi - ők verseny	gyakorlati együttműködés	strukturált kollaboráció	érték és kapacitás központúság	self managing, "tudás-alkalmazottak" (knowledge workers)
Folyamatok	minimális kommunikáció	projekt alapú	hasznosítható KF portfóliók	visszacsatolt és "információs kitartás"	tanulás - tudás folyamat, interdiszciplináris
Technológiák	embrionikus	adat-állomány alapú	információ alapú	információ technológia, mint versenyfegyver	intelligens tudás processzorok

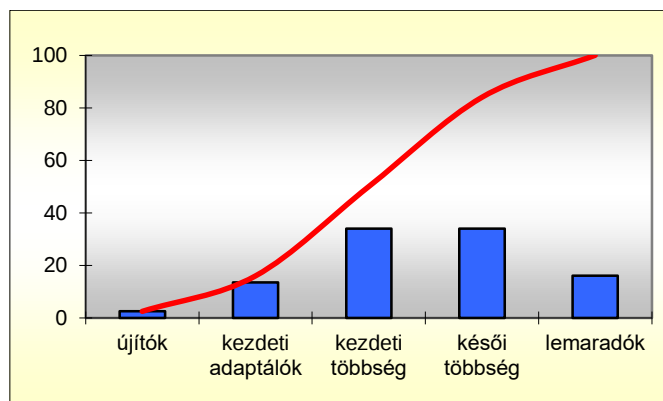
ma már definiálták a 6. és 7. generációs folyamatokat is. De a magyar gazdaság még inkább csak a 2. generációs folyamatnál tart, és a projektmenedzsment a leggyakrabban használt innovációs modell. Ugyanakkor a repüléssel foglalkozó kisvállalatok is alkalmazhatják akár az ötödik generációs folyamatot is.



1. ábra: Az 5. generációs innovációs folyamat

Az ötödik generációs innovációs folyamatra jellemző (Rothwell, 1994), hogy a vállalkozás stratégiai partneri kapcsolatokat alakít ki a beszállítókkal és a vevőkkel, igénybe veszi a tanácsadó (expert) rendszereket, együttműködik a kutatások, a marketing, stb. terén. Az ötödik generációs rendszerek mind stratégiai, mind megvalósíthatósági (enabling) jellemzőkkel rendelkeznek. A stratégiai elemek magukba foglalják az idő-alapú stratégiákat (a termékek gyorsabb és hatékonyabb fejlesztését), a nem közvetlen árképző jellemzőket (pl. minőség) is figyelembe vevő tervezést, a vevő orientáltságot (a vevő van minden stratégia központjában), a stratégiai partnerséget a beszállítókkal, elektronikus adatfeldolgozást és számítást, párhuzamos számításokat (paralel data-processing), a minőség ellenőrzés filozófiáját, stb. A megvalósíthatóságot pedig a magasabb szintű szervezettség és rendszerintegráció, a flexibilis szervezeti struktúra, teljes belső adatbázisok, a külső adatbázisokhoz való effektív csatlakozás, stb. teszi lehetővé.

Egy új termék sikere, elterjedése az új innováció diffúziós elmélete szerint alakul. Valente (1995) szerint például az innováció terjedése nem más, mint "új ötletek, vélemények vagy termékek szétáramlása a társadalomban". A diffúziós folyamat a Tarde (1895) által bevezetett „S” görbe szerint alakul (2. ábra).



2. ábra: Az innováció diffúzió folyamata

Az innováció diffúziós terjedésének elemzése alapvetően a folyamat társadalmi, vagy makrogazdasági megközelítése alapján érdekes. Ilyen szempontból a gyakorlatban a vizsgált társadalom tagjai öt csoportba oszthatók (Rogers, 1960):

- újítók, vagy innovátorok (a leggyorsabban befogadják az újdonságot, érdekli őket, értékelik, és többnyire értik az újdonságot, annak műszaki hátterét, kockázatvállalók, megfelelő anyagi háttérrel rendelkeznek a nem megfelelő újdonságok befogadásával járó veszteségek elviselésére),
- kezdeti adaptálók (nagyobb szociális mozgékonyssággal rendelkeznek, véleményformálók, modellként szolgálnak a társadalom többi tagjának, elfogadja őket az elit, sikeresek),
- kezdeti többség (gyakran érintkeznek az elittel, ritkán van véleményformáló szerepük, megfontoltan választják az újdonságot),
- késői többség (az elit nyomására, gazdasági kényszer hatására cselekszenek, szkeptikusak, kaotikusak),
- lemaradók (nincs hatásuk a társadalmi vélemény formálására, elszigeteltek, a véleményüket a múlt határozza meg, az innovációs döntésüket lassan hozzák meg, limitált a finanszírozási képességük).

A 2. ábra jól mutatja, az említett társadalmi csoportoknak az innováció diffúzióban játszott szerepét. A felső görbe, amely az innováció terjedését jellemzi, közel van a normál eloszlás alapján meghatározható S modellhez. Az oszlopok pedig megadják, hogy az egyes csoportoknak milyen részaránya van a társadalmon belül.

Az innováció, azaz az új termék, eljárás, szolgáltatás terjedését alapvetően négy elem befolyásolja (Rogers, 1960):

- innováció (az újdonság jellemzői, az egyén szempontjából újdonsága, haszna),
- kommunikációs csatornák (melyeken keresztül az újdonsággal kapcsolatos információ terjed),
- idő (mely az innovációs döntési folyamat, a személyek, vagy csoportok által az innováció adaptálására fordított relatív idő, és az innováció adaptációs hányadától függ),
- szociális rendszer (a közös problémák megoldásában a közös célok elérésében együtt dolgozó csoportok kölcsönös kapcsolatai).

1.2 System engineering

A mai ismereteink szerinti System Engineering elméletének kidolgozása a Bell Telefon Laboratóriumban kezdődött (Hall 1962). Alkalmazása a II. Világháború alatt, után gyorsult fel. Nem véletlen, hogy az első összefoglaló anyagok katonai szabványokként jelentek meg (MIL-STD-499A, 1969; MIL-STD-499B, 1974).

A systems engineering különösen az úgynevezett „post-Sputnik rush” időkben emelkedett ki és az Apolló programban mutatta meg igazi értékeit. Az amerikaiak, az orosz Szputnyik fellövése után kialakult technológiai versenyben mindent alávetettek az eredményességnek. Ebben az időben a termékek teljesítményének a növelése vált az első számú feladattá, ami „háttérbe szorította” a költségeket (De Liso, Metcalfe, 1996). Ez kihatással volt a képzési rendszerre is. A repülőmérnökök oktatási programjaiban is pl. a gyártási és esetenként a

tervezési ismeretek kárára növelték a fizika és a matematika tananyagát. Ennek következtében vált egyre fontosabbá a systems engineering, mely igazából a menedzsment eszköztára, mely a projekteket, a termékek fejlesztését annak teljes élettartam ciklusára vonatkoztatva, költségminimumot és gyors fejlesztést biztosítva.

A systems engineering (National, 1995) három legfontosabb sajátossága:

- a termék, a projekt teljes élettartam ciklusára kiterjesztette az egységes, integrált folyamatkezelést (menedzsmentet),
- az életciklust fázisokra bontva elemzi, vizsgálja és irányítja,
- kiemelte az un kulcsfontosságú döntési helyzeteket, döntéseket.

Teljes életpálya

Egy termék teljes életciklusa, életpályája két fő szakaszra osztható fel. Az első a Formulációs szakasz (Formulation), a második az Alkalmazási szakasz (Implementation) Az első szakasz tartalmaz minden olyan cselekvést, mely alkalmas a termék megvalósíthatóságának és gyárt-hatóságának az értékelésére, illetve az életpálya költségei és hasznai számítására, de legalább becslésére.

A második szakasz tartalmazza a tényleges megvalósítástól a termék használatán át annak kivezetéséig (újra hasznosításáig) tartó folyamatot. Ez egy lényegesen hosszabb szakasz, ami a költségeken túl már bevételek realizálását is magában foglalja, ennek köszönhetően a profit is itt fog jelentkezni.

A két szakasz határán helyezkedik el az egyik legfontosabb döntési feladat a Megerősítés (Approval of Implementation). Ugyanis a Formulációs szakaszban már elegendő információ gyűlik össze, hogy a termék számára kitűzött cél elérhetőségét értékelni lehessen. Az információ szolgáltató szakaszokat a következő réteg bemutatásánál fejtjük ki részletesen. Ez a döntés arra irányul, hogy a projektet át kell-e léptetni a Megvalósítási szakaszba, vagy le kell zárni. Ugyanis a Formulációs szakaszban megszerzett tudás még törölt termék esetén is felhasználható, általánosabb érvényű, és itt még a teljes életpálya alapján számolt költségek kis hányada halmozódik fel. Ha ezt a döntés nem kellő alapossággal hozzák meg, és a projekt úgy folytatódik, hogy nincs létjogosultsága, akkor a költségek, és ezáltal a veszteségek jelentős növekedésére lehet számolni.

Projekt fázisok

A system engineering (National, 1995) alkalmazásával az életpályákat hét részre osztják (3.ábra).



3. ábra: A termék, a projekt életpálya fázisai

A Előtanulmányi fázis

Ebben a szakaszban az adott termék, projekt életképességének, koncepciójának megvalósíthatóságát vizsgálja. Ehhez a rendelkezésre álló alapvető információk begyűjtése a feladat, illetve a tervezett újítások alapvető jogi, gazdasági technikai és technológiai körüljárása történik meg.

B Koncepció és technológia fejlesztése

A következő lépés már az előtanulmányi szakaszban kiválasztott megoldások, eljárások mélyebb szintű elemzése. Ezeknek a konkrét felhasználását és alkalmazását már részletesebben fel kell tární. Ehhez a fejlesztendő technológia, termék működési koncepciója adja az alapot. A különböző műszaki jellemzők vizsgálatának eredményeképp pedig már a gyártási, kialakítási technológiák alapjait is le lehet fektetni.

C Előzetes tervezési és technológiai fázis

Az előzetes tervek elkészítése és elemzése a feladat. Az előtervek alapján a műszaki, gazdasági jellemzők, a jogi elvárások és az előzetes hatástanulmányok elkészíthetők. A teljes rendszer ide értve a gyártást és a működtetést specifikálható, a piac fejlesztése és menedzselése is tervezhető. Mivel egyre részletesebb részekre, elemekre „bomlik” a teljes rendszer, fokozatosan ki lehet alakítani a további fejlesztési terveket, az életpálya menedzselését, a munkaterületeket.

D Tervezési-, és gyártmányfejlesztési fázis

Ekkor kezdődik meg a tényleges eszköz fejlesztése, azaz a termék részletes tervezése, és a gyártás fejlesztése. Ezt a fázist a Megerősítést követi, ami már az Implementációs szakaszba tartozik. Ebben a fázisban már elkészülnek a prototípusok is és megkezdik a fejlesztendő termék részletes laboratóriumi és működési tesztvizsgálatát.

E Rendszer integráció és tesztelési fázis

A rendszerintegráció már a koncepció, a működési elv kidolgozásakor is előkerül. A tesztelés itt egyben minősítést is jelent. A rendszerintegráció pedig a termék elemeinek, részrendszereinek az integrációját, és a terméknek a meglévő rendszerekbe integrálást szolgálja.

Ennek a szakasznak a lezárása a termék tényleges piacra vezetése. Ezért itt a műszaki fejlesztés feladatai mellett fokozottabban érvényesülnek a kapcsolódó területek, a marketing az elosztási és karbantartási (szerviz) hálózat kialakítása, stb.

F Üzemeltetési és fenntartási fázis

Ez a fázis már a termék használatáról szól. A gyártás folyamatos biztosítása mellett az értékesítési hálózat, a működtetést biztosító szolgáltatások, valamint a karbantartás – javítás megoldása a feladat.

G Kivezető és újrahasznosító fázis

A termék teljes életútjának utolsó fázisa. Mind a termékhez kapcsolódó gyártási és támogató struktúra felszámolása, mind a termékek utógondozása, újra hasznosítása ide tartozik. Már a korai tervezési szakaszokban figyelembe kell venni ezeket a szempontokat is. El kell különíteni az újrahasznosítható elemeket (és eljárásokat). Meg kell oldani ezek alkalmazását,

és ki kell dolgozni a szükséges kapcsolódó infrastruktúrát, és eljárásokat. Például hová, ki-nek, milyen módszerrel történhet meg az eszköz leadása. Természetesen a termék életútjának gazdasági lezárása is ebben a szakaszban történhet meg.

Kulcsfontosságú döntési helyzetek

A legfontosabb döntéseket nevezik kulcsfontosságú döntéseknek, kulcsfontosságú döntési helyzeteknek (KDH). Ezeket is tovább lehet csoportosítani, a legfontosabbak az egyes fázisok határait képző KDH-k. Alapvető feladatuk, hogy a következő fázisba átlépve egyértelműek legyenek a fázis peremfeltételei, céljai és feladatai. Ezen túlmenően az egyik legkritikusabb pont a KDH-C. Ez ugyanis az Előtevezési fázis és Implementálási szakasz határpontja. Azaz ez a döntés határozza meg, hogy a termék átlépjen a jóval hosszabb és költségesebb megvalósítási szakaszba, vagy az életpálya záruljon le az előzetes szakasszal. Ha nincs lehetőség a befektetések megtérülésére, akkor be kell fejezni a fejlesztést, és le kell zárni az életutat.

A szakaszhatárt jelentő KDH-k mellett természetesen további kulcsfontosságú döntési pontok is adódnak, ezek az egyes fázisokon belüli haladás irányát és módját határozzák meg. Ezek közül a legfontosabbak:

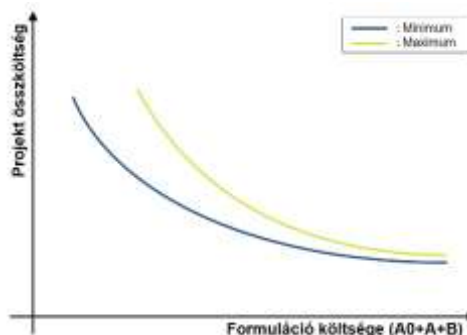
Az előtanulmányi szakasz végén el kell készülnie a projekt vázlatának, és az előtervezési dokumentumnak, ami az elért eredményeket, és azok felhasználási tervét tartalmazza. Ezek pedig újabb döntési helyzetet, helyzeteket jelentenek.

Az A – Előtanulmányi szakasz végére kell elkészülnie az előzetes projekttervnek, és a hozzá kapcsolódó döntéseket meg kell hozni.

A B - Konceptió és technológia fejlesztés egyik produktuma az alapozó projektterv, aminek a következtetései szintén döntések meghozatalával jár.

Ennek alapján a termék teljes életciklusa és az egyes fázisok is költségelemzést igényelnek. Ezek különösen fontosak, ha gazdasági alapokon értelmezik a piac célját és értelmét. A megtérülés, a haszon akkor maximalizálható, ha a teljes élettartam költségét minimalizáljuk. Erre irányul a fejlesztés. A funkciókat megfelelően megválasztva, a megvalósításához a helyesen megválasztott technológia felhasználása, a termék helyes pozicionálása mind ezt célozza.

A systems engineering alkalmazásának tapasztalatait elemezve fontos összefüggést sikerült feltárni az egyes szakaszok, és a teljes élettartam-költség között. Egész pontosan a Formulation életszakaszában lévő fázisokra fordított költség (A0 - Előtanulmány szakasza, A - Konceptió és technológia fejlesztése, B - Előtervezés, technológia kidolgozás szakasza) növelésével a projekt összköltsége egyre inkább csökken és jelentősen csökken (4. ábra).



4. ábra: A formuláció és az összes projekt költségek kapcsolata

Ez is kiemeli egyrészt a megfelelő előtervezés fontosságát, másrészt pedig a két szakasz közötti megerősítés (KHD-C) fontosságát.

Nagyon fontos ugyanis a termék teljes életciklusára vetítve, hogy már az alap kutatásoknál, és az első döntéseknél a megfelelő irányba induljon el a fejlesztés. Valamint a döntés korábban bemutatott feltételeinek, illetve tulajdonságainak megfelelően a felelősség vállalása a döntésekért, és a döntések megváltoztatásáért szintén ezen a szakaszon jár a legkisebb kár mellett a legnagyobb haszonnal.

1.3 Működési koncepció

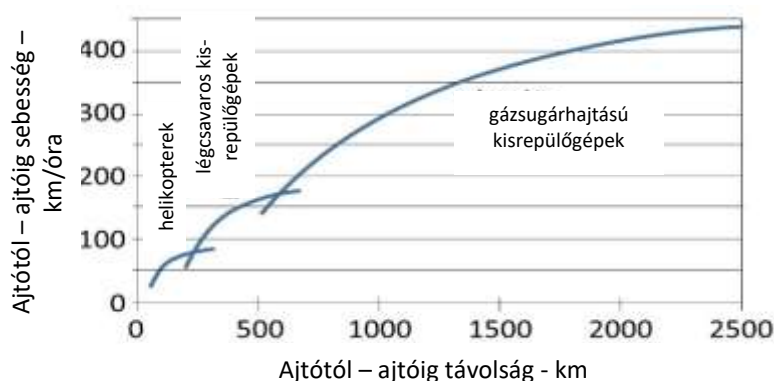
A termékfejlesztés mindig az ún működési koncepció kidolgozásával kezdődik. A NASA megfogalmazása szerint NASA (Abbott et al., 2004; Future, 2002; Munoz, Carreno and Dowek, 2006) a működési koncepció felhasználó szemszögéből határozza meg a rendszer költség-hatékony, biztonságos, védett (secure) és megengedhető (elérhető) működését, használatát. Ezt alapvetően két félekép lehet megtenni: (i) a működtetés (használat) céljainak, módjainak a definiálásával, vagy (ii) a használati folyamatok leírásával.

A működési koncepcióból vezethető le a termékfejlesztéshez szükséges alapadatok. Ezt mutatja a 2. táblázat (Gal et al., 2017).

2. táblázat: Személyes repülőgép fejlesztésekor alkalmazott indikátorok és azok előzetes meghatározása

Indikátor	Definíció	Tényezők	Elfogadás feltétele	Megjegyzés
költség	teljes élettartam-költség egy repült órára vonatkoztatva	- tulajdonlás, - repülőgép jellemzői - üzemanyagár - szolgáltatások díjai - karbantartás, javítás - díjak (repülőtéri, környezetvédelmi) - adózási rendszer (preferenciák)	a kisrepülőgép működtetési költsége nem haladhatja meg a felső közepkategóriás személyautók költség-szintjét	A NASA támogatásával elkészült új kisrepülőgépek ki-elégítették ezt a követelményt.
ajtótól - ajtóig utazási idő τ_{DD} és / vagy sebesség V_{DD}	idő és sebesség a teljes utazásra vonatkoztatva az ajtótól az ajtóig.	- szolgáltatási színvonal - repülőgép teljesítményadatai - a repülőtér és a városközpont közötti távolság - városi közlekedési rendszer	$V_{DD} = (2.1 + 0.0004R)R^{0.67}$ $\tau_{DD} = R / V_{DD}$ R - az ajtótól – ajtóig távolság $[V_{DD}] \rightarrow \text{km/h}$, $[\tau_{DD}] \rightarrow \text{h}$, $[R] \rightarrow \text{km}$	az elfogadás feltétele az összefüggésekből számítható
biztonság és védelem	légi baleset kockázata, halálos légi baleset (katasztrófa) kockázata bűnügyi eset kockázata sikeres terror akció kockázata	- repülőgép teljesítményadatai - repülőgép vezérlő rendszere - légiforgalom irányítása - repülőgépvezető fülke műszerezettség - repülőgépvezető támogató rendszer - repülőgépvezető, repülőgép, légiforgalom monitoring rendszer(ek), - veszélyhelyzet menedzsment - repülőgép, repülőtér, légiforgalom védelmi rendszere(i) - védelmi szabályozás, törvénykezés	légi baleset kockázata $\leq 10^{-5}$ halálos légi baleset kockázata $\leq 10^{-7}$ bűnügyi eset kockázata $\leq 10^{-6}$ sikeres terror akció kockázata $\leq 10^{-10}$	lehet ezek kissé alacsony értéke az elfogadáshoz, de ezeket még tanulmányozni kell
igény	az igény szerinti rendelkezésre állás ideje	- repülőgépek száma - légitaxi szolgáltatás - tulajdonosi viszonyok - informatika rendszer	$\tau_{ad} = 15 + 0.02 * R$ percek R – ajtótól – ajtóig távolság km-ben	

A 2. táblázat alapján a fejlesztendő kisrepülőgépek különböző típusai (5. ábra) és alapvető teljesítményadatai is meghatározhatók.



