



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Gépészmérnöki Kar

Gép- és Terméktervezés Tanszék

Matematikai modell kidolgozása tervezési folyamatok kockázatelemzésére

Készítette: Majoros Melinda (GVSOA3)

Varga Eszter (K9722B)

Ipari termék- és formatervező szakos hallgató

Konzulens: Dr. Piros Attila

Egyetemi adjunktus

Tudományos Diákköri Konferencia

Budapest, 2013

Tartalomjegyzék

TÁBLÁZAT- ÉS ÁBRAJEGYZÉK.....	3
JELÖLÉSEK ÉS RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE.....	4
SZAKKIFEJEZÉSEK JEGYZÉKE.....	6
BEVEZETÉS.....	8
1. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI	9
2. A SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	10
2.1. A PROJEKTEK DEFINIÁLÁSA, JELLEMEZŐI	10
2.2. PROJEKTMENEDZSMENT	10
2.3. PROJEKTKOCKÁZAT-MENEDZSMENT	15
2.4. PROJEKTÜTEMEZÉS-MENEDZSMENT: MUNKALEBONTÁS, IDŐTERVEZÉS, HÁLÓTERV.....	17
2.5. FUZZY LOGIKA ALAPÚ KOCKÁZATBECSLÉS	21
2.6. KONKURENS TERVEZÉS, TOP-DOWN DESIGN	28
3. A MATEMATIKAI MODELL BEMUTATÁSA.....	33
3.1. PROJEKT MEGHATÁROZÁSA.....	33
3.2. PROJEKTKOCKÁZAT-MENEDZSMENT	34
3.3. PROJEKTÜTEMEZÉS-MENEDZSMENT: MUNKALEBONTÁS, IDŐTERVEZÉS, HÁLÓTERV	35
3.4. MONITOROZÁS TERVEZÉS	38
3.5. PROGRAM BEMUTATÁSA.....	40
3.5.1. Kritikus út keresése.....	40
3.5.2. Fuzzy logika alapú kockázatmenedzsment humán tényező figyelembe vételével.....	41
3.5.3. Kiértékelés.....	47
4. ESETTANULMÁNY: VCCH PROJEKT	50
4.1. PROJEKT BEMUTATÁSA.....	50
4.2. PROJEKTÜTEMEZÉS-MENEDZSMENT: MUNKALEBONTÁSA, IDŐTERVEZÉSE	53
4.3. MONITOROZÁS ÉS EREDMÉNYEI.....	55
4.4. A MATEMATIKAI MODELL ALKALMAZÁSA A VCCH PROJEKTRE.....	55
A KUTATÁS EREDMÉNYEI	61
AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA	61
TOVÁBBI CÉLKITŰZÉSEK.....	62
ÖSSZEGZÉS.....	63
IRODALOMJEGYZÉK.....	64
ANGOL NYELVŰ ÖSSZEFOGLALÓ	66
MELLÉKLET	67

Táblázat- és ábrajegyzék

1. ábra A projektmenedzsment folyamatának bemutatása.....	11
2. ábra A projektmenedzsment folyamat megvalósítása	12
3. ábra A projektmenedzsment funkciók bemutatása.....	13
4. ábra Projekt életciklus bemutatása.....	14
5. ábra A kockázatmenedzsment elhelyezkedése a projekttervezés folyamatában.....	15
6. ábra Általános PERT háló bemutatása.....	20
7. ábra Általános Gantt-diagram bemutatása	20
8. ábra A Fuzzy rendszerben lejátszódó folyamat	22
9. ábra A CFM-módszer és a hagyományos FIS értékelés összehasonlítása	24
10. ábra Súlyossági kategóriák.....	26
11. ábra A súlyosság tagsági függvényei.....	26
12. ábra Valószínűség kategóriái	27
13. ábra A valószínűség tagsági függvényei	27
14. ábra Kockázatbecslési mátrix.....	28
15. ábra A kockázat tagsági függvénye.....	28
16. ábra Konkurens tervezés során párhuzamosítható folyamatok.....	29
17. ábra A konstrukciós tervezés folyamata a VDI 2221 szerint.....	30
18. ábra Projekt lebontása Top-down design módszer alkalmazásával	32
19. ábra Tevékenység kategóriák.....	36
20. ábra Hálóterv	37
21. ábra Projekt hálóterv	38
22. ábra Kitöltött monitorozási táblázat minta.....	39
23. ábra Jelölések.....	41
24. ábra Kritikus út jelölése	41
25. ábra Súlyosság tagsági függvénye.....	43
26. ábra Objektív valószínűség tagsági függvénye (zöld)	44
27. ábra Szubjektív valószínűség tagsági függvény (piros)	46
28. ábra Minősítő mátrix.....	48
29. ábra Formaterv.....	51
30. ábra Az autó	52
31. ábra Kidolgozott tevékenység	54
32. ábra Elemezett projekt ág	55
33. ábra Tervezett ütemterv táblázata	56
34. ábra Kirajzolt kritikus út a tervezett esetben.....	57
35. ábra Valós lefutás táblázata.....	57
36. ábra Kirajzolt kritikus út a valós esetben.....	58
37. ábra Második monitorozási alkalom becslésének minősítése.....	59
38. ábra Harmadik monitorozási alkalom becslésének minősítése.....	59
39. ábra A teljes projekt ág minősítése.....	60

Jelölések és rövidítések jegyzéke

T_o - Optimista, legkedvezőbb időérték

T_p - Pesszimista, maximális időtartam, legkedvezőtlenebb

T_v - Várható idő

T_{ij} - Becslés várható ideje:

σ - Tevékenység idejének varianciája:

z - betartási valószínűség

P - kockázati csoportok

TPT (Total Project Time) - teljes projekt átfutási idő

LST (Latest Start Time) - legkésőbbi kezdési időpont

LFT (Latest Finish Time) - legkésőbbi befejezési időpont

D (Duration) - tevékenység idő

EFT (Earliest Finish Time) - legkorábbi befejezési időpont

EST (Earliest Start Time) - legkorábbi kezdési időpont

EET (Earliest Event Time) - legkorábbi esemény időpont

LET (Latest Event Time) - a legkésőbbi esemény időpont

SLT (Slack Time) - tartalék idő

Y - fuzzy következtetés értéke;

μ - igazság érték;

$\mu(z)$ - tagsági függvény

R_G - mértani közép

R_{FZ} - korrigált fuzzy átlag

$U(P)$ - valószínűség értéke

$U(Phum)$ - szubjektív valószínűség

$U(Pobj)$ - objektív valószínűség

U(S)- súlyosság

U(R)- kockázat

n- minősítő mátrix kategóriáinak száma

TML- realiztikus idő (kritikus út számító program által a táblázatba írt változó)

SLT- tartalék idő (kritikus út számító program által a táblázatba írt változó)

SUMT- teljes projekt idő (kritikus út számító program által a táblázatba írt változó)

LSTART- legkésőbbi kezdési időpont (kritikus út számító program által a táblázatba írt változó)

LEND- legkésőbbi befejezési időpont (kritikus út számító program által a táblázatba írt változó)

PCounter- monitorozási alkalom száma

Szakkifejezések jegyzéke

Tervezési projekt - különböző technikák és tudományos elvek alkalmazása egy termék létrehozására

Humán tényezők-az emberi bizonytalanságot figyelembe vevő faktorok

Szubjektivitás-egyéni különbségek

Projekt- egymással kapcsolatban lévő tevékenységek sorozata, mely valamilyen terméket állít elő

Projektmenedzsment - tervezésből irányításból és ellenőrzésből áll, célja hogy a projekt megfeleljen a megrendelői követelményeknek

Projektkockázat-menedzsment- a kockázatok azonosítása, megelőzése, csökkentése a feladata

MATLAB program- egy speciális programrendszer, amely numerikus számítások elvégzésére lett kifejlesztve és emellett egy programozási nyelv is

PERT módszer- esemény beállítottságú hálótervezési eljárás

Gantt diagram- egy vonaldiagram, ahol a vonalak hossza egyenesen arányos a tevékenységek időtartamával

Work Breakdown Structure (WBS)-- munkalebontási struktúra, az ütemezés része, a tevékenységek meghatározása és sorrend felállítása

Kritikus út módszer-hálótervezési technika, azon tevékenységek meghatározása melyek nem rendelkeznek tartalék idővel, ez adja a projekt legkorábbi bejezési időpontját

Fuzzy logika- egy olyan új matematikai eszköz, mellyel a valós világ bizonytalanságait tudjuk modellezni

Lágy számítási eljárás- pontatlan és bizonytalan környezetben racionális döntések meghozatalát segíti, hasonló az emberi gondolkodáshoz

Korrigált fuzzy átlagon alapuló kiértékelés – fuzzy kiértékelő módszer

Konkurens tervezés-tervezési módszer, mely során párhuzamosítást alkalmaznak

VDI 2221 szabvány-tervezési folyamatokat modellező rendszer szabvány

Top-down design- Tervezési módszer, mely alkalmazásánál a teljes modell koncepció tervre épül

Hálóterv- projektek során a tevékenységek és a köztük lévő kapcsolat szemléltetésre alkalmas eszköz

Átfutási idő-a tevékenység elvégzéséhez szükséges időtartam

Munkaráfordítás-az a munka mennyiség, mely alatt a tevékenység elkészül

Realisztikus idő-a tevékenységek becsült ideje

Monitorozás-projektek során az előre haladás mérésére szolgáló ellenőrzés a projekten dolgozók megkérdezésével

Súlyosság-a kockázat hatása

Relatív tartalék idő- a súlyosságnál használjuk, tartalék idő osztva a tevékenység idővel

Valószínűség-a kockázat bekövetkezésének várható értéke

Szubjektív valószínűség-az emberek által becsült valószínűség

Objektív valószínűség-a tevékenységhez rendelt valószínűség, mely a tevékenység jellegétől függ

Kockázat-a vizsgált tényező súlyosságából és valószínűségéből számított érték

Relatív késés-a tevékenység késéséből számoljuk, a becslés minősítésére használjuk

Minősítő mátrix- a becslés minősítésére használjuk a kockázat és a relatív késés alapján van meghatározva

Bevezetés

A következőkben tervezési folyamatok projekttervezésével és kockázatelemzésével fogunk speciális módon foglalkozni. Dolgozatunkban egy matematikai modellt szeretnénk bemutatni, melyet különböző folyamatok kockázatainak becslésére és modellezésére dolgoztunk ki. A projektek sokféle bizonytalansággal rendelkeznek, ez különösen igaz a tervezési és ezen belül is a gépészeti tervezési folyamatokra, hiszen ezen a területen rendkívül nagy befolyással bír a humán tényező a folyamatok kockázatát tekintve. Szeretnénk ezeket a tényezőket egységesen, egy modell segítségével kezelni.

Munkánkban összetett kutatási területtel foglalkozunk, mint például projektmenedzsmenttel, tervezés elmélettel, fuzzy logikával és pszichológiával. Mivel e területek számunkra is részben újak azért a szakirodalom áttekintése részletes lesz, de erre mindenképpen szükség van, mivel a teljes modellt a szakirodalom figyelembe vételével szeretnénk kidolgozni, így lesz munkánk tudományosan alátámasztott.

Fontos kihangsúlyoznunk, hogy a Gépészmérnöki Kar hallgatói vagyunk ezért egy tervezési projektet elsődlegesen műszaki szempontból látunk, és ehhez illeszkedően szerettünk volna egy olyan módszert kidolgozni, mely elsősorban a műszaki projektek tervezését segíti, de univerzálisan alkalmazható más típusú projektek során is.

Kutatásunk elején járunk még, de jövőbeli céljaink között szerepel a most bemutatásra kerülő modell további tervezési projektekben való alkalmazása, mérési adatok gyűjtése és a modell továbbfejlesztése.

1. A kutatás célkitűzései

A dolgozat célja egy olyan módszer és a kapcsolódó matematikai modell kidolgozása MATLAB programban, amely lehetőséget ad a tervezési folyamatoknak, mint speciális projekteknek az időbeli lefutását terhelő kockázatainak a modellezésére, monitorozására és az összegyűjtött adatok alapján a felmerülő kockázatok megbecsülésére. Habár a matematikai modell számos egyszerűsítést tartalmaz, de a korszerű módszerek felhasználásnak segítségével lehetőséget ad a kezelt kockázati tényezők számának a kibővítésére és ezen keresztül a kockázatbecslés módszerének a további finomítására. A matematikai modell az ismert projekt menedzsment eszközökön és módszereken (úgy mint PERT háló, Gantt diagram, stb.) felül a fuzzy logika segítségével kezeli le a folyamatban szereplő bizonytalansági tényezőket kiemelt helyen kezelve az emberi szubjektivitást.

A dolgozatban a matematikai modell részletes ismertetésén felül egy egyszerű esettanulmány bemutatása is cél. Ebben a tanulmányban egy járműtervezéshez kapcsolódó részfeladatok megoldásán keresztül kerül majd szemléltetésre a humán tényezők monitorozása és kezelése a modell keretein belül. Habár ez az esettanulmány számtalan egyszerűsítést tartalmaz, de jól szemlélteti majd a matematikai modell és a kidolgozott módszer működését és lehetőséget ad jövőbeli fejlesztési kérdések feltevésére és azok részleges megválaszolására is.

2. A szakirodalmi áttekintés

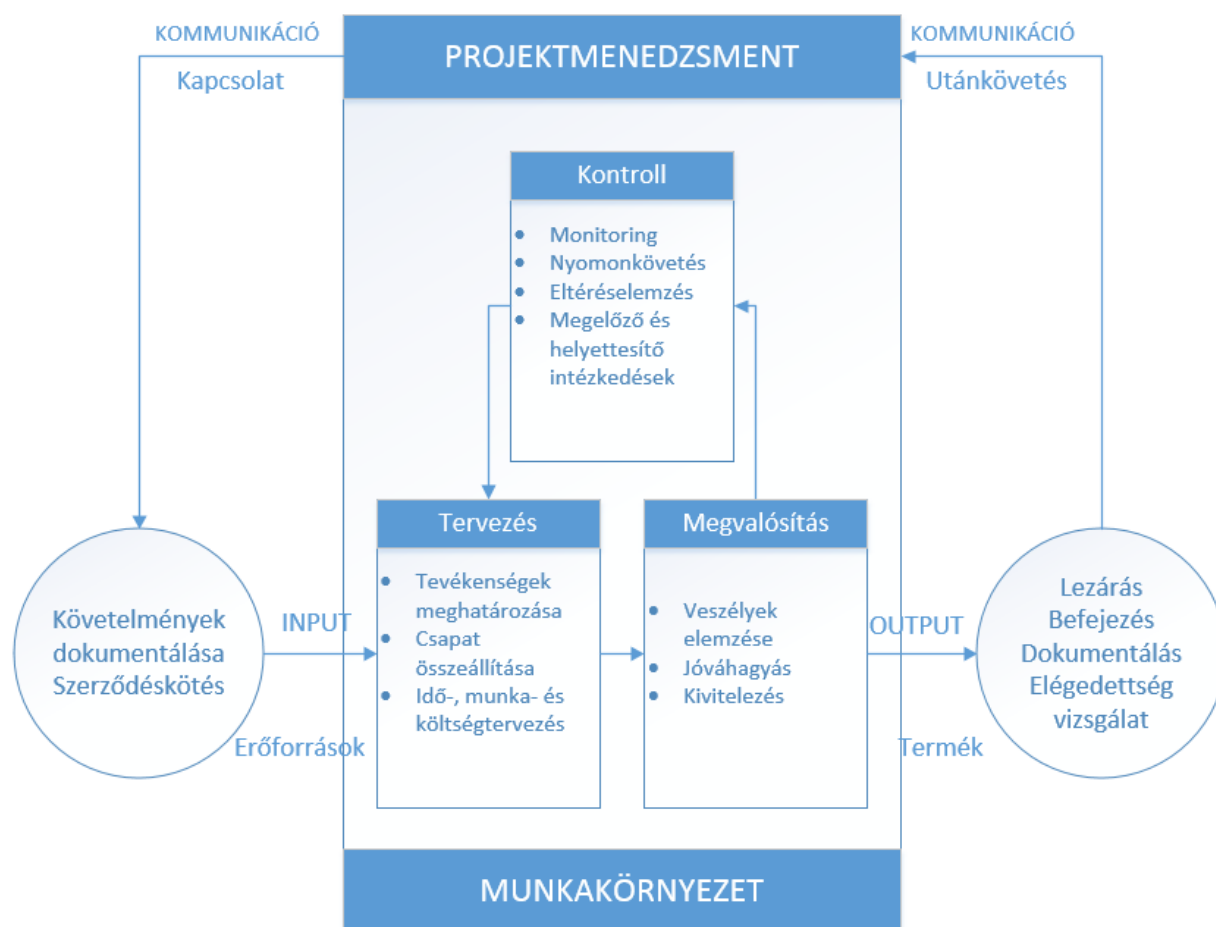
2.1. A projektek definiálása, jellemezői [14]

A projekt egy olyan feladat, amelyet csak egyszer végzünk el. Ez különbözteti meg a projekt feladattípust, a rendszeresen végzett rutinfeladatoktól. Fontos jellemzői, hogy van kezdete és befejezése, valamint hogy minden projekt egyedi terméket állít elő. A projektek általában egy ígéretes ötlet továbbfejlesztésével jönnek létre. A kezdés időpontját ezért általában nehéz definiálni. A projekt végének viszont egyértelmű időpontnak kell lennie, amire a kívánt terméket, célt sikerül teljesíteni a feladat elvégzésével. Ebben az időpontban a projekt résztvevőinek egyet kell érteniük. A projekt folyamat eredményességét jelző termék előállítása lehet kézzelfogható (építkezés, szoftver, stb.) vagy elvont (vállalati átszervezés, új szolgáltatás bevezetése, stb.). Sok esetben egy kézzelfogható és egy elvont termék, szolgáltatás menedzselésének irányelvei megegyeznek. A projektek egyediek és ideiglenesek. Fontos megjegyezni, hogy egy új, egy előre meghatározott célért végzett folyamat, amely teljesítéssel zárul. A projekt végezhető csapatban vagy egyénileg meghatározott határidőre és költségkereten belül.

2.2 Projektmenedzsment [3,5]

A projekt egymással kapcsolatban lévő tevékenységek sorozata (tevékenység-háló). Ez a folyamat korlátozott számban rendelkezésre álló inputokat (emberi, anyagi, technikai és pénzügyi erőforrásokat) outputokká (termékek, szolgáltatások) alakít át a megrendelő elvárásai szerint. A projekt folyamatának összetevői (1. ábra):

- követelmények dokumentálása, szerződéskötés
- tevékenységek meghatározása
- csapat kiválasztása feladatok kiosztása
- idő- és munkaráfordítás tervezés
- költségtervezés
- megvalósítás, kontroll
- kommunikáció
- projekt lezárása



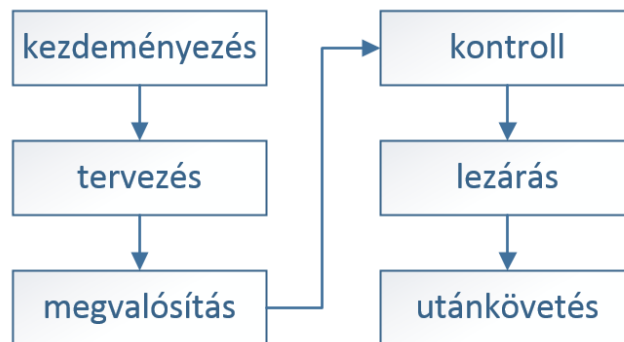
1. ábra A projektmenedzsment folyamatának bemutatása

Forrás: [14]

Projektmenedzsment célja [3, 4]

A projektmenedzsment vagy projekttervezés tudatos tevékenységek folyamata, amely a kézzelfogható és elvont erőforrások tervezéséből irányításából és ellenőrzéséből áll. A projektmenedzsment célja, hogy a projekt megfeleljen a megrendelői követelményeknek, az előre kitűzött céloknak, valamint az idő- és költségkereteknek.

A projektmenedzsment a következő ábra alapján valósítható meg. (2. ábra)



2. ábra A projektmenedzsment folyamat megvalósítása

Forrás: [14]

Annak érdekében, hogy a projektmenedzsment megfelelő minőséget biztosítson az elvárt, vagy azt meghaladó minőséget kell teljesíteni, valamint az előírt idő- és költségkereteket be kell tartani. A projekt tevékenységeit előre megtervezett módon folyamatszerűen kell végrehajtani, ahhoz hogy megfelelő minőséget tudjon nyújtani, mind az előállított termékekben, mind a folyamatokban. Fontos, hogy olyan munkakörnyezetet kell teremteni, ami megfelel az előírásoknak, szabványoknak és ezen felül munkahelyi etikát is szem előtt tartja. A projekt során folyamatos fejlesztést kell megvalósítani ahhoz, hogy elvárt végeredményt nyújtson.

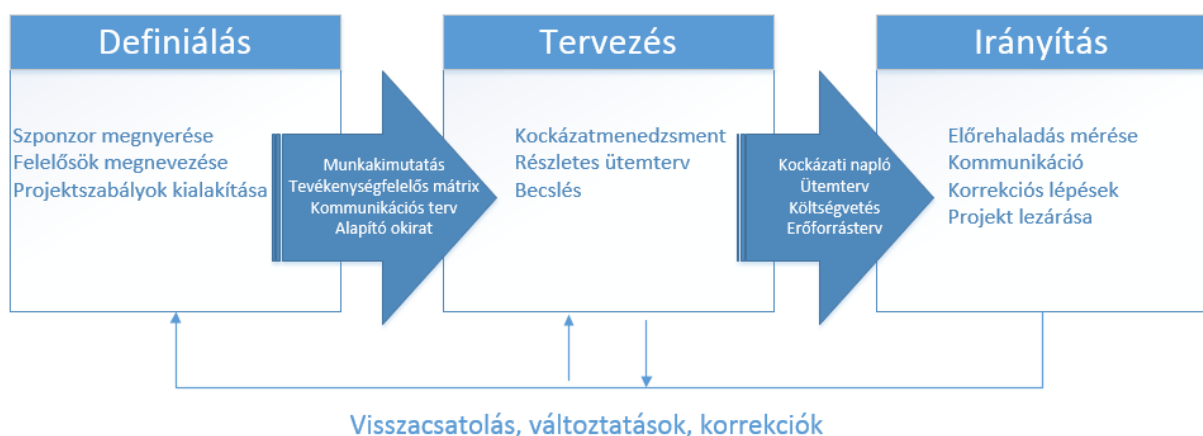
A célkitűzésekért a projektmenedzser vagy a projektmenedzsment csapat felelős. Feladatuk a követelmények realizálása és azonosítása. Biztosítaniuk kell a projekt számára a tárgyi, pénzügyi és időbeli erőforrások betartását és meglétét. A partner számára megfelelő minőségi és mennyiségbeli elvárások teljesítésének biztosítása is a projektmenedzsment feladata úgy, mint a projektkockázatok kezelése. Számolniuk kell az esetleges meghibásodásokkal és késedelmekkel, amelyek hátráltathatják a projekt teljesítését.

Projektmenedzsment funkciók [14]

A projektek során nagyon fontos, hogy reális elvárások és emellett egyetértés legyen a felek között. A projekt elvégzése sokféle módszer komplex alkalmazását igényli. Három projektmenedzsment-funkció szerint csoportosíthatóak az elvégzéshez szükséges módszerek.

1. A projekt definiálása jelenti a tevékenység alapját. Ez a projektmenedzsment funkció két tevékenységre bontható.
 - A célok és a projekt kereteinek meghatározása. A költség-idő-minőség egyensúly megteremtése valamint össze kell kapcsolniuk a projektet a szervezet küldetésével.

- A projektmenedzsmentnek irányítása alatt kell tartani az egész tevékenységet. Egyetértést kell teremteni a projektben résztvevő felek és szervezetek szerepvállalásában. Kommunikációs stratégiát, szolgálati utat kell létrehozni és az ellenőrzés folyamatot megszervezni. A döntések dokumentált elfogadása jelenti a projekt során elvárt követelmények teljesítésének menetét. a projektben vállalt felelősségek betartására ez a dokumentum jelent biztosítékot, erre lehet hivatkozni a későbbiekben. Ezt projektszabályoknak is nevezik.
2. A projekt megtervezése a célok elérésének módjára irányul adott korlátok között. Becslési és tervezési módszerekkel megállapítható, hogy ki, mikorra, mennyi munkát kell, hogy elvégezzen bizonyos költségkereteken belül. A bizonytalanabbul meghatározható területekre kockázatelemzési technikákkal stratégiák alakíthatók ki. Az előre definiált tényezők (költség-idő-minőség) realizálása a tervben kidolgozott stratégia alapján ellenőrizhetőek.
 3. A projekt irányítása minden tevékenységet magában foglal, amely szükséges a projekt céljának elvégzéséhez.
 - A projekt előrehaladásának mérése visszacsatolás az előre meghatározott tényezők reális becslésének. A folyamat gyakori mérésével könnyebb megoldani a problémákat.
 - A megfelelő kommunikációval egyértelmű kép alakul ki a projekt előrehaladásáról. Segítségével a résztvevők jól koordinálhatóak. kritikus fontosságú a projekt megfelelő működése szempontjából.
 - Korrekciós lépések elvégzése, az időközben felmerülő problémákra reagálva.

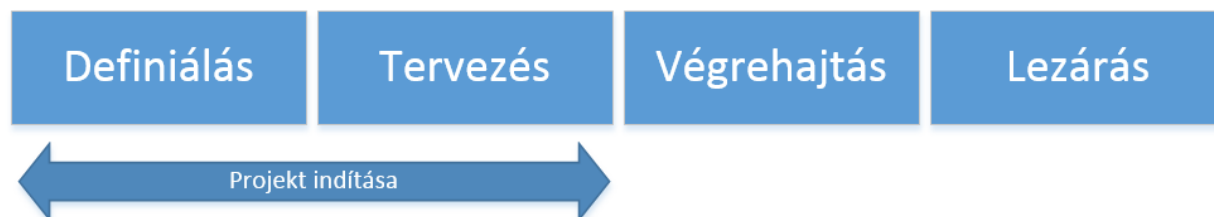


3. ábra A projektmenedzsment funkciók bemutatása

Forrás: [14]

Ezek a projektmenedzsment funkciók megfelelő sorrendben követik egymást: definiálás, tervezés, irányítás. (3. ábra) Ezeket a funkciókat időről időre meg kell ismételni, mert módosítják egymást. Folyamatos revízió és újrachangolás szükséges a gördülékeny haladásért.

A projekt életciklusa a következő ábrán látható (4. ábra):



4. ábra Projekt életciklus bemutatása

Forrás: [14]

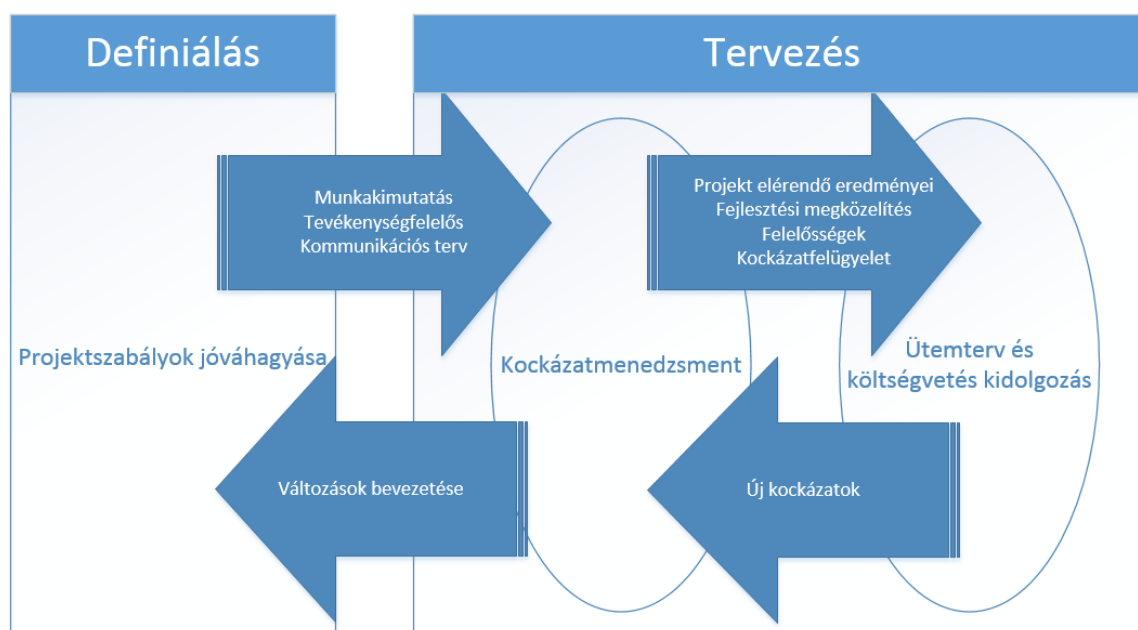
A siker definíciója [14]

Egy projekt sikeressége a különböző projekttenyezők betartásával mérhető.

- Határidő betartása, különben sok esetben értelmét veszti a projekt cél.
- Költségkeretek betartása a haszon maximalizálás érdekében.
- Minőség biztosítása, hogy megfeleljen az előre meghatározott funkcióknak. Ezen felül a funkciók teljesítményében is mérhető a minőség.

Az előre definiált elvárásoktól függenek a teljesítés feltételei, ezek befolyásolják a projekt célját. A sikert az előre definiált célok és követelmények teljesítésével érhetjük el.

2.3. Projektkockázat-menedzsment [3, 14]



5. ábra A kockázatmenedzsment elhelyezkedése a projekttervezés folyamatában
Forrás: [14]

A projektet befolyásoló négy fő tényező (igények/célok, határidő, csapat, tárgyi erőforrások) határozza meg. Ezek közül bármelyik változása hatással van a másik három tényezőre és azok változását eredményezi. A projektmenedzsmentnek vállalni kell e tényezők változásának kockázatát, és azok hatását a projekten.

A kockázat olyan esetlegesen bekövetkező esemény, amely hatással van a projekt legalább egy releváns összetevőjére. A kockázat az élet velejárója. Minden projekt mehet jól és rosszul, és a sikert vagy bukást az dönti el, hogy hogyan kezelik a kockázatokat.

A kockázatmenedzsmentnek a feladata, hogy felderítse a bizonytalanságot kiváltó okokat és problémákat, valamint minimalizálja ezek negatív hatását. A kockázatkezelés és elemzés döntések folyamata. (5. ábra)

A különféle projekteknek más és más kockázata van (kutatási, karbantartási, beruházási stb.). A kockázatok menedzselése döntő szerepet játszik a projektek sikerében, és ehhez olyan szervezeti keretekre van szükség, amelyben a külső körülményekből és a belső működésből adódó bizonytalanságokat azonosítani, értékelni és minimalizálni lehet mindezt a lehető legalacsonyabb ráfordítások mellett.

A kockázat menedzsment folyamata ciklikus, alapvetően az alábbi szakaszokra bontható:

1. A veszélyeztetett értékek, kockázatnak kitett eszközök, tevékenységek definiálása.
2. A kockázati tényezők, veszélyforrások feltárása, elemzése, csoportosítása.
3. A kockázati tényezők hatásainak elemzése.
4. Kockázatkezelő feladatok és csomagok tervezése kockázati típusokra illesztve.
5. A legjobb kockázatkezelési módszerek kiválasztása:
6. A kiválasztott kockázatkezelési módszerek végrehajtása.
7. Felülvizsgálat, majd a program továbbfejlesztése.

A kockázati lajstrom megalkotásában segítséget nyújt:

- **Funkcióelemzés:** ezzel a folyamatelemző technikával teljes mértékben rendszerbe foglaljuk a végrehajtandó feladatokat. Ezáltal elemezhetővé válnak az egyes részfeladatok mögött rejlő bizonytalansági faktorok. Természetesen ez a folyamatelemző technika alkalmazható bármely erőforrás megőrzésére, illetve rendeltetésszerű felhasználására.
- **Döntési fa rajzolása:** a több szakaszban megvalósuló folyamatok esetében a szakaszok végén sokszor többféleképpen lehetséges folytatni a projektet. E döntési variánsokhoz a tervezés időpontjában valószínűségi szinteket lehet rendelni, amelyek megmutatják az egyes kimenetek várható valószínűségi szintjét. Természetesen a valóságban csak egyetlen folytatása lesz a döntési pontot követően az eseményeknek.

A kockázatmenedzsment kritikus feladata annak vizsgálata, hogy milyen veszteség fenyeget, illetve miből származhat nyereség. Veszteség pl. egy üzemi baleset vagy egy beruházás kudarca, ami kárt okoz vagyontárgyban, sérülést okoz személyekben vagy felborítja az ütemtervet. A veszteségek lehetőségét exponáltságnak nevezik, a lehetséges nyereségeket pedig emelőhatásnak. Az exponáltságnak és az emelő hatásnak is három alkotóeleme van:

- a veszteség vagy nyereség tárgya (emberi erőforrások, anyagi javak, garanciális költségek, ütemterv felborulása,
- a veszélyek vagy lehetőségek, amelyek veszteséghez vagy nyereséghez vezetnek (pl.: természeti jelenségek, munkaerő mulasztása)
- a veszteség vagy nyereség pénzügyi hatása.

A kockázat mérése [14]

A kockázat általános mértéke a működési stratégiák hozamainak varianciája vagy szórása. A szórással a lehetséges kimenetek változékonyságát ábrázolják. A 0%-os szórás a tökéletesen biztos stratégiát jellemzi. Minél jobban eltér ez a szám a nullától, annál nagyobb a stratégia kimenetelének kockázata.

Vannak olyan kockázati tényezők, mint pl. az infláció, amelyek önmagukban is alkalmasak arra, hogy különböző méretű növekedéshez (vagy csökkenéshez) különböző valószínűségek kerüljenek meghatározásra, így e tényezők önmagukban is vizsgálhatók kockázat szempontjából. Míg más esetekben a kockázati tényezők összefüggnek egymással (pl. az időjárási viszonyok és a katasztrófa korrelálnak), így ezeket a tényezőket úgynevezett portfólió kockázat elemzéssel, vagy faktoranalízissel kell vizsgálni.

A kockázat elemzése [10]

A kockázatelemzés során az előbbieken részletezett veszélyeket és kockázatokat meg kell vizsgálni külön-külön, és meg kell határozni lehetséges kombinációikat is. Elemezni kell a károk és a különféle kárkombinációk bekövetkezésének valószínűségét, illetve az érintett eszközök vagy területek fontosságát. Ugyanakkor fontos eleme a vizsgálatnak a lehetséges pénzügyi-finanszírozási követelmények meghatározása is.

2.4. Projektütemezés-menedzsment: Munkalebontás, időtervezés, hálótér

Munkalebontás (WBS-Work Breakdown Structure) [3,10]

Reális ütemezés eredményezi egy projekt sikerességét. Az ütemezésnek részletesen ismertetnie kell az elvégzendő munkát és helyes sorrendbe kell rendeznie a feladatokat. A hatáskörön kívül eső külső kööttségeket is figyelembe veszi és számol velük, valamint biztosítja az erőforrásokat. Nem csak a célt, hanem a projekt egészét szükséges értékelni egy projekt elvégzése során.

A tervezés áttekintése során beszélhetünk előtervezésről és tervezésről. Az előtervezés során történik a projekt definíciója, kockázatmenedzsment stratégiák kialakítása, munkalebontási szerkezet elkészítése, feladatok közötti kapcsolatok azonosítása, munkacsomagok becslése, ütemterv kiszámítása, erőforrások feladatokhoz rendelése és beosztása.

Ezek a lépések elegendőek a projekt megtervezéséhez, hogy pontos képet kapjunk az elvégzendő feladatokról.

A feladatok közötti kapcsolatok azonosítása és ezek sorrendjének meghatározása a következő fontos lépés a projekt ütemezése során. Sok esetben a részfeladatok egymásra épülése és kapcsolata egyértelmű sorrendet jelent az elvégezhető feladatok során. Más feladattípusok nem függenek egymástól. Ezek párhuzamosan is elvégezhetőek. Ezeket előzménylistán vagy hálóterven szemléltethetjük. Hálóterven történő ábrázoláskor két alapszabályt kell betartani:

- A munkacsomagok között kell sorrendiséget megállapítani
- A feladatok rangsorolása csak a sorrendiségen alapszik és erőforrás korlátokra nem vonatkozik.

Időtervezés [2,3]

Komplex és bonyolult projektek tevékenység-hálójának elkészítése után szükség van ezek időrendi végrehajtásának megtervezésére is. Időtervezésre szükség van a határidők megállapításához, az egyes feladatok elvégzéséhez és ezek ellenőrzéséhez.

Időtervezés alapját a tevékenységek jelentik. A tevékenység, mint elemi munkaegység meghatározott időtartamhoz, költséghez köthető, valamint kezdeti és befejezési időponttal rendelkezik. Az időtervezést a tevékenységeknél kell kezdeni és így felépíteni a teljes időtervet. A projekttervezésnél kétfajta időintervallumot különböztetünk meg az átfutási időt és a munkaráfordítást.

Az időértékeket legtöbb esetben becsléssel lehet meghatározni. A legpontosabbnak mondható értéket az átlagosan elvárt idő nyújtja (T_d). Ezt az értéket a PERT hálótervezési technika fejlesztette ki. A PERT módszert a dolgozat során később tárgyaljuk.

A PERT módszernél a hármas időbecslést célszerű használni.

Hálóterv [14]

Egy munkaterv a projekt időbeli lefolyásának optimális ütemezése, elemzése, az egyes tevékenységek időbeli összehangolása, az egymás után vagy egymással párhuzamosan végezhető tevékenységek ütemezése.

A tevékenységek folyamatának ábrázolása a háló, hálóterv.

A hálóterven a munkafolyamat tényleges végrehajtása követhető, a tervhez képest jelentkező lemaradás időben felismerhető és módosító intézkedések megtehetőek.

Alkalmazási lehetőségek:

- Időtervezés
- Költségtervezés

- Erőforrás allokálás

PERT módszer [3]

A PERT módszer a leggyakrabban használt hálótervezési eljárás, amely megfelelően szemlélteti a folyamatok sorrendiségét és kiszámolható segítségével a projekt elvégzéséhez szükséges tartalékidő, valamint a kritikus út. (6. ábra)

Jellemzői:

- Esemény beállítottságú eljárás: az esemény bekövetkezésének vizsgálatát végzi.
- Határozatlan időtartamú: megvalósítási időt egy adott valószínűségi eloszlás függvényével ír le.
- Háromféle időt használ:
 - Optimista, legkedvezőbb időérték (jele: T_o)
 - Pesszimista, maximális időtartam, legkedvezőtlenebb (jele: T_p)
 - Várható idő (jele: T_v)

A PERT- módszerben β -eloszlást választva, a következő képletek alapján számolunk:

Becslés várható ideje:

$$T_{ij} = \frac{(T_o + 4T_v + T_p)}{6} \quad (1)$$

Tevékenység idejének varianciája:

$$v = \sigma_t^2 = [(T_p - T_o)/6]^2 \quad (2)$$

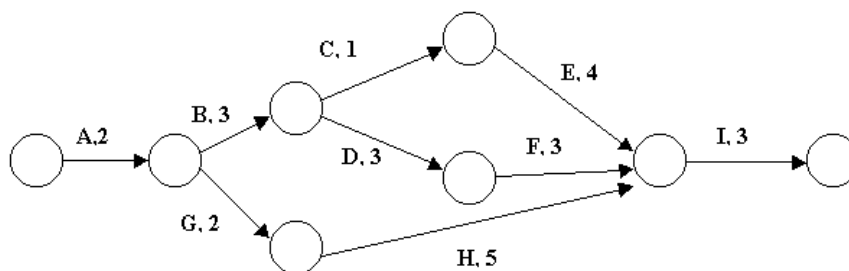
Majd a betartási valószínűség meghatározása:

$$z = (\text{előre meghatározott idő} - \text{számolt idő}) / \text{szórás} \quad (3)$$

Standardizálás után a kapott eredmény a következő kockázati csoportokba sorolhatjuk:

- $0 < P < 0,25$ - nagy a kockázat
- $0,25 < P < 0,6$ - normális kockázat, kitőzött határidő tartható
- $0,6 < P < 1$ - minimális kockázat

A módszer megfelelően feladatorientált, ami nagyban megkönnyítheti a tervezési folyamatot. Költségtervezésre alkalmas, de optimalizálásra nem. Ezen kívül hátránya, hogy manuálisan nehezen kezelhető, ezért szoftver használata szükséges az elkészítéséhez.

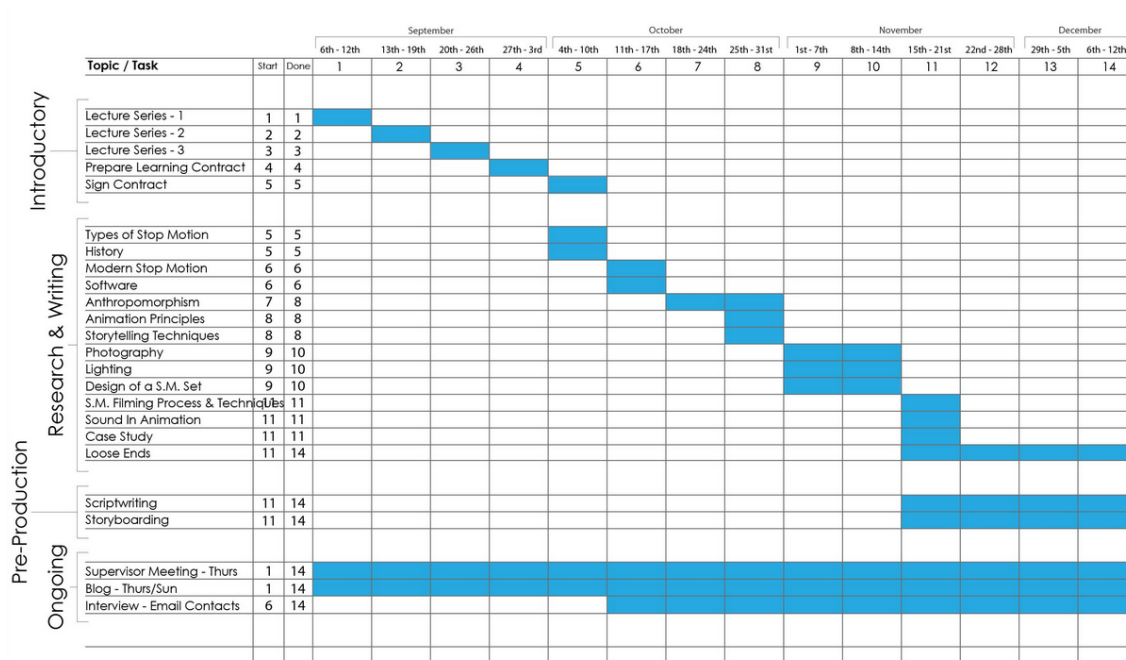


6. ábra Általános PERT háló bemutatása

Forrás: [3]

Gantt-diagram [3]

A Gantt-diagram egy vonaldiagram, ahol a vonalak hossza egyenesen arányos a tevékenységek időtartamával. (7. ábra) Kiolvasható belőle, hogy egy feladatot mikor kell megoldani és mennyi idő van az elvégzésére. Monitoringra is jól alkalmazható, azonban a tartalékidőt és a kritikus utat nem jeleníti meg. A PERT módszer ezek kiszámítására alkalmas.