5. ábra: Kisrepülőgépek típusai az ajtótól – ajtóig távolság, sebesség függvényében

A működési koncepció általában tartalmazza

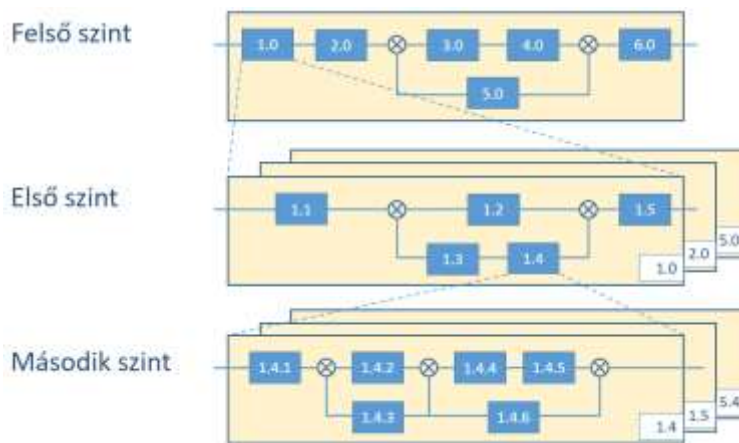
- a fejlesztendő termék (szolgáltatás) céljait, feladatait,
- a rendszerre hatással lévő stratégiákat, taktikai megoldásokat, hatósági előírásokat, korlátozó feltételeket,
- az érintettek (stakeholder-ek) együttműködésének szervezeti megoldásait, folyamatait,
- a delegált felelősségi rendszert, ide értve a használat, felügyelet, karbantartás, szabályozás leírását, különösen a veszélyhelyzetek esetére,
- a termék (szolgáltatás) használatát, annak folyamatát, ide értve a megvásárlásától kezdve mindent,
- a speciális működési és üzemeltetési folyamatokat,
- a termék (szolgáltatás) fejlesztéséhez szükséges követelményeket, a fejlesztés, gyártás, használat, karbantartás, javítás, stb. körülményeit.

1.4 Működési model

A systems engineering fontos sajátossága, hogy szofisztikált, de egyszerű elveket követ. A működési modell is ilyen. A systems engineering javasolta modell két legfontosabb tulajdonsága a hierarchikus felépítés és a rendszerelemek azonos elvek szerinti elemzése, tervezése.

A hierarchikus felépítés modell itt működés-hierarchiákat (5. ábra) jelent. A rendszerek működése ugyanis a saját (sajátos) működési funkciókkal rendelkeznek (National, 1995). Az egyes elemek egyfelől „horizontálisan” működésükben, másfelől „vertikálisan”, működési elveikben, működési szintekben kapcsolódnak össze.

A legfelső szinten az elérni kívánt funkcionalitáshoz tartozó részfeladatok, részrendszerek találhatóak, illetve a működéshez kapcsolódó folyamatokra látható. Itt a legalapvetőbb rész-funkciók kerülnek megállapításra, illetve az alrendszerek egymással való kapcsolatait lehet ezen szint segítségével feltérképezni. Természetesen az itt megjelölt blokkok szinte kivétel nélkül bonyolultabb, további felosztást igénylő folyamatokat jelölnek.



6. ábra: Egy termék működési modellje

A felső szinthez hasonló módszerrel ezeket a részfolyamatokat tovább lehet bontani, és újabb szintek segítségével egyre egyszerűbb működésű és felépítésű szinteket lehet definiálni. Ezzel a bonyolultabbnak tűnő struktúra ellenére egy jól kezelhető rendszerben az alrészek és önálló folyamatok egymásra épülése jól elemezhetővé válik.

A modell lehetőséget ad további feladatok, vizsgálatok egyszerűbb végrehajtására. Könnyen kialakítható pl. a rendszer működési mátrixa, mely segíti a kívánt funkcionalitáshoz szükséges szerkezeti megoldások kidolgozását. A rendszer működése ugyanis jól feltárható a modell alapján, és mivel a különböző szintek konkrét folyamatblokkokat tartalmaznak, a megvalósításhoz szükséges technikai feladatok szintén kirajzolódnak.

Szintén ebből adódik, hogy nem csak a szükséges szerkezeti megoldások, hanem ezeknek a konkrét megvalósítása, fizikai kialakítása is támogatható a többszintű működési modellel. Erre a többszintű működési modelleknek a fizikai mátrixnak nevezett vetülete szolgálhat alappul. Eközben a folyamatblokkok mellett a közöttük lévő kapcsolatrendszer is kirajzolódik, ami jól mutatja, hogy az egyes alrendszerek hogyan kapcsolódnak egymáshoz, ezért a különböző funkciókat ellátó megoldásokat mely további elemekkel kell összekapcsolni.

A működési modell alkalmazásának másik lehetősége a „visszafelé építkezés”, pl. a változtatások hatásainak a vizsgálata, a változtatásokat végrehajtása. A modernizálás, a tovább fejlesztés gyakran a termék, vagy valamely alrendszerének az átalakításával, áttervezésével, és mindenképp új funkció(k) megjelenésével jár. Egy jól létrehozott működési modell segít az új elem beépítés integrálásában, mivel pontosan „látható”, hogy hová, melyik szinten és milyen kapcsolati rendszerrel kell azt beilleszteni az eddig meglévő rendszerbe.

A működési modellek másik felhasználási területe a tesztelési és minősítési eljárások kidolgozása. A folyamatstruktúra segítségével ugyanis meg lehet határozni a működés szempontjából kritikusabb, vagy épp kevésbé kritikus elemeket. Ezekhez pedig megfelelő vizsgálati és tesztelési eljárásokat lehet fejleszteni, hogy a termék későbbi életszakaszain kevesebb probléma jelentkezzen.

A működési modellek közvetlen hatással vannak a menedzsment feladatok elvégzésére is. A többszintű működési modellek egy másik vetülete az ún. szervezeti mátrix, melyben az egyes részfolyamatokat ugyanis a hozzájuk kapcsolódó fejlesztési feladatok alapján is lehet vizsgálni. Így a teljes fejlesztést munkacsoportokra lehet osztani. Ezek a csoportok egymástól viszonylag függetlenül képesek dolgozni, ha a folyamatábrák valamelyik részfeladatához kötődnek. Ezzel pedig az esetleg problémát, fennakadást okozó fejlesztések nem feltétlenül

okoznak problémát a többi munkacsoportnak. Az egyes tevékenységek ugyanis csak az előre lefektetett pontokon és módokon kapcsolódnak a többi folyamathoz. Amíg ezeket nem kell megváltoztatni, addig a fejlesztések az egyes munkacsoportokon belül a nagyjából zavartalanul folyhatnak, egymástól függetlenül.

A továbbiakban ez a hatás alkotja a párhuzamos fejlesztés, az ún. konkurens mérnökség alapját.

A vázolt fejlesztési filozófia az egyes elemek fejlesztésekor alkalmazható egységes működési folyamatban jelenik meg.

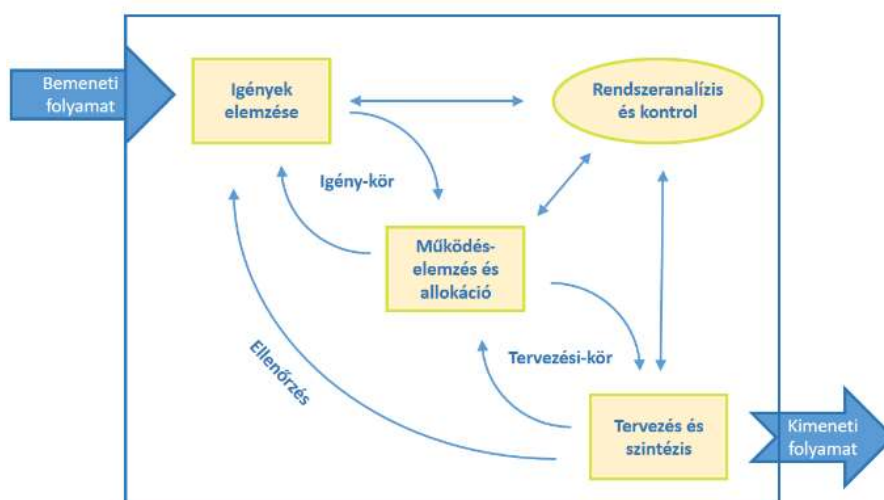
A többszintű működési modell bármely részelemének blokkja minden esetben kap valamilyen bemeneti folyamatot, és ennek hatására kell valamilyen kimeneti folyamatot előállítaniuk. A modell megalkotása során kell eldönteni, hogy ez hogyan történjen, illetve szükséges-e további részfolyamatokra bontással mélyebb szinteket alkotni az adott blokkból. Ennek támogatására szolgál a működési folyamatábra (7. ábra).

A módszer cselekvésekből és „áramló” információkból, igényekből épül fel (National, 2005). Az alapvető cselekvések:

- Igények elemzése
- Működés-elemzés és allokáció
- Tervezés és szintézis
- Rendszeranalízis és kontrol

Igények elemzése

Minden vizsgált folyamat több igényt is támaszt, amit a rendszernek ki kell elégítenie. Legalapvetőbb ezek közül magának a bloknak a feladata. Ugyanis az egyes alrendszereknek határozott feladata kell, hogy legyen. Emellett természetesen egyéb igények is felmerülhetnek. Adódik például, hogy az adott feladatot adott költségkeretből kell megoldani, tehát a blokkal szemben támasztott költség is egy ilyen meghatározó igény lehet. Hasonlóan szabályozási, kialakítási és egyéb követelmények is lehetnek. Ezeket ebben a lépésben kell elemezni, és feltérképezni.



7. ábra: A működési modellek folyamatkörei

Működés-elemzés és allokáció

Ez az a cselekvés, ahol az igények kielégíthetőségének lehetőségeit és megoldásait kell megvizsgálni. Ebben a lépésben kell feltárni azt is, hogy az adott folyamat keretén belül elértük-e a legalsó rendszerszintet, tehát egyetlen nem tovább bontható rendszer elegendő az elvárt kimenet eléréséhez, vagy szükséges új szintek definiálása és további részfolyamatokra bontás. Ezen utóbbi esetben pedig meg kell határozni, hogy az egyes részfolyamatok milyen funkciókat fognak ellátni, tehát a bemeneti és kimeneti folyamatokat azonosítani kell. Ebben a lépésben osztják fel az adott folyamatnál igényként megjelenő feladatok közt a rendelkezésre álló (illetve szükséges) erőforrásokat, itt allokálják a folyamatokat és erőforrásokat.

Tervezés és szintézis

A működés-elemzés eredményeként meghatározott eljárások és eszközök részletes megtervezése. Ez technológiai és rendszerelméleti tervezést egyaránt magába foglal. Tehát ez a lépés nem más, mint az adott részfolyamat részleges tervezése, a megoldások kidolgozása. Emellett itt kell kidolgozni azt is, hogyan illeszkedik a folyamat a bemenetekre és a kimenetekre, hogyan tudnak a részfolyamatok bekapcsolódni - amikor arra szükség lesz - a további részegységek kialakítása és beépítése.

Rendszeranalízis és kontrol

Az irányítási feladatok tartoznak ide. Az előző három műveleti kör lépéseit ugyanis megfelelően irányítani kell, és a kellő pillanatban döntéseket kell hozni. Ehhez folyamatosan információkat kell begyűjteni a teljes rendszertől. Továbbá minden lépés során meg kell vizsgálni, hogy a megfelelő keretek között működünk-e, elérhetőek a kívánt kimenetek, elégséges adatok érkeznek be a bemeneti folyamatokból, és azokat megfelelően csoportosítjuk.

Természetesen ezek között a műveletcsoportok között is megfelelő folyamatokat, információáramlást lehet feltárni. Négy fő modellezési folyamatot lehet elkülöníteni, melyek párhuzamosan folynak és meghatározzák az adott blokk működését.

Az első ilyen folyamat az úgynevezett Igény-kör. Ez az igények elemzésének és a működés-elemzésnek az együttműködését jelenti. Az információnak folyamatosan vándorolni kell a két elem között, hiszen az igények elemzése és megállapítása határozza meg a működés-elemzés peremfeltételeit. De ez vissza is hat az igények elemzésére, mert a kiválasztott megoldások, eljárások gyakran támasztanak olyan kiegészítő igényeket, amiknek a kielégíthetőségét szintén meg kell vizsgálni. Valamint előfordulhat, hogy nincs mód minden igény kielégítésére, ebben az esetben szintén az igényelemzés feladata megvizsgálni, elhagyható-e a szempontok közül egy, vagy akár több.

A működés-elemzést és a tervezést kapcsolja össze a Tervezési-kör. Az információ itt is kétirányba áramlik, hiszen a két csoport befolyásolja egymás tevékenységét. A működés-elemzés határozza meg a konkrét tervezési feladatokat, amiket el kell végezni. De, hasonlóan az Igény-körhöz, itt is szükség lehet a visszahatásra. A tervezési problémákat már a működési koncepció megválasztásával is át lehet hidalni, de teljesen új koncepciót is igényelhetnek a technológia akadályok, vagy éppen új technológiai megoldások felbukkanása.

A tervezés eredménye az igényelemzés számára is információt szolgáltat. Ellenőrizni kell, hogy minden elvárást ki lehet-e elégíteni a kialakított rendszerrel, illetve megfelelő módon került-e sor erre. Bármilyen hiányosság esetén kiegészítő tevékenységekre van szükség.

Amennyiben ez új igény megfogalmazását jelenti, akkor ez nem közvetlenül a tervezési szakaszra lesz hatással, hanem újra végighalad előbb az Igény-körön, majd a Tervezési-körön. Ezzel az ellenőrző körrel lehet biztosítani, hogy a kívánt kimenetek elérhetővé váljanak.

Természetesen mindegyik cselekvés fölött áll a rendszeranalízis és kontrol feladata. Ugyanis folyamatosan ellenőrzés alatt kell tartani az alfolyamatokat. Egyrészt a döntések meghozatalának igénye sem feltétlenül egyértelmű az egyes tevékenységi körökön belül, ezért az irányítás feladata, hogy a megfelelő időben, a megfelelő körülmények között a megfelelő döntést hozza. Továbbá a rendelkezésre álló erőforrásokat is figyelemmel kell kísérni, szintén az irányítás feladata, hogy ezt kontrol alatt tartsa. Habár az iterációs lépések fontosak az egyes körökben, nem szabad túl sok lépést engedélyezni, hiszen az a fejlesztés elakadását, és az erőforrások pazarlását eredményezheti.

A többszintű működési modellek és folyamatábrák előnyeit megvizsgálhatjuk a projekt esetében is, ha kiragadunk egy területet demonstrációs céllal.

Természetesen a szenzorok kiválasztása önmagban is egy eléggé összetett folyamat, mely a technológia azonosítása, vizsgálata, kiválasztása módszer alkalmazását igényli.

2 Fejlesztési elvek, eljárások

2.1 Paradigmaváltás a termékfejlesztésben

A hagyományos termékfejlesztés (8. ábra) valamely új ötlettel kezdődik. A kutatók, a mérnökök az új ötleteket tanulmányozva meghatározzák azok alkalmazási lehetőségeit és új termékeket „találnak ki”. A termék előállításához kidolgozzák a gyártási folyamatot, azaz kifejlesztik az új gyártmányt. A gyártás megszervezésekor kialakul egy gyártási ár. Az értékesítéskor pedig létrejön egy piaci ár. Persze a piacot jól meg kellett "dolgozni", hogy a termék eladható legyen. A hagyományos reklám mellett különböző alternatív és agresszív marketing módszereke is megjelentek.



8. ábra: Változás a termék-fejlesztés és piaci értékesítés folyamatában

A modern termékfejlesztés iránya megváltozott (8. ábra). A piac „dönti el” mire, mennyiért van igénye. A termékfejlesztés ezen paradigmaváltás után mindig a piactól indul. A piaci igények felmérése alapján specifikálják, mit, milyen áron lehet értékesíteni. A piaci árból képzik a gyártási árat. A mérnököknek pedig fel kell "tölteni" a leendő terméket azokkal az új, mérnöki ötletekkel, módszerekkel, melyek az elvárt specifikációjú terméket eredményezik.

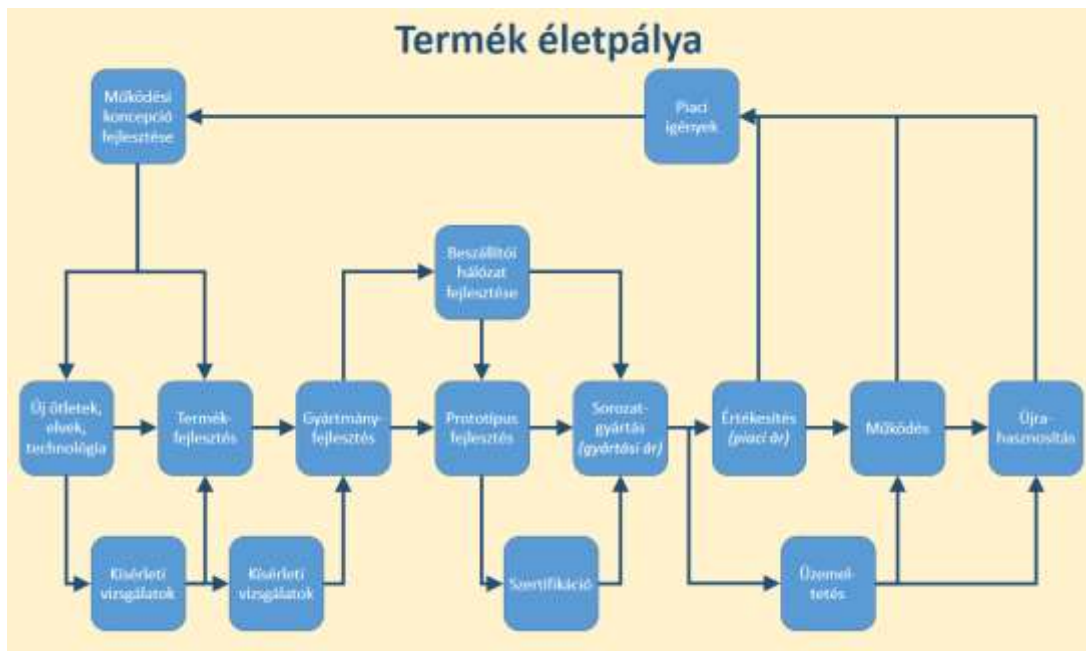
A piaci elvárás gyakran limitált árat jelent.

Lényegében a szolgáltatások, termékek fejlesztési irányának a megváltozásával, a piac, vagy más néven vevőközpontú fejlesztéseket lehet megvalósítani minden területen. Ez jelenti a piaci viszonyokhoz való adaptálódást és a rugalmasságot

A megváltozott irányú fejlesztési természetesen egy sokkal összetettebb folyamat (Rohacs et al. 2010a,; 2010b, Rohacs 2012; 2013) (9. ábra).

A fejlesztési folyamat a piaci igények meghatározásával kezdődik. Ez nem szimpla felmérés, nem az eladható darabszámot, hanem a kifejlesztendő termék piaci sikeréhez elérendő műszaki, gazdasági jellemzőket, működési, használati értékeket kell meghatározni.

A piaci igények ismeretében lehet kidolgozni a működési koncepciót (operational concept development), mely a felhasználó szempontjából határozza meg a termék alkalmazásának a folyamatát. A működési koncepció alapján, a legújabb tudományos és technológiai eredményeket alkalmazva, kísérleti vizsgálatokban ellenőrzött új ötletek, eljárások, módszerek alkalmazásával alakítják ki az új megoldást.



9. ábra: A termék életpálya folyamata

A modern termékfejlesztés itt nem fejeződik be, mind az innovációs elmélet, mind a rendszerek műszaki elmélete alapján a termék teljes életével foglalkozni kell. Ezért nemcsak az értékesítést kell kialakítani és megszervezni, de a használatot, az üzemeltetési (kiszolgálási, karbantartási és javítási) folyamatokat és az azok fenntartásához szükséges rendszereket is meg kell tervezni, szervezni, felügyelni és irányítani. A termék élete az újra hasznosítással fejeződik be.

2.2 Repülőgépek tervezési sajátosságai

A repülőgépek tervezése bonyolultan szabályozott, hosszú folyamat. A kiindulási adatok a kereskedelmi terhelés (utaslétszám), a hatótávolság és azon repülőterek jellemzői, melyeken

üzemeltetni kívánják a tervezendő repülőgépet. Az előtervezés, az aerodinamikai forma és a gép főbb szerkezeti kialakítása után térnek át a szilárdsági méretezésre.

A repülőgépre térfogati, vagy tömegerők (súlyerő, tehetetlenségi erők), felületi (aerodinamikai erők) és koncentrált, helyi erők (pl. hajtómű, szárny bekötésekben ébredő erők, a talajtól származó erők) és ezen erők által létrehozott nyomatékok hatnak. Ennek megfelelően a repülőgépre megosztott (pl. a felhajtóerő a szárnyterjedtsége mentén) és koncentrált (pl. hajtóműbekötés) terhelés hat. Ezek a terhelések időbeli jellegük szerint lehetnek statikusan és dinamikusak. Szigorúan véve a repülőgépek esetében tisztán statikus terhelés nem létezik, de ide sorolják az időben csak lassan változó terheléseket.

A repülőgépek tervezésekor a légialkalmassági előírásokban rögzített repülési helyzetekből határozzák meg a mértékadó, vagy más néven biztos terhelést. A törőterhelésnek és a biztonságos terhelésnek a viszonyát biztonsági tényezőnek nevezik. A repülőgépek esetében a biztonsági tényezőt a biztonságos terhelés számításának pontossága, a gyártástechnológiai pontatlanságok és az adott szerkezeti elem meghibásodásának következménye alapján határozzák meg. A repülőgépek szilárdsági méretezésekor ez a tényező a legrosszabb esetben, amikor a mértékadó terhelés meghatározása bizonytalan, a gyártás során alkalmazott technológia nem zárja ki az esetleges hibák elkövetését és az adott szerkezeti elem meghibásodása katasztrófához vezethet, sem haladja meg a 2.5 - 2.7 értéket. Ezt az általános műszaki gyakorlathoz képest rendkívül alacsony tényezőt is csak kevés szerkezeti elemnél (pl. futómű-bekötés) alkalmazzák.