7. ábra Általános Gantt-diagram bemutatása

Forrás: [3]

A kritikus út módszer [13]

A kritikus út a Critical Path Method (CPM) hálótervezési technikával határozható meg. A teljes projekt átfutási idő (*TPT* Total Project Time) az a legrövidebb időtartam, amely alatt a projekt befejezhető, és ezt a projekt kritikus útja határozza meg. A TPT

kiszámításhoz végezzük el az odafelé történő elemzést, amivel az egyes tevékenységek legkorábbi kezdési időpontját (*EST* Earliest Start Time) számítjuk ki. A számításban néha szükséges lehet egy tevékenység legkorábbi befejezési időpontja (*EFT* Earliest Finish Time) melyet úgy kapunk: $EFT = EST + D$ (legkorábbi befejezési időpontja = legkorábbi kezdési időpontja + tevékenység idő).

A kritikus út meghatározására a visszafelé történő elemzés elvégzése után kerül sor, így a tevékenység legkésőbbi kezdési időpontját (*LST* Latest Start Time) és a hozzá tartozó legkésőbbi befejezési időpontját (*LFT* Latest Finish Time) határozzák meg. Az *LST* meghatározása: $LST = LFT - D$ (legkésőbbi kezdési időpont = legkésőbbi befejezési időpont - tevékenység idő).

A korai és késői tevékenység időket az oda-vissza történő elemzésből közvetve számítjuk, ilyenkor közvetlenül a csomópont esemény idejét kapjuk. Egy tevékenységhez két idő tartozik, az egyik az oda felé történő elemzésből a legkorábbi esemény időpont (*EET* Earliest Event Time), vagyis a legkorábbi időpont melyen az eseményt realizálni lehet, és a visszafelé történő elemzésből a legkésőbbi esemény időpont (*LET* Latest Event Time), vagyis a legkésőbbi időpont, melyre az eseményt realizálni kell ha be akarjuk tartani a teljes projekt időt. Az *EET* az összes tevékenység *EST*-jét, a *LET* az összes tevékenység *LST*-jét adja.

Egy tevékenység teljes tartalék idejét (*SL* Slack Time) a legkésőbbi kezdési időpontjának (*LST*) és a legkorábbi kezdési időpontjának (*EST*) különbsége, illetve a legkésőbbi befejezési időpontjának (*LFT*) és a legkorábbi befejezési időpontjának (*EFT*) különbsége adja.

A kritikus út úgy határozható meg, hogy ha adott tevékenység legkorábbi és legkésőbbi időpontjai azonosak, akkor a tevékenység kritikus. A leghosszabb útvonal, amelyet olyan tevékenységek alkotnak, amelyek semmilyen tartalék idővel nem rendelkeznek, adják a projekt kritikus útvonalát.

A CPM háló csomópontját számos különböző módon lehet ábrázolni.

2.5. Fuzzy logika alapú kockázatbecslés [11]

Napjaink korszerű technikai berendezései és döntéshozatali módszerei mind szélesebb körben alkalmaznak valamilyen fuzzy eszközt, fuzzy szabályzó vagy szakértői rendszert. A fuzzy logika egy olyan új matematikai eszköz, mellyel a valós világ bizonytalanságait tudjuk modellezni. Alapvetően a *fuzzyság* a pontatlanság egy típusa. Olyan elemek csoportosításából, halmazából származó pontatlanság, melyeknek nincsenek határozott körvonalai. A fuzzy teóriájának egyik fő célja olyan módszerek kidolgozása, melyekkel szabályokba foglalhatók és megoldhatók a

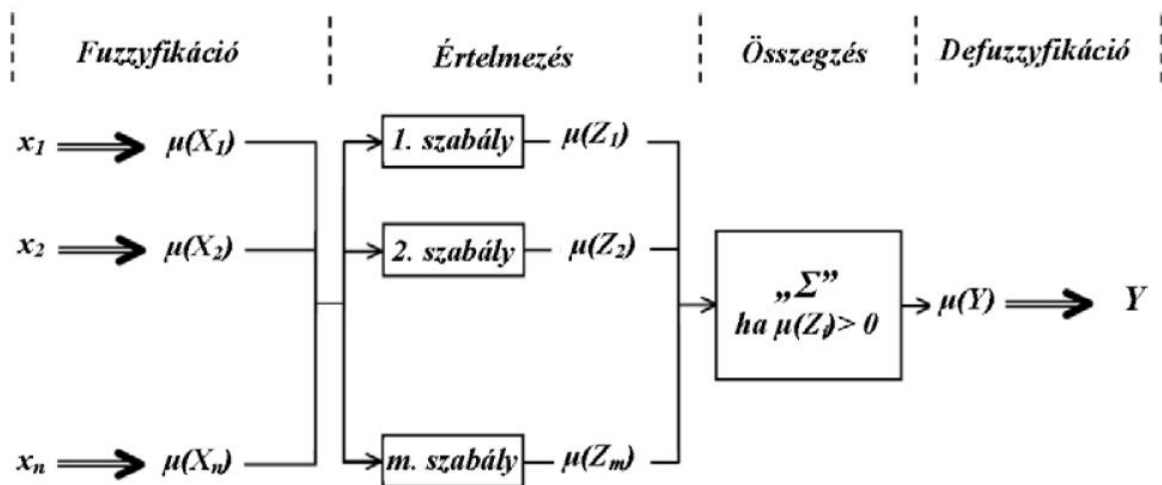
túlságosan bonyolult, hagyományos vizsgálati módszerek segítségével nehezen megfogalmazható problémák.

Jelölések:

Y — fuzzy következtetés értéke;

μ — igazság érték;

$\mu(z)$ — tagsági függvény.



8. ábra A Fuzzy rendszerben lejátszódó folyamat

Forrás: [11]

Egy fuzzy logikai módszert alkalmazó döntéshozatali eljárás vagy fuzzy szabályzó rendszer lényegében az alábbi folyamatot hajtja végre. Ezek a rendszerek, folyamatok egy időben több logikai szabályt - úgynevezett szabálybázist - alkalmaznak. A szabálybázis sajátossága, hogy a logikai szabályok arisztotelészi logika szerinti megoldásai - egy időben - eltérő eredményeket adhatnak. Lényegében ezen ellentmondást oldja fel a fuzzy logika alkalmazása. A folyamat főbb lépéseinek láncolatát szemlélteti a 8. ábra.

Lépések:

1. Fuzzyfikáció

Az első lépésben - melyet fuzzyfikációnak nevezünk - a rendszer konkrét értékekkel bíró bemenő jellemzőinek pillanatnyi éles értékeihez egy-egy fuzzy tagsági értéket rendelünk. A fuzzifikáció elvégzéséhez először is meg kell határoznunk - még a döntéshozatali modell felállításakor - a modellezés során alkalmazandó kategóriákat és a hozzájuk kapcsolódó tagsági függvényeket.

Kategóriák meghatározása:

A kategóriák meghatározásához először is meg kell állapítanunk, hogy az adott döntést mely tényezők befolyásolják. Például, általános kockázatbecslés esetén a kockázati szintet egyrészt az esemény bekövetkezésének gyakorisága (valószínűsége), másrészt a felléphető veszteség mértéke határozza meg. Minél több kategóriát határozunk meg, a vizsgálat annál bonyolultabbá válik.

A tagsági függvények meghatározása

A $\mu(x;A)$ tagsági függvény az x jellemző adott A halmazhoz való tartozásának mértékét adja meg. Ezek pontos meghatározása alapvetően nem fuzzy-halmazelméleti, hanem a konkrét kérdéskörhöz kapcsolódó szakmai feladat is. A skála felvétele tetszőleges. Az első, és talán a legegyszerűbb megoldás a különböző kategóriák tagsági függvényei sarokpontjainak felvétele szakértői vélemények alapján. A másik lehetséges módszer, hogy a különböző kategóriák intervallumait kérdezzük meg a szakértőktől.

2. Értelmezés

Ebben a lépésben az előzőleg meghatározott fuzzy értékek felhasználásával határozzuk meg az összes szabály alkalmazásának eredményeit. Ezeket a szabályokat a rendszer felállításakor kell meghatároznunk.

Szabálybázis felállítása

A korábban meghatározott kategóriák alapján a kockázatbecslés logikai szabályait, azaz a szabálybázisát kell meghatároznunk.

3. Összegzés

Az összegzésben az értelmezés során kapott, nem zérusértékű eredmények összefűzése történik. A következtetési algoritmus eredményül egy fuzzy halmazt ad.

4. Defuzzyfikáció

A folyamat utolsó lépése az úgynevezett defuzzyfikáció. Ekkor a fuzzy konklúzió alapján ki kell választanunk azt a konkrét értéket, mely az adott fuzzy halmazt az alkalmazástól, illetve modellezett rendszertől függően legjobban jellemzi. Az alkalmazás típusától függően a fuzzy halmaz értelme eltérő lehet, ezért a megfelelő eredmény eléréséhez különböző defuzzifikációs módszerek közül célszerű választani.

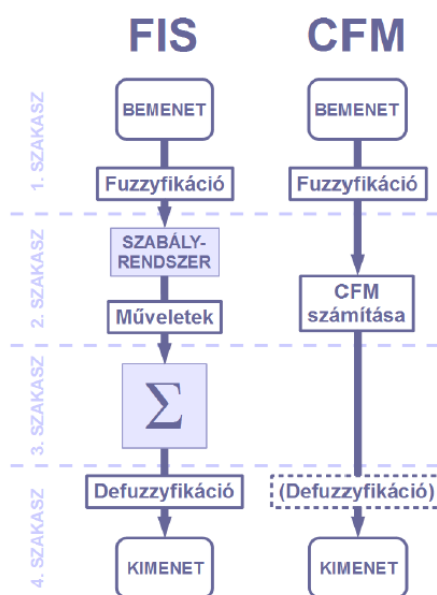
A hagyományos defuzzyfikációs módszerek:

- Súlypont módszer (COG)
- Geometriai középpont módszer (COA)
- Maximumok súlyozott átlaga módszer

Miután megvizsgáltuk az egyes módszereket úgy döntöttünk, hogy dolgozatunkban egy új módszert szeretnénk alkalmazni a fuzzy alapú kiértékelésre, mely módszert konzulensünk dolgozta ki. A módszer neve Korrigált fuzzy átlagon alapuló kiértékelés.

Korrigált fuzzy átlagon alapuló kiértékelés (CFM módszer) [7]

Amint az már előzőleg ismertetésre került, a fuzzy módszerek fuzzyfikációra, majd ezután a fuzzyfikált értékeken végzett műveletekre és az eredmények összegzésére, végül pedig az összegzés eredményének a defuzzyfikációjára épülnek. Maga a fuzzyfikáció viszonylag gyors és egyszerű művelet, de a másik három szakasza a fuzzy módszernek már jelentősen több matematikai műveletet, azaz számítási kapacitást igényel. A CFM módszer egyszerűbb számítási eljárást alkalmaz, mint a hagyományos fuzzy eljárások (FIS). A CFM módszer bevezetésével a hagyományos FIS kiértékelés egy szakasszal rövidül (9. ábra). Mindemellett meg kell még említeni, hogy a CFM módszer esetén a legtöbb esetben elhagyható a defuzzyfikáció. Ez azért bír nagy jelentőséggel, mert maga a defuzzyfikáció is bonyolult lehet, a választott módszertől függően.



9. ábra A CFM-módszer és a hagyományos FIS értékelés összehasonlítása

Forrás: [7]

A korrigált fuzzy átlag (CFM) számítása

A korrigált fuzzy átlag (CFM - Corrected Fuzzy Mean) egy olyan gyorsan számítható és egyszerűen algoritmizálható módszer, amivel a fuzzy értékek (azaz a fuzzyfikált kiértékelési kritériumok) összegzését egyszerűbben lehet elvégezni, mint az általánosan használt fuzzy logikai összegzéssel. A módszer hasonlít a mértani közép számításhoz viszont annál bizonyos esetekben pontosabb megoldást ad.

Összehasonlításképpen a mértani közép súlyozás nélkül a következő formulával számítható:

$$R_G = \sqrt[n]{u_{VAR1} \cdot u_{VAR2} \cdot \dots \cdot u_{VARn}} \quad (4)$$

A mértani közép súlyozás esetén a következő módon számítható:

$$R_G = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n W_{VARi} \cdot u_{VAR1}^{W_{VAR1}} \cdot u_{VAR2}^{W_{VAR2}} \cdot \dots \cdot u_{VARn}^{W_{VARn}}} \quad (5)$$

A mértani közép kiszámításából következik, hogy független az összegzett tényezők számától. Ehhez hasonlóan került megállapításra a korrigált fuzzy átlag (R_{FZ}) is, amit súlyozás nélkül a következő módon lehet számítani, hasonlóan a mértani közephez:

$$R_{FZ} = \frac{u_{VAR1} \cdot u_{VAR2} \cdot \dots \cdot u_{VARn}}{\frac{\sum_{i=1}^n u_{VARi}}{n}} \quad (6)$$

A korrigált fuzzy átlag (R_{FZ}) súlyozással számított képlete a következő módon írható fel:

$$R_{FZ} = \frac{u_{VAR1}^{W_{VAR1}} \cdot u_{VAR2}^{W_{VAR2}} \cdot \dots \cdot u_{VARn}^{W_{VARn}}}{\frac{\sum_{i=1}^n u_{VARi}}{n}} \quad (7)$$

Fontos kihangsúlyozni, hogy a korrigált fuzzy átlag (R_{FZ}) hasonlóan a mértani közephez (R_G), jelentősen egyszerűbben és gyorsabban számítható a hagyományos fuzzy kiértékelésben (FIS) alkalmazott módszerekénél.

Fuzzy modell alkalmazása a kockázatbecslésben [11]

Minden emberi tevékenység maga után von valamilyen formájú-, és mérvű kockázatot. A kockázatkezelés folyamatának kiemelten fontos momentuma a kockázati szint becslése, amelynek során objektív értékítélet alakítható ki az egyes kockázati tényezőkről. A veszélyeztetettség becslésekor felmérések, vizsgálatok, megfigyelések és más feltérképezési technikák segítenek meghatározni és rögzíteni a veszélynek való kitettség szintjét. A súlyosság (következmény) becslése során meg kell határoznunk a veszély súlyosságát, mint annak potenciális hatását személyekre, eszközökre vagy magára a folyamatra. A valószínűség meghatározható szubjektív becsléssel, kvantitatív módszerekkel, vagy ezek kombinációjával. Teljes kockázat becslése a bekövetkezési valószínűség és a súlyosság ismeretében oldható meg.

A teljes kockázat meghatározására, becslésére alkalmazott módszereket két csoportba sorolhatjuk. Az úgynevezett *kemény* (más néven kvantitatív) módszerek esetén a kockázat mértékét a várható veszteség számszerűsített nagyságának, és a veszteség bekövetkezés valószínűségének szorzatával határozzuk meg.

Az úgynevezett *lágy* kockázatbecslő eljárások valamilyen kvalitatív eljárást alkalmaznak. Az egyik ilyen módszer a fuzzy halmazelméleten alapuló kockázatbecslés.

A lágy számítások alap gondolata, hogy vissza kell térni a közelítő, de hatékony és rugalmas emberi gondolkodáshoz, mely a pontatlanságokkal és bizonytalanságokkal

szemben toleranciával rendelkezik. Általánosságban a lágy számítás pontatlan és bizonytalan környezetben racionális döntést hoz. Ezért alkalmas a használata a kockázatbecslés során.[12]

Kockázatbecslés kategóriái:

A fuzzy logikai kockázatbecslést a szabálybázis és a hozzá kapcsolódó fogalmak, és kategóriák definiálásával kell kezdeni. Először a súlyossági és valószínűségi kategóriákat kell meghatározni.

Súlyossági kategóriák:

Katasztrófikus	A folyamat teljes kudarca, halál vagy a működtetett technikai eszköz elvesztése.
Kritikus	Jelentős feladat-erózió, erős károsodás, foglalkozási megbetegedés vagy technikai eszköz nagymérvű károsodás.
Csekély	Kismértékű feladat-erózió, károsodás, kismértékű foglalkozási megbetegedés, vagy rendszerkárosodás.
Elhanyagolható	A fentieknél kisebb mérvű feladat-erózió, károsodás, foglalkozási megbetegedés, vagy rendszerkárosodás.

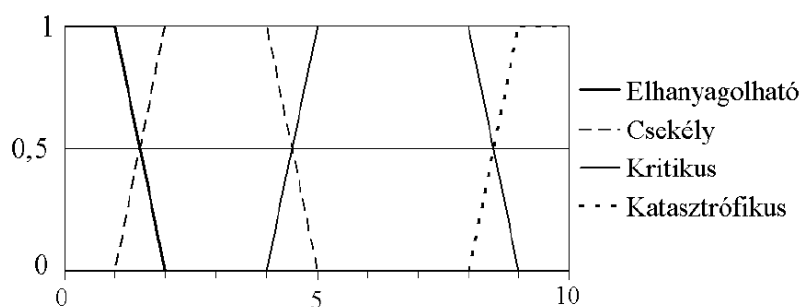
10. ábra Súlyossági kategóriák

Forrás: [11]

A súlyosság tagsági függvényei:

$$\mu(Elh) = \begin{cases} 0 & ha & x < 0 \\ 1 & ha & 0 \leq x < 1 \\ 2-x & ha & 1 \leq x < 2 \\ 0 & ha & 2 \leq x \end{cases}, \quad \mu(Cse) = \begin{cases} 0 & ha & x \leq 1 \\ x-2 & ha & 1 < x < 2 \\ 1 & ha & 2 \leq x < 4 \\ 5-x & ha & 4 < x < 5 \\ 0 & ha & 5 \leq x \end{cases},$$

$$\mu(Kri) = \begin{cases} 0 & ha & x \leq 4 \\ x-4 & ha & 4 < x < 5 \\ 1 & ha & 5 \leq x < 8 \\ 9-x & ha & 8 < x < 9 \\ 0 & ha & 9 \leq x \end{cases}, \quad \mu(Kat) = \begin{cases} 0 & ha & x < 8 \\ 9-x & ha & 8 \leq x < 9 \\ 1 & ha & 9 \leq x < 10 \\ 0 & ha & 10 \leq x \end{cases}.$$



11. ábra A súlyosság tagsági függvényei

Forrás: [11]

Valószínűségi kategóriák:

Valószínűségi kategória	Valószínűségi érték
Valószínűtlen	0 — 0,001
Ritka	0,0001 — 0,01
Eseti	0,001 — 0,1
Valószínű	0,01 — 0,2
Gyakori	0,1 — 1

12. ábra Valószínűség kategóriái

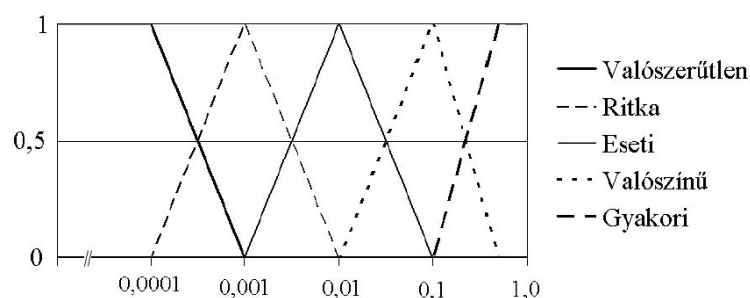
Forrás: [11]

A valószínűség tagsági függvényei:

$$\mu(Vn) = \begin{cases} 0 & \text{ha } x < 0 \\ 1 & \text{ha } 0 \leq x < 10^{-4} \\ |\lg x + 3| & \text{ha } 10^{-4} \leq x < 10^{-3} \\ 0 & \text{ha } 10^{-3} \leq x \end{cases}, \quad \mu(Ri) = \begin{cases} 0 & \text{ha } x < 10^{-4} \\ 4 + \log x & \text{ha } 10^{-4} \leq x < 10^{-3} \\ |\lg x + 2| & \text{ha } 10^{-3} \leq x < 10^{-2} \\ 0 & \text{ha } 10^{-2} \leq x \end{cases},$$

$$\mu(Vü) = \begin{cases} 0 & \text{ha } x < 10^{-2} \\ 2 + \log x & \text{ha } 10^{-2} \leq x < 10^{-1} \\ |\lg x + \log 0,2| & \text{ha } 10^{-2} \leq x < 0,2 \\ 0 & \text{ha } 0,2 \leq x \end{cases},$$

$$\mu(Es) = \begin{cases} 0 & \text{ha } x < 10^{-3} \\ 3 + \log x & \text{ha } 10^{-3} \leq x < 10^{-2} \\ |\lg x + 1| & \text{ha } 10^{-2} \leq x < 10^{-1} \\ 0 & \text{ha } 10^{-1} \leq x \end{cases}, \quad \mu(Gy) = \begin{cases} 0 & \text{ha } x < 0,1 \\ \log 0,2 + \log x & \text{ha } 0,1 \leq x < 0,2 \\ 1 & \text{ha } 0,2 \leq x < 1 \\ 0 & \text{ha } 1 \leq x \end{cases}.$$



13. ábra A valószínűség tagsági függvényei

Forrás: [11]

Kockázatbecslési mátrix:

Kockázat súlyosság és valószínűség függvényében meghatározó szabálybázist a Kockázatbecslési Mátrix (Risk Assessment Matrix) meghatározásával írjuk le. Ezek a kifejezések, melyek a táblázatban szerepelnek, alkotják esetünkben a kockázatbecslési eljárás szabálybázisát.