A mértékadó terhelés meghatározására a repülési helyzettől, repülési manőverektől és a szél-
lökésektől függő ún. terhelési többszöröst alkalmazzák. Ez a szám azt mutatja meg, hogy a repülőgépre ható gyorsulás hányszorosa a földi gravitációs gyorsulásnak, vagy másképpen fogalmazva, a repülőgépre ható eredő erő és súlyerő különbsége hogy viszonyul a súlyerő abszolút értékéhez. A terhelési többszörös repülési szituációknak megfelelő értékeit a légialkalmassági előírások szerint adott terhelési többszörös - sebesség diagramból veszik fel. A légialkalmassági előírások szerint polgári szállító repülőgépek esetén a terhelési többszörös értéke maximum 3,5 érték körüli, míg az akrobatikus repülőgépeknél 4 - 6, a harci vadászipülőgépeket pedig 8 - 9 terhelési többszörösre méretezik.

A repülőgépeket a minimális súly biztosítása érdekében lényegében törésre méretezik. A mértékadó terhelést ugyanis a szél-
lökések miatti extra terhelések határozzák meg. A mértékadó szél-
lökés nagyságát pedig úgy veszik fel, hogy azzal a repülőgép legfeljebb egyszer találkozjon 10^6 repült óra alatt. (Lásd elemi kockázat.) Ez egyben azt is jelenti, hogy egymillió repült órára juthat egy a számítottnál nagyobb terhelésből adódó katasztrófa. (Szerencsére a helyzet még ennél is jobb és repülőgép típustól függően $10^7 \div 10^9$ repült órára jut egy katasztrófa, és még ennél is jóval ritkábban fordul elő olyan katasztrófa, melyet a "gyengére méretezett" szerkezet törése okoz

A repülőgép szerkezetek másik sajátossága, hogy a mindenkori változó terhelés a szerkezeti anyagok kifáradásához vezet. A repülőgép törzs esetében például nemcsak a szárny és a vezérsíkok okozta hajlító és csavaró hatásokkal, nemcsak a légköri turbulencia hatásaival, de a minden felszálláskor kialakuló kabin túlnyomással is számolni kell (Nagy repülési magasságban ugyanis a levegő nyomása oly mértékben lecsökken, hogy az veszélyes az emberi szervezetre. Ezért az utastérben a külső levegő nyomásához képest túlnyomást létesítenek.) A manőver, a légköri és a kabintúlnyomás miatt realizálódó ciklikus terhelés okozza a törzs szerkezeti elemeinek a kifáradását.

A fáradásos károsodás miatt a repülőgépekre repült óra, naptári év és felszállási ciklusszám alapján ún. garantált élettartamot írnak elő. Ez az a maximális élettartam, amely eléréséig a repülőgépek közül a tervezési kritérium alapján csak maximum egy fog katasztrófahelyzetbe kerülni egy millió repült óra alatt, amennyiben az üzemeltetők betartják a tervező és gyártó cég által megkövetelt üzemeltetési körülményeket és maradéktalanul végrehajtják az előírt karbantartási, javítási munkákat.

A korszerű repülőgéptervezés során a szerkezetet a fáradásos repedések ún. repedés-terjedési sebességére méretezik és terjedőben vannak – különösen kompozit anyagból készülő szerkezetek esetében – az ún. károsodást-tűrő méretezési eljárások. Ilyenkor egyértelmű élettartamot nem lehet meghatározni. A tényleges terhelések hatására a repülőgép szerkezetében végbement károsodásokat, azaz a repülőgép valóságos állapotát mérésekkel, vizsgálatokkal ellenőrzik és az üzemeltetést a valóságos állapot függvényében irányítják.

Fontos megjegyezni, hogy az üzemeltetés (használat, karbantartás, javítás) előírásokkal szabályozottan úgy van megoldva, hogy a repülőgép az élettartamának lejárt előtti utolsó repülésére is ugyanolyan biztonságosan használható állapotban megy el, mint az első útjára.

A repülőgép gyártását szintén a légialkalmassági előírások szabályozzák. A gyártás folyamán csak szigorú előírások szerint ellenőrzött anyagokat lehet felhasználni. A gyártási folyamatot folyamatosan ellenőrzik a légügyi hatóság emberei. A gyártást a korábban ismertetett típus-légialkalmassági, illetve egyedi légialkalmassági vizsgálatokkal, berepülésekkel kell befejezni.

A rendkívüli technológiai fegyelem betartatása, a legkorszerűbb anyagok, technológiák alkalmazása, az igen költséges gyártás nagy terület és munkaigénye, illetve a nagyfokú automatizáltság szükségessége generálja a gyártás szakosodását, a nemzetközi kooperációs gyártás beindítását.

A kisrepülőgépek esetében a gyártáskooperáció inkább a piacon elérhető alkatrészek, berendezések beszerzéséből és rendszerbe-integrálásából áll.

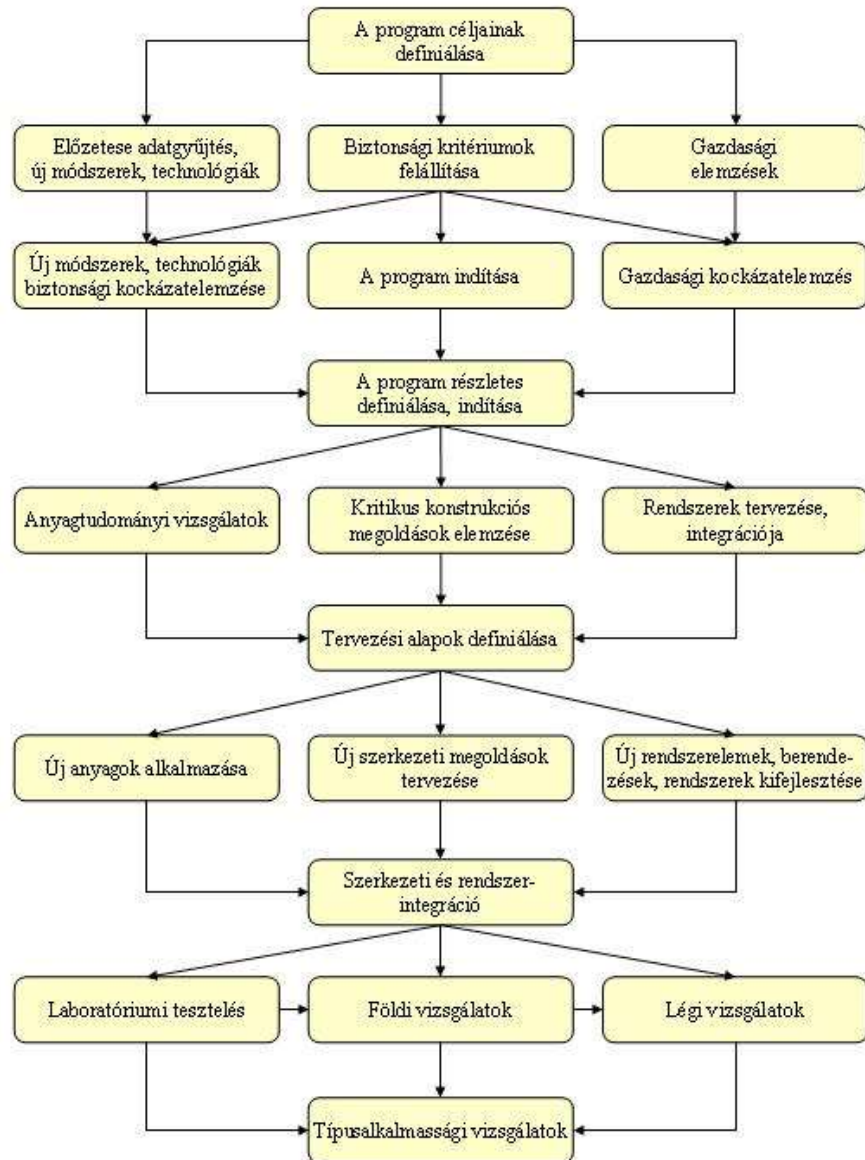
A Repülőgépek fejlesztési folyamatának összetettségét jól mutatja a 10. ábra. A fejlesztés, tervezés, gyártmányfejlesztés során kiemelten kell kezelni a légialkalmassági előírásokban rögzített biztonság elérését.

A biztonságfilozófia, a biztonságfilozófia alkalmazása során az egyik alapvető feladat a megfelelő új anyagok, szerkezeti megoldások kiválasztása. Ilyenkor a következő sajátosságokkal kell foglalkozni:

- a repülőgép tervezett (elvárt) repülési és egyéb (környezetvédelmi, biztonsági, utaskényelmi, stb.) tulajdonságainak a biztosítása,
- az anyagok, szerkezeti megoldások alkalmazhatósága (gyárthatóság, és integrálhatósága a teljes szerkezetbe),
- a teljes élettartam ciklus fajlagos (egy repült órára vonatkozó) költségének a minimálása,
- az anyagok és szerkezetek tulajdonságainak a megőrzése hosszú távon, minél hosszabb ideig,
- az anyagszerkezeti és a szerkezeti változások, meghibásodások felismerhetősége (diagnosztizálhatósága) és kezelhetősége (karbantarthatósága, javíthatósága).

A gyakorlatban az új anyagok elterjedésének és alkalmazásának a legfontosabb kritériuma az itt felsorolt sajátosságok, követelmények teljesülése.

Valójában az új anyagok és szerkezeti megoldások alkalmazására nincs egységesen és egyformán követhető eljárás, vagy módszer. Minden szerkezeti anyag és minden konstrukciós megoldás külön vizsgálatokat igényel. Ennek viszont létezik egy általános menete a 10. ábra szerint.



10. ábra: A biztonságfilozófia alkalmazása egy új repülőgép kifejlesztésekor

A biztonságfilozófia alkalmazása látható hogy hierarchikus és horizontális megoldásokat is tartalmaz. A döntési mechanizmus legfontosabb sajátosságai:

- a biztonság az alkalmazott anyagok fiziko-mechanikai sajátosságaitól, nemcsak a kidolgozott konstrukciós megoldásoktól, de a gazdasági kritériumoktól is függ (kérdés mit vár el, és miért hajlandó fizetni a piac),
- az előzetes tervek elkészítése után a biztonságfilozófiát a részletes tervezés során kell alkalmazni, minden egyes alkatrész, megoldás esetében,

- a vizsgálatokat önállóan minden anyag, szerkezet, berendezés esetében el kell végezni, de a legfontosabb a szerkezet és a rendszer integrációjának (az egyes elemek, berendezéseknek együttműködésének) a biztosítása,
- a végső döntést egy új anyag és/vagy szerkezeti megoldás, berendezés, rendszer alkalmazhatóságát a szertifikáció (típusalkalmasság) megszerzése bizonyítja.

2.3 Repülőgépek fejlesztési folyamata

A radikálisan új (un. diszruptív) technológiák és megoldások fejlesztése és alkalmazása egy hosszú, jól szabályozott folyamat (Rohacs 2010, Roghacs et al. 2010a), mely négy fontos szakaszra osztható (11. ábra). Az első az ötlet megjelenése és tesztelése. Ezt alaptudományi kutatásnak is nevezni. Általában egyetemi kutatóhelyek és kisvállalkozások jelentkeznek kreatív ötletekkel, melyeket az egyetemeken a „legolcsóbb” ellenőrizni (pl. évfolyam, vagy diplomatervek keretében). Amennyiben az első értékelések azt mutatják, hogy érdemes tovább foglalkozni az új ötlettel, akkor azt – szintén egyetemi környezetben – laboratóriumi vizsgálatokban tesztelik. A fejlesztés harmadik szakaszában – a technológia transzfer kutatóintézetekben – nagyértékű kísérleti eszközök (pl. szélcsatornák, szuperszámítógépek) alkalmazásával és valóságos körülmények közt (kísérleti repülőgépeken) – vizsgálják és felhasználásra előkészítik az új technológiákat, új módszereket, eljárásokat. Végül a felhasználók, azaz a repülőgépgyárok, az új ötletet, eljárást, mint új technológiát betervezik, beépítik az új gépekbe.

Az alkalmazás feltétele, hogy az új ötletet, technológiát, eljárást, illetve a kifejlesztett berendezést, alkatrészt, szertifikáltatni (repülési alkalmasságát hatósági engedélyezési folyamatban bizonyítani) kell. A szertifikált termék, technológia egyben mintegy 10-szeres áron értékesíthető.



11. ábra: A repülőgép fejlesztési folyamata

A fejlesztés egyes szakaszai általában 4 – 6 évet igényelnek. Egy új ötlet tehát 20 – 25 év alatt jut el az alkalmazásig. Mivel az új repülőgépet legalább tíz évig gyártják, majd az utolsó is kb. 20 évig tartják üzemben, az új technológiák élete az ötlettől az üzemeltetés végéig 50 – 60 évet is kitesz.

A repülőgépek fejlesztési folyamatának (11. ábra) az ismerete kijelöli azt az utat, melyet követni célszerű; azaz először az egyetemi kutató helyet (helyeket) kell fejleszteni (amint

azt pl. a csehek tették) és a kisvállalkozásokat segíteni kell a szertifikációs folyamat és követelményrendszer megismerésében (ahogy azt az osztrák Take-off programban tették).

A tervezés elvei, módszerek

A kisrepülőgépek gyártóit gyakran megtéveszti, hogy az innováció diffúzió elmélete alapján (lásd 2. ábra) mindig el lehet adni egy kisebb szériát, egy pár repülőgépet csak az újdonságának köszönhetően. Nem szabad azonban elfelejteni, hogy a piac mindig új és jobb tulajdonságokkal rendelkező gépeket akar, még akkor is, ha a vevők többsége nem feltétlen a legújabb, legjobb és legdrágább terméket veszi meg. (Lásd a mobil telefonok gyorsan változó termékkínálatát!). Tévedésben vannak azok, akik a nemzetközi piac meghódításáról álmodoznak és a repülőgépet néhány száz dollárért vásárolt szoftver(ek) alkalmazásával akarják megtervezni; vagy csak a hagyományos félempirikus tervezési elvet alkalmazzák.

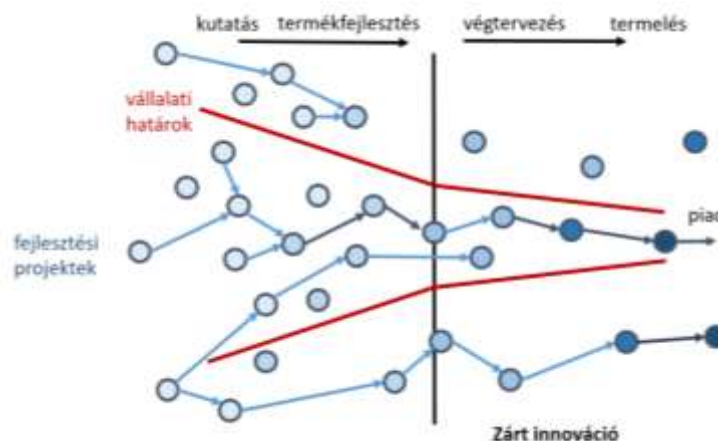
Az informatika robbanásszerű fejlődésének a korában az innováció-központú, tudásalapú információs társadalom és gazdaság világában a klasszikusan mérnöki feladatként definiált tervezésben is egy sor új módszer jelenik meg. Ilyenek például a következő, (itt most csak) rendkívül leegyszerűsített formában meghatározott új eljárások módszerek is (Rohács, 2018):

- koncepcionális tervezés – a koncepció kidolgozása és a termék specifikálása a systems engineering fejlesztési fázisa;
- törésre tervezés – korábban a repülőgépeket törésre, azaz a töréshez vezető terhelésre tervezték;
- repedésterjedési sebességre tervezés – a szerkezeti anyagok kifáradásakor megjelenő repedések terjedési sebességére;
- tervezés károsodástűrésre – a kompozit szerkezetek hasznosítását meggyorsító tervezési eljárás olyan szerkezeteket kialakítására, készítésére, melyek bizonyos károsodások után is egy ideig biztonságosan alkalmazhatók;
- tervezés teljes élettartam ciklusra – a systems engineering elveit követve a termék (itt repülőgép) teljes élettartam ciklusára kiterjed a tervezés, a teljes élettartamra (a tervezéstől a gyártáson, az üzemeltetésen át az újrahasznosításig tartó folyamatra) optimalizálnak;
- konkurens (párhuzamos) tervezés – mikor a tervezés, gyártás idejét az ötlettől a piacra jutásig terjedő időt csökkentik párhuzamosan végrehajtott tervezés, gyártmányfejlesztés és gyártás végrehajtásával;
- multifizikai tervezés – egyszerre több fizikai (pl. áramlástani, hőtani) alaptörvényt alkalmazva hajtják végre a tervezést;
- multidiszciplináris tervezés – egyszerre több tudományág elveit használják a tervezéskor a szerkezet, a gyártmány és működés optimalizálásakor;
- evolúciós tervezés – az evolúció elvét követve folyamatosan módosítva, keresik az optimálisabb megoldást, ide értve a piaci igények felmérése alapján meghatározott fejlesztési irányt is;
- genetikus tervezés – genetikai algoritmusokat alkalmazó tervezés;
- revolúciós tervezés – amikor a tervező a piaci igényeknél előbbre „lát” és forradalmian új terméket tervez;
- ökotervezés – minimális környezetterhelés biztosítása a termék teljes élettartam ciklusára optimalizált termék;
- stb.

A Műegyetem Vasúri Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék dolgozói a tervezési, fejlesztési filozófiától (Rohacs, 2010), a forradalmian ötletek alkalmazásától (Rohacs and Rohacs, 2016) a módszertan fejlesztésén (Veress et al., 2013; Rohacs et al., 2010a) termék és alkatrész tervezésén, optimalásán (Beneda, 2016; Veress, Bicsak and Rohacs, 2016;) át a fejlesztések menedzseléséig (Bicsak, Szirczak és Rohacs, 2016; Rohacs et al., 2010b) a tervezés - fejlesztések minden fázisában részt vesznek.

2.4 Nyílt és zárt innovációs folyamat

A nemzetközi és a hazai gazdasági adatok is azt mutatják (A recovery, 2013), hogy a vállalkozások 95 %-a kis és közepes vállalkozás (KKV), melyek a foglalkoztatottak 66,5 %-ával a GDP 57,6 % át termelik meg. A vállalkozások alapvetően kétféle innovációt valósítanak meg (Chesbrough, 2003). Nyílt innovációs folyamatban a vállalkozás a nyílt formában hozzáférhető anyagok felhasználásával fejleszti a termékeit és az eredményeket is hozzáférhetővé teszi. ezzel szemben a zárt innováció során (12. ábra) vállalkozások a fejlesztés indításakor felhasználgják a nyíltan hozzáférhető, szabad felhasználású anyagokat, információkat is, de a fejlesztés során, de saját nem nyílt és / vagy „vásárolt” tudást (pl. szabadalom, know-how) is felhasználva fejlesztenek, az eredményeiket pedig igyekeznek megvédeni.



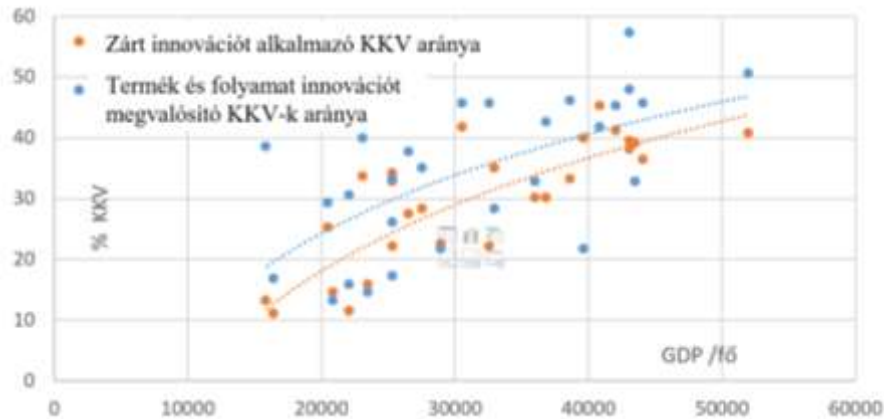
12. ábra: A zárt innovációs folyamat

A zárt innovációt alkalmazzák azok a vállaltok, melyek eléggé tőkeerősek, védeni akarják a fejlesztéseiket és rendelkeznek a fejlesztéshez szükséges humán és technikai feltételekkel.

Az európai statisztikai adatok azt mutatják (Innovation, 2014), hogy a fejletlenebb országokban kevesebb az innovatív KKV-k aránya és természetesen kevesebb közöttük a zárt innovációt megvalósítók (13. ábra). Pontosán ezért fontos a nyílt innovációt támogató platformok létrehívása, a kisvállalatok innovációt segítő támogatása.

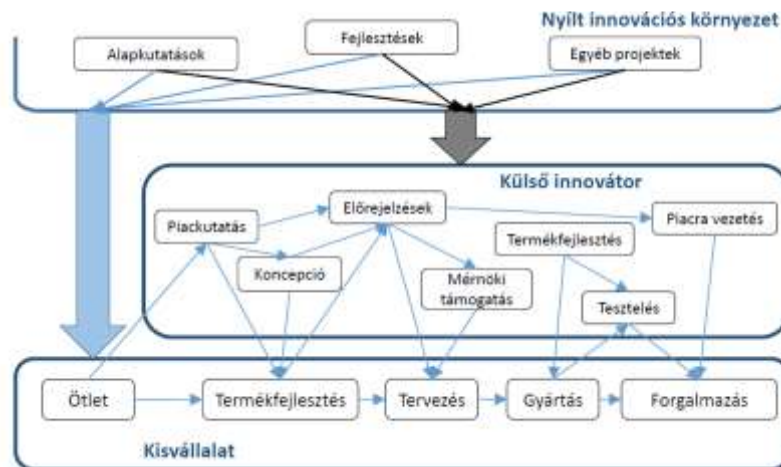
Ezen útmutató összeállításával párhuzamosan a „Diszruptív technológiák kutatás-fejlesztése az e-mobility területén és integrálásuk a mérnökképzésbe” című EFOP-3.6.1-16-2016-00014 projekt támogatásával létrejön / létrejött egy nyílt innovációs platform. A platformon nyílt innovációt támogató anyagok, e-learning összeállítások fognak megjelenni. A platform egyfajta fórumként működhet, mely lehetőséget ad a szolgáltatásokat kínáló megjelenésére

és a fejlesztők igényeihez igazodó szakmai viták folytatására, közös álláspontok kialakítására. Egyúttal itt szolgáltatás jelleggel felajánlható az egyetemi kutatói infrastruktúra és tudástőke használata, hasznosítása.