	Gyakori	Valószínű	Eseti	Ritka	Valószínűtlen
Katasztrofikus	NM	NM	M	M	K
Kritikus	NM	M	M	K	A
Csekély	M	K	K	A	A
Elhanyagolható	K	A	A	A	A

Nagyon Magas; Magas; Közepes; Alacsony.

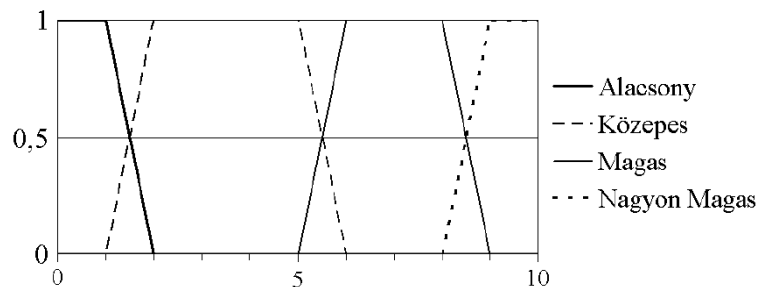
14. ábra Kockázatbecslési mátrix

Forrás: [11]

A kockázat tagsági függvénye:

$$\mu(A) = \begin{cases} 0 & ha & x < 0 \\ 1 & ha & 0 \leq x < 1 \\ 2-x & ha & 1 \leq x < 2 \\ 0 & ha & 2 \leq x \end{cases}, \quad \mu(M) = \begin{cases} 0 & ha & x \leq 1 \\ x-2 & ha & 1 < x < 2 \\ 1 & ha & 2 \leq x \leq 5 \\ 6-x & ha & 5 < x < 6 \\ 0 & ha & 6 \leq x \end{cases},$$

$$\mu(K) = \begin{cases} 0 & ha & x \leq 5 \\ x-5 & ha & 5 < x < 6 \\ 1 & ha & 6 \leq x \leq 8 \\ 9-x & ha & 8 < x < 9 \\ 0 & ha & 9 \leq x \end{cases}, \quad \mu(NM) = \begin{cases} 0 & ha & x < 8 \\ 9-x & ha & 8 \leq x < 9 \\ 1 & ha & 9 \leq x < 10 \\ 0 & ha & 10 \leq x \end{cases}.$$



15. ábra A kockázat tagsági függvénye

Forrás: [11]

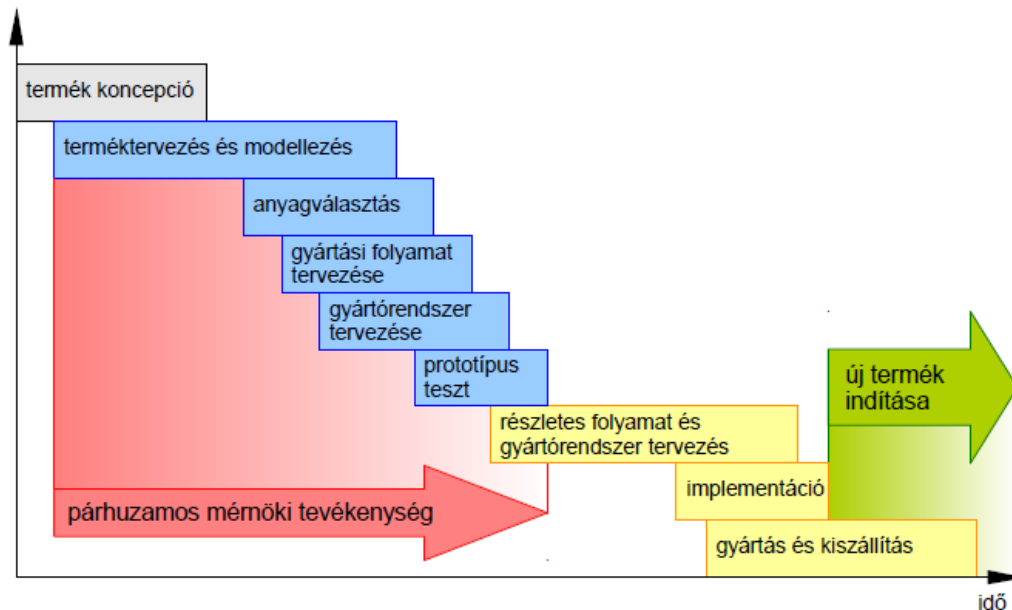
Miután meghatároztuk a tagsági függvényeket jön az alkalmazás fázisa, melyben az adott feladatra elvégezzük a fent leírt kategóriák és tagsági függvények segítségével a fuzzy alapú kockázatbecslést.

2.6 Konkurens tervezés, top-down design [9]

A konkurens tervezés olyan módszer, ami a feladatok párhuzamos elvégzésén alapszik. Termékfejlesztés során sokszor szükséges a különböző funkciókat egyszerre elvégezni azért, hogy egy termék időben piacra kerülhessen. Ilyenkor a tervezők egyszerre dolgoznak egy projekt különböző részein (16. ábra).

Szükséges funkciók:

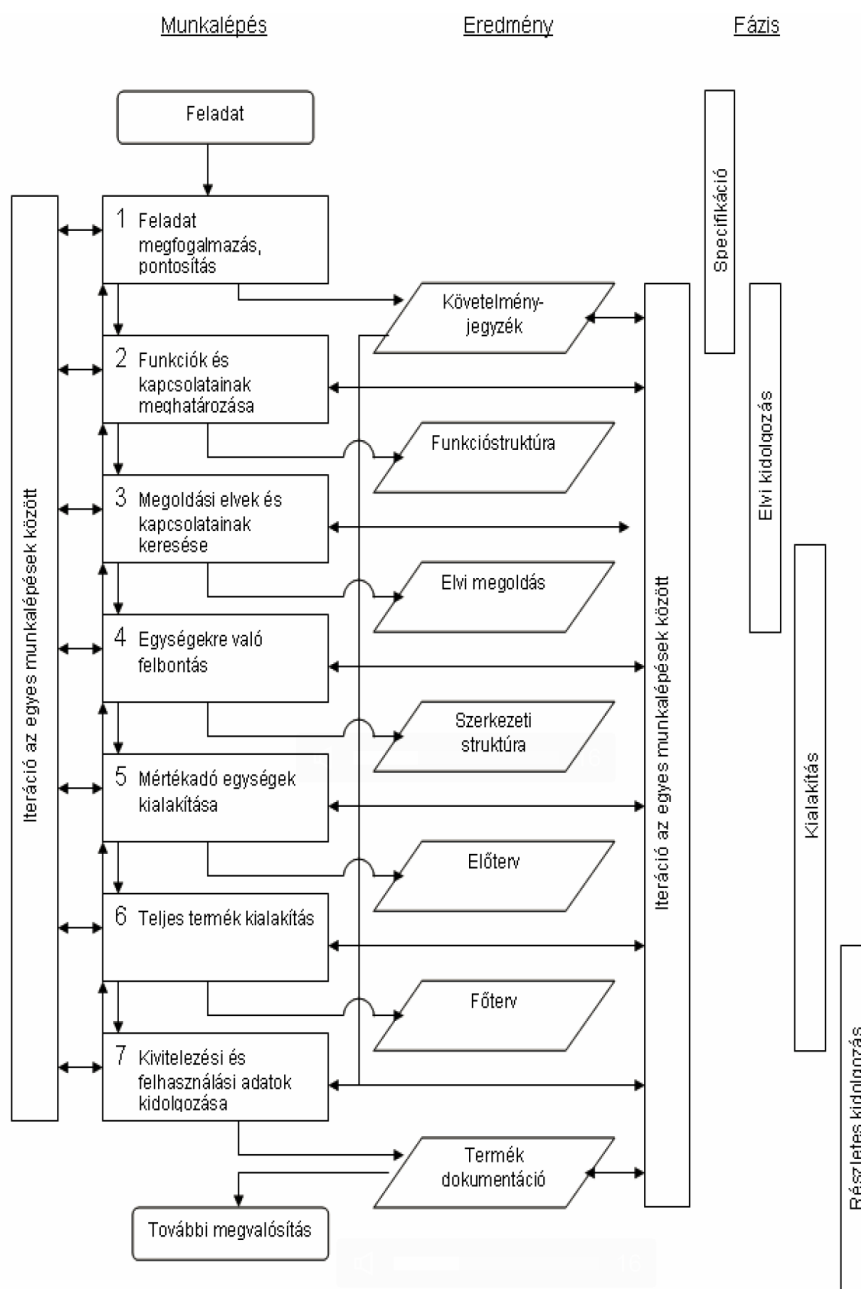
- adatok különböző földrajzi helyekről történő szimultán elérése
- az adatok szimultán elérése, az adatváltozások nyomon követése
- átfogó jogosultságrendszer használata az adatok elérésekor
- különböző kapcsolódó folyamatok kezelése kiemelve a változáskezelő folyamatokat



16. ábra Konkurens tervezés során párhuzamosítható folyamatok

Forrás: [7]

A tervezést leíró folyamatmodellekre alapozva került kialakításra a VDI 2221 szabvány [15] (17. ábra). A szabvány folyamatábrája jól mutatja mindazon lépéseket, melyen keresztül a feladat megfogalmazásától kiindulva a tervezési folyamat eljut a termék részletes dokumentációjáig. Az ábrán látható minden egyes munkalépés tovább bontható részfeladatok megoldására. A részfeladatok algoritmizálása konstrukciós tervezés esetén egyértelműen lebontható elemi feladatokra



17. ábra A konstrukciós tervezés folyamata a VDI 2221 szerint
Forrás: [15]

Top-Down design

A top-down design felülről lefelé építkező tervezési eljárás. Egy projektet részprojekteké bont le és ezeket kisebb alprojekteké, majd tevékenységekké. Ezek az egységek is szinteket képeznek. Miután nem tudjuk az egységeket tovább bontani, akkor kezdjük kirészletezni az egyes részeket, ezek maguk a tevékenységek. A top-down design visszavezeti a teljes rendszert egészen az alapelemekig. Akkor használunk ilyen lépcsőzetes tervezést, amikor egy egész, végső képünk van a tervezendő feladatról és ebbe kell belesűríteni meghatározott funkciókat. Cél adott környezetbe illeszkedő rendszert tervezni, ami megköveteli a belső részegységek alkalmazkodást. Ilyenkor alkalmazunk top-down tervezést.

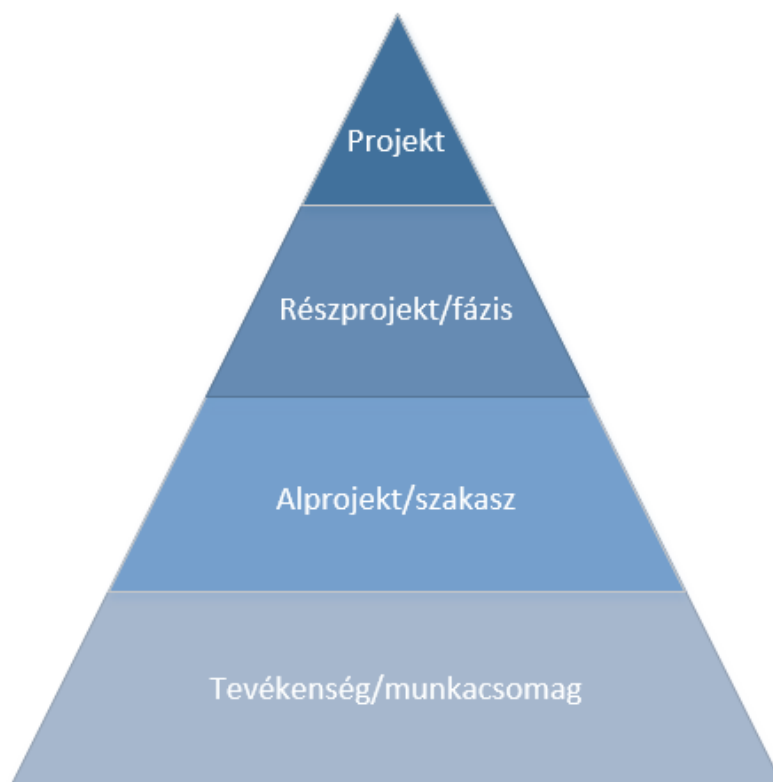
Lépései:

- koncepcionális terv (skeleton modell) elkészítése
- a koncepció bontásával összeállítások készítése
- alkatrészek tervezése a koncepció (skeleton modellek) alapján

A módszer jellemzői:

- a tervezési folyamat elején csak a leglényegesebb információ szükséges a koncepcióról
- a módosítások koncepcionális szintről indulnak ki
- a folyamat végén már kevés hiba várható
- párhuzamos végrehajtás automatizált kommunikációval

Projektek általános sémájához a következő top-down módszerrel lehet eljutni (*18. ábra*):



18. ábra Projekt lebontása Top-down design módszer alkalmazásával
Forrás: [7]

3. A matematikai modell bemutatása

3.1. Projekt meghatározása

Bár nem tartozik a matematikai modellhez a projekt definiálása, de e lépés nélkül nem lenne teljes egy projekttervezéssel és kockázatelemzéssel foglalkozó modell kidolgozása. Ezen folyamatok, melyeket a projekt indításának elején kell elvégezni a Definiálás fázis részét képezik. A projekt definiálásának első fázisában a projektek általános jellemzőit kell tisztázni. A projektekre jellemző: időben behatárolt folyamatokat ölel fel és egyedi terméket állít elő. Emellett jellemző a projektekre a folyamatosan mélyülő, egyre több részletre kiterjedő tervezés. Ezután a funkciókat, a követelményeket és a célokat kell azonosítani, a különböző érintettek elvárásainak megfelelően. Ezek a feladatok a projekt irányítás részét képezik. Ennél a fázisnál nagyon fontos a minőség, terjedelem, idő és költség elvárások egyensúlyban tartása. Miután a projekttel kapcsolatban a fent leírt tényezőket meghatároztuk megkezdhetjük a Tervezési fázishoz tartozó feladatok elvégzését.

Mivel dolgozatunkban kizárólag a kockázatok kezelésére szeretnénk egy matematikai modellt megalkotni, így számos projekttervezési folyamattal nem állt módunkban behatóan foglalkozni.

3.2. Projektkockázat-menedzsment

Ahogy a szakirodalomban láthattuk a projektek kockázatmenedzsmentje egy összetett folyamat, mely több lépésből épül fel, folyamatos iterációval. Mivel kutatásunk elején járunk még ezen a területen így a kezdeti modellünk kidolgozásánál egyszerűsítéseket tettünk. Mivel tervezési projektekkal foglalkozunk, melyre jellemző, hogy projekt lefutásához szükséges idő nehezen tervezhető, így a kockázatelemzés összetettsége miatt úgy döntöttünk, hogy modellünket az időbeli lefutás kockázatának értékelésére fogjuk kidolgozni. Azt fogjuk elemezni, hogy mennyi lesz a kockázata a késésnek, vagyis annak, hogy a projektet nem tudják a tervezett időn belül befejezni. Célunk az adott kockázat számszerű adatokkal történő meghatározása, a becslés során fellépő humán tényezők figyelembe vételével. Modellünkkel a kockázatelemzés szubjektivitásának csökkentése a cél. Jövőbeli célkitűzéseink közé tartozik, hogy a modellünket bővítsük több kockázati tényező hatásának figyelembe vételével.

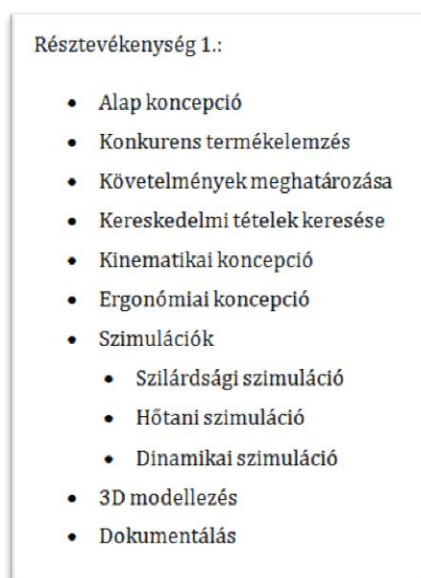
3.3. Projektütemezés-menedzsment: Munkalebontás, időtervezés, hálótér

A projektütemezés mindig a tevékenység meghatározással, vagyis a munkalebontási struktúra (WBS) kialakításával kezdődik, mely során a teljes tervezési projektet külön álló feladatokká, tevékenységekké bontjuk. Mindenképpen meg kell említeni, hogy a munkalebontás nagyon fontos része a tervezésnek, mivel ez szolgáltatja az alapot az ütemezés többi részéhez, de emellett bonyolult összetett feladat, melyhez gyakorlatra és szakmai ismeretekre van szükség.

Egy műszaki tervezési projekt esetén a munkalebontás lépései hasonlóak, mint más típusú projektek esetén, de vannak bizonyos projekttervezési szempontok, melyeket figyelembe kell venni a tervezés elejétől kezdve. Ide tartozik, hogy milyen tervezési módszert alkalmazunk a terméktervezése során.

A termékfejlesztési folyamat esetén jól használható a konkurens tervezés, melynek számos előnye van (*Lásd 2.6. fejezet*) Segítségével gyorsítani tudjuk a terméktervezési folyamatot időbeni párhuzamosítással. Dolgozatunkban a termék koncepció, és terméktervezés, modellezés folyamatokkal fogunk foglalkozni a konkurens tervezés alkalmazásával.

Mivel tervezési feladatról van szó a projekt végkimenetele egy termék lesz, vagyis először a termék fő paramétereit kell meghatározni és el kell készíteni a koncepcionális tervet. Azt a fajta tervezési módszert, mely során műszaki tervezést egy koncepcionális terv elkészítésével kezdik, majd erre építik a további szinteket, Top-Down design-nak nevezzük. A koncepcionális tervre épülnek a részegységek. A nagyobb részegységeket ezután ki kell bontani, meg kell határozni, hogy ezeken belül milyen egységeket kell megtervezni. Általában elmondható a tervezési feladatokról, hogy egy-egy egységet egy mérnök tervez meg. Az egyes egységek kibontását addig kell folytatni, míg megkapjuk azokat a tevékenységeket, melyeket már nem érdemes tovább bontani. A minél pontosabb munkalebontási struktúra kialakítása miatt hasznos, ha ebbe a fázisba bevonjuk a feladat szakértőit is, vagyis a mérnököket. Ennek a fázisnak az eredménye egy tevékenység lista, mely tartalmazza a tevékenység tulajdonságait is (*19. ábra*).



19. ábra Tevékenység kategóriák

Forrás: saját készítés

A folyamat jobb nyomon követése miatt a tevékenységek azonosítót kapnak, melyeket adott szabályok szerint kell kialakítani. Az azonosítóból látszani fog a munkacsomag projektben elfoglalt helye és a munka jellege is.

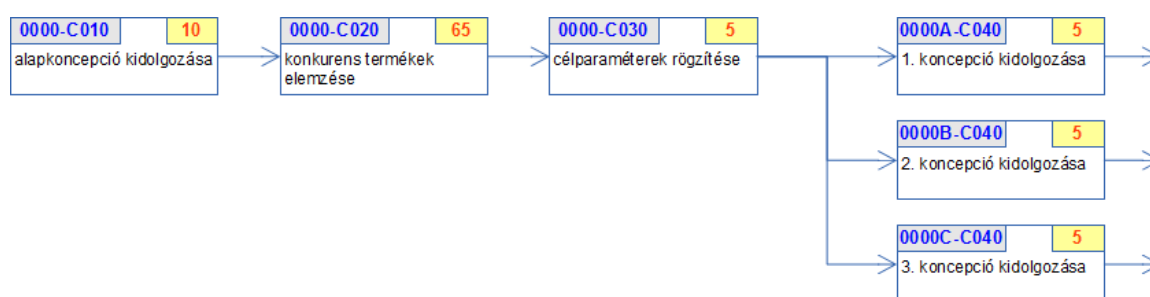
Az azonosító kialakításnak szabályai:

- első 4 karakter tervezési feladatot, részegységet azonosít
 - E fázistól kezdve a négyjegyű szám részegységeket azonosít
 - X001-es feladat több részegység tervezéséhez is kapcsolódik, ezért kapott speciális azonosítót
 - amennyiben a 4 számot egy betű követi, akkor ott különböző alternatívákról van szó
- utolsó 3 karakter a tervezési lépés azonosítója
 - az első betű a tervezési folyamat szintjét mutatja:
 - C-elvi kidolgozás (Conceptual design)
 - E-kialakítás (Embodiment design)
 - D-részletes kidolgozás (Detailed design)
 - a maradék 3 számjegy a lépés száma egy tervezési szinten belül

A tervezési folyamat szintjeinél meghatározott elemeket tervezés elméleti módszertan alapján, a konkurens tervezésnél bemutatott lépéseket figyelembe véve határozzuk meg (*Lásd 2.6. fejezet*).