13. ábra: Az innovatív és zárt innovációt alkalmazó KKV-k aránya a gazdaság (ország) fejlettségének a függvényében.

A BME BRHT munkatársai korábban vezető konzultáns szerepet játszottak a Corvus Racer kialakításában (Rohacs et al. 2010a; 2010b). Az ott szerzett tapasztalatok alapján javasolható egy un. külső (outside) innovációs folyamat alkalmazása (14. ábra).



14. ábra: A külső innovációs folyamat

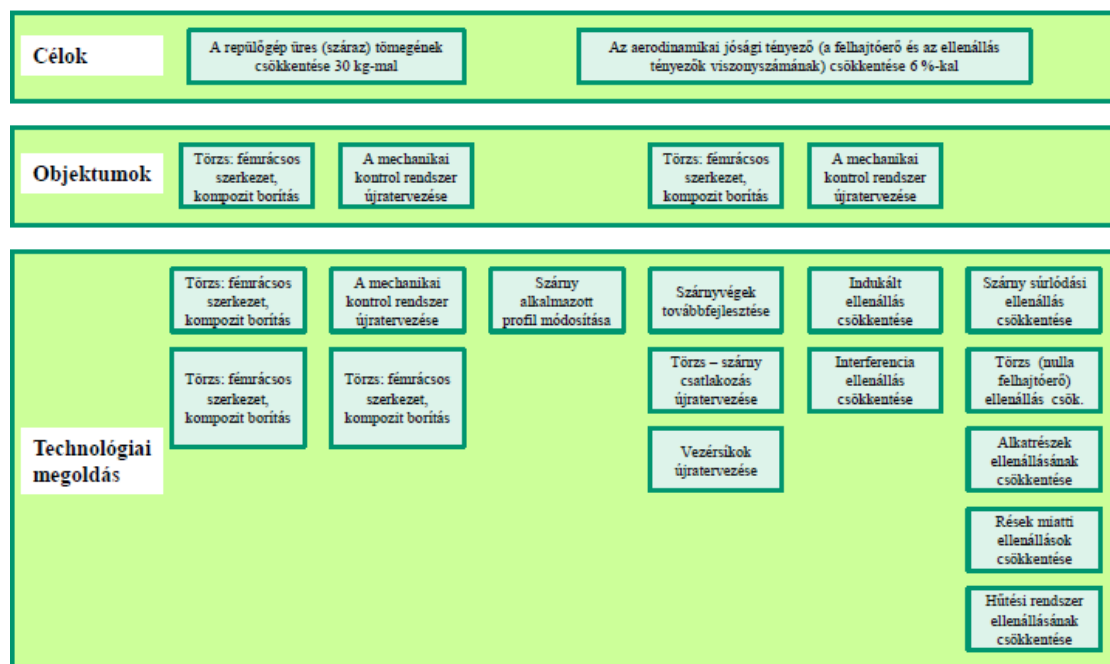
A külső innovációs folyamat lényege, hogy a fejlesztő vállalatot kívülről szolgáltatásként egy tanácsadó, konzulensi testület segíti. A testület lényegiében ideiglenesen a vállalkozáshoz csatlakozó fejlesztő tudást, környezetet reprezentál és ezzel biztosítja a zárt innovációs folyamat előnyeit.

A külső innováció előnyeit talán legjobban a Corvus racer esetében alkalmazottak példáján lehet bemutatni.

A fejlesztést támogató munkacsoport legfontosabb eredménye a cél- és objektum orientált továbbfejlesztési elv (15. ábra) kidolgozása és alkalmazása volt (Rohacs et al., 2010a). A tanácsadó csoport ugyanis felismerte, hogy a félempirikus tervezési eljárás alkalmazásakor

csak egy átlagos repülőgépet lehet elkészíteni, fejlett módszerekere sem idő sem az infrastrukturális feltételek nem voltak meg. Ezért a munkacsoport elhatározta, hogy a rövid fejlesztési idő miatt a félempirikus tervezési módszert alkalmazza, de kiegészíti azt egy a készülő repülőgép fejlesztéssel párhuzamosan megvalósuló (concurrent engineering) továbbfejlesztési programjával. A program keretében meghatározták a továbbfejlesztési célokat, azokat az "objektumokat" melyeket mint főbb területeket be kell vonni az adott továbbfejlesztési célok elérésébe és ki kell dolgozni azokat a technológiákat, melyek alkalmasak a célok elérésére.

Példaként az 15. ábrából kiolvasható, hogy a felhajtóerő és az ellenállás tényezőinek a viszonyszámával jellemzett un. az aerodinamikai jósági tényezőnek a javítása érdekében több területen lehet és lehetett csökkenteni a repülőgép ellenállását. Többek közt a szárnyprofil és a szárnyvégek alakjának a módosításával, továbbfejlesztésével, a nagy állásszögeken különösen jelentős indukált ellenállás csökkentésével, vagy az interferencia ellenállás okozói közül a legnagyobb hatással bíró, törzs és a szárny csatlakozás átdolgozásával, a csatlakozást lefedő un. hónaljlemezek újra tervezésével és így tovább.



15. ábra: Példa (részlet) cél és objektum orientált fejlesztési filozófia alkalmazására

Másik érdekes példa, az ellenállás jelentősen csökkentésére alkalmas sajátos módszer a törzs keresztmetszeti felületének a csökkentése. A Corvus Racer 540 fejlesztését tanácsaival segítő legeredményesebb magyar műrepülő, a Nemzetközi Repülőszövetség Paul Tissandier diplomájával kitüntetett Bessenyei Péter, Red Bull pilóta közvetlen részt vett a törzs keresztmetszeti felülete minimális értékének a meghatározásában. Az elemzéseket közösen értékelve sikerült meghatározni, milyen mértékben dönthető hátrafelé a pilóta ülése, milyen ülés helyzet kell a gép biztonságos vezetéséhez.

Az egyedi és fejlett vizsgálatokat itt számítógépes egyedi elemzések (numerikus aerodinamikai számítások a repülőgép egyes elemei körül kialakuló áramlások tisztázása és a geometriai forma optimalása érdekében, véges elemes szilárdsági ellenőrzések) és kísérletek,

azok végrehajtása jelentette (pl. a szárny - csűrő közti tér geometriai formájának a finomítása érdekében).

A tanácsadói munkacsoport minimálisan heti egy alkalommal elemezte a fejlesztési, tervezési, gyártási, tesztelési eredményeket és igyekezett a problémákra felhívni a figyelmet, illetve megoldásokat javasolt a felmerülő problémák hatékony kezelésére. A megbeszélések néha alig egy órát, többnyire azonban több órát tartottak.

A tanácsadó csoport sikeresnek tűnő megoldások alkalmazását is csak akkor ajánlotta, ha azok alkalmazása csak kevés kockázattal járt és nem veszélyeztette a rövid vállalási határidő betartását.

3 Fejlesztési módszerek, folyamatok, filozófiák

3.1 A fejlesztéseket meghatározó változások

Amennyiben a fejlesztés célja az olyan piacon való megjelenés, melyet nagy és globálisan működő vállalatok (repülőgépgyárak) uralnak, akkor forradalmian új megoldásokat alkalmazó, eredeti, a piacon jelenlévőknél lényegesen jobb tulajdonságokkal rendelkező terméket kell kifejleszteni. Ezért először meg kell ismerni, milyen problémák jellemzik a piacot, az adott termékek használatát, milyen törvények, szabályok határozzák meg a jövőt, milyen új alkalmazható technológiák jelennek meg, milyen élettartamuk van az új technológiáknak.

A fejlesztők általában ismerik a saját tevékenységük körébe tartozó fejlődési irányokat, az adott területen megjelenő új technológiákat, megoldásokat, módszereket. Nem rendelkeznek azonban megfelelő ismeretekkel a jövőt meghatározó folyamatokról a technológiák védelméről, élettartamáról.

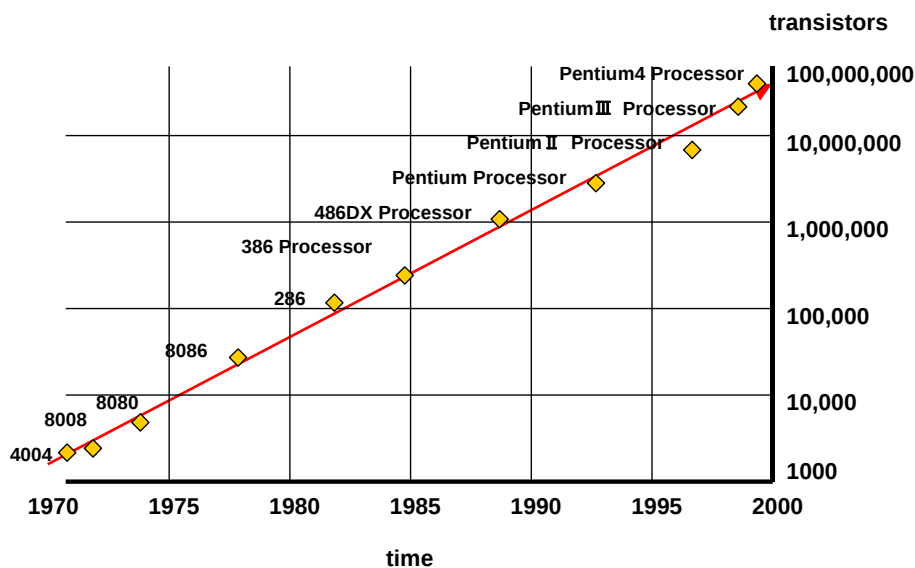
Az innováció-központú, tudásalapú, információs társadalom és gazdaság legfontosabb, a fejlődést alapvetően behatároló törvényszerűségeit a közlekedési rendszerek és különösen a légiközlekedési rendszerek fejlődését befolyásoló törvényszerűségeit Holmes (2001) összegezve általánosan használható következtetéseket vont le. Szerinte, mai gyorsan változó és az info-kommunikáció forradalmára alapozott gazdaság változásait a következő fontos törvények befolyásolják.

Moore törvénye

Eredetileg Moore (1965) az exponenciális növekedéseket vizsgálva elsőként írt arról, hogy a mikrochipek teljesítőképessége minden 18 hónap alatt megduplázódik. Egyesek szerint ez a törvényszerűség már a Moore leírás előtt is részben ismert volt és egy kissé pontatlan is. Ennek ellenére, a ma már Moore törvénynek nevezett észrevétel a számítógépek kapacitásának az exponenciális növekedése ma is igaz (16. ábra), és meghatározó jellegű.

Gilder törvény

Gilder felismerése szerint a kommunikációs sávszélesség, és ezzel a kommunikáció során átvitt információ mennyisége évente megháromszorozódik



16. ábra: A mikroprocesszorok kapacitásának változása a Moore törvény szerinti

Gilder törvény

Gilder felismerése szerint a kommunikációs sávszélesség, és ezzel a kommunikáció során átvitt információ mennyisége évente megháromszorozódik.

Metcalfe törvény

Az információs társadalom korának és a további gazdasági és technológiai fejlődésnek talán legfontosabb sajátossága a hálózatközpontúság. Az Ethernet-et David Boggs-szal közösen kidolgozó Robert Metcalfe határozta meg a hálózatok értékét, amely szerinte a csomópontok, pontosabban a hálózatba kapcsolt terminálok teljesítményének a négyzetével arányos. Másképp fogalmazva, a kommunikációs hálózat értéke a hálózatba kapcsoltak számának a négyzetével arányos. Ezt később Gilder nevezte el Metcalfe törvénynek.

A jólét íratlan törvénye

A fejlődés törvényeit ismertnek szokták tekinteni. Közben olyan egyszerű dolgot, mint a jólét folyamatos bővülését sem tudjuk leírni, és megindokolni. Valójában a jólétet a természeti és az emberi tőkéből nyerjük, miközben a természeti tőkét folyamatosan mesterséges, emberi tőkévé alakítjuk. Rövidebben azt lehet mondani, hogy a fejlődés egyik íratlan szabálya, hogy az ember elherdálja a természeti javakat az emberi jólét igényeinek a kielégítésére.

A törvény legfontosabb sajátossága, hogy az emberi tőke felhalmozásával egyre újabb emberi igényeket kell kielégíteni.

A nagy forgalmi dugók íratlan szabálya

A nagy forgalmi dugók íratlan szabálya, hogy a mennyiségi növekedéssel nem lehet megoldani a problémákat, pl. a nagy ipari körzetekre kiterjedő forgalmi dugókat nem lehet megoldani az autópályák építésével. Valójában minden egyes km új autópálya idővel csak növelni fogja az adott körzetben közlekedők számát, és ezzel ismételtén visszaáll a korábbi állapot, a korábbi forgalmi dugó, sőt még nagyobb is lesz, mivel egyre több jármű vesz abban részt.

A jövő érdekében nem a mennyiségi kínálatot kell növelni, hanem új megoldásokkal kell foglalkozni.

Kurzweil gyorsuló visszatérés törvénye

Érdekes megfigyelni, hogy a természetben minden folyamat a növekvő entrópia, a rendezetlenség felé irányul. Ugyanakkor az evolúció ennek pontosan a fordítottja, amikor az evolúció során valami új, rendezettebb, fejlettebb alakul ki. Ray Kurzweil (1999) olyan hipotézissel állt elő, hogy léteznie kell egy törvénynek, mely ezt az evolúció jellegű fejlődést fejezi ki. Ezt nevezte a gyorsuló visszatérésnek. Kurzweil gyorsuló visszatérés (Accelerating Returns) törvénye azt fejezi ki, hogy a biológiai és a technológiai fejlődés a Moore törvény alapján exponenciális, viszont az exponenciális kitevő folyamatosan nő. A korábbi fejlődés eredményei (outputs) ugyanis a következő fejlődés kiinduló (inputs) elemei. Lényegében ez egy pozitív jellegű visszacsatolás, és ez magyarázza meg az evolúciót.

Kurzweil szerint ez a felgyorsuló fejlődés egy „szingularitáshoz” vezet, amikor a fejlődés exponenciális kitevője a végtelenhez közelít.

Valójában Kurzweil törvénye szerint minden evolúciós jellegű fejlődés exponenciális és gyorsuló. Ugyanakkor ez a fejlődés elfekvő S alakú elemekből épül fel. Egy új technológia bevezetési szakaszában a fejlődés felgyorsul, majd a fejlődés lelassul, mielőtt az újabb jelentős technológiai újdonság megjelenne és az ismételten felgyorsítaná a fejlődést.

Az információs kor arany szabálya

Az idő az pénz mondták régen. Ma arany szabálynak nevezik a kitételt, miszerint az idő aranyat ér. Az időtényező minden fejlesztésben, az új szolgáltatások, termékek piaci bevezetésében értékesítésében fontos szerepet játszik. Különösen így van a mai felgyorsuló világban.

Az fejlődés első három törvényét, a Moore, a Gilder és a Metcalfe törvényeket együtt gyakran nevezik a 3 technológiai törvénynek.

A vázolt törvényszerűségeknek a fejlesztések és az új technológiák alkalmazásakor szinte mindenre közvetlen hatása van. Pl. a vázolt törvényszerűségek alapján érthető, milyen jelentős probléma, hogy az új mikroprocesszoros berendezések, műszerek engedélyeztetési (szertifikációs) ideje (3 – 5 év) hosszabb, mint az adott technológiák élettartama. A műszerek gyorsabban avulnak el, mint azok alkalmazását engedélyezik.

A másik érdekes és fontos sajátosság, hogy a repülőgépek tervezése és gyártása során nyugodtan lehet számítani az információ technológia új eredményeinek, lehetőségeinek a megjelenésére. Azok hamarabb, gyorsabban jelennek meg, mint a tervezési idő. Ezért a tervezéskor tudatosan kell számolni a mikroprocesszorok kapacitásának a növekedésével, a fedélzeti hálózatok, a beágyazott rendszerek lehetőségeinek a növekedésével.

A technológiai változások forradalmian új eljárásokhoz, megoldásokhoz vezetnek. Ezek egy részét, az anyagtudományok fejlődését, a mikrotechnológia alkalmazását, a szoftverek változó szerepét, bionika (biológiai elvekre épülő megoldások) megjelenését, a személyrepülőgépek fejlesztését, a robotizációt, a hatóság szerepének a változást röviden bemutatja a Rohács (2018) tanulmány. közülük az EFOP projekthez csatlakozva kiemelhetjük a személyrepülőgépek megjelenésének az értelmezését.

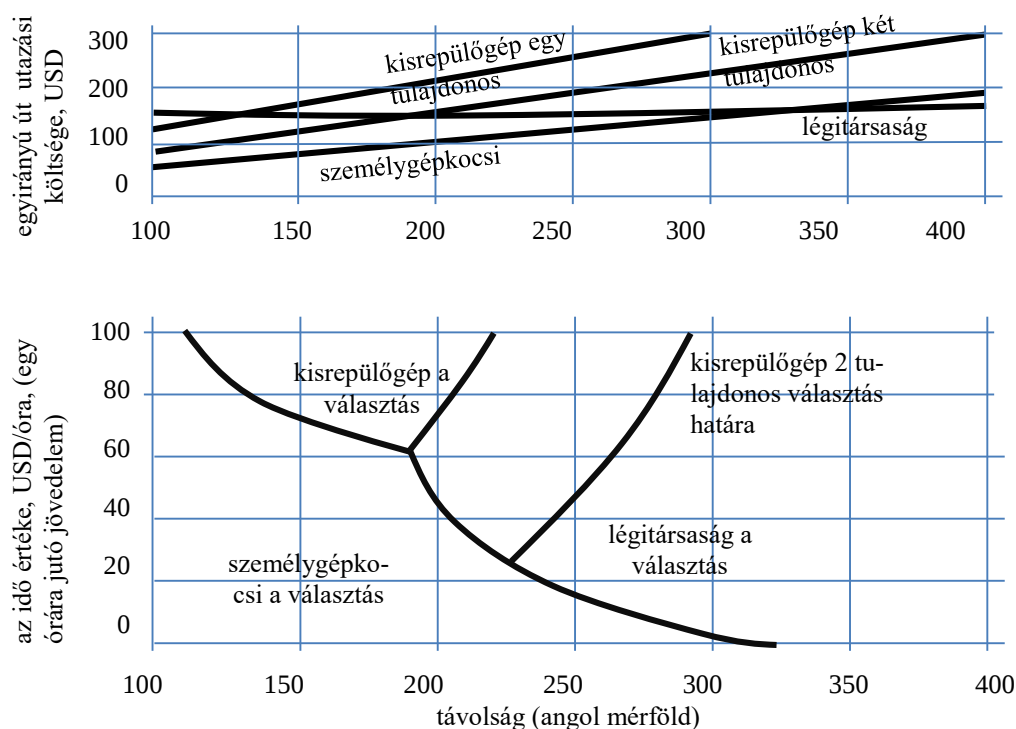
A szakemberek többsége egyetért abban, hogy a jövő repülésében a kisrepülőgépek szerepe, a személygépjármű forgalomhoz hasonló jellegű személyrepülés szerepe drasztikusan nőni fog. Ezért a NASA pl. több megaprojektet is indított. Közülük a NASA SATS (Small Aircraft Transportation Systems) – aza európai repüléstudományi kutatásfejlesztési költségekhez

képe – hatalmas támogatással foglalkozott a repülőgépek a repülési környezet fejlesztésével (Holmes, Durhan, és Tarry, 2004; Piwek és Wisniowski, 2016), ide értve még a rendszer gazdasági megalapozását, a rent a plane rendszer és a gépvásárlás finanszírozását is.

A fejlesztések egyik sajátos eredménye (Downen és Hansman, 2002; Moore, 2013) megmutatta, hogy a személyrepülés már tényleg itt van, hiszen sokak számára elérhető (17. ábra), mind az egyirányú utazás költségét, mind a jövedelmi viszonyok (egy órára jutó jövedelem) alapján.

Nem elég csak a jövedelmi viszonyokat mérvadónak tekinteni. A vásárlói igény megjelenésén kívül szükség van a piaci igényeket kielégítő repülőgépekre, infrastruktúrára (kisrepülőterek hálózatára a repülőterek és a városközpontok összekötésére), a megfelelő szolgáltatások (gépvásárlások finanszírozása, kiszolgálás, karbantartás, javítás biztosítása, légiforgalom irányítása) megszervezésére. Pontosabban ezeket olyan szinten kell megoldani, mely lehetővé teszi a kisrepülőgépek igény szerint használatát.

A magyar kisépítés repülés, főleg a könnyű repülőgépek fejlesztése – még nemzetközi szinten is – jelen van, fontos eredményekkel büszkélkedhet. A kisrepülőgépek fejlesztésével magyar kutatók már féltucat nemzetközi, EU által támogatott, projektben is részt vettek (lásd pl. (Bicsak, Sziroczuak és Rohacs, 2016; Rohacs, Rohacs és Jankovics, 2010; Rohacs, D. 2016; Rohacs, J. 2010); Rohacs et al., 2010b). Ez az egyik potenciális kitörési lehetősége a magyar megújuló repülőiparnak. Igaz ennek feltétele, egy jelentős minőségi ugrás. A csehek pl. úgy támogatták a repülőgépek fejlesztőket, hogy kötelezően összekötötték őket az egyetemi kutatóhely fejlesztéssel. Ennek eredménye, hogy a cseh repülőipar már nemcsak benne van a Clean Sky 2 megaprojektben, vezető szerepet játszik a kisrepülőgép demonstrációs programban (18. ábra).



17. ábra: A személyes kisrepülés választása a távolság és a jövedelmi viszonyok függvényében



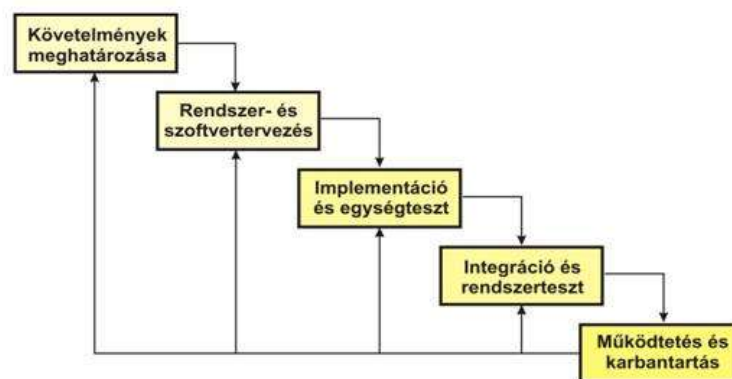
18. ábra: Az E-vektor E55 repülőgépe, melyet a Clean Sky 2 is alkalmaznak (https://en.wikipedia.org/wiki/Evektor_EV-55_Outback)

3.2 Fejlesztési folyamat-modellek

Az új technológiák, eljárások, termékek, szoftverek, stb. fejlesztésekor a néhány folyamatot lehet követni. Közülük talán a legegyszerűbb a vízéses modell, míg a legfejlettebb az ún. „V” modell (National, 1995).

Vízéses modell

Sok más fejlesztési módszerhez hasonlóan katonai gyökerei vannak, a 60-as években az Egyesült Államok haditengerészete dolgozta ki. Eredetileg ez is egy szoftverek fejlesztését támogató formális, dokumentum-vezérelt módszer volt. A termék életútját ez a modell is több fázisra osztja. A fejlesztés csak akkor léphet át a következő fázisba, ha az előző lezárult (19. ábra). Egy szakasz befejezését pedig specifikációk és jelentések előállítása és elfogadása után lehetett kimondani. Ha esetleg változtatni kellett utólag bármelyik szakaszon, akkor az teljes újrakezdést igényelt, ami a költségeket nagyban megnövelte. Erre a robosztus rendszerre azért volt szükség, mert sok projekt csúszott, vagy szűnt meg amiatt, hogy a specifikációkon utólag és visszamenőleg akartak változtatni, a fejlesztés teljes menetét felborítva. Ennek vette elejét ez a fajta modell.



19. ábra: A fejlesztés vízéses folyamat-modellje

A vízesés modell fázisai:

- Követelmények elemzése és meghatározása (specifikáció)
- Rendszer- és szoftvertervezés
- Megvalósítás és egységteszt
- Teljes rendszertesztelés
- Üzemeltetés, működtetés és karbantartás

Ezekből a fázisokból felépített fejlesztés könnyen ellenőrizhető, jól nyomon követhető és tervezhető.

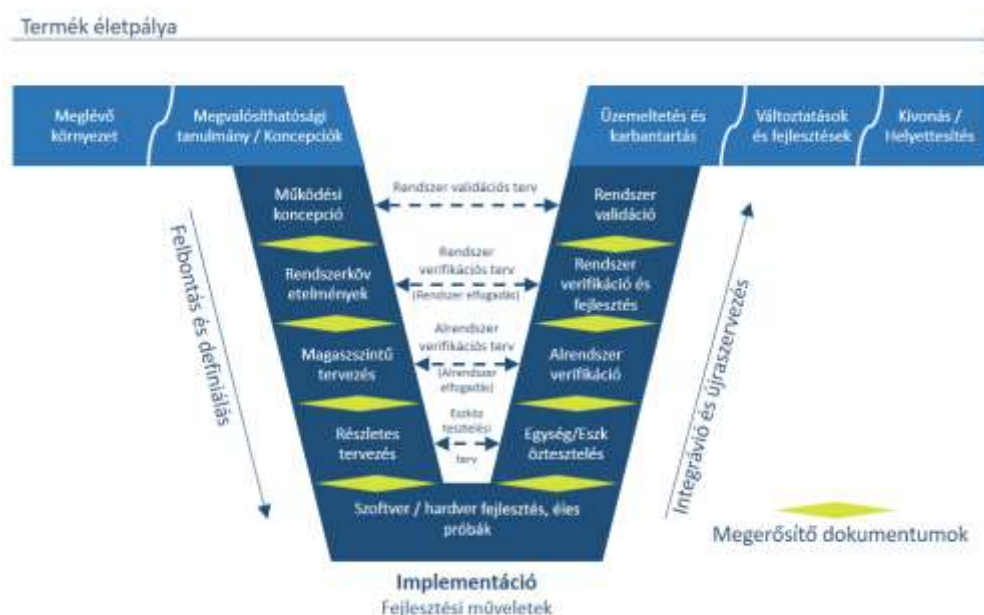
Azonban a szigor és a nehézkesség miatt csak egyszerűbb projektek támogatására alkalmas. Már korán elavulttá vált, hiszen a gyorsan változó technológiai lehetőség nem fértek össze a merevségével, ezért kevésbé volt dinamikus a vele való munka.

Ráadásul a viszonylag kevés fázis nem tudta lefedni az egyre terebélyesedő igényeket, területeket. Ezért vált szükségessé az újragondolása, új alapokra helyezése, erre volt egy alternatíva a V-modell.

V modell

A fejlesztési életciklusok egy másik lehetséges modellje a V-modell, melyet a systems engineering is kiemelten kezel (20. ábra). A strukturált módszertanok egyik leggyakrabban használt modellje ez, melyet hazánkban is igen jól ismernek. A használata a szoftverfejlesztés területén a legelterjedtebb, de bármilyen termék fejlesztésének, életpályájának támogatására alkalmas.

A modellt a német védelmi minisztérium fejlesztette ki a 90-es években, elsősorban a hadsereg szoftverfejlesztéseinek támogatására. Sikeressége, és könnyű adaptálhatósága okán vált később világszinten elterjedté a civil iparban is használata. Olyan jól bevált módszer, hogy az ISO 12207 szabvány később több elemét is átvette, és beintegrálta a rendszerbe. A közvetlen elődjének a vízesés modell tekinthető.



20. ábra: A fejlesztés „V” modellje

A V-modellben némileg átalakulnak a fázisok, és aminek a nevét köszönheti, a tervezési fázisokhoz társít egy tesztelési fázis is. Ennek köszönhetően az egyes szakaszok eredményeit a fejlesztés közben lehet vizsgálni, és nem kell megvárni a projekt végét, hogy az esetleg kezdetben elkövetett hibákra, rossz döntésekre fény derüljön. Emiatt is elterjedt a használata, hiszen nagy mértékben javul a fejlesztés biztonsága a modell alkalmazásával.

A modell elemei:

Meglévő környezet

A műszaki, gazdasági és jogi környezetet, közvetlen meghatározza a rendszer működési koncepcióját, a termék fejlesztését és piaci értékesítését.

Megvalósíthatósági tanulmány/Koncepciók

A rendszer alapját képező ötletek előzetes vizsgálata. Ez egyfajta koncepcionális tervezés. Ebben a szakaszban fogalmazzák meg az elvárt célokat, az alkalmazni kívánt technológiával szembeni elvárásokat és az alkalmazási környezetet.

Működési koncepció

A fejlesztendő termék, eljárás, rendszer működésének a leírása a felhasználó szempontjából. Ez már részletesebb, mint a megvalósíthatósági tanulmány, és felhasználói oldalról meghatározza az összes elvárást, amit a terméknek teljesíteni kell.

Rendszerkövetelmények

A működési koncepció alapján meghatározzák milyen technikai feltételeknek kell teljesülni ahhoz, hogy a kívánt funkcionalitást el lehessen érni. Ebben a szakaszban már gyakorlati megoldásokat, eljárásokat is behatárolnak.

Magasszintű tervezés

A rendszerkövetelmények alapján a termék mélyreható tervezésének szakasza. A szükségelemek, részrendszerek kiválasztása és kialakítás.

Részletes tervezés

A termék végleges, teljes körű tervei ebben a szakaszban készülnek el. Ez alapján pedig a gyártástervezés is elkészül.

Szoftver/hardver fejlesztés, éles próbák

Az előző szakasz eredményein megindul a gyártás és gyártmányfejlesztés. Az első elkészült nullszériás darabokat valós körülmények között is tesztelik.

A következő életpályaszakaszokban a termék különböző, fokozatosan magasabb szintű teszteléseit hajtják végre. Két alapvető tesztelés kell megoldani: a verifikációt és a validációt.

Verifikáció: Annak igazolása, hogy a vizsgált rendszer a tervezési és fejlesztési szakaszban meghatározott specifikációnak megfelel, az elvárásokat teljesíti

Validáció: Annak igazolása, hogy a vizsgált rendszer az alkalmazási környezetben, a valóságban is megfelelően működik, és ellátja feladatát

Lényeges a különbség a két eljárás között. Egy rosszul megalkotott specifikáció például azt eredményezheti, hogy habár a kész rendszerünk ennek mindenben megfelel, mégis, a követelmények hibája miatt a piacon a termék már nem fog érvényesülni. Hasonlóan, fordított

helyzetből is adódhat probléma. Ha a validációnak megfelel egy termék, attól még nem biztos, hogy a részletes tervezési specifikációknak eleget tesz, ami szélsőséges körülmények között, például meghibásodás esetén jelenthet problémát.

Ezek ismeretében a tesztelési szakaszok:

Egység/Eszköztesztelés

A részletes tervezés során minden megalkotott alrendszert és a kész rendszert egyaránt különböző teszteknek kell alávetni, hogy a megfelelő működés, a szükséges élettartam elérhető legyen, és a rejtett hibák felszínre kerüljenek.

Alrendszer verifikáció

Ha az egyes elemek már megfelelően működnek, akkor lehet elkezdni a belőlük felépülő alrendszerek specifikációknak megfeleléseit vizsgálni és igazolni.

Rendszer verifikáció és fejlesztés

A következő lépés, ha az alrendszerek a lefektetett követelményrendszernek megfelelően működnek. Ekkor lehet elkezdni a teljes rendszer vizsgálatát. Amennyiben nem minden pontnak sikerül megfelelni, akkor az adott területet fejlesztésekkel kell javítani. Ezután egy újabb verifikációs kör következik. Ezt az iterációs folyamatot addig kell folytatni, amíg az összes hiba fel nincs derítve, és ki nincs javítva.

Rendszer validáció

Ha az összes specifikációs pontnak megfelel a rendszer, és ez igazolva és hitelesítve van, akkor veheti kezdetét a validációs szakasz. A valós alkalmazási környezetben kell vizsgálatoknak alávetni a terméket, valós feladatok elé állítva. Ha a próbáknak megfelel, és ez igazolva is van, akkor a termék késznek tekinthető, alkalmas arra, hogy a piacra lépjen. Az igazolás gyakran minősítést jelent. A repülésben ez a szigorúan szabályozott szertifikációs eljárás.

A különböző tesztek a tervezés során létrehozott előzetes terveknek megfelelően kell elvégezni. Ekkor alakulnak ki ugyanis azok a rendszerek, melyeket meg kell vizsgálni, és a tervezés során a velük szemben támasztott követelmények adják a szükséges specifikációt, illetve szintén a tervezési szakaszban válnak ismertté a termék szempontjából kritikus működési feladatok, szakaszok.

Ezután az eddigi modellekhez hasonló életpálya-szakaszok következnek, amik a termék használatához, és az életpálya végéhez kötődnek.

Üzemeltetés és karbantartás

Ebben a szakaszban a termékkövetés jelenti a fő feladatot. Egyrészt a folyamatos gyártásról és a piac ellátásáról kell gondoskodni, másrészt pedig az esetleges meghibásodások javítását kell elvégezni.

Változtatások és fejlesztések

Hosszabb életpályájú és összetettebb rendszerek esetén szokott szerephez jutni ez a szakasz. A technológia fejlődése és a felhasználói igények változása szükségessé teheti, hogy a terméken kisebb, vagy akár nagyobb mérvű átalakításokat, fejlesztéseket végezzenek. Ez érintheti a már piacra kibocsájtott termékek átalakítását, vagy új típus kifejlesztését és piacra hozását. Erre jellemzően az elérhető profit növelése miatt van szükség.

A változtatásokat egyfelől a műszaki, technológiai haladás, másfelől a versenytársak eredményei, a piaci igények változásai kényszerítik ki.

Kivonás/Helyettesítés

Az életpálya lezárultával gondoskodni kell a gyártás leállításáról és a termékek megfelelő kivetéséről a piacról. Eszköz esetében ez hulladékkezelési és újrahasznosítási szempontok figyelembe vételével is jár.

Ha a fejlesztések során „váltótípus” kerül kifejlesztésre, akkor gondoskodni kell ennek a piacra vezetéséről is. A régebbi eszközzel egy ideig szerepelhetnek ugyanis párhuzamosan a piacon. Ekkor lehetnek egymás kiegészítő termékei, vagy konkurensok a felhasználókért. Mindkét szemléletnek vannak előnyei és hátrányai is. Illetve lehet közvetlen cserét is megvalósítani, mikor az új termék felváltja a régebbit a piacon. Ekkor az esetleges cserének az infrastruktúráját és logisztikáját kell kidolgozni.

Láthatjuk tehát, hogy a V-modellnek sok előnye van. A használata és a nyomon követése rendkívül egyszerű, mivel jól körülhatárolt lépésekből épül fel. A menedzsment szempontjából is előnyös, mert a fejlesztés minden szakaszában készül egy tesztelési terv, és mindegyik egy jelentésnek, vagy más tervezési dokumentumnak kell lezárnia. Köszönhetően a felosztott tervezésnek, a tesztelés, illetve a tesztelésre való felkészülés folyamatosan zajlik, így a hibák felszínre kerülése már hamarabb megtörténhet, ami az ebből fakadó költségeket csökkent. Ha tehát a szükséges peremfeltételek jól ismertek, akkor ez a modell igen jól használható.

Azonban ennek az eszköznek is vannak hiányosságai. A vízesés-modellre jellemző merevség ebben a modellben is kódolva van. Az egymásra épülő lépések ugyanis a körülmények változását nehezen „viselik”, ha egy korai szakaszhoz tartozó feltétel változik meg a megvalósítás során, akkor a teljes folyamatot újra kell kezdeni, illetve meg kell ismételni. Ehhez kapcsolódó hátrány, hogy bármilyen változás esetén az összes meglévő dokumentumot frissíteni kell. Mivel igen sok iratot generál ez a modell, ez sok többletmunkát eredményez.

Részben ezek a hátrányok is újabb fejlesztéseket inspiráltak. Egyik legígéretesebb, manapság megjelenő modell az úgynevezett agilis modellek családja.

Agilis modellek

Az agilis modellek nem a folyamatra, hanem az egyénekre és kisebb csoportokra helyezi a hangsúlyt. Ezek a kisebb csoportok egyrészt a termék fejlesztői, másrészt a felhasználók. A legfontosabb célkitűzése, hogy a termék minél hamarabb a piacra kerüljön, ennek megfelelően vannak ezeknek a modelleknek kialakítva a struktúrája. Az alapelvei az úgynevezett Agilis Kiáltványban vannak lefektetve:

- Az egyének és a köztük lévő interakciók, vagyis a személyes kommunikáció előnyt kell, hogy élvezzen a folyamatokkal és eszközökkel szemben,
- A működő termék fontosabb, mint az azzal kapcsolatos részletes, átfogó dokumentáció,
- Az ügyféllel történő együttműködés értékelendőbb a szerződéses tárgyalással szemben,
- A változásokra történő reagálást előnyben részesítjük a tervek követésével szemben

Az agilis modellek egyik legismertebb fajtája a SCRUM modell. A SCRUM, vagy scrum nem egy rövidítése. Elsőként Hirotaka Takeuchi és Ikujiro Nonaka (1998) használta a „The

new new product development game” című cikkükben egy komplex, általánosan használható fejlesztési folyamat leírására.

Ezek az eszközök jelenleg a szoftverfejlesztésben hódítanak teret. Annak ellenére, hogy ezek a módszerek általánosan bármely technológia, termék, módszertan, Eszköz és szolgáltatás fejlesztésekor ugyanis a dokumentáció hiánya, vagy csak nem kellő részletessége is problémákat tud okozni. Minden esetben, amikor a rendszer, a termék biztonságkritikusnak tekinthető, akkor, mind a hitelesítési, mind a tervezés és felhasználási szakaszban rendkívül fontos az alapos és részletes dokumentáció megléte. Ezért a repülésben – jelenlegi formájában – előnyösebbek a V-modell alkalmazása.

3.3 Fejlesztési filozófiák

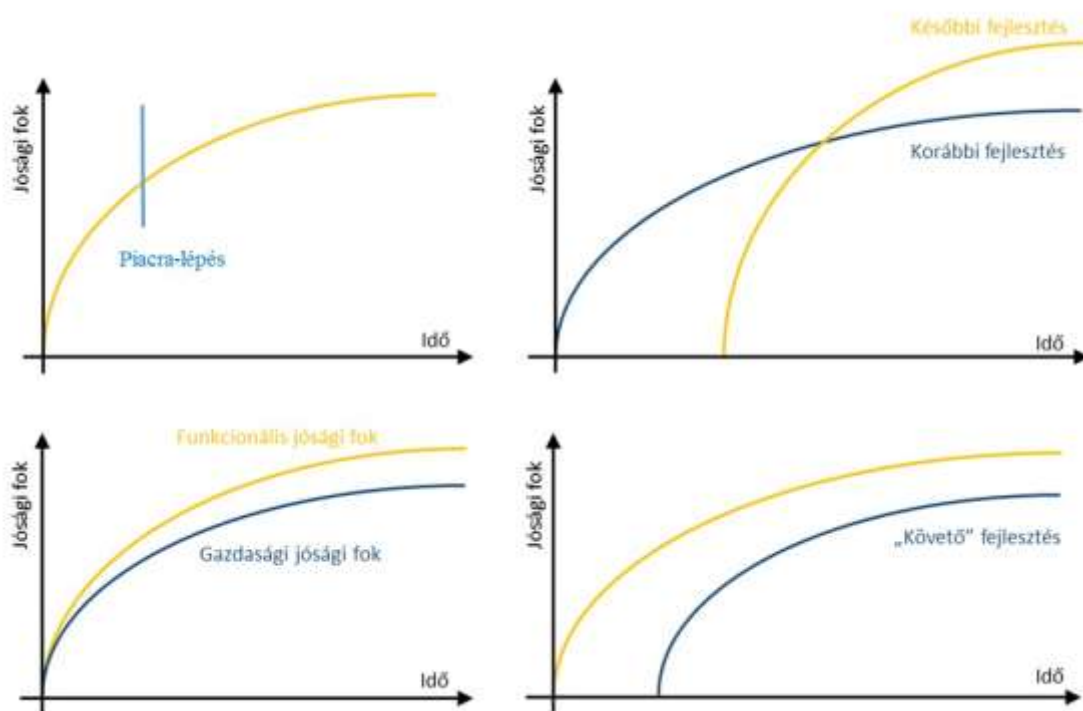
A fejlesztendő termékek megfelelőségét un jósági fokkal lehet megadni, elemezni. A jósági fokot egyfelől tisztán a műszaki-technikai jellemzőkre alapozva, másfelől szubjektív tényezőket is figyelembe véve lehet meghatározni. A lényeg, hogy a jósági fok kifejezze, hogy az adott termék a tudományos-technikai fejlettség szintjéhez képes milyen fokon tudja ellátni a célfeladatát, azt, melyre fejlesztik (Rohacs, 2010; Gal, Rohacs és Jankovics, 2017). (Tegyük fel, hogy többféle jósági mutató, un indikátor kombinációjaként egy jósági tényezőt lehet képezni. Ezt könnyebb ábrázolni, mint egy több dimenziós térben a jósági tényezők által meghatározott vektor terét.)

A termék-fejlesztők célja, hogy a termék minél hamarabb piacra kerüljön és ott sikeres legyen. A fejlesztés kezdetekor persze a terméknek nincs különösebb értéke, a jósági foka közel lényegében nulla. A fejlesztés során azonban a jósági fok gyorsan növekszik, sőt a piaci bevezetés után is – lassulva – tovább nő és egy a tervezői, gyártási körülmények, adottságok által meghatározott értékhez tart (lásd 21. ábra bal felső kép).

A később induló fejlesztések során gyorsabban növekszik és magasabb értéken stabilizálódik a jósági fok köszönhetően a közben elért tudományos és technológiai eredményeknek, azok alkalmazásának (21. ábra jobb felső kép).

Könnyen belátható, hogy a piacon megjelenő hasonló termékek miatt a műszaki, vagy funkcionális jóság elválnak a gazdasági eredményességtől, a gazdasági jósági foktól. Minél több hasonló, és/ vagy később megjelenő termék van a piacon, annál jobban „lemarad” a gazdasági jósági fok (21. ábra bal alsó kép).