A tevékenységek meghatározása után a köztük lévő kapcsolatot kell meghatározni, vagyis el kell készíteni a projekt teljes hálótervét. A hálóterv elkészítéshez Pert-módszert vettük alapul (*Lásd 2.4. fejezet*). A tevékenységeket, melyek nem függenek egymástól párhuzamosíthatjuk. A tevékenységek ágakba rendeződnek, melyek során nincs iteráció, mivel az iterációs szakaszok mindig kibonthatók soros ágakká, hiszen az időbeli korlát miatt nem engedhető meg végtelen ciklus, sőt a kitűzött határidők miatt az ismétlődések száma is jól becsülhető.

A hálótervben a tevékenységeket téglalapok jelölik, melyek bal felső sarkában található az azonosító, jobb felső sarkában pedig az egyes feladatokhoz tartozó idő. Nyilak jelölik a haladás irányát, a tevékenységek előzményének mindig be kell fejeződnie mielőtt az elkezdődne (*20. ábra*).



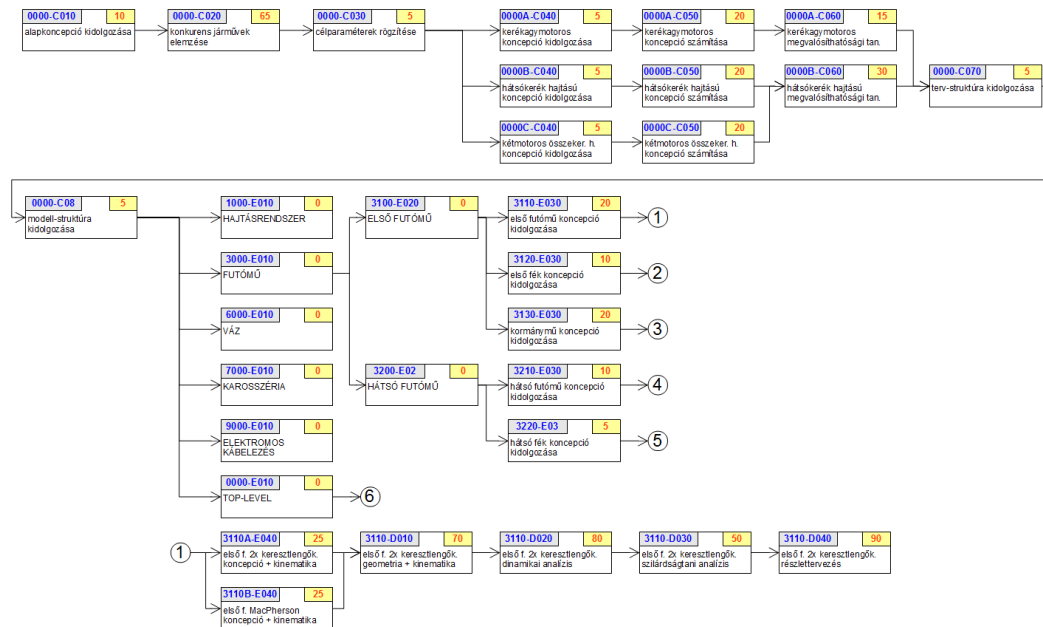
20. ábra Hálóterv

Forrás: saját készítés

A hálótervben látható idők a projektre rendelkezésre álló idők visszabontásából számolhatók. Az átfutási idők becsléséhez szükség van a tevékenység elvégzéséhez szükséges munkaráfordítás mennyiségének, és a szükséges erőforrás mennyiségének a becslésére is. Fontos megjegyeznünk, hogy ezek az idők becsült idők, melyek értéke pontosabb lesz ha szakértői vélemények alapján alakítjuk ki, emellett hasonló projektből származó információk is segíthetik a pontosabb eredményt (analóg becslés). A modellünk kidolgozásánál hárompontos becslést alkalmaztunk, melynél az átfutási idő becslésének pontosságát javítja a kockázatok figyelembe vétele. Ezt az átfutási időt, melyet minden munkacsomaghoz külön rendelünk, tekintjük realisztikus, vagy legvalószínűbb időtartamnak, programunk segítségével a kockázatok hatásának figyelembe vételével ebből fogjuk számolni az optimista és a pesszimista időtartamokat, de a hálóterv kialakításnál ezek az idők még nem állnak rendelkezésünkre.

A teljes hálóterv kialakításnál a kritikus út módszert fogjuk alkalmazni, ennek bemutatása *2.4. fejezetben* található, számolásához saját programot használunk, így automatizálva a hálótervezés folyamatát. Az *21. ábrán* egy valós projekt hálótervének

egy részlete látható, az ábrát csak szemléltetés céljából csatoljuk, hogy érthetőbb legyen a hálóterv felépítése.



21. ábra Projekt hálóterv

Forrás: saját készítés

Miután létre hoztuk a hálótervet és az egyes tevékenységekhez rendelt átfutási idők is adóttak, ezután az egyes ágakhoz hozzá lehet rendelni a mérnököket, akik az adott részegységet tervezni fogják. Ha minden erőforrás rendelkezésre áll a projekt elindítható.

3.4. Monitorozás tervezés

Mint ahogy azt a kockázatmenedzsmentnél már ismertettük fő kockázatnak az időbeli lefutás kockázatát jelöltük meg ennek a pontos becslésére szeretnénk kidolgozni a modellünket. Tehát a monitorozás során olyan adatokat kell gyűjtenünk, mely kiértékelésével hétről hétre nyomon követhetjük a projekt lehetséges csúszását, vagy az esetleges korábbi befejezését. A monitoroztatás során a mérnököknek csak késés és a korábbi befejezés valószínűségét kell becsülniük, anélkül hogy foglalkozniuk kellene az eltérés időtartamával és a súlyossággal.

A monitorozási táblázatot a projekten dolgozó mérnököknek heti két alkalommal mindig ugyan azon a munkanapon kell kitöltenie. A táblázatot tevékenységekként külön-külön kell kitölteni. Be kell írni az adott monitorozási alkalomhoz az addig elvégzett óraszámot, ezen kívül pedig további három mezőt kell kitölteniük. A

mérnököktől nem Pert-módszer szerinti becslést várunk arra, hogy szerintük mennyi munkaórát fog kési az adott munkacsomag, hanem nekik csak 5 lehetséges válasz (biztos, valószínű, lehetséges, valószínűtlen, lehetetlen) közül kell kiválasztani azt, hogy mennyi valószínűséget látnak a korábbi befejezésre, és a késésre. Ezenkívül a késés okára is rákérdezünk, itt is adott válaszok közül lehet kiválasztani az okot.

Késés/ korábbi befejezés valószínűsége (válasz lehetőségek):

- biztos
- valószínű
- lehetséges
- valószínűtlen
- lehetetlen

Késés oka (válasz lehetőségek):

- személyes
- információhiány
- szoftverismeret
- rossz időbecslés
- IT probléma
- egyéb

Az 22. ábrán a monitorozási táblázat látható.

	0000-C010	0000-C020	0000-C030	0000-C040	0000-C050
	10	65	5	5	5
1. hét KEDD					
elvégzett órák	6	11	2	2	1
korábbi befejezés	valószínűtlen	lehetséges	lehetséges	lehetséges	valószínűtlen
késés	valószínű	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés oka	rossz időbecslés	rossz időbecslés	rossz időbecslés	szoftverismeret	rossz időbecslés
1. hét PÉNTEK					
elvégzett órák	8	14	3	4	3
korábbi befejezés	valószínűtlen	lehetséges	valószínű	lehetséges	valószínű
késés	valószínű	lehetséges	valószínűtlen	lehetséges	valószínűtlen
késés oka	rossz időbecslés	rossz időbecslés	rossz időbecslés	szoftverismeret	rossz időbecslés

22. ábra Kitöltött monitorozási táblázat minta

Forrás: saját készítés

Ez a becslési eljárás sokkal pontosabb képet fog adni a késés valószínűségére, mivel jobban illeszkedik az emberi gondolkozáshoz, a kockázatok becslésénél hatalmas szerepe van a humán tényezőeknek, melyet a lágy számítási eljárással, a fuzzy logikával kezelni tudunk majd.

A becslési tendenciák pontos felmérése miatt felvettük a kapcsolatot az ELTE Pedagógiai és Pszichológiai karán egy pszichológus hallgatóval is. Kikértük a véleményét a monitorozási eljárásról is, tanácsait pedig figyelembe vesszük majd a gyűjtött adatok kiértékelésénél is.

3.5. Program bemutatása

3.5.1. Kritikus út keresése

A tervezési projekteknel, melyek hálótérve sokszor bonyolult és összetett szükséges az ütemterv kialakításához egy olyan módszert alkalmazni, ami felhívja a figyelmet azokra a tevékenységekre, melyek a legnagyobb veszélyt jelentik a projekt időbeli lefutására. Ezt a módszer Kritikus út módszernek nevezik, lényegét a 2.4. fejezetben láthattuk. A modellünk kidolgozása során a tevékenységekhez realisztikus időt rendeltünk, ez az időtartam lesz majd a tevékenység idő. A Kritikus út felvételéhez ki kell számítani a legkorábbi kezdési és befejezési időpontot, és a legkésőbbi kezdési és befejezési időpontot (Latest Start/ Finish Time, Earliest Start/Finish Time) a tevékenység idő, és a tevékenységek közötti függőségek segítségével. Ezen időpontok kiszámoláshoz az alábbi képletek használhatók:

$$EFT = EST + D \quad (8)$$

$$LST = LFT - D \quad (9)$$

Ezek alapján pedig meg kell határozni a kritikus utat, mely ágon a legkevesebb a tartalék idő. A tartalék idő meghatározása:

$$SLT = LST - EST \quad (10)$$

$$SLT = LFT - EFT \quad (11)$$

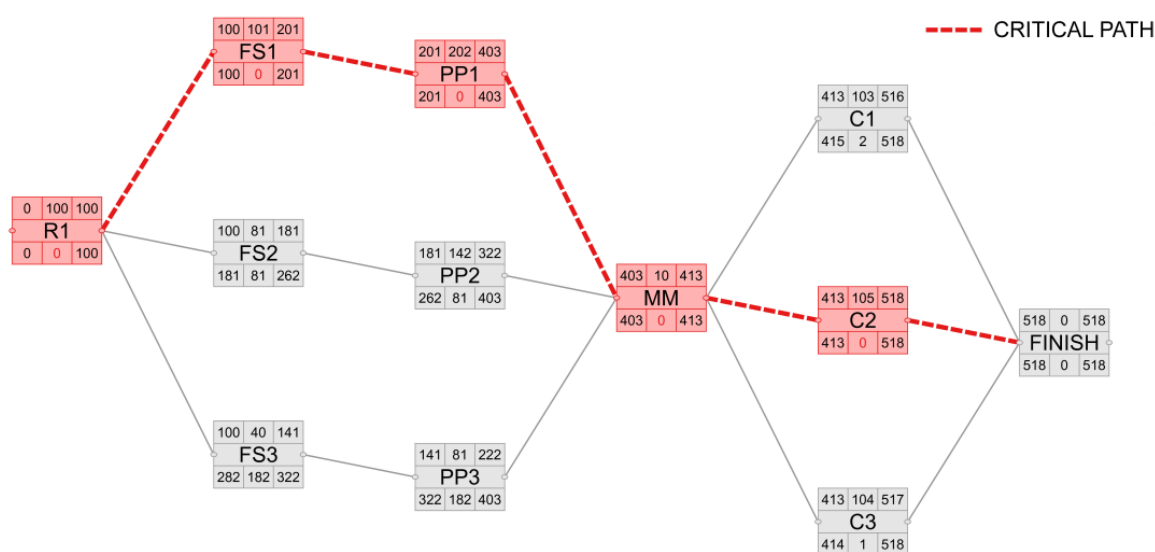
Mint látható ezen adatok kiszámolása nagy sok időt venne igénybe egy hosszú hálótérve esetén ezért ezt a folyamatot automatizáltuk. Saját programot használtunk, mely MATLAB programnyelvben lett megírva[8]. A programnak először meg kell adni a tevékenységeket, azok időtartamát és a függőségi kapcsolatokat egy táblázatban. Ezután a program először előre haladó elemzéssel kiszámolja a legkorábbi kezdési időpontokat (Earliest Start), majd visszafelé haladó elemzéssel kiszámolja a legkésőbbi befejezési időpontot (Latest Finish), majd a fent leírt képletekkel kiszámolja a többi szükséges időpontot is. Nem csak kiszámolja az értékeket, hanem ki is rajzolja a hálótérvet a kiszámított adatok alapján, és különböző színekkel jelöli meg az egyes tevékenységeket, aszerint, hogy mekkora tartalék idő található rajtuk. Piros színt kap a kritikus út, így feltűnően kiemelkedik a hálótérvből. A hálótérvben a tevékenységeket téglalapok jelölik, melyek többi kisebb cellára vannak osztva. Az 23. ábrán látható, hogy az egyes cellákba írt értékek mit jelölnek.

EARLY START	DURA- TION	EARLY FINISH
TASK ID		
LATE START	SLACK	LATE FINISH

23. ábra Jelölések

Forrás: [8]

A 24. ábrán pedig egy kirajzolt hálóterve látható.



24. ábra Kritikus út jelölése

Forrás: [8]

A program utolsó lépésében a kiszámolt értékeket a táblázatban, melyben a bevitt adatok találhatók, visszaírja így a további elemzéshez rendelkezésünkre áll egy olyan táblázat, melyben minden szükséges adat rendelkezésünkre áll a projektről.

3.5.2. Fuzzy logika alapú kockázatmenedzsment humán tényező figyelembe vételével

A matematikai modellnek, melyet kidolgoztunk, a lénye az, hogy helyettesítse a szubjektív becslésen alapuló kockázatértékelést fuzzy logika alapú kockázatbecsléssel, mivel ahogy azt a szakirodalmi áttekintésben láthattuk fuzzy logikát a bizonytalanságban való döntéshozatal során is alkalmazzák. A kockázatot, mely a súlyosságból és a valószínűségből tevődik össze, fuzzy logikával fogjuk kiszámítani, emellett pedig a humán tényezőket is figyelembe vesszük. A humán tényezőket a monitoroztatás során szerzett adatok alapján fogjuk kezelni. Minden tevékenységhez külön kockázat fog tartozni.

A kockázat kiszámítását is egy program végzi majd, melyet mi magunk írtunk meg. A fuzzy függvényeket a program megrajzolja, majd a kívánt értékeket le tudjuk hívni a segítségével. Minden számítást a programban végzünk.

A kockázat kiszámítása során az első lépés a súlyosság és a valószínűség meghatározása.

Súlyosság kiszámítása:

Modellünkben súlyosságon a projekt időbeli lefutására való befolyást értjük. Ha a tevékenység súlyossága alacsony, akkor az esetleges csúszás nincs nagy hatással a projekt időbeni befejezésére, magas súlyosság esetén a tevékenység csúszása nagy hatással van a projekt befejezésére, lehet hogy az egész projekt csúszni fog miatta.

A tevékenységek súlyosságnak kiszámításhoz megadunk egy fuzzy tagsági függvényt, mely az adott projektre jellemző, ennek meghatározása minden projekt esetén a menedzsment feladata. A függvény *y tengelye* a súlyosságot jelöli, *x tengelyén* pedig a relatív tartalék idő található. A relatív tartalék idő a tevékenység hosszától és a rajta lévő tartalék időtől függ.

$$\text{Relatív tartalék idő} = \frac{\text{a tevékenység tartalék ideje}}{\text{tevékenység idő}} \quad (12)$$

$$T_{RS} = \frac{T_S}{T}$$

T_{RS} : relatív tartalék idő

T_S : a tevékenység tartalék ideje

T : tevékenység idő

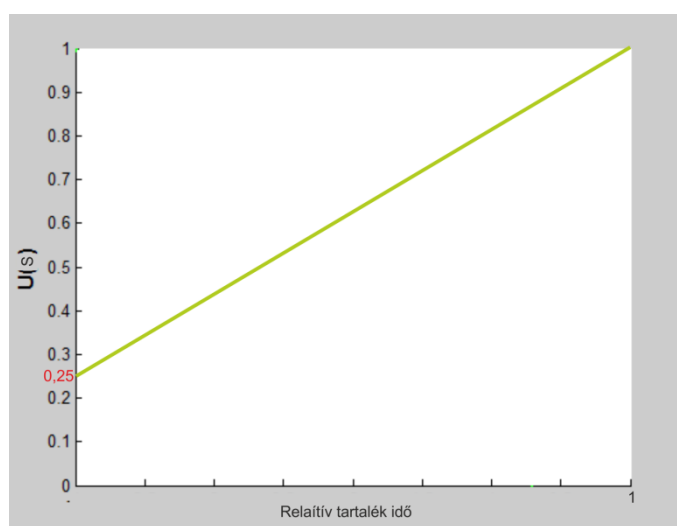
Modellünk kidolgozásánál a súlyosság függvényt lineárisnak választottuk, a tagsági függvény *y tengelye* 0 és 1 értékek között van skálázva, ahol az 1 a legalacsonyabb súlyosságot jelöli, mivel a defuzzifikáció során a CFM-módszert fogunk használni, és ennél a módszernél a kis értékek jelentik a veszélyes súlyos eseteket. Ha a súlyosság 0 körüli az jelenti a modellünkben a súlyos esetet.

Az *x tengely* relatív tartalék idő is 0 és 1 értékek szerint van skálázva, ahol a nagy relatív tartalék idő azt jelenti, hogy az adott tevékenységen majdnem annyi tartalék idő van mint a tevékenység hossza. A tagsági függvényről leolvasható, hogy azokhoz a tevékenységekhez, melyeknek sok tartalék ideje van nagy számérték tartozik. Azok a tevékenységek pedig melyek tartalék ideje kevés, ott a súlyosság számértéke kicsi, de modellünkben ez jelenti a súlyosabb következménnyel járó esetet.

Ehhez hasonlóan lesz majd a valószínűségek tagsági függvénye is skálázva, vagyis a nagy valószínűséget a kisebb számérték fogja jelölni.

A kiértékelés során, melyet a következőkben ismertetünk majd, kiderült hogy a kiválasztott ágon szinte minden tevékenység kritikus vagyis nincs rajta tartalék idő. Ez a számítás során annyira befolyásolta a kockázat értékét, hogy a valószínűségnek semmi szerepe nem lett, mivel a súlyosság 0 értéket vett fel és a CFM-módszernél a két érték szorzatát vesszük, mely ha az egyik tag 0 akkor a kockázat is eléri a maximális értéket, függetlenül a valószínűségtől. A sok kritikus tevékenység abból következik, hogy a vizsgált projekt esetén rövid ágak voltak, melyek tevékenységei nagyban függtek egymástól. Ezért, hogy a modellünk valós eredményt adjon csökkentettük azon tevékenységek súlyosságát, melyeknek nincs tartalék ideje. Ezt úgy tettük, hogy a tagsági függvényt úgy definiáltuk, hogy a 0 relatív tartalék időhöz nem 0 súlyossági számérték tartozik majd.

Az 25. ábrán látható a súlyosság függvény.



25. ábra Súlyosság tagsági függvénye

Forrás: saját készítés

A súlyosság tagsági függvény egyenlete:

$$U(S) = x(1 - k) + k \quad (13)$$

Esetünkben x =relatív tartalék idő. A k paramétert mint ahogy az ábrán láthattuk ennél a projektnél 0,25-re állítottuk. Ennek meghatározása projektenként eltérő lehet.

Valószínűség kiszámítása

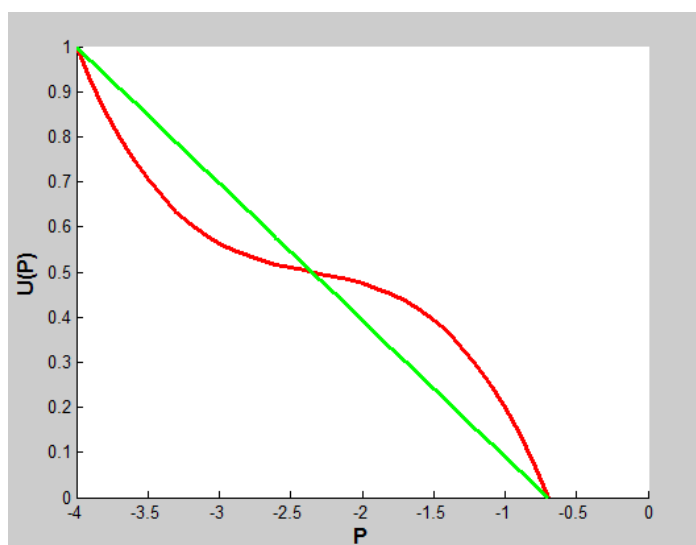
A valószínűség két részből tevődik össze, az objektív és a szubjektív valószínűségből. A két valószínűség értékből fuzzy logikával, CFM-módszerrel fogunk teljes valószínűséget számítani.