Még egy fontos észrevétel. Amennyiben egy vállalkozás úgy akar kifejleszteni egy terméket, hogy nem rendelkezik korábbi hasonló termékek fejlesztésekor szerzett tapasztalatokkal (azaz az innovációelmélet és a képesség-fejlesztés elvei alapján un tacit, azaz rejtett szakmai, gyakorlati tudással, képességekkel), akkor természetesen a termék fejlesztésekor a jósági fok lassabban növekszik és feltételen elmarad a lehetséges legjobb értéktől (a gyakorlott piaci versenytárs által elérhető értéktől). Természetesen megfelelő idővel a vállalkozás, a termék-fejlesztők megszerezheti(k) a szükséges képességeket és a követő fejlesztés helyett (21. ábra jobb alsó kép), a második - negyedik „próbálkozással” már képes lesz (lesznek) akár a többiekénél jobb jósági fokú terméket kifejleszteni. Ennek tehát az alapvető feltétele a képességek fejlesztése.



21. ábra: Fejlesztési filozófiák

Könnyen belátható, hogy a piacon megjelenő hasonló termékek miatt a műszaki, vagy funkcionális jószág elválhat a gazdasági eredményességtől, a gazdasági jósaági foktól. Minél több hasonló, és/ vagy később megjelenő termék van a piacon, annál jobban „lemarad” a gazdasági jósaági fok (21. ábra bal alsó kép).

Még egy fontos észrevétel. Amennyiben egy vállalkozás úgy akar kifejleszteni egy terméket, hogy nem rendelkezik korábbi hasonló termékek fejlesztésekor szerzett tapasztalatokkal (azaz az innovációelmélet és a képesség-fejlesztés elvei alapján un tacit, azaz rejtett szakmai, gyakorlati tudással, képességekkel), akkor természetesen a termék fejlesztésekor a jósaági fok lassabban növekszik és feltétlenül elmarad a lehetséges legjobb értéktől (a gyakorlott piaci versenytárs által elérhető értéktől). Természetesen megfelelő idővel a vállalkozás, a termék-fejlesztők megszerezheti(k) a szükséges képességeket és a követő fejlesztés helyett (21. ábra jobb alsó kép), a második - negyedik „próbálkozással” már képes lesz (lesznek) akár a többiekénél jobb jósaági fokú terméket kifejleszteni. Ennek tehát az alapvető feltétele a képességek fejlesztése.

3.4 Képességek fejlesztése

Boyatzis (1982) gyakran idézett meghatározása szerint a képesség (competencia) „Egy személy alapvető, meghatározó jellemzői, amelyek okozati kapcsolatban állnak a kritérium szintnek megfelelő hatékony és/vagy kiváló teljesítménnyel.” Ez a tulajdonság személekre, személyek csoportjára (pl. projekt team-re) és vállalkozásokra is érvényes. A képesség alapvetően (i) az egyén (vállalkozás) saját és szerzett készségein (skills), (ii) a tanulással szerzett (un kodifikált, leírt és megtanulható) ismeretein, a (iii) gyakorlati tapasztalatain (azaz a rejtett, tacit, a gyakorlat során megszerezhető nem kodifikálható tudásán) és (iv) az alkalmazott

módszertanán alapszik. Itt a módszertan azon fejlesztési filozófia, melyet szisztematikusan alkalmaznak a kutatás – fejlesztés során.

A képességek globális (olvasás képessége, szakmai leírások megértése) és egyedi, az adott szakterületen szükséges igényeket elégítenek ki. Ez utóbbi pl. a jelen projektben aaz általános műszaki ismereteken túl a szenzortechnika, szenzor fúzió, gyártási és piaci értékesítési ismerteken túl pl. jogi ismereteket is jelentenek.

A képességek alapján öt szintet lehet megkülönböztetni (Dreyfus, Dreyfus, 1980):

1. kezdő - aki csak a megismert szabályok alapján dolgozik, erősen limitált eredményekkel,
2. gyakorlott kezdő – aki már képes számítába venni a tényleges körülményeket, szituációkat,
3. gyakorlott – aki, már a hosszabb távú célokat és terveket is kidolgoz, illetve azokat is figelembe vesz a megoldások során,
4. tudás-alapú gyakorlott – képes a szituációk teljes értékelésére és a optimalizált döntésekre,
5. expert – a szituációk megértésekor képes a lényegre koncentrálni és a legjobb megoldást kidolgozni.

A felsorolásból látható, eleinte a tudással, majd a gyakorlatfejlesztéssel, végül a tudás és a gyakorlat integrációjával fejleszthetők a képességek. A másik fontos következtetés, minden szakterületre meg lehet határozni az alapvető képességek listáját. Ennek megfelelően stratégiai képesség fejlesztés is kidolgozható és alkalmazható. (Ezt teszik pl. a doktori iskolák is.)

A kutatás-fejlesztés szempontjából a probléma felismerés, „lényeg-látás”, illetve az eredeti gondolkodás elsajátítása, alkalmazása tekinthető a két legfontosabb területspecifikus képességnek.

A felismerés egy meglehetősen komplex folyamat, mely eléggé egyszerű megoldásokat is alkalmaz.

Arisztotelész azon a véleményen volt, hogy az érzékelés és a gondolkodás szerve a szív, az agy pedig a szív hűtésére tervezett „radiátor”. Persze az emberi agy működése még ma sem eléggé ismert.

Az ember „tevékenységeit”, illetve „működését” az agy irányítja, amely a központi idegrendszer legfontosabb része és a külső idegrendszer működésének irányítója.

Az emberi agy (Russel, 1979) mérnöki szemmel egy nagy, összetett rendszer, amely alapvetően egymással kommunikáló idegsejtek, a neuronok hálózatára épül. A neuronokban az információ, mint elektromos folyamat, a dendritektől indul, majd a sejtmagon keresztül az axonon át, pontosabban a másik idegsejt dendritjeihez közel lévő axon végződéseken jut el következő neuronig.

Az emberi agy működését, a gondolkodás sajátosságait nem könnyű tanulmányozni. Ezzel szemben a felismerési folyamatok viszonylag jól elemezhetők. Ezek a tanulmányok elvezettek a felismerés folyamatának a modellezéséhez.

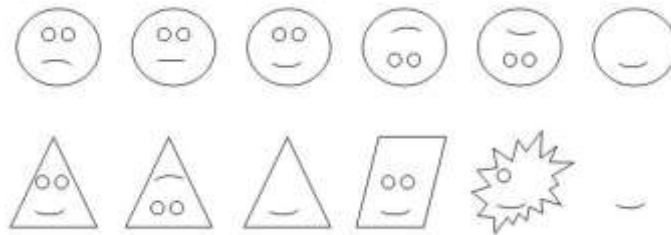
A tényleges felismerési folyamat elemzésekor megállapították, hogy az ember céltudatosan, és a lehető legegyszerűbb formában oldja meg a felismerési folyamatot. A 22. ábra tanúsága szerint például, egy ember felismerésekor a szemre, orra, szájra tekint először a szemlélő.

Nem kell tanulmányozni pl. a hölgy kalapját, pedig biztos sokat fogalakozott a kiválasztásával.



22. ábra: A felismerés folyamata (Rybak et al., 2013)

A 23. ábrát elemezve belátható, hogy annak az eldöntéséhez, valaki boldog, vagy sem, a száj görbülete adja a legtöbb és legfontosabb információt.



23. ábra: "boldog ember" felismerése.

A felismerés mellett a kreatív gondolkodás a másik fontos képesség, mely nélkül nem lehet igazán jó, piacképes terméket előállítani.

Ma sokan félnek attól, hogy a számítógépek kapacitása hamarosan 15 - 20 éven belül eléri az emberi agy „kapacitását”, és valóságosan is kialakulhat a mesterséges intelligencia. Neumann (1964) a gépi és az emberi gondolkodás különbségéről a következő fontos megállapításokat tette:

- méretek (neuronok jóval kisebbek),
- a neuronok működése bonyolultabb (kontextus függő), mint a digitális jelekkel dolgozó gépeké,
- az idegrendszer gyakran követ párhuzamos feldolgozási elvet,
- a gépek determinisztikusak, az idegrendszer statisztikus,
- a gépek digitális elveken működnek, az idegrendszerben analóg folyamatok is vannak.

Talán egyszerűbben is megérthető a formális logika alkalmazása. A számítógépbe betáplálták napi mennyi energiára van szükséges az embernek, milyen ételek vannak, az ételek egyes összetevőinek az árait és a bennünk levő energiát. Megkérték a gépet állítsa össze a legolcsóbb menüt. A válasz napi nyolc liter ecet volt. Szóval ezen túl kell lépni. Alkalmazni kell az emberi gondolkodás legfontosabb sajátosságait. A gondolkodó embert meghatározza

- az érzékelés szintaktikai és szemantikai feldolgozása,
- a komplex rendszer szemléletű megközelítés,
- a párhuzamos értelmezés és tevékenység,
- a tanulás (ismeretek elsajátítása),
- a modell-alkotás és – alkalmazás (pl. a verbális modell a nyelv alkalmazása a tanulási folyamatban),
- a tacit (rejtett, csak gyakorlatban megszerezhető) tudás,
- az intencionális (szándékolt és vágyakat követő) gondolkodás,
- az intuíció („tudatalatti” – ösztönszerű következtetések levonása),
- a kreativitás (összefüggések átlátása), és
- az innováció (újdonyságok létrehozása).

Ebből a felsorolásból a kreativitás tűnik a legfontosabbnak. Ez az ami igazából megkülönbözteti az embert a többi élőlénytől és a jelenleg ismert gépi intelligenciától.

A kreativitást Guilford (1950) vizsgálatai alapján szokták értelmezni. A kreativitás lényegében alkotóképességet jelent, amikor az alkotó elme az az eddigi tapasztalatai, képességei, és elemzései szerint valamely problémát új megközelítésben vizsgál, és arra új megoldást talál.

A kreativitás az innovációs képességhez hasonlóan, nem feltétlenül abszolút, és vitathatatlan újdonyságot jelent, lehet, csak részben új, vagy az igényekhez jobban adaptált megoldás.

A kreativitás „hasznosításának” a feltétele a dobozon kívüli gondolkodás (thinking out of the box), azaz a szokványostól eltérő eredeti meglátások, gondolatok alkalmazása (Rohacs, 2009; Rohacs és Rohacs, 2015).

4 Technológia – politika

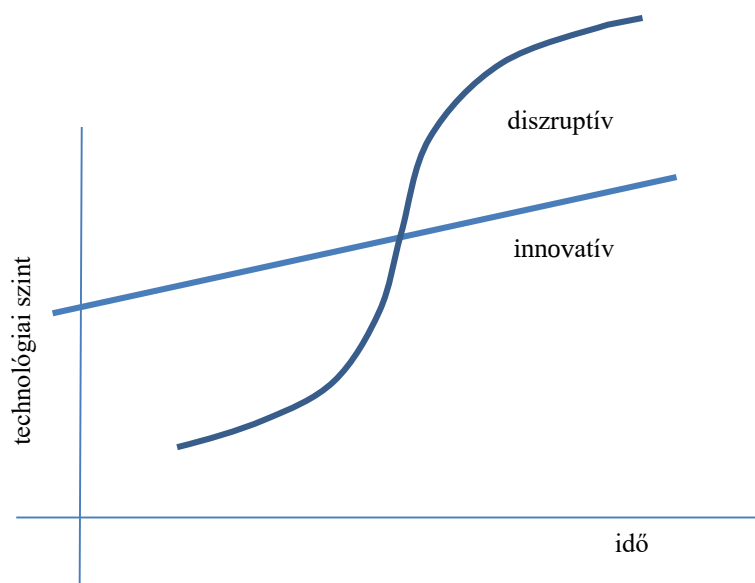
4.1 A technológia értelmezése élettartama

A technológiát alapvetően kétféle módon szokták meghatározni (Montobbio, 1998). Az egyik verzió szerint a technológia termelési módszertant jelent. Ebben a meghatározásban a termelési módszertanba bele kell érteni a termelési módszereket és annak rendszerét is. A termelési módszertan magába foglalja a termelési eszközöket és a termelés szervezését, bár az elsőt tekintik fontosabbnak.

A másik meghatározás szerint a technológia egy tudásban megtestesülő információt jelent, melyet szisztematikusan alkalmazunk a bemenetekre (inputokra), hogy azokból a kívánt kimenetek (outputok) kialakuljanak. Ugyanakkor a technológia nemcsak információ, nemcsak tudás, mivel ez az információ általában nem áll rendelkezésre a szükséges leírások, üzemeltetési utasítások formájában, vagy akár a tudomány szintjén nincsenek még feldolgozva az adott ismeretek. Az információt, amely az egyes technológiákat és azon keresztül az innovációt meghatározza, technológiai tudásbázisnak (knowledge base) nevezik (Dosi, 1988). Ez a tudásbázis a korábbi ismeretekre, gyakorlati tapasztalatokra, az elérhető (formális és szabad) tudásra, és egy tanulásra épül. A tanulás itt nem a normál tanulási folyamatot jelenti,

amikor a szabad tudományos és technológiai eredményeket, vagy a kodifikált (rendszerbe foglalva leírt) ismereteket kell elsajátítani. Ez a tanulás a nem kodifikált és csak a szakmai gyakorlat során megszerezhető ún. megbúvó, vagy rejtett (tacit) információk elsajátítását jelenti, melynek ismeretében alakulnak ki az adott technológia innovatív alkalmazásához szükséges képességek és szakértelem (competence).

A technológia-fejlesztés során alapvetően annak három változata dolgozható ki (Christensen, 1997). Az első a meglévő technológiák, termékek, rendszerek tulajdonságait javítja. Ezeket innovatív, vagy fenntartható technológiáknak nevezik, mivel folyatólágosan működ-tetik a kialakult rendszereket. A második csoportba sorolják azon technológiákat, melyek „lebontják” a kialakult rendszereket és forradalmian új termékeket, rendszerek kialakulásá-hoz vezetnek. Az ilyen technológiákat diszruptívnak nevezik (24. ábra).

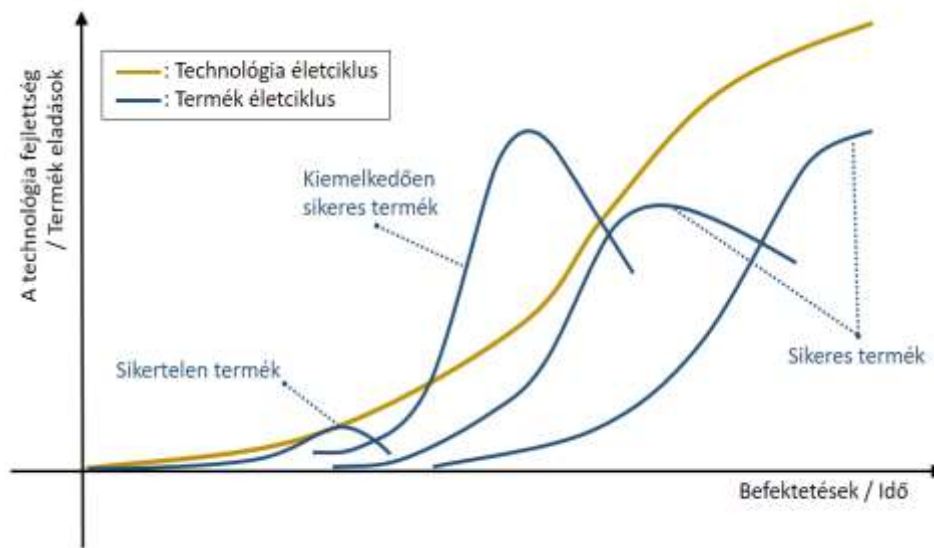


24. ábra: Az innovatív és a diszruptív technológiák értelmezése

Végül a harmadik féle, ún szubverzív technológia nemcsak egy ágazatban (pl. a közlekedés-ben, vagy a közúti közlekedésben) okoz alapvető változást, de a teljes társadalmi rendszer-ben, az egész gazdaságban is.

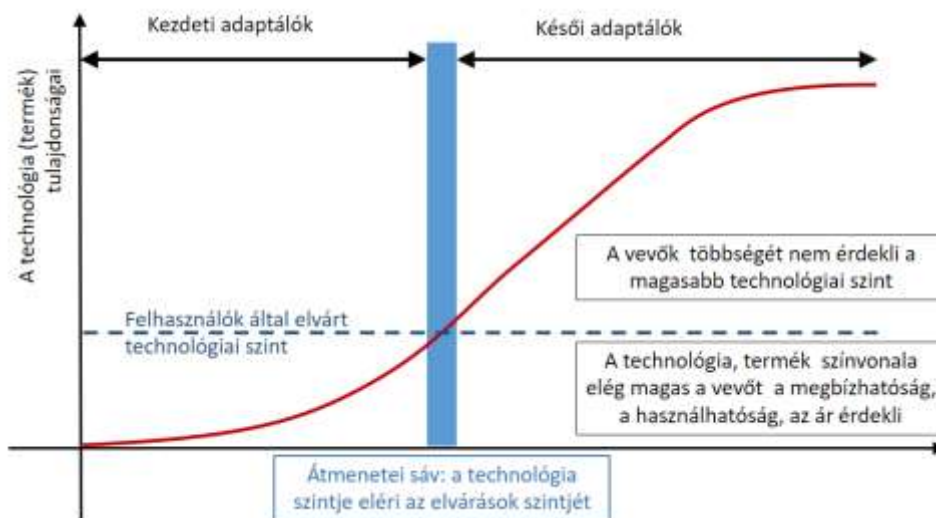
A forradalmian új megoldások, vagy új technológiák kidolgozása viszi előre a gazdaságot, a társadalmat. A diszruptív technológiák fejlesztése és alkalmazása azonban egy sor problé-mát okoz a vállalkozásoknak, különösen a nagyobbaknak. McBreen (2013) megfogalmazása szerint: (i) a piac fejlődése elválik a technológia fejlesztéstől, (ii) a diszruptív technológia számára új piac kell, (iii) a diszruptív technológia új piacának a kiszolgálása szignifikánsan eltérő kapacitások kellenek, és/vagy (iv) a befektetések eldöntéséhez nem áll rendelkezésre elégséges mennyiségben az információ.

A technológia élettartama egy olyan időszak, mely alatt annak jellemzői folyamatosan ja-vulnak (nőnek) és nem jelenik meg helyette egy másik, jobb mutatókkal (25. ábra). Egyfelől az új technológiák gyors alkalmazása, az új termékek gyors piacra lépését és ezért várhatóan piaci sikerét jelentik. Ugyanakkor a radikálisan új technológiától való idegenkedés és azok – általában – kezdeti magas ára esetleg piaci kudarchoz is vezethet (25. ábra). Ezzel szemben a későbbi alkalmazások mindig sikeresebbek lehetnek, míg a technológia élettartamának a vége felé a piaci eredményesség csökken.



25. ábra: Technológia, termékek életrajzai

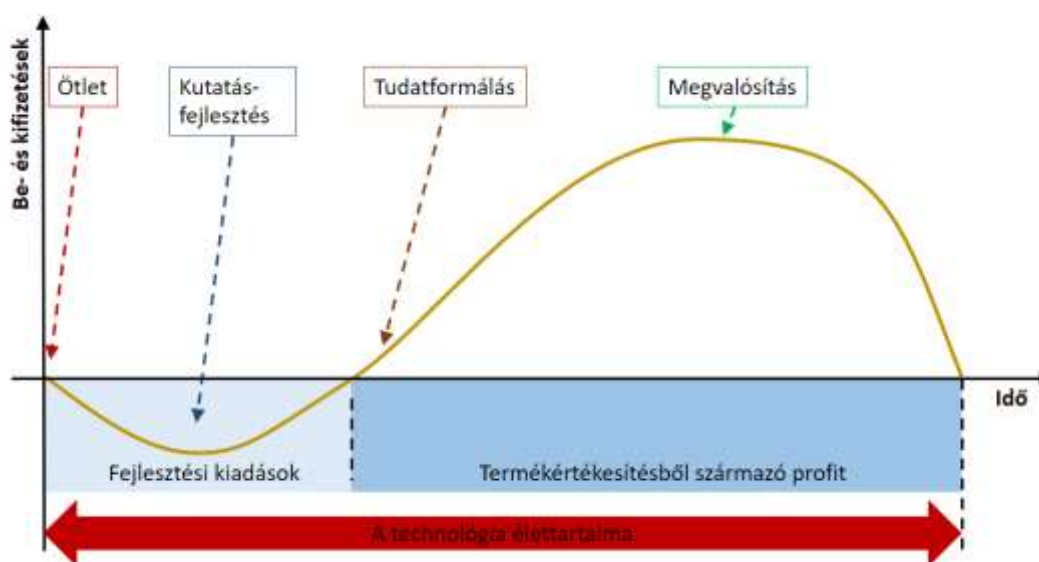
Egy új technológia sikeressége szempontjából az innovációs diffúziós folyamat (2. ábra) két részre bontható. Az elsőben, az újítók és a kezdeti adaptálók, együtt, mint kezdeti alkalmazók tartoznak. Az újítók a vásárlók kb. 2%-át teszik ki, megfelelő anyagi háttérrel rendelkeznek és szinte minden újdonságot megvesznek. Velük szemben a kezdeti adaptálók már tudatosan figyelik a technológia, a termék jellemzőit, értékeli annak újdonságát, előnyeit, és szívesen vásárolnak ilyeneket. A többieket együttesen késői adaptálóknak nevezik. Ők csak akkor vásárolnak, ha szükséges és csak akkor választanak új terméket, ha annak az új technológia tulajdonságai is megfelelnek az elvárásaiknak. A két csoport közt egyfajta „szakadék” (chasm) (Norman, 1998) létezik (26. ábra). Az első tagjai minél újabb, minél jobb, minél magasabb technológiai színvonalú terméket szeretnek vásárolni és az ár számukra kevésbé számít. A második csoport részére a beszerzésnél fontosabb a megbízhatóság, (alacsonyabb) ár, miközben szívesen veszik, ha a termék egyben újabb is. A szakadék akkor hidalható át, ha az új technológiának, terméknek sikerül a piac, a társadalom alapelvárásainak megfelelnie. Alkalmazása ettől kezdve szélesebb körben is elérhető, profitábilis lesz.