Objektív valószínűség

Modellünkben az objektív valószínűséghez is hozzá rendeltünk egy fuzzy tagsági függvényt (26. ábra), melynek egyik tengelye (y) az objektív valószínűség, mely 0-tól 1-ig van skálázva, a másik tengelyen (x) levő értékeket pedig az általános kockázatmenedzsment során alkalmazott módszer alapján a menedzsmentnek kell meghatároznia a projekt elején becsléssel. Modellünkben ezt úgy határoztuk meg, hogy a tevékenységeket, melyek a projektet alkotják kategóriákba rendezzük a tevékenység jellege alapján, majd az adott kategóriához hozzárendeltünk egy értéket a függvény x tengelyéről. Az értéket az alapján határoztuk meg, hogy mekkora az esetleges késés valószínűsége a tevékenység jellegéből adódóan. Minél nagyobb értéket rendelünk a kategóriához annál nagyobb a késés valószínűsége. Ha egy tevékenységhez nagy késési valószínűséget rendeltünk, akkor az objektív valószínűség kicsi érték lesz (hasonlóan, mint a súlyosságnál). Ha az objektív valószínűség nagyobb érték, akkor a tevékenység jellegéből adódó késés valószínűsége alacsonyabb. Az x tengely skálázása itt -4-től -0,7-ig történik, ahol az értékek a valószínűség 10-es alapú hatványkitevői (10^x).

Az alábbi kategóriákat és késési valószínűségeket határoztunk meg:

- koncepció analízis: **-1,1**
- szimulációk, analízisek: **-2,3**
- szabvány elemzés, irodalom kutatás: **-2,9**
- kiskereskedelmi tételek keresése és kiválasztása: **-3,2**
- 3D modellezés: **-2,3**
- dokumentálás: **-3,8**



26. ábra Objektív valószínűség tagsági függvénye (zöld)

Forrás: saját készítés

Ebből következik, hogy ha egy tevékenység olyan kategóriába tartozik, melynek a késési valószínűsége alacsony akkor az objektív valószínűség értéke magas lesz. Ha a tevékenység késési valószínűsége magas, akkor az objektív valószínűsége alacsony érték lesz.

Szubjektív valószínűség:

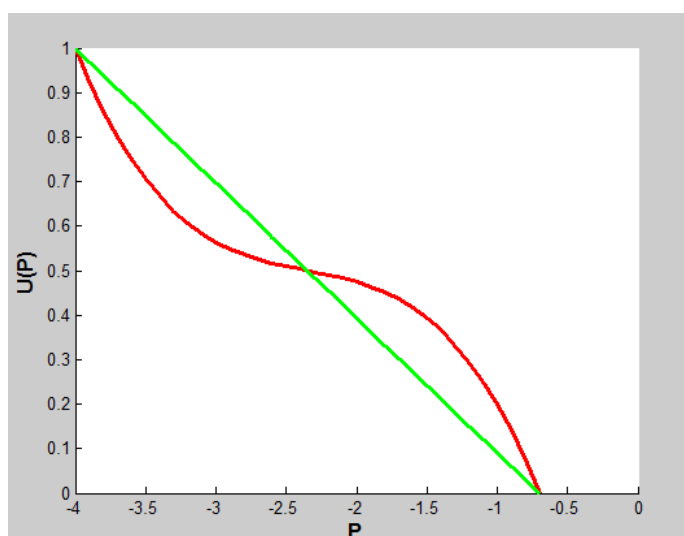
A szubjektív valószínűségben fogjuk a humán tényezőket figyelembe venni, a szakirodalomban olvasott becslési tendenciák és a monitorozott mérési adatok alapján.

A becslés nagyban függ attól, hogy optimista vagy pesszimista beállítottságú-e az ember, és attól is függ, hogy mit kell becsülni, milyen kimenetele van az eseménynek, pozitív vagy negatív. Ezért kérdeztünk rá a monitorozásnál külön a késés és a korábbi befejezés valószínűségére.

Általánosságban elmondható, hogy emberek mindig alul becsülik a késés valószínűségét. Ezen kívül az is jellemző, hogy a kisebb valószínűségű eseményeknek nagyobb valószínűséget tulajdonítanak az emberek, a nagyobb valószínűségű dolgoknak pedig kisebb valószínűséget tulajdonítanak. [6]

Ezeket a becslési sajátosságokat figyelembe fogjuk venni a valószínűség számítása során. Várakozásaink szerint a becslés emberenként eltérő lesz, de a gyűjtött adatok segítségével egy kockázat becslési profilt tudunk majd egyénenként kialakítani. Mivel a monitoroztatással a teljes projekt valódi lefutása rendelkezésünkre áll majd ezt összehasonlítva a tervezett projekttel pontos képet kaphatunk majd arról, hogy mennyire pontosan becsülte az adott ember a késés valószínűségét.

A szubjektív valószínűséghez is egy fuzzy tagsági függvényt rendelünk (27. ábra). Minden tevékenységhez külön szubjektív valószínűség érték tartozik majd. A függvény x tengelyén lesz a mérnökök által becsült valószínűség, az y tengelyen pedig a szubjektív valószínűség. Itt nem lineáris függvényt használtunk, mivel szeretnénk volna a modellben megjeleníteni a humán tényezőket, így a függvény alakja módosult az alapján, hogy az emberek hogyan szokták a valószínűséget becsülni. Mint ahogy azt már említettük a nagy valószínűségi eseményeket az emberek alá becslik, ezért a függvénynél magasabb szubjektív valószínűség értékeket rendeltünk azokhoz az értékekhez, melyekhez az emberek kisebb valószínűséget rendelték. A kisebb valószínűségi eseményeket pedig felül becslik, így a függvénynél a nagyobb valószínűséghez kisebb szubjektív valószínűség értékek tartoznak majd. A tervezett tagsági függvény alak a 27. ábrán látható.



27. ábra Szubjektív valószínűség tagsági függvény (piros)

Forrás: saját készítés

A skálázás azonos a másik tagsági függvénynél felvett értékekkel, azért is ábrázoltuk egy diagramban az objektív és a szubjektív valószínűséget.

A monitorozás során a mérnököknek csak késési és korábbi befejezési valószínűségeket kell becsülni, ahol az alábbi értékek közül választhattak: biztos, valószínű, lehetséges, valószínűtlen, lehetetlen. Ezeket az értékeket fogjuk felvenni a fuzzy függvény x tengelyén, ami alapján hozzájuk rendelünk egy valószínűség értéket. Most csak a késés valószínűségével foglalkozunk.

A valószínűségekhez rendelt értékek:

- biztos: -0,7
- valószínű: -1
- lehetséges: -2
- valószínűtlen: -3
- lehetetlen: -4

Összevont valószínűség számítása

Miután rendelkezésünkre áll a tevékenység szubjektív ($U(P_{hum})$) és objektív ($U(P_{obj})$) valószínűsége akkor kiszámíthatjuk az összevont valószínűséget ($U(P)$). Ez a része a fuzzy logika alapú kockázatelemzésnek a defuzzyifikáció. Itt CFM-módszer fogjuk használni. A módszer bemutatása a 2.5. fejezetben található. A valószínűség kiszámításra esetünkben a képlet:

$$U(P) = \frac{U(P_{hum}) * U(P_{obj})}{\frac{U(P_{hum}) + U(P_{obj})}{2}} \quad (14)$$

Kockázat számítás:

Ha meghatároztuk a tevékenység súlyosságát ($U(S)$) és az összevont valószínűségét ($U(P)$) akkor ezekből számolható a kockázat ($U(R)$). A kockázat kiszámításhoz is a CFM-módszer használtuk. A képlete pedig:

$$U(R) = \frac{U(P) * U(S)}{\frac{U(P) + U(S)}{2}} \quad (15)$$

Mint láthatjuk modellünk ezen része bármilyen kockázat modellezésére alkalmas, attól függően, hogy a monitorozásnál, vagyis az emberek becslésénél mire kérdezzük rá.

3.5.3. Kiértékelés

Miután kiszámítottuk a kockázatot, melyben a humán tényezőnek is van szerepe elkezdhetjük a kiértékelést. A kiértékelésnél azt szeretnénk meghatározni, hogy az emberek a projekt során jól becsülték-e az egyes tevékenységek késésének valószínűségét monitorozási alkalmanként. Mivel a valós lefutás eredményei is a rendelkezésünkre állnak, így meg tudjuk ítélni a becslés helyességét egy adott monitorozási alkalomból számítva a következő projekt szakaszra. Ha az adott monitorozási alkalomnál a tevékenység kockázata a becslés alapján magas, akkor valószínűleg a következő monitorozási alkalomnál késést fogunk látni a tervezett lefutáshoz képest. Ha a kockázat alacsony, akkor valószínűleg nem fog a tevékenység késni. Ezekben az esetekben fogjuk a becslést jónak minősíteni, vagyis ha a kockázat (a becslés alapján) összhangban van a valós előrehaladással.

Vagyis a becslés minősítéséhez a kockázatot és a relatív késést fogjuk figyelembe venni, mivel modellünkben csak azokat az eseteket fogjuk vizsgálni ahol a tevékenység késésben van.

A kockázat számítást már ismertettük, vagyis a kockázat értéke rendelkezésünkre áll minden tevékenységhez és monitorozási alkalomhoz.

A relatív késést az adott tevékenység késéséből fogjuk számolni. A program különböző eseteket vizsgál meg. Először is meg kell vizsgálni, hogy az adott monitorozási alkalomnál, hogy kellene a tervezett esetnél az éppen futó tevékenységeknek állni. Ezt úgy tehetjük meg, hogy egy Gantt-diagramba felvesszük a teljes projekt ágat, amelyen dolgozunk. Ezután meghatározzuk, hogy mely projekt órában volt a monitorozás, és megnézzük, hogy abban az órában, hogyan kellene a tevékenységnek állnia. Majd a valós lefutás alapján a monitorozási alkalomnál megnézzük, hogy hány óra teljesült a tevékenységből addigra.

Ha az óra szám kisebb, mint ahogy a tervezett ütemterv szerint állnia kellene, akkor a tevékenység késésben van. A relatív késést pedig úgy kapjuk, hogy kivonjuk a tervezett óra számból a valóban elvégzett óraszámot és osztjuk a tevékenység idővel.

$$\text{Relatív késés} = \frac{(\text{Tervezett elvégzett óraszám} - \text{Valós elvégzett óraszám})}{\text{Tevékenység ideje}} \quad (16)$$

Ha az óra szám nagyobb a tervezett addigra teljesítendő óraszámánál, de még nem éri el a teljes tevékenység időt akkor a tevékenység jobban áll mint ahogy kellene, valószínűsíthető a korábbi befejezés. Ezzel az esettel nem foglalkozunk.

Ha az óraszám viszont meghaladja a tervezett teljes tevékenység időt akkor a tevékenység elkészt. Ebben az esetben a relatív késés számítása:

$$\text{Relatív késés} = \frac{\text{Valós elvégzett óraszám} - \text{Tervezett elvégzett óraszám}}{\text{Tevékenység ideje}} \quad (17)$$

Ha a valós lefutás esetén a tevékenység pontosan abban az órában áll ahol tervezetten kellene, akkor ütemterv szerint halad a projekt. Ebben az esetben nincs késés.

Modellünkben a minősítéshez egy mátrixot fogunk alkalmazni (Minősítő mátrix), melynek egyik oldala a kockázat lesz másik oldala pedig a relatív késés, minkét tényező százalékos formában szerepel és kategóriákra van bontva.

Kategóriák száma:

$$n = 3 \quad (18)$$

A kockázat és a relatív késés kategóriákra bontva, százalékosítva és felkerekítve egész értékre:

$$\text{Kerekítés} \left(\frac{\text{Relatív késés}}{n} \right) \quad (19)$$

$$\text{Kerekítés} \left(\frac{\text{Kockázat}}{n} \right) \quad (20)$$

A minősítő mátrix 28. ábrán látható.

Minősítő mátrix		Relatív késés		
		0%		-100%
Kockázat	0%	J	K	R
		K	J	K
	100%	R	K	J

28. ábra Minősítő mátrix

Forrás: saját készítés

Vagyis ha az adott tevékenység kockázata alacsony és a relatív késése is alacsony akkor a becslés jó (J) volt. A K közepes becslést jelöl. Az R pedig rossz becslést. Rossz

becslés esetén vagy kicsi kockázatot becsült, de nagy volt a késés, vagy nagy kockázatot becsült, de nem volt késés a következő monitorozási alkalomnál. A mátrixból kiolvashatók ezek az esetek. Ez alapján minősítjük a becslést.

Ezután a minősítés megjelenítéséhez a Gantt-diagramot be lehet színezní, jelölve, hogy adott szakaszokon milyen volt az ember becslése. (zöld=jó, kék=közepes, piros=rossz).

Ezzel a módszerrel mivel hétről hétre becsülték, így egy adott becslés helyességét meg tudjuk ítélni a következő szakasz eredményeinek a kiértékelésével.

Modellünk kidolgozásában itt meg kellett állnunk a rendelkezésre álló idő rövidsége miatt, de a becslések ismeretében profilokat lehet majd kialakítani az egyes emberekről attól függően, hogy mennyire pontosan tudta megbecsülni a késés valószínűségét. Ez sok területen nagyon hasznos lehet. A kapott eredmények pontosabb kiértékelése további célkitűzéseinkhez tartozik.

4. Esettanulmány: VCCH projekt

4.1. Projekt bemutatása

A projekt, melynek célja egy elektromos sportautó tervezése lesz, a C3D Műszaki Tanácsadó Kft. keretén belül valósul meg. Az autón BME-s hallgatók fognak dolgozni, nyári szakmai gyakorlat, szakdolgozat és diplomamunka során. Az elektromos autók terjedőben vannak, mivel egyre nagyobb igény mutatkozik környezetbarát megoldásokra.

Az elektromos autók három környezetvédelmi okból hasznosak:

- a robbanó motoros járművek által világszerte kibocsájtott szén-dioxid miatt rossz irányba változik a globális klíma
- az olajkészlet nem végtelen, kitermelése drága, az üzemanyagok ára nő
- a légszennyezés, különösen a nagy városokban mára egészségre káros mértékeket öltött

A sok előnyhöz néhány hátrány is társul. Manapság a technológia még nem teljesen kiforrott, az elektromos autók egy töltéssel megtehető km-e nem éri el a benzines autók által megtehetőét. Emellett nem mindenhol lehet még elektromos töltő állomásokot találni. Ezekről függetlenül ez a terület fejlődőben van, igény mutatkozik az új megoldásokra. Ezért választotta a cég alapkoncepciónak egy elektromos sportautó tervezését, mert az elektromos hajtással rendelkező autók általában nem rendelkeznek a sportautók nyújtotta előnyökkel.

Az autó modern formatervet kap, emellett a fő műszaki paramétereknél is extra teljesítményre számíthatnak a vevők. Az autó belső kialakításánál is a legmodernebb technológiát, eszközöket szeretnénk használni.

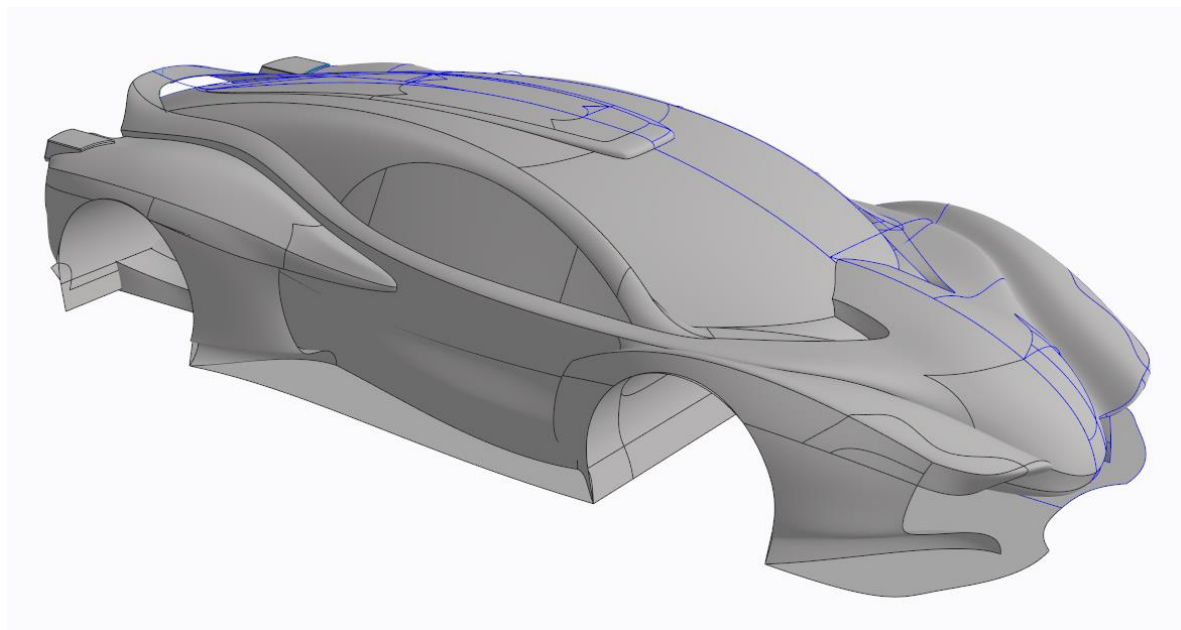
Az alapkoncepció néhány pontban összefoglalva:

- A projekt célja sportos utcai autó tervezése
- Hatótávolság: 200 km 150 km/h sebességgel számolva
- Végsebesség: max: 200 km/h
- Gyorsulás: a kiválasztott motor határozza majd meg
- Marketing szempontból az autó iránt az érdeklődést a magas minőséggel és egyedi megjelenéssel szeretnénk felkelteni

Az alapkoncepció meghatározása után a projekt megvalósításról kell még fontos döntéseket hozni. Mint már említettük az autón hallgatók fognak dolgozni. Egy hallgató egy részegységet fog kidolgozni. Így az erőforrásoknál mindig konstans erőforrással dolgozunk.

Az általunk vizsgált projektrésznél 6 hallgató fog az autón dolgozni a nyári gyakorlatuk során. Ahhoz hogy a hallgatók elkezdhessenek dolgozni a fő paramétereknek rendelkezésre kell állnia. A formaterv kialakítása után a hajtás rendszer fő tulajdonságait kell meghatározni, melyet egy MSc hallgató a diplomamunkája keretében tett meg.

Az autó formaterve(29. ábra):

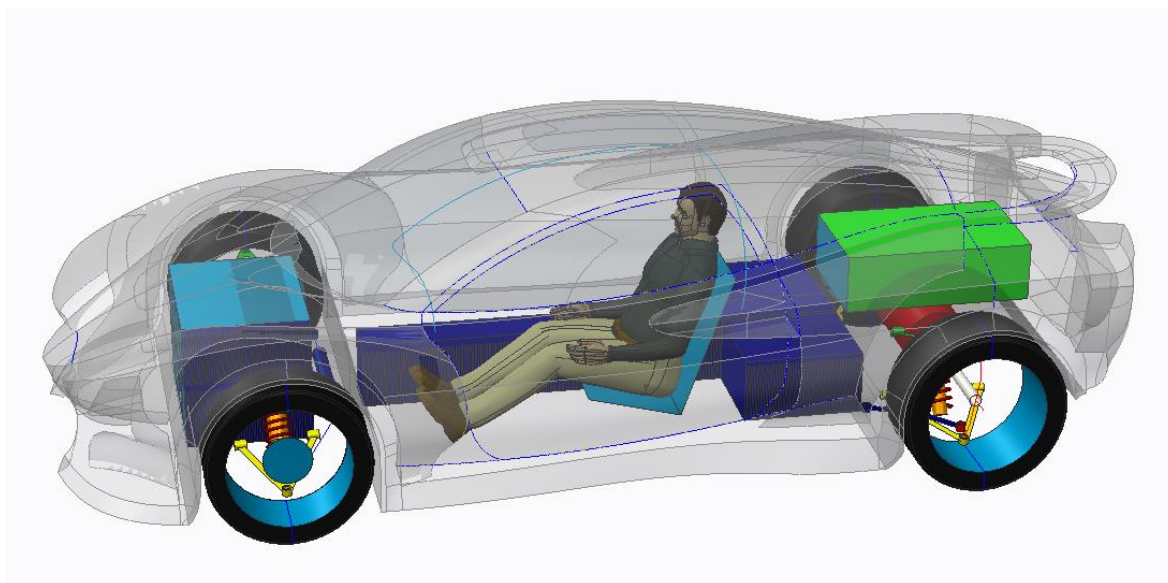


29. ábra Formaterv

Forrás: saját készítés

Minden fontos műszaki paraméter a rendelkezésünkre áll, de ezeket dolgozatunkban nem fogjuk ismertetni, mivel a projekt menedzsment részével szeretnénk foglalkozni.