26. ábra: A technológia-adaptáció sikeressége

A termék sikerességét az ún. innovációs tér határozza meg. Ez egy olyan 3, illetve 4 dimenziós tér, mely szerint egy technológia sikeres alkalmazásához az szükséges, hogy az, illetve az azt alkalmazó termék (gyártójával együtt) és a piaci igények egyszerre legyenek a megfelelő térben, melyek egymásnak is „megfelelőek”.

A termékfejlesztés az új technológiák alkalmazási folyamata (27. ábra). A fejlesztés során a kutatás-fejlesztésre jelentős költségfelhasználással jár. A termék értékesítéséből befolyó összegnek a költségeket meghaladó része képezi a hasznot.

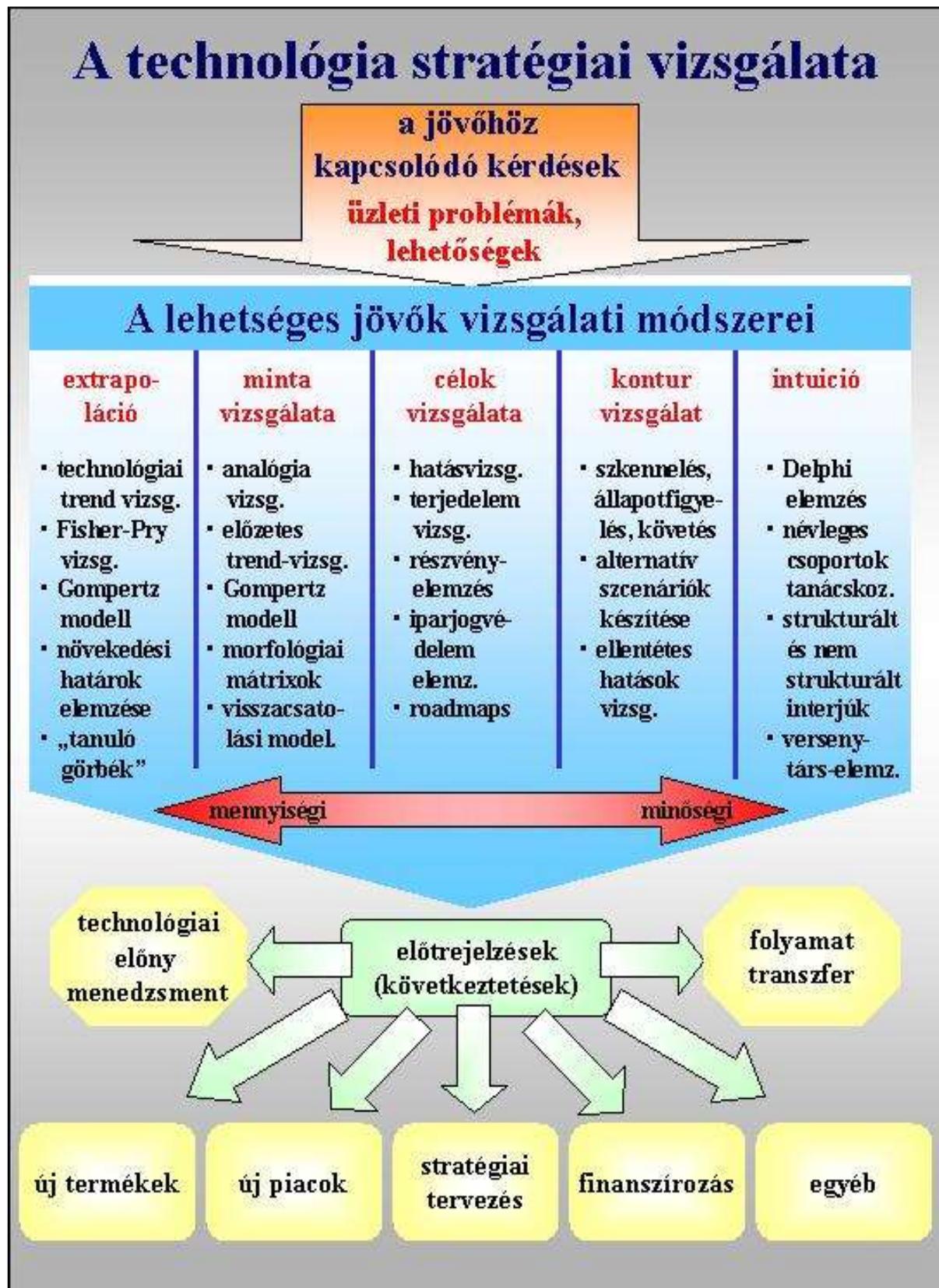


27. ábra: A technológia alkalmazásával készült termék piaci eredményessége

Látható, az eredményességet alapvetően négy tényező befolyásolja:

- a kutatás-fejlesztéshez igénybe vett nem saját tőke költsége (a hatása olyan, mintha a vízszintes tengelyt a költség görbe metszéspontja körül a kölcsönfelvételnél adott kamatlábbal arányosan elfordítanánk (Kortschak, 1993)),
- a tudatformálásra elhasznált idő (az innováció folytatásáról meghozandó döntések késése, melyet a vízszintes tengelyt felfelé eltolva lehet figyelembe venni, mivel később kezdődik a termék piaci bevezetése),
- a technológia morális öregedése (általános jelenség a termék műszaki és gazdasági jósági fokának a szétválása, melyet a bevételek relatív csökkenése jelez, amit a termék folyamatos tovább fejlesztésével lehet mérsékelni (Rohács, 1997)),
- a technológia élettartamának lerövidülése a konkurencia által végrehajtott fejlesztések miatt (azaz a termék iránti piaci igény gyors csökkenése a piac más szereplőinek az innovációs tevékenysége miatt, ami lényegében a gazdasági jósági fok drasztikus csökkenését eredményez).

Ez utóbbi, a technológia élettartamának a becslését igényli (28. ábra). Ez ma a hazai vállalkozások körében kevésbé ismert és alkalmazott eljárás. A lényeg, hogy előzetesen fel kell mérni, hogy a fejlesztendő termék mennyi ideig maradhat a piacon, mikorra jelenik meg új technológia, mely kiszorítja azt, vagy mikor fog valamely nagyvállalat beavatkozni, mely korábban „jegelte” az általa kifejlesztett, hasonló jellegű új technológiát.



28. ábra: A technológiai élettartam becslésének elvi módszertana (a Five (2000) nyomán)

4.2 Döntéshozatali modellek alapjai

A termékfejlesztés minőségét alapvetően meghatározza a termék teljes élettartamára kiterjedő menedzselési folyamat, azon belül a termékfejlesztés során alkalmazott döntések folyamata.

A döntés (i) célirányos, felelős, optimális választás (ii) adott (cselekvési) lehetőségek közül (iii) adott környezetben

A döntési folyamatot támogató elméleti és gyakorlati eszközök összességével a döntésselmelet foglalkozik. A döntésselmelet szakirodalma jelentős (Steptoe-Warren, Howat és Hume 2011). A klaszszikus elmélettől (Hansson 1994) a komplex (Parmigiani, Inoue 2009), információ hiányos, és a paraméter bizonytalanságok közt kialakítandó döntésekig terjed (Kochenderfer 2015).

A döntési mindig egy folyamatban, az un döntési folyamatban valósul meg. A folyamat a (i) döntési helyzet felismerése, azonosítása, a (ii) döntési célok megfogalmazása, az (iii) alternatívák, (iv) kritériumuk azonosítása, elemzése, a (v) lehetséges döntések és azok következményeinek az értékelése alapján vezet el a döntésig.

A döntések kialakítása során un. döntési modelleket alkalmaznak. Ezek a modellek jól kidolgozott módszerekre, eljárásokra épülnek és az egyszerűbb, jól meghatározott célból egy fontos szempont szerinti döntéstől a többszempontú döntésekig terjednek (Rapcsák 2007). A modelleket többféle módon csoportosítják. Egyszerűbb megközelítésben és népszerű – ismeretterjesztő formában félszáz döntési modellt is megneveznek (Krogerus, Tschappeler 2012). A folyamat menedzsment szempontjából a konszenzusos, demokratikus, delegált és au-

Döntésselmeleti alapfogalmak:

Döntés

Adott döntési környezetben, adott cselekvési lehetőségek közül egy célirányos, felelős és optimális választás.

Döntési cél

A döntéssel befolyásolni, illetve megvalósítani szándékolt annak eredményességi mutatói alapján kifejezett elvárt eredmény elérése.

Döntési környezet

A figyelembe veendő szempontnak, feltételnek és vonatkozó befolyásoló tényezőnek az összessége, melyek egyrészt megteremtik a döntés szükségességét, másrészt pedig a performfeltételeit biztosítják. A döntéseket ez alapján is lehet csoportosítani, így beszélhetünk például jogi, gazdasági, kereskedelmi, menedzsmenti, műszaki döntésekről.

Cselekvési lehetőségek

Azon lépések és tevékenységek összessége, melyek a döntés okául szolgáló kérdéses helyzetek feloldására alkalmasak. A cselekvési lehetőségek között nincs egyetlen helyes lehetőség. A döntést mindig pozitív és negatív hatások követik. A hatásoknak a megbecsülése, és a számunkra megfelelő döntések kiválasztása a döntésselőkészítési módszerek feladata.

Választás

A cselekvési lehetőségek közül a végrehajtandó mozzanatok kiválasztása. A választások fontos sajátosságai, követelményei: (i) célirányosság, azaz a döntési célt elérést legjobban támogató cselekvési lehetőség kiválasztása; (ii) megfelelés több kritériumnak, mivel nincs egyetlen és minden meghatározó kritérium; (iii) folyamatos választás, a döntés következményei alapján folyamatosan újabb és újabb döntéseket kell hozni; (iv) a döntés felvállalása, vagyis nem elég ismerni a döntés következményeit, azokat fel is kell vállalni.

Természetesen a döntés célja minden esetben a helyzet előbbre mozditása, tehát a leghatékonyabb cselekvések kiválasztása. Mint azt korábban is említettük, sosem lehet egyetlen cselekvésre leszűkíteni a lehetőségeket, éppen ezért több ág közül kell a legmegfelelőbbet kiválasztanunk. A döntés célja tehát a helyesen megválasztott szempontok szerinti optimális cselekvés kiválasztása.

Döntési folyamat

A döntéshez vezető folyama: (i) helyzetfelismerés, (ii) döntési célok meghatározása, (iii) cselekvési lehetőségek azonosítása, elemzése, (iv) következmények vizsgálata, (v) döntés.

Döntésselmelet, döntéstámogatás

Olyan elméleti és gyakorlati eszközök összessége, melyek támogatják a döntéshozatalt. Ez a támogatás, az eszközök használhatósága kiterjedhet a döntési folyamat egy- vagy több szakaszára, és akár a teljes egészére. Több változata van, és ezeknél még a korai szakaszban még nem feltétlenül különülnek el egymásól az egyes területek, például a műszaki vagy gazdasági döntések.

tomatizált döntési modelleket alkalmazzák. Ezzel szemben a mérnöki gyakorlat az ún. műszaki döntéseket alkalmazzák, melyek különösen fontosak a termékfejlesztés és gyártás során (Theoretical 2001).

A döntések kidolgozása természetesen függ a döntéshozó képességeitől, tudásától, gyakorlati tapasztalatától és a felelősségvállalásától. A döntési folyamat ezen pszichológiai oldalát a döntéelmélet megjelenésétől kezdve vizsgálják (Janis, Mann 1977).

A fejlesztési folyamat menedzselése, a termékfejlesztés, azon belül a működési koncepció, az előtervek kidolgozása első sorban műszaki döntések meghozatalát igényli. A műszaki döntések - nevéhez híven - technikai oldalról közelítik meg a termékfejlesztést.

A döntések, és különösen a műszaki döntések mind jellegében, mind tartalmában széles körű információ bázisra épülnek. Az így meghozott döntések ugyanis alapvetően befolyásolják a termék teljes életciklusát, kezdve a megvalósított funkcióktól és az előállítási költségtől egészen a várható élettartamig, és az élettartam végét lezáró selejtezésig. Erre jó példa az elektromos gépjárművek energiaforrása, hiszen az akkumulátorok több típusa is veszélyes hulladéknak minősül, így ennek kezelése mindenképp többlettevékenységet jelent vagy a felhasználó, vagy a forgalmazó számára, amellet, hogy az elektromos hajtás „tisztább”.

A műszaki döntések kialakításának két fontos sajátossága van.

- A műszaki döntéshez minden információ felhasználható, minden információt fel kell használni. Esetünkben nemcsak a repülőgépek, hibrid propulziós rendszerek terén végrehajtott fejlesztések eredményeit, hanem pl. az idevágó katonai, mikroelektronika fejlesztések, vagy a rendszer távfelügyelete (forgalomirányítása) szempontjából az operátorok döntéstámogató rendszerei vonatkozó ismereteket is.
- A műszaki fejlesztés sikere nemcsak műszaki döntéseket igényel. Éppen ezért a műszaki döntéseknél is „jelen kell lenniük” a technológiai területen kívüli szereplőknek is. Ugyanis a jogi, gazdasági, biztonsági, környezetterhelési és több más területről felmerülő szempontok szintén, esetenként alapvetően befolyásolhatják a műszaki döntéseket. Ezt a sokrétűséget jól jellemzi például a névválasztás kérdése is, ugyanis egy nemzetközi piacon szereplő termék esetén minden célterületet és annak nyelvét, nyelvjárásait figyelembe kell venni, hiszen adott szavak, rövidítések akár az eredeti szándéktól eltérő, akár azzal ellentétes jelentést is hordozhatnak más-más régiókban.

Általánosságban azonban nem vitatható, hogy műszaki döntéseknél a műszaki szempontok elsődlegesek, és az egyéb területek is csak a műszaki tartalom érintésén keresztül érvényesülnek.

Esetünkben, ahogy már említésre került, a projekt célja egy műszaki termék létrehozása, és sikerrel történő bevezetése, forgalmazása. Ennek a célnak az ismeretével már lehetővé válik a döntés szempontjából legmeghatározóbb sajátosságok feltárása is.

Ezek a sajátosság ismerete és figyelembe vétele a termék alkalmazhatóságának a feltétele.

A működési koncepció a felhasználó szempontjából írja le a termék működését, használatát. Minél egyszerűbb a működési koncepció és minél érthetőbb, a működés elve, annál sikeresebb egy termék.

A működési koncepcióból levezethető a rendszer, a termék specifikálása, a szükséges megoldások, anyagok, technológiák kiválasztása, vagy szükség szerinti kifejlesztése, a majdani használat, karbantartás, javítás megoldása.

A működési koncepció és a piac-orientált fejlesztés alapvetően meghatározza, hogy milyen funkciókat kell figyelembe venni a tervezés során, és azokat milyen műszaki, technológiai megoldásokkal kell elérni. A versenyhelyzet miatt a piac, a felhasználók számára legfontosabb képességekkel kell felruházni az eszközt, de csak olyan műszaki tartalom mellett, amelynek alkalmazása még nem növeli meg oly mértékben a végfelhasználói árat, ami jelentősen ronthatja a termék eladhatóságát.

Ezek a megfontolások három fontos és megoldandó feladatot jelölnek ki:

- a felhasználói igényeket kielégítő működési koncepció kidolgozása,
- a megfelelő termékfejlesztés – gyártás – terjesztés láncolat kialakítása
- a termék megfelelő integrálása a jelenlegi veszélyhelyzeti menedzsment rendszerbe

Az erőforrások hatékony felhasználásának egyik legfontosabb eleme a termékfejlesztés – gyártás – terjesztés. Mindhárom fázisra nagy figyelmet kell fordítani már a kezdeti döntéshozatal során. A termék fejlesztésére fordított munka és anyagi források nagymértékben befolyásolják a későbbi profit elérhetőségét és mértékét. Egy helyes elvek mentén megtervezett eszköz esetén a gyártási költségeket is jól lehet optimalizálni, és ez fordítva is igaz, a hibás tervezés jelentős költségnövekedéshez és pazarláshoz vezethet.

A hatékony gyártási folyamat a kiválasztott műszaki megoldások és a gyártási technológia mellett megfelelő logisztikai rendszer megválasztását is igényli. A gyártáshoz kapcsolódó döntések során figyelembe kell venni, hogy ez a folyamat is különböző szakaszokkal rendelkezik. Mindig el lehet különíteni a gyártás bevezető, felfutó szakaszát, mikor a kialakított rendszerek „összezsizsolódnak” és közben az esetlegesen felmerülő problémák megoldására is figyelmet kell fordítani. Ezt követi a kapacitás teljes kihasználása, amikor a megrendelői igények maximumához közelít a rendszer működése. És a termék kifuttatása, a gyártás befejezésére történő felkészülés is speciális igényeket támaszt.

Természetesen a készterméket a felhasználók számára elérhetővé kell tenni. Ez pedig megfelelő terjesztési rendszer, kereskedelmi hálózat kialakítását igényli. Ehhez az elérendő céloknak megfelelő marketing- és termékkövetési módszereket is be kell vezetni. Önmagában hiába elégíti ki műszakilag a felhasználók igényeit a lehető legnagyobb mértékben a létrehozott berendezés, ha ez nincs megfelelően kommunikálva a várható vásárlók számára, illetve, ha nincsenek meg a megfelelő kísérő szolgáltatások, mint például az értékesítési hálózat, vagy a szervízzolgáltatások. Ebben a szakaszban szükség van minden alkalmazást érintő információ begyűjtésére. Ilyen a felhasználói visszajelzések helyes begyűjtése és kezelése, az alkalmazásra vonatkozó szabályozások ismerete, de akár a jogszabályok jövőbeli, várható változásainak a vizsgálata.

Mindhárom szakasz kapcsolódási terület a menedzsment felé, hiszen a műszaki döntések mellett a vezetőség stratégiája és döntései alapvetően befolyásolják az eredményeket, és a megválasztott fejlesztési-, gyártási- és terjesztési stratégiák az irányítási rendszerek kialakítására is befolyással bírnak

A meglévő szabályok nem mindegyike vonatkozik a tervezett eszközre, azonban ha ezek betartására lehetőség nyílik, és törekszünk is erre, azzal nagymértékben lehet javítani a termék piaci szereplését. Így már a döntések előkészítésénél fontos szempont, hogy milyen szabályoknak kell, is milyen szabályoknak kívánnak a fejlesztők megfelelni.

A műszaki döntési folyamatban is fontos, hogy a döntés meghozatalát, vagy a döntő testület vezetését mindig olyan személy, vagy csoport lássa el, akinek az erőforrásai és a pozíciója

is adott ahhoz, hogy a kiválasztott cselekvést végre is hajtsa. Amennyiben ez a feltétel nem adott, a döntés nem feltétlenül haszontalan, pusztán azt jelenti, hogy a végrehajtásban illetékes vezetőknek ugyanúgy döntést kell hoznia, aminek egyik bemenő információja lesz az alsóbb szinten már meghozott döntés. Ez pedig jó esetben is feleslegesen meghosszabbíthatja a folyamatot.

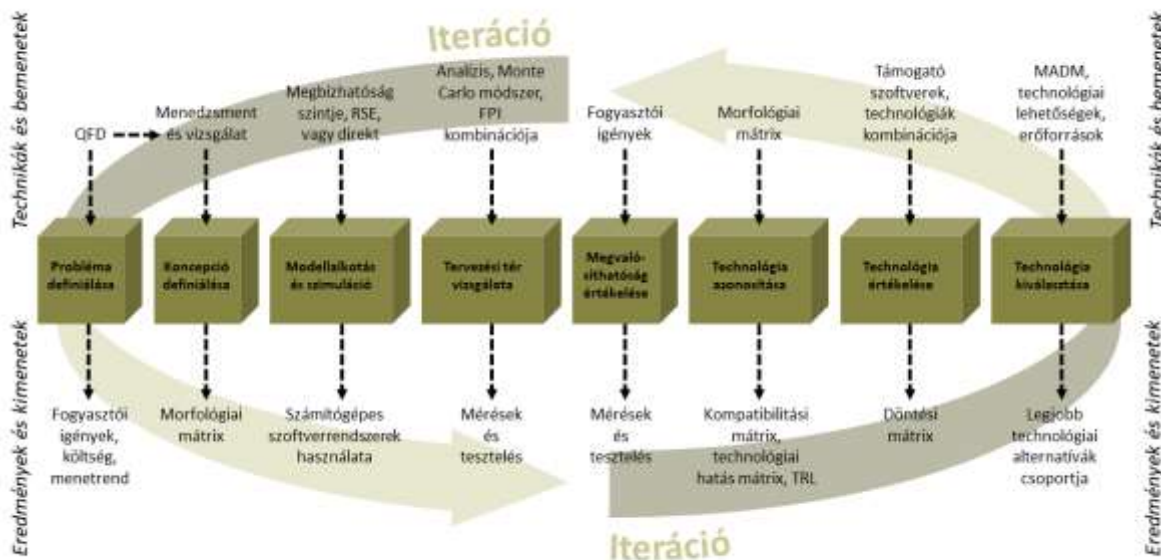
Hasonlóan fontos feltétel, hogy a döntésekért felelősséget is kell vállalni. Követni kell a kiválasztott cselekvés végrehajtását, szükség esetén pedig korrekciókat kell végezni, vagy a hibásnak bizonyuló döntéseket korrigálni kell.