Az autó eddig megtervezett részei (30. ábra):



30. ábra Az autó

Forrás: saját készítés

A projektkockázat-menedzsment során itt is az időbeli lefutás, a késés kockázatával foglalkozunk csak. (Lásd 3.2. fejezet)

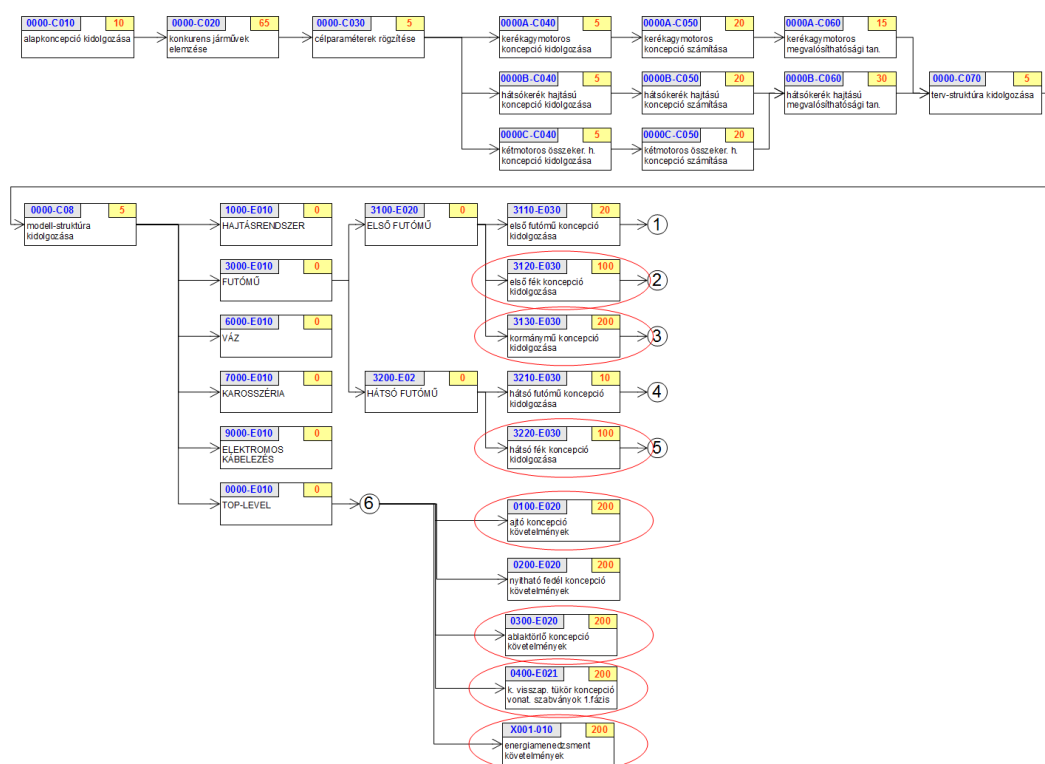
4.2. Projektütemezés-menedzsment: Munkalebontása, időtervezése

A tevékenységek lebontását, köztük lévő kapcsolat definiálását és a realisztikus idő becslését egy szakértői csoport segítségével végeztük a C3D Kft.-n belül. A tevékenységek a modellenél meghatározott módon kaptak azonosítót. Mint látható a hálótervből egy összetett tervezési projektről van szó. Az alap koncepciónak (Modell struktúra) rendelkezésre kell állni, hogy részegységeket elkezdhessék a nyári szakmai gyakorlatos hallgatók kidolgozni. Egy részegységet egy hallgató fog kidolgozni. A hallgatók a Top-Level szinten és a Futóműre épülő részegységeken fognak dolgozni. A részegységek kidolgozása párhuzamosan zajlik majd. Egy részegységre, melyen egy hallgató dolgozik 200 munkaórányi munkát határoztunk meg.

Az alábbi részegységek lesznek kidolgozva a nyári gyakorlat alatt:

- első, hátsó fék koncepció
- kormány koncepció
- ajtó koncepció
- ablaktörlő koncepció
- külső visszapillantó tükör koncepció

Az *31. ábrán* piros ellipszissel jelöltük, mely részegységeken fognak dolgozni, így látható az is, milyen részegységeknek kell kidolgozva meglenni, hogy a nyári gyakorlatosok a munkát elkezdhessék.



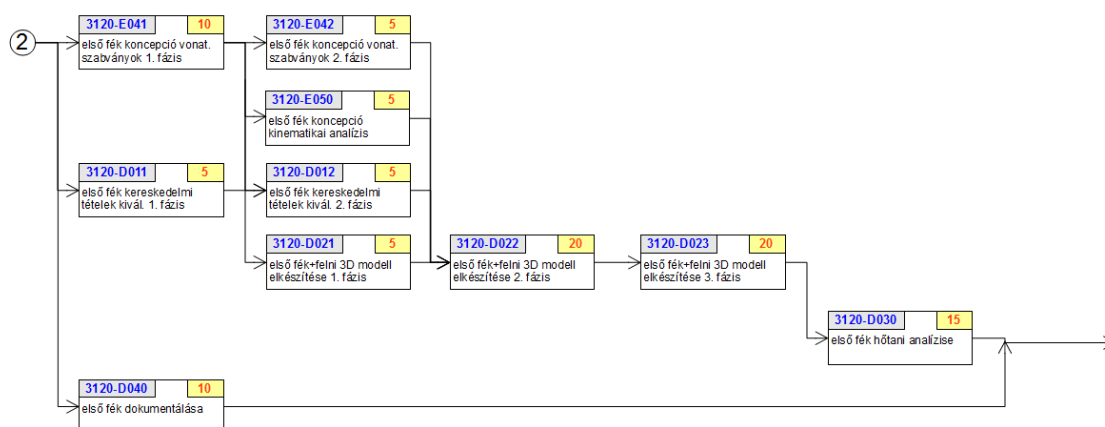
31. ábra Kidolgozott tevékenység

Forrás: saját készítés

A hálótervben a részegységeken belül is megengedtünk párhuzamos tevékenység végzést, mivel úgy ítéltük meg, hogy ha nincs akadálya, vagyis nincs a tevékenységek vagy tevékenység részek között kapcsolat akkor lehetséges párhuzamosan végezni azokat.

A részegységek hálótérve a *Mellékletben* látható.

A kiértékelés során egy választott ágon fogjuk az elemzést elvégezni. A kiválasztott ág Wetzl Viktor nyári gyakorlatos hallgató első fék koncepció projekt ága lesz (32 ábra).



32. ábra Elemezett projekt ág

Forrás: saját készítés

4.3. Monitorozás és eredményei

A nyári szakmai gyakorlatosoknak azt a táblázatot kellett tölteni minden héten kedden és pénteken, amit a modell bemutatásnál ismertettünk. (Lásd 3.4. fejezet). Egy táblázatot töltött mindenki, de mindem hallgatónak saját munkalapja volt, melyen az ő tevékenységei voltak oszlopokba rendezve.

A kiértékelés során használt ág kitöltött táblázata a *Mellékletben* található. A jobb átláthatóság miatt színekkel jelöltük, ha a tevékenységet befejezte, illetve ha szüneteltette.

4.4. A matematikai modell alkalmazása a VCCH projektre

Kritikus út számítása

Mint ahogy azt már a modellenél bemutattuk először a kritikus utat kell megkeresni a kritikus utat számító és kirajzoló program segítségével. A program működését Lásd 3.5.1. fejezetben.

A program futtatáshoz egy táblázatba kell az adatokat megadni, melyhez a program a futtatás után új oszlopokat csatol a kiszámított eredményekkel. Az 33. ábrán látható a program által végül kiírt táblázat. (A bevitt táblázatban az SP oszlopig voltak megadva az értékek.)

NAME	ID	Predecessors	TO	TML	TP	TRO	PO	SO	TRP	PP	SP	SLT	SUMT	LSTART	LEND
START	1	"	0	0	0	10	0,005	5	3	0,0005	0	0	70	0	0
E041	2	'1'	10	10	10	10	0,005	5	3	0,0005	0	0	70	0	10
E042	3	'2'	5	5	5	10	0,005	5	3	0,0005	0	0	70	10	15
E050	4	'2'	5	5	5	10	0,005	5	3	0,0005	0	0	70	10	15
D011	5	'1'	5	5	5	10	0,005	5	3	0,05	0	5	70	5	10
D012	6	'2 5'	5	5	5	10	0,005	5	3	0,05	0	0	70	10	15
D021	7	'2 5'	5	5	5	10	0,005	5	3	0,05	0	0	70	10	15
D022	8	'3 4 6 7'	20	20	20	10	0,0005	5	3	0,05	0	0	70	15	35
D023	9	'8'	20	20	20	5	0,05	5	5	0,05	0	0	70	35	55
D030	10	'9'	15	15	15	5	0,05	5	5	0,05	0	0	70	55	70
D040	11	'1'	10	10	10	5	0,05	5	5	0,05	0	60	70	60	70

33. ábra Tervezett ütemterv táblázata

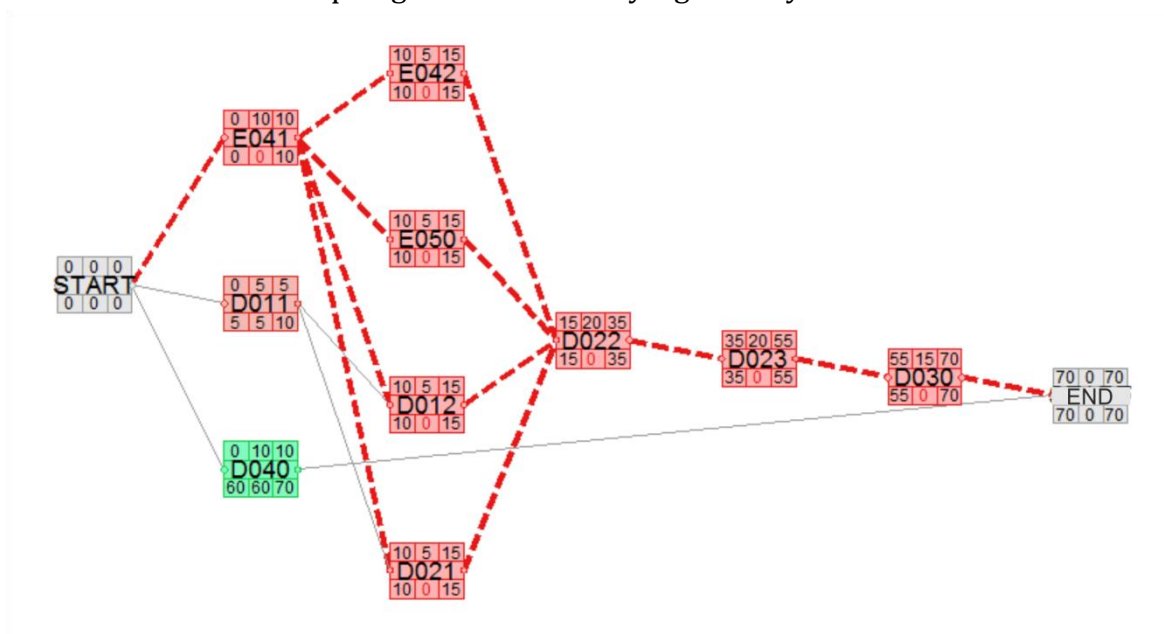
Forrás: saját készítés

Az első oszlopban a tevékenységek azonosítója található. A második oszlopban egy sorszám van, melyre a sorrendiség megállapításánál hivatkozni fogunk, ez a harmadik oszlop(Predecessors). Itt azt kell meg adni, hogy melyik tevékenységnek kell lefutnia, hogy az adott tevékenység elkezdődhessen. A TO az optimista időt jelölni, a *TML* a legvalószínűbb időt (Most Likely Time) , míg a TP a pesszimista időt jelöli. Modellünk kidolgozásánál még csak realiztikus időt rendeltünk a tevékenységekhez és nem foglalkoztunk az optimista és pesszimista idővel, ez egy egyszerűsítés, de további célkitűzéseink között szerepel ezen idők számítása és figyelembe vétele, ezért szerepel már most a táblázatban.

A következő oszlopokban(TRO-tól SP-ig) látható változókat nem használjuk még, de a továbbfejlesztés során szükség lesz rájuk, ezért már most beletettük a táblázatba. Ez azért kellett, mivel a program oszlopokat vesz ki a táblázatból és ha kivesszük ezen oszlopokat az egész programot át kellene írni később, amikor ezeket az oszlopokat is szeretnénk használni. A program kidolgozásánál törekedtünk rá, hogy olyan kódot írjunk, mely további eseteknél is használható lesz, sőt a továbblépésre is lehetőséget ad.

Az ezt követő oszlopokat már a program számolja a kritikus útból. Az *SLT* (Slack Time) a tartalék idő az adott tevékenységen. A *SUMT* a teljes projekt idő. Az *LSTART* a legkésőbbi kezdési időpontja, míg a *LEND* a legkésőbbi befejezési időpontja az adott tevékenységnek.

A kirajzolt hálótér a tervezett adatok alapján (34. ábra) piros vonallal jelölve a kritikus utat. Zölddel pedig azt a tevékenységet melyen sok tartakék idő van.



34. ábra Kirajzolt kritikus út a tervezett esetben

Forrás: saját készítés

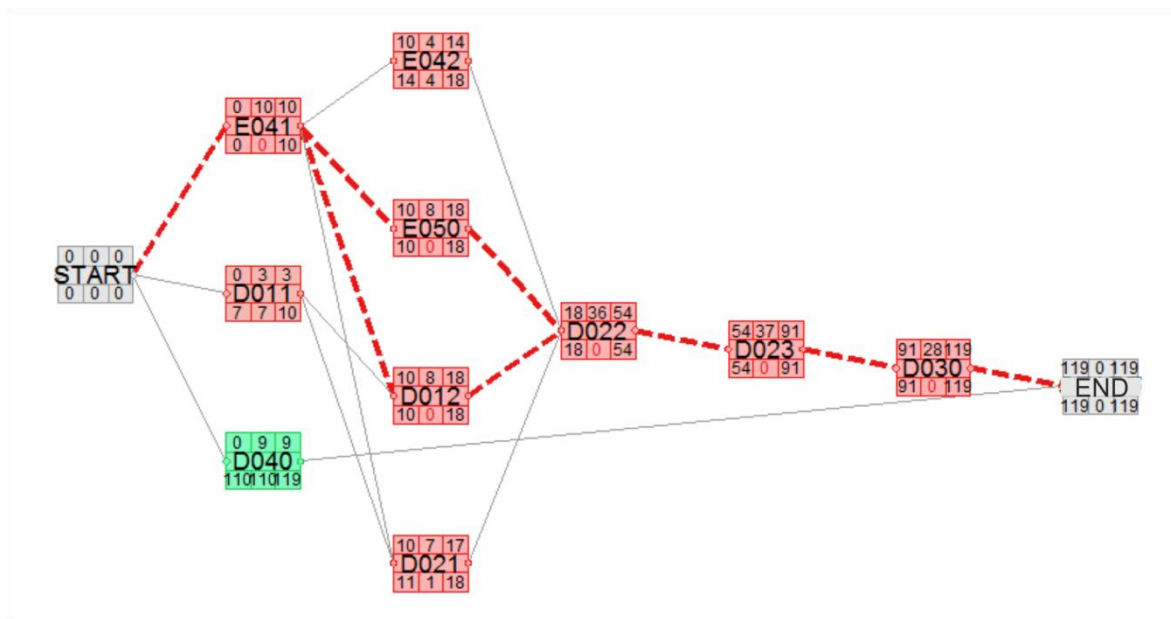
A különbségek áttekintése és a további kiértékelés miatt kirajoltuk a valódi lefutás alapján is a hálótérket. Az 35. ábrán a program által kiírt táblázat látható a valóban futott projekt ág alapján.

NAME	ID	Predecessors	TO	TML	TP	TRO	PO	SO	TRP	PP	SP	SLT	SUMT	LSTART	LEND
START	1	"	0	0	0	10	0,005	5	3	0,0005	0	0	119	0	0
E041	2	'1'	10	10	10	10	0,005	5	3	0,0005	0	0	119	0	10
E042	3	'2'	4	4	4	10	0,005	5	3	0,0005	0	4	119	14	18
E050	4	'2'	8	8	8	10	0,005	5	3	0,0005	0	0	119	10	18
D011	5	'1'	3	3	3	10	0,005	5	3	0,05	0	7	119	7	10
D012	6	'2 5'	8	8	8	10	0,005	5	3	0,05	0	0	119	10	18
D021	7	'2 5'	7	7	7	10	0,005	5	3	0,05	0	1	119	11	18
D022	8	'3 4 6 7'	36	36	36	10	0,0005	5	3	0,05	0	0	119	18	54
D023	9	'8'	37	37	37	5	0,05	5	5	0,05	0	0	119	54	91
D030	10	'9'	28	28	28	5	0,05	5	5	0,05	0	0	119	91	119
D040	11	'1'	9	9	9	5	0,05	5	5	0,05	0	110	119	110	119

35. ábra Valós lefutás táblázata

Forrás: saját készítés

Az 36. ábrán pedig a kirajzolt valós hálótér látható.



36. ábra Kirajzolt kritikus út a valós esetben

Forrás: saját készítés

A két hálótérvet összehasonlítva jól látható az eltérés. A tervezett esetben a projekt idő 70 óra lenne, míg a valóságban 119 óráig futott az ág. Modellünk kidolgozásánál viszont nem azt akarjuk elemezni, hogy miért késett ennyit az ág, hanem az emberi becslést szeretnénk minősíteni, így számunkra ebben az esetben nem probléma ez a hatalmas eltérés.

Miután rendelkezésünkre állnak az adatok elkezdhetjük a kiértékelést.

Kiértékelés

Először a súlyosságot, az objektív valószínűséget és a szubjektív valószínűséget kell meghatározni tevékenységenként és monitorozási alkalmanként. Ennek módját a 3.5.2. fejezetben ismertettük. Ezután számítható a Kockázat. (Lásd 3.5.2 fejezet). Miután kiszámítottuk a kockázatot minden tevékenységre és monitorozási alkalomra külön (10 tevékenység 13 monitorozási alkalom), a kiértékeléshez a Relatív késést kell még meghatározni (Lásd 3.5.3. fejezet).

Ezen számításokat a program automatikusan elvégzi, csak be kell állítani, hogy hányadik monitorozott alkalomra kérjük le az adatokat (*PCounter*).

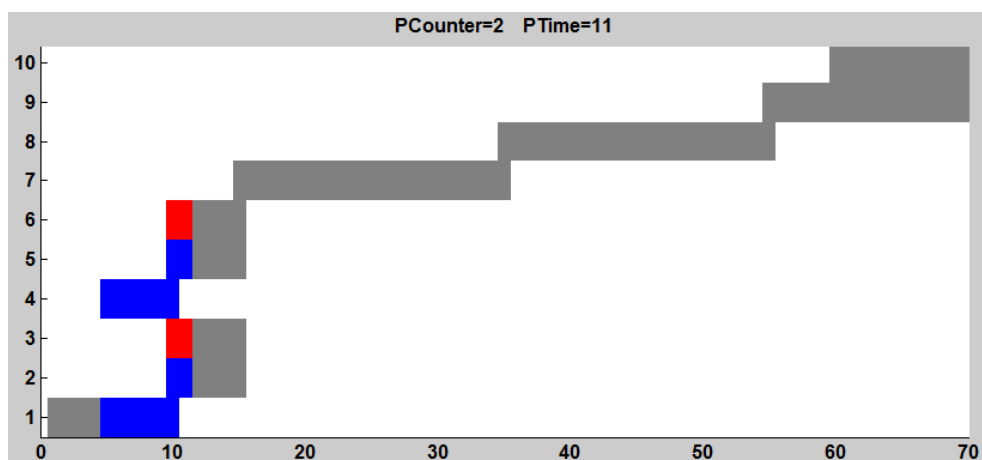
A már ismertett módon (Lásd 3.5.3. fejezet) a Minősítő mátrix segítségével meg tudjuk határozni, hogy az adott héten a becslés helyes volt-e a következő monitorozási alkalomra a relatív késés alapján.

A tervezett hálótér alapján egy Gantt-diagramot rajzolunk a program segítségével, melyben az egyes hasábok jelölik a tevékenységeket. Az y tengelyen a tevékenységek,

míg az x tengelyen a projekt idő látható. Ezután a program beszínezi a minősítő mátrix alapján az adott monitorozási alkalmak között futó tevékenységeket. A piros jelöli a rossz becslést, kék a közepes becslést és zöld a jó becslést.

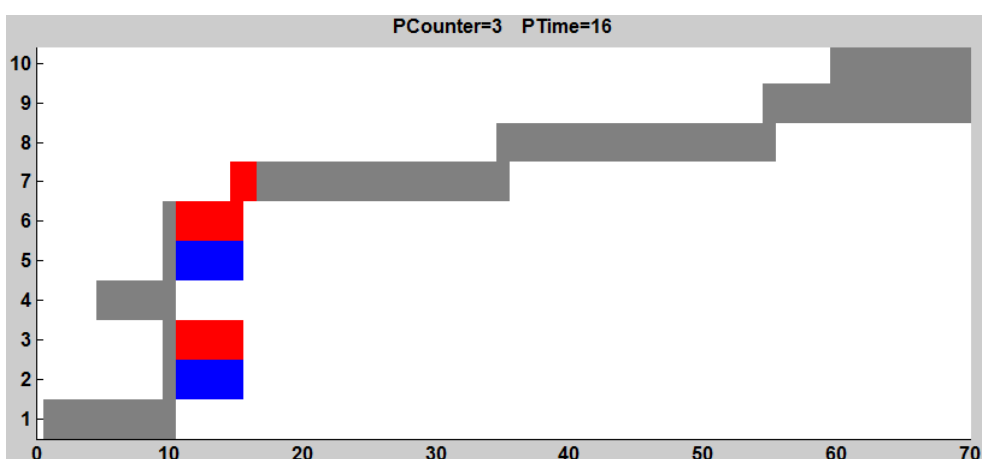
A program külön meg tudja jeleníteni a becslést monitorozási alkalmanként (*PCounter*), de az egész Gantt-digramot színezve a teljes projekt ág becslése látható.