A műszaki döntési folyamat magas szintű alkalmazásához egy sor új tudományos és szakmai területet is meg kell ismerni.

4.3 Technológia azonosítás, értékelés, kiválasztás

Az eddig tárgyaltak, mind azt mutatják, hogy egy termékfejlesztés piaci sikere alapvetően a megfelelő tudományos és technológiai eredmények alkalmazásán múlik. Ezért a potenciálisan alkalmazható technológia azonosítása, értékelése és kiválasztása (TIES – technology identification, evaluation and selection) kiemelten fontos feladat.

Sok esetben a technológia értékelése menedzsmenti és társadalmi aspektusokból indul. Bakouros (2000) egy sor lehetséges módszert, eljárást, mint ötletelés (brainstorming), Delphi módszer, kreatív támogatás, klaszter-analízis, mátrix adatelemzés, faktorizálás, stb. ismertet és bemutatja azok alkalmazási lehetőségeit. Ezzel szemben Kirby (2001) a disszertációjában egy egységes rendszert állított össze (29. ábra), mely ma is a legszélesebb körben és költség-hatékonyan alkalmazható komplex eljárás.



29. ábra: A technológia azonosítása, értékelése és kiválasztása ((Kirby 2001) nyomán)

Kirby eljárása 8 fontos lépésben adható meg.

1. A probléma definiálása – aktualitás, a megoldandó probléma meghatározása, az érintettek (stakeholders, azaz mindenki, akit érint az adott termék használata) igényeinek a meghatározása, elérhető fejlesztési költség nagysága, rendelkezésre álló idő, stb. definiálása.

Koncepció definiálása - a működési koncepció (a terméknek a használó szempontjából működésének a leírása), morfológiai matrix alkalmazása, módosított és alternatív koncepciók elemzése, tervezési tér behatárolása

2. Modellezés, szimuláció – a működési koncepció megértését segítő vizuális és verbális modellektől kezdve a fizikai és multidiszciplináris elvekre épülő szimulációs modellek alkalmazásán át az általános sztochasztikus modellekig és szimulációkig minden lehetősége felhasználható a szerkezeti sajátosságok, korlátozó feltételek, konfidencia szintek meghatározására, a környezet felől érkező bemenetek és a kimenetek közötti kapcsolat, a lehetséges irányítás, szabályzás, stb. megismerésére, meghatározására.
3. A tervezési tér vizsgálata – determinisztikus és sztochasztikus vizsgálatok, érzékenység tanulmányozása, a mérési eljárások változásának elemzése, a scaling értékelése, változások, átmenetvalószínűségi folyamatok értékelése, fast probability integration, stb. alkalmazása a sztochasztikus (Monte-carlo) modellezésekben.
4. A rendszer megvalósíthatóság értékelése – a rendszer megvalósítását, alkalmazását korlátozó feltételek behatárolása, a szükséges és lehetséges módosítások vizsgálata céllal.
5. Technológia azonosítása – a fejlesztendő rendszer, termék tervezett és igényelt tulajdonságait biztosító technológiák azonosítása, ide értve a kompatibilitást (meglévő rendszerhez, rendszerbe illesztést) és a hatás – mátrixok alkalmazását, mely az összes lehetséges műszaki, környezeti, gazdasági, társadalmi hatás vizsgálatára, becslésére alkalmas.
6. Technológia értékelése – alapvetően az elérhető fizikai, műszaki jellemzők (pl. tömegviszonyok, teljesítményadatok) számítása, az alkalmazási feltételeinek a vizsgálata, a gazdasági hatások, különösen a technológia élettartamának a becslése, új hasonló technológiák megjelenésének előrejelzése tartozik ebbe a feladatsorba.
7. A technológia kiválasztása – multi kritériumos döntéselőkészítés, új eljárások, lágy számítási módszerek, mint a genetikus, az evolúciós módszerek, a fuzzy eljárások, neurális hálók, stb. alkalmazása a forradalmian új technológiák kiválasztására és azok kombinálására a források allokációjával.
8. Látható, ezen eljárások igen összetetten alkalmazhatók. ugyanakkor a következetes és iterációs alkalmazásukkal a termékfejlesztési idő csökkenthető, a termék hatékonysága növelhető, a piaci részesedése szavatolható.

Az eljárás alkalmazása persze egy sor további módszertan ismeretét és következetes használatát igényli, mint pl. az morfológia, a technológia, az impakt, a kompatibilitási, stb. mátrixok alkalmazását. Talán ezért is javasolható a külső innovációs folyamat alkalmazása.

Összefoglalás

Ez a tanulmány a „Diszruptív technológiák kutatás-fejlesztése az e-mobility területén és integrálásuk a mérnökképzésbe” című EFOP-3.6.1-16-2016-00014 projekt támogatásával készült. Célja, hogy bemutassa a forradalmian új technológiákat, módszereket, megoldásokat tartalmazó termékek, szolgáltatások fejlesztéséhez segítséget nyújtson. Ennek érdekében felhívja a figyelmet a sikeres fejlesztéseket támogató ismeretekre, mint az innovációelméleti alapok, a systems engineering, vagy a működési koncepció, a működési modellek kidolgozásának a szükségessége. Bemutatja a fejlesztési elveket, eljárásokat, azaz a tervezési sajátosságait, a kisrepülőgépek fejlesztési folyamatát és külön kiemeli a nyílt és a zárt innovációs folyamatok, illetve a javasolt külső innovációs folyamat ismertetését. Értelmezi a fejlesztési módszereket, folyamatokat, filozófiákat. Itt külön elemzi a fejlesztéseket meghatározó változásokat, törvényszerűségeket, a fejlesztési folyamatmodelleket. bevezeti a jósági tényezők fogalmát és megadja, hogy lehet alkalmazni a jósági tényezőket a különböző fejlesztési filozófiák, mint a késői, a követő fejlesztések értelmezésekor. Végül ismerteti a technológia politika alapjait, a fejlesztések során alkalmazandó döntési folyamatokat és az alkalmazandó technológiák kiválasztási módszertanát.

Az útmutató legfontosabb érdemei:

- felhívja a figyelmet az új fejlesztési folyamatokra és a kisvállalatok által alkalmazható külső innovációra,
- értelmezi a forradalmian új, ún. diszruptív technológiákat, azok fejlesztését, és
- leírja, a diszruptív technológiák azonosítására, értékelésére és kiválasztására alkalmazható módszertant.

Az útmutató természetesen nem tekinthető mindenre kiterjedő és általánosan alkalmazható eljárásomagnak. Például nem foglalkozik a lean technológiával, a rendszer-integrációval. ugyanígy nem részletezi a diszruptív technológiák azonosítására, értékelésére és kiválasztására javasolt módszertan minden elemét.

Az útmutató, mint e-learning anyag felkerül a hivatkozott EFOP projekt keretében kialakított nyílt innovációs platformra. Ezzel lehetővé válik, hogy az érdeklődők hozzáférjenek, megvitassák, szükség szerint használják, vagy a használatához külső innovációt alkalmazva segítséget kérjenek.

Irodalom

- A recovery (2013) on the horizon? Annual report on European SMEs 2012/2013, Publication Office, EC, MN-30-11-250-EN-C, 2013, http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/performance-review/files/supporting-documents/2013/annual-report-smes-2013_en.pdf
- Abbott, T. S. (et al. 2004) , Jonse, K. M., Consiglio, M. C., Williams, D. M., Adams, C. A.: Small Aircraft Transportation System, Higher Volume Operational Concept: Normal Operations, NASA TM-2004-213022, 2004,
- Amidon, D. M. (1996): The Challenge of Fifth Generation R&D, <http://www.entovation.com/gkp/challenge.htm>
- Bakouros, Y. (2000), "Technology evaluation", Report produced for the EC founded project INNOREGIO: dissemination of innovation and knowledge management techniques, University of Thessaly.
- Beneda, K. (2016) Development of a modular FADEC for small scale turbojet engine, In: Szakál, A. (ed.) SAMI 2016 : IEEE 14th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics. 367 p., New York: IEEE, 2016. pp. 51-56.
- Bicsák, Gy., Szirczák, D., Rohács, D. Changes in Aerospace Development Process Trends In: Rolandas Makaras, Robertas Keršys, Rasa Džiaugienė (ed.) Proceedings of 20th International Scientific Conference Transport Means 2016. pp. 528-535.
- Boyatzis, R. E. (1982) The Competent Manager: A Model for Effective Performance, John Wiley and Sons, Inc., 1982
- McBreen, B. B. (2013) Notes on The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail, Clayton M. Christensen Cambridge, Massachusetts: Harvard Business School Press, 1997, <https://gist.github.com/dscape/839384>, accessed at 2013)
- Chesbrough, H. W. (2003) Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. Boston: Harvard Business School Press. 2003, ISBN 978-1578518371.
- Christensen, C. M. (1997) The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail, Boston, Massachusetts, USA: Harvard Business School Press, 1997
- De Liso, N., Metcalfe, J. S. (1996) „On Technological Systems and Technological Paradigms: Some Recent Development in the Understanding of Technological Change”. In Helmstadter, Pel-man, E. (eds), Technological Progress and Economic Dynamics, University of Michigan Press., Ann, Arbor, USA, 1996.
- Dodgson, M., Gann, D. M., Salter, A. J. (2001): The Intensification of Innovation Science and Technology Policy Research, Electronic Working Paper Series, Paper No. 65, SPRU (Science and Technology Policy Research, University of Sussex), <http://www.sussex.ac.uk/spru/publications/im-print/sewps/sewp65/sewp65.pdf>
- Dosi, G. (1988); Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation. Journal of Economic Literature, Vol. 26, pp. 1120-1171.
- Downen, T. D., Hansman, R. J. Jr. (2002) Analysis of Barriers to the Utility of General Aviation Based On A User Survey and Mode Choice Model, Downen and Hansman, MIT-ICAT, Report # 2002-1,
- Dreyfus, S. E., Dreyfus, H. L. (1980): A Five-Stage Model of the Mental Activities Involved in Directed Skill Acquisition. Washington, DC: Storming Media. Retrieved June 13, 2010.
- Five (2000) view's of the FutureTM, a strategic Analysis Framework, Overview and Methods, Technology Futures Inc. http://www.tfi.com/pubs/w/ti_fiveviews.html
- Future (2002) Flight: A Review of the Small Aircraft Transportation System Concept, Transportation Research Board, US, Special Report 263 (2002), http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10319&page=5
- Gal, I. (et al., 2017), Jankovics, I., Bicsak, Gy., Veress, A., Rohacs, J., Rohacs, D. Conceptual design of a small 4-seater aircraft with hybrid propulsion system, In Peter, T. (ed.) Proceedings of the Innovation

- and Sustainable Surface Transport, Budapest, August 30 – September 1, 2017, Budapest, Hungarian Academy of Engineering, Budapest, ISBN 978-963-88875-3-5, pp. 143 – 150,
- Gal, I., Jankovics, I., Rohacs, J. (2017). Diszruptív technológiák fejlesztése, azonosítása, értékelése és kiválasztása – járműfejlesztési sajátosságok, In Peter, T. (ed.) Proceedings of the Innovation and Sustainable Surface Transport, Budapest, August 30 – September 1, 2017, Budapest, Hungarian Academy of Engineering, Budapest, ISBN 978-963-88875-3-5, pp. 109 – 117.
- Guilford, J.P. (1950) Creativity, American Psychologist, Volume 5, Issue 9, 444–454.
- Hall, A. D. (1962) „A Methodology for Systems Engineering”. Van Nostrand Reinhold, ISBN 0442030460, USA, 1962.
- Hansson, S.O. (1994) Decision theory, A brief introduction, Royal Institute of Technology, Stockholm, p. 98
- Holmes, B. J. (2001) Keynote address, Integrated Communications, Navigation, Surveillance (ICNS) Technology Workshop, Cleveland, Ohio, May 1, 2001, http://spacecom.grc.nasa.gov/icnsconf/docs/2001/CNS01_Evening_Keynote-Holmes.pdf
- Holmes, B.J., Durhan, M.H., Tarry, S.E. (2004) ”Small Aircraft Transportation System Concept and Technologies”. Journal of Aircraft, Vol. 41, No.1, January-February 2004.
- Innovation (2014) Union Scoreboard 2014, (prepared by Hollanders, H., Es-Sadki, N., Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology) European Commission, EU, 2014, http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/files/ius/ius-2014_en.pdf
- Janis, I. L., Mann, L. (1977) Decision making: A psychological analysis of conflict, choice, and commitment. Free Press, New York, p 488.
- Kirby, M. R.: (2001), A methodology for technology identification, evaluation and selection in conceptual and preliminary aircraft design, PhD Thesis, Georgia Institute of Technology.
- Kochenderfer, M. J. (2015) Decision making under uncertainties: theory and application, MIT Press, 2015, p. 352.
- Kortschak, B. H. (1993): MI a logisztika, Szövetségi Iparkamara, Gazdaságfejlesztési Intézete, Bács
- Krogerus, M. Tschappeler, R. (2012) 52 döntési modell, A stratégiai gondolkodás könyve, HVG könyvek, Budapest, ISBN978-963-304-082-9, p. 184.
- Kurzweil, R. (1999) The Age of Spiritual Machines, Penguin Group, N
- MIL-STD-499A, (1969), Military Standard: Systems Engineering management (17 JUL 1969), Department of Defense, US., http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-499_10376/
- MIL-STD-499B, (1974), Military Standard: Systems Engineering, (1 May, 1974), Department of Defense, US., http://www.product-lifecycle-management.com/download/mil-std-499b_draft1993.pdf
- Moore, G. (1965) Cramming more components onto integrated circuits, Electronics, Vol. 38, No. 8, 1965, pp. 114 - 117.
- Moore, M.D. (2003) Personal Air Vehicles: a Rural/Regional and Intra-Urban on-Demand Transportation System”. Journal of the American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), no. 2003-2646, 2003.
- Mopntobbio, F (1998): Sectorial Specificity in the Relation between Technology and Market Share Dynamics, see <http://www.intech.unu.edu/publications/conference-workshop-reports/lisbon/montob.pdf>
- Munoz, C., Carreno, V., Dowek, G. (2006) Formal Analysis of the Operational Concept for the Small Aircraft Transportation System, In Proceedings of REFT 2005 - the Workshop on Rigorous Engineering of Fault Tolerant Systems, Jul 2005. (ed. M. Butler), Springer - Verlag, 2006, pp. 306 - 325, <http://research.nianet.org/~munoz/Papers/41570306.pdf>
- National (1995) Aeronautics and Space Administration (NASA), Systems Engineering Handbook, NASA, SP-610S.
- Neumann J. (1964) A számítógép és az agy, Gondolat Könyvkiadó, 130 o.
- Norman, D. A. (1998). The invisible computer: Why Good Products Can Fail, the Personal Computer Is So Complex, and Information Appliances Are the Solution. Cambridge, MA: MIT Press.
- Parmigiani, G., Inoue L. (2009), Decision Theory: Principles and Approaches John Wiley and Sons, p. 402.

- Piwek, K., Wiśniowski, W. (2016) Small air transport aircraft entry requirements evoked by FlightPath 2050, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, Vol. 88, 2016, Issue: 2, pp.341-347, <https://doi.org/10.1108/AEAT-02-2015-0065>
- Pungor, E. (et al., 2000), Döry, T., Hídvégi, E., Hídvégi, É., Jávorka, E., Mécs, I., Tarján, T., Tóth, L.: Innováció - Törvényi keretek - Működési struktúrák, *Stratégiai Füzetek*, No. 5. Miniszterelnöki Hivatal, Kormányzati Stratégiai Elemző Központ, Budapest,
- Rapcsák A. (2007) Többszemponútú döntési problémák, egyetemi oktatási segédlet, MTA, SZTAKI, Budapest, 2007, p. 111.
- Rogers, E. (1960): Diffusion of Innovation Theory, <http://www.mc.uky.edu/icis/HIMSS/Innovation%20Diffusion%20Theory%20Summary%20and%20bib.doc>
- Rohacs, D., Rohacs, J. (2015) Impact of Out-of-the-Box Approach on the Future Air Transportation System, *Repüléstudományi Közlemények* (ISSN 1789-770X), XXVII. évf. 2015, No. 3. pp. 189 - 206.
- Rohacs, D., Rohacs, J. (2016) Magnetic levitation assisted aircraft take-off and landing (feasibility study – GABRIEL concept) *Progress in Aerospace Sciences* 85 (2016), pp. 33-50. doi:10.1016/j.paero-sci.2016.06.001
- Rohács, J. (1997): The Role of Universities in Technology Transfer, *Naucno Strucni Skup Vozduhoplovstvo'97*, Beograd, pp. E11 - E16.
- Rohács J. (2001) A piaci igény és a fejlesztés új kapcsolata, "Innovatív társadalomgazdaság és jövőtudat", *Stratégiai Füzetek*, No. 8. Miniszterelnöki Hivatal, Kormányzati Stratégiai Elemző Központ, Budapest, 18-20. o. 2001.
- Rohacs J. (2009) Thinking out of the box - developing the radically new aviation technology, *Magyar Repüléstudományi Napok konferencia*, Budapest, 2009, CD-ROM, (szerk: Rohács, J. Hatfaludi L., Veress Á.), Budapest, 2009,
- Rohacs, J. (2010) Product development philosophy, *Proceedings of the International Conference on Innovation Technology in Design, Manufacturing and Production*, 14-16 Sept. 2010 Praha, pp. 516 - 520.
- Rohacs, J. (2012) New technology development and its evaluation, 7th International conference Supply on the Wings, AIRTEC, International Aerospace Supply Fair 7-8 November, 2012, Frankfurt, Germany, CD-ROM , ISBN 978-3-942939-05-8D44_Rohacs_paper_vonRD, PP. 1 - 14
- Rohacs, J. (2013) New Technology Development and Deployment, The proceedings of the First International Scientific Workshop Extremal and Record-Breaking flights of the UAVs and the Aircraft with Electrical power plant, ERBA 2013, ISBN 978-5-9905203-1-8, pp. 4 – 17.
- Rohacs J. (2018) A repülés és a repülőipar fejlődésének hatása a gazdaságra, *Repüléstudományi Közlemények* 2018.
- Rohacs, J. (et al., 2010a), Veress, A., Jankovics, I., Volescsuk, A., Farkas, Cs.: Goal oriented aerodynamic design of a new acrobatic aircraft, *Research and Education in Aircraft Design, READ 2010 international Conference*, Warsaw, Poland, June 28-30, 2010, Proceeding CD. ISSN 1425-2104, 10 p.
- Rohacs, J. (et al, 2010b), Volescsuk, A., Gecse, T., Ovari, Gy.: Innovation process management for reducing the time to market, *Aerospace – The global industry*, November 2 – 4, 2010, Exhibition Centre Frankfurt / Main Germany, Conference Proceedings, AIRTECH GmbH and Co. KG, 2010 ISBN 978-3-942939-00-3 p.21.
- Rothwell, R. (1994) "Towards the Fifth-generation Innovation Process", *International Marketing Review*, Vol. 11 Issue: 1, pp.7-31, doi: 10.1108/02651339410057491
- Russel, P. (1979) *The Brain Book*, Penguin Group, New York, 1979
- Rybak, I. A. (et al., 2013) Gusakova, V. I., Golovan, A. V., Podladchikova, L. N., Shevtsova, N. A.: BMV: Behavioral Model of Visual Perception and Recognition Rostov State University, Rostov-on-Don, Russia, <http://www.rybak-et-al.net/vnc.html#PAPER> (accessed at Oct. 10, 2013)
- Schumpeter J.A. (1911), *The Theory of Economic Development*, Oxford University Press, Oxford, és (1934) Cambridge, Mass. Harvard UP.
- Schumpeter, J. A. (1980): *A gazdaság fejlődésének elmélete*, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- Steptoe-Warren, C., Howat, D., Hume, I. (2011) "Strategic thinking and decision making: literature review", *Journal of Strategy and Management*, Vol. 4 Issue: 3, pp.238-250, doi: 10.1108/17554251111152261

- Takeuchi, H., Nonaka, I. (1998) The new new product development game, Harvard Business review, reprintg 86116, <https://ullizee.files.wordpress.com/2013/01/takeuchi-and-onaka-the-new-new-product-development-game.pdf>
- Tarde, G. (1895): La Logique sociale, Felix Alcan, Paris (elektronic version: http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/livres/tarde_gabriel/la_logique_sociale/la_logique_sociale.html)
- Terziovski, M., Samson, D., Glassop, L.. (2001) Creating Core competence through the Management of Organisational Innovation, Research Paper, April, <http://www.fsed.org/researchprojects/FSEDPaper1.pdf>. 2001.
- Theoretical (2001) Foundation for Decision Making in Engineering Design, National Academy Press, Washington DC.
- Valente, T., W. (1995): Network Models of the Diffusion of Innovations. New Jersey: Hampton Press
- Veress, Á., (et al., 2013) Felföldi, A., Gausz, T., Palkovics, L. Coupled Problem of the Inverse Design and Constraint Optimization, Applied Mathematics and Computation, 219:(13) pp. 7115-7126. (2013)
- Veress, Á., Bicsák, Gy., Rohács, D. (2016) Pressure Loss and Flow Uniformity Analysis of Baseline and Redesigned Engine Inlet Duct for a Small Turboprop Aircraft, Czech Aerospace Proceedings, 2016 (1) pp. 3-9.