A 37. ábrán és 38. ábrán két monitorozási alkalom látható. Az 39. ábrán pedig a teljes projekt ág becslése látható. A kiszínezett Gantt-diagramok jól szemléltetik a becslés helyességét, ezáltal segítik majd a további kiértékelést.



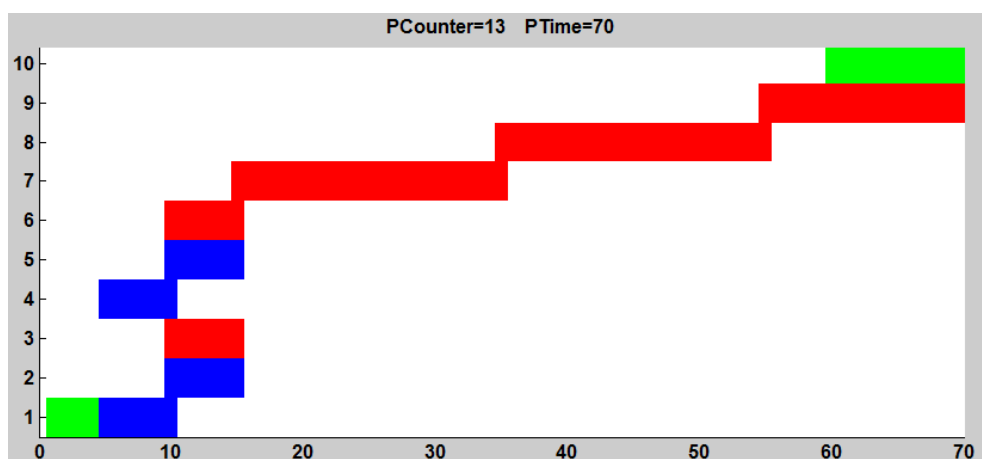
37. ábra Második monitorozási alkalom becslésének minősítése

Forrás: saját készítés



38. ábra Harmadik monitorozási alkalom becslésének minősítése

Forrás: saját készítés



39. ábra A teljes projekt ág minősítése

Forrás: saját készítés

Az esettanulmányban csak egy ágot volt módunk vizsgálni, de további célkitűzéseinkhez tartozik, hogy több ágot megvizsgáljunk és következtetéseket vonjunk le.

A kutatás eredményei

Az esettanulmány jól szemlélteti, hogy az általunk kidolgozott matematikai modell működik, és valós eredményt ad, melyből következtetéseket lehet majd levonni. A kirajzolt Gantt-diagram azért nagyon hasznos, mert szemlélteti a becslés változását az idő előrehaladtával egy tevékenységen belül. Emellett a projekt lefutása közben is látni lehet a segítségével, hogy eddig milyen volt a becslés. Ez hasznos lehet minden projekt esetén, mert következtetni lehet belőle a projekt további alakulására.

Egy lehetséges továbblépési irány a becslés minősítése után profilokat kialakítani az egyes emberekről, melyet a jövőben minden projekt becslése során alkalmazni lehet.

Ezek az eredményeken felül meg kell említenünk, hogy tervezési projektek projektmenedzsmentjét is segíti a modellünk, mivel kialakítottunk egy univerzálisan alkalmazható azonosítási rendszert, és egy olyan programot használtunk, mely könnyen és gyorsan segít szemléltetni a kritikus tevékenységeket, a tartalék időt és a tervezett projekt lefutást, minden fajta kézi számolás nélkül. Ezután programunk a kritikus út alapján ki tudja rajzolni a projekt ág Gantt-diagramját is.

Az eredmények hasznosítása

Modellünket elsősorban tervezési projektekre dolgoztuk ki, ahol sok a kockázat és nagy szerepe van a humán tényezőknek a becslések során. Ennek ellenére módszerünk minden tekintetben alkalmazható bármilyen projekt esetén. Manapság szinte minden fajta munka projekteken keresztül valósul meg, attól függetlenül, hogy ezt projektnek hívjuk vagy sem. Minden munka során vannak kockázatok, melyeket becsülni kell és vannak határidők, melyeket tartani kellene. Így modellünk sok területen használható, ahol embereknek az időbeli lefutásra kell becslést mondaniuk.

További célkitűzések

Kutatásunk semmiképpen nem fejeződik itt be, mivel ez a terület nagyon összetett, de mint ahogy azt az eredmények hasznosításánál láthattuk nagyon sok helyen lehet alkalmazni. Dolgozatunkban rengeteg dologgal foglalkoztunk, de talán ez még több olyan területre hívta fel a figyelmünket, melyekkel érdemes foglalkozni. Ezek az irányok mind megjelennek, mint továbblépési lehetőség. Talán első lépésben mindenképpen az egyszerűsítések kiküszöbölése a feladat, mivel ezeket sok helyen alkalmaztuk, hogy lássuk kitalált módszerünk működőképes-e.

Egyszerűsítések, melyeket ki szeretnénk küszöbölni:

- több kockázati tényező figyelembe vétele
- azon projektmenedzsment részek kidolgozása, melyekkel most nem foglalkoztunk (erőforrás menedzsment, költségtervezés)
- Pert-módszerrel számolni az optimista és a pesszimista időt, és ezeket is figyelembe venni a kiértékelésnél
- a súlyosság kezelésére kialakított tagsági függvény átalakítása, általános felvétele

További célkitűzések:

- szélesebb körű adatgyűjtés, modellünk alkalmazása más projektekre is
- logisztikus értékelés segítségével, szigmoid tagsági függvény felvétele a szubjektív valószínűség modellezésére [1]
- becslés minősítése alapján kockázatbecslő profilok kidolgozása
- még több humán tényező figyelembe vétele, konzultálás pszichológusokkal e témában, esetleg közös kísérletezés a kockázatbecslés jellemzésére
- az emberek közötti kapcsolatok vizsgálata, mivel ennek is nagy szerepe van a projektek során

Összegzés

A kutatás legnagyobb eredménye, hogy létrehoztunk egy olyan matematikai modellt mely segíti a projektek időbeli lefutással kapcsolatos kockázatának modellezését és csökkenti a humán tényezők, a szubjektív becslés szerepét a kockázatértékelésében fuzzy logika segítségével. A kitűzött célokat teljesítettük, amiket egy esettanulmányon keresztül szemléltettünk, bizonyítva modellünk működőképességét. Modellünk kidolgozásánál mindenhol a szakirodalomban ismertetett eljárásokat vettük alapul és ez alapján dolgoztunk ki egy működő módszert, mely segíti a tervezési projektek kockázatbecslését. Számos továbblépési lehetőség merült fel, melyeket mindenképpen szeretnénk a jövőben kidolgozni. Végző célunk egy univerzálisan alkalmazható matematikai modell kidolgozása. Az eredmények hasznosításából láthattuk, hogy szinte minden területen alkalmazható a modellünk, mely munkánk létjogosultságát bizonyítja.

Irodalomjegyzék

- [1] Erdei J., Kövesi J., Jónás T., Tóth Zs. (2011): **Minőség és megbízhatóság a menedzsmentben**, Typotex Kiadó Budapest ISBN 978 963 279 569 0, ISSN 1787-9655
- [2] Görög M. (1991): **Bevezetés a projektmenedzsmentbe**, Aula Kiadó, Budapest, ISBN 963-9215
- [3] Dr. Henczi L., Murvai L. (2012): **Projekttervezés és projekt menedzsment: [OK]-s és felsőoktatási szakképzés tankönyve**, SALDO Kiadó, Budapest, ISBN 978-963-638-409-8
- [4] Kelemen T.: **A projektmenedzsment, mint vezetési koncepció alkalmazása**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Üzleti Tudományok Intézet
- [5] Lock D. (1998): **Projektmenedzsment**, Panem Kiadó, Budapest ISBN 963-545-162-8
- [6] Mérő L. (2010): **Az érzelmek logikája**, Tercium Kiadó Budapest ISBN 978-963-963-3742
- [7] Piros A. (2012): **Fuzzy alapú kiértékelő módszer alkalmazása a konstrukciós tervezésben** PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép- és Terméktervezés Tanszék
- [8] Piros A.: **Fuzzy based method for project planning of the infrastructure design for the diagnostic in ITER**, Fusion Engineering and Design 88 (2013), ELSEVIER, pp.: 1183-1186 , ISSN: 0920-3796
- [9] Piros A.: **Top-Down design**, CAD rendszerek I. előadás anyag, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép-és Terméktervezés Tanszék
- [10] PMI (2006): **Projektmenedzsment útmutató A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Third Edition (magyar fordítása)** Akadémiai Kiadó Zrt., Budapest, pp. 450., ISBN 963 05 8401 8
- [11] Pokorádi L. (2008): **Rendszerek és folyamatok modellezése**, Campus Kiadó, Debrecen , ISBN 978-963-9822-06-1
- [12] Retter Gy. (2007): **Kombinált fuzzy, neurális, genetikus rendszerek (kombinált lágy számítások)**, INVEST-MARKETING Bt., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetikai Tanszék, ISBN 978 963 87401 0 6

- [13] **Dr. Sebestyén Z. (2013): Projektmenedzsment**, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Üzleti Tudományok Intézet
- [14] **Verzuh E. (2006): Projektmenedzsment**, HVG Zrt., Budapest, pp. 424, ISBN 963 7525 777
- [15] **VDI2221 (1993): Richtlinie VDI 2221 : Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte**, VDI- Verlag, Düsseldorf Mai 1993

Angol nyelvű összefoglaló

Developing a mathematical model for risk assessment of design processes

Modeling and analyzing the risk of various processes holds a vast amount of uncertainty factors. This statement is especially true in the field of design and mechanical design within, since human factors have huge impact on these areas considering the risk of processes.

The purpose of recent paper was to develop such a method and adjoining mathematical model that has the ability of modeling and monitoring possible risks during design procedure and to collect data in order to evaluate those well in advance. Although the presented mathematical model contains many simplifications it gives the opportunity to expand the number of the treated risk factors and according to this to refine the forward method of risk assessment. The mathematical model based on the well-known management methods and tools (for ex. PERT network, Gantt diagram, etc.) works with fuzzy logic to deal with uncertainties in the process and also points out human subjectivity.

Instead of representing a mathematical model the thesis presents a simple case study of the topic. In this study according to part tasks of vehicle design monitoring and management of the human factor are exemplified within the framework of the model. Although this case study contains many simplifications it illustrates perfectly the mathematical model and the operation of the developed method. It provides opportunity to improve and to give partial solutions for future questions.

Melléklet

MATLAB programok:

Task Scheduler

```
clear;
clc;

%read input file

% inputfile = 'data\VCCH_3120_orig.xlsx';
% outputXLS = 'data\VCCH_3120_pert_data.xlsx';

inputfile = 'data\VCCH_3120_real.xlsx';
outputXLS = 'data\VCCH_3120_pert_real.xlsx';

[Node_inc, T_node, nodeNames] = task_Input(inputfile);
%%
% number of nodes in input file:
nodes_count = size(T_node,1);
% number of edges in input file:
edges_count = size(Node_inc, 1);

%% create edge matrix
[Node_edges, Base_nodes, Cobase_nodes] = task_Create_Edges(Node_inc);
base_nodes_count = size(Base_nodes, 2);
cobase_nodes_count = size(Cobase_nodes, 2);

%% normalize edge matrix (create common base/cobase) and also the node
time matrix (T_node)
[Norm_Node_edges, Norm_T_node] = task_Common_Bases(Node_edges,
Base_nodes, Cobase_nodes, T_node);
% number of normalized nodes:
norm_nodes_count = size(Norm_T_node, 1);
% number of normalized edges:
norm_edges_count = size(Norm_Node_edges, 1);

%% calculate node levels
[Node_levels, Level_widths] = task_Node_Levels(Norm_Node_edges);
% number of node levels:
max_level = max(Node_levels);
% common base (START) node:
start_node = find(Node_levels(:,1) == 1);
% common cobase (FINISH) node:
end_node = find(Node_levels(:,1) == max_level);

%% calculate node coordinates
```

```
% define the X and Y dimensions of a task rectangle shown on the graph
plot:
Plot_Node_size = [4, 3];
% define the X and Y spacing between the task rectangles shown on the
graph plot:
Plot_Node_dist = [5, 6];
% calculate the X and Y coordinates of the task nodes (will be used to
plot the graph):
[Node_coords] = task_Node_Coords(Node_levels, Level_widths,
Plot_Node_size, Plot_Node_dist);

%% calculate expected duration times
% using the PERT method:
% copy the Node_coords matrix for the PERT method:
Node_coords_PERT = Node_coords;
% calculate the expected duration time values for each tasks:
T_node_exp_PERT = task_Time_PERT(T_node);
% complete the T_node_exp_PERT matrix with 0 duration time values for
common base/cobase nodes, if required:
if norm_nodes_count > nodes_count
    Norm_T_node_exp_PERT = [T_node_exp_PERT; zeros(norm_nodes_count -
nodes_count, 1)];
    nodeNames{size(nodeNames,1)+1}='START';
    nodeNames{size(nodeNames,1)+1}='END';
else
    Norm_T_node_exp_PERT = T_node_exp_PERT;
end;
% add the duration times as the 3rd column to the Node_coords matrix:
Node_coords_PERT(:,3) = Norm_T_node_exp_PERT;

%% calculate start/end times
% calculate the significant time values (Early Start, Early Finish, Late
Start, Late Finish, Slack) with the PERT duration times:
[Norm_Node_edges_PERT, Node_coords_PERT] =
task_Node_Times(Norm_Node_edges, Node_coords_PERT);

%% plot graphs
title = sprintf('PERT diagram - Time Calculation: PERT - %s', inputfile);
task_Plot_Graph(Node_coords_PERT, Norm_Node_edges_PERT, Plot_Node_size,
title, nodeNames);

%%
[OrigData,OrigTXT,OrigALL]=xlsread(inputfile,'','basic');

XLSout={'NAME','ID','Predecessors','TO','TML','TP','TRO','PO','SO','TRP',
'PP','SP','SLT','SUMT','LSTART','LEND'};
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),1)=OrigTXT(2:size(Node_coords_PERT,1),1
);
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),2)=OrigALL(2:size(Node_coords_PERT,1),2
);
```

```
%
XLSout{2:size(Node_coords_PERT,1),2}=OrigALL{2:size(Node_coords_PERT,1),2
};
for i=2:size(Node_coords_PERT,1)
%     XLSout{i,3}=OrigTXT{i,3};
    XLSout{i,3}=['',OrigTXT{i,3}];
end
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),4)=OrigALL(2:size(Node_coords_PERT,1),4
);
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),5)=num2cell(Node_coords_PERT(1:size(Node
e_coords_PERT,1)-1,3));
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),6)=OrigALL(2:size(Node_coords_PERT,1),6
);
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),7)=OrigALL(2:size(Node_coords_PERT,1),7
);
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),8)=OrigALL(2:size(Node_coords_PERT,1),8
);
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),9)=OrigALL(2:size(Node_coords_PERT,1),9
);
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),10)=OrigALL(2:size(Node_coords_PERT,1),
10);
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),11)=OrigALL(2:size(Node_coords_PERT,1),
11);
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),12)=OrigALL(2:size(Node_coords_PERT,1),
12);
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),13)=num2cell(Node_coords_PERT(1:size(Nod
e_coords_PERT,1)-1,8));
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),14)=num2cell(ones(size(Node_coords_PERT
,1)-1,1).*Node_coords_PERT(size(Node_coords_PERT,1),7));
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),15)=num2cell(Node_coords_PERT(1:size(Nod
e_coords_PERT,1)-1,6));
XLSout(2:size(Node_coords_PERT,1),16)=num2cell(Node_coords_PERT(1:size(Nod
e_coords_PERT,1)-1,7));
%%
xlswrite(outputXLS,XLSout);

%%
fprintf('task_Scheduler finished!!!');
fprintf('\n');
```

Fuzzy preprocessing of the data

```
%%
clc; clear;

visGantt=1; % Turn ON/OFF the Gantt diagram visualization

% Read the target files
fileHumanIN='data\Wetz1V_PP.xlsx';
filePertIN='data\VCCH_3120_pert_data.xlsx';
```

```

fileDataIN='data\VCCH_3120_data.xlsx';
fileDelayIN='data\VCCH_3120_delays.xlsx';

[Phuman,PhumanTXT,PhumanALL]=xlsread(fileHumanIN,'','','basic');
[TaskData,TaskDataTXT,TaskDataALL]=xlsread(fileDataIN,'','','basic');
[PertData,PertDataTXT,PertDataALL]=xlsread(filePertIN,'','','basic');
[DelayData,DelayDataTXT,DelayDataALL]=xlsread(fileDelayIN,'','','basic');

% Removing the START node:
PertData(1,:)=[];

% m=task{1,5};
m=PertData(:,4);
% m=PertData(:,1);

TotalTaskNum=size(m,1); % The number of the tasks.
ProjStageNum=(size(TaskData,2)-2)/4; % Number of monitoring stages.

% Pessimistic possibilities:
j=0;
for i=5:4:5+(ProjStageNum-1)*4
    j=j+1;
    TaskPP(:,j)=TaskData(2:2+TotalTaskNum-1,i);
end

% Possibility Objective Values (POV)
TaskPOV=TaskData(2:2+TotalTaskNum-1,2);

% Total time of the project
ProjSUMT=PertData(1,13);
% ProjSUMT=PertData(1,3);

% Task Slack Times:
TaskSLT=PertData(:,12);
% TaskSLT=PertData(:,2);

% Extraction of the task time table:
j=0;
for i=3:4:3+(ProjStageNum-1)*4
    j=j+1;
    TimeTBL(:,j)=TaskData(2:2+TotalTaskNum-1,i);
end

% Time increment of the monitoring stage
ProjStageInc=ProjSUMT/ProjStageNum;

% Definition of the Gantt matrix:
Gantt=zeros(TotalTaskNum,ProjSUMT);
for i=1:TotalTaskNum

```

```

%      Gantt(i,PertData(i,14)+1:PertData(i,15)+1)=1;
if PertData(i,14)==0
    Gantt(i,1:PertData(i,15))=1;
else
    Gantt(i,PertData(i,14):PertData(i,15))=1;
end
TotalTaskLength(i)=sum(Gantt(i,:));
end

GanttVIS=Gantt;

% Color definition:
color0=[1 1 1];
color1=[0.5 0.5 0.5];
color2=[1 0 0];
color3=[0 0 1];
color4=[0 1 0];

MonSTART=2;
MonEND=ProjStageNum;
color1=[0 1 0];

% PCount=2;
% MonSTART=PCount;
% MonEND=PCount;

for PCounter=MonSTART:MonEND

    % Current project time:
    PTime=round(PCounter*ProjStageInc);

    % Last project time:
    PTimeLast=round((PCounter-1)*ProjStageInc);

    % Current and full lengths of the tasks:
    for i=1:TotalTaskNum
        CurrTaskLength(i,1)=sum(Gantt(i,1:PTime));
        FullTaskLength(i,1)=sum(Gantt(i,:));
    end

    % Read the maximum task delay values:
    DelayMAX(:,1)=DelayData(:,1);

    % Real task relative delay calculation:
    for i=1:TotalTaskNum
        PlanTime=sum(Gantt(i,1:PTime));
        if TimeTBL(i,PCounter)>FullTaskLength(i)

```

```

        CurrentDelay(i)=(TimeTBL(i,PCounter)-
FullTaskLength(i))/FullTaskLength(i);
    else
        if TimeTBL(i,PCounter)>=PlanTime
            CurrentDelay(i)=0;
        else
            CurrentDelay(i)=(PlanTime-
TimeTBL(i,PCounter))/FullTaskLength(i);
        end
    end
end

% Corrected Fuzzy Mean
for i=1:TotalTaskNum
    % Possibility
    UPhuman(i)=evalmf(Phuman(PCounter-1,TaskPP(i)),[-4 -3.175 -2.35 -
1.525 -0.7 ; 1 0.6 0.5 0.4 0], 'PosRelMF');
    UPobj(i)=evalmf(TaskPOV(i),[-4 -0.7], 'PosObjMF');
    Uposs(i)=CFM([UPhuman(i),UPobj(i)]);
    % Severity
    Srslt(i)=TaskSLT(i)/ProjSUMT;
    USr(i)=evalmf(Srslt(i),0.25, 'SevSltMF');
    % Risk calculation
    CurrentRisk(i,1)=1-CFM([Uposs(i),USr(i)]);
end

Quality=[...
    4 3 2;...
    3 4 3;...
    2 3 4];

for i=1:TotalTaskNum
    % Qualification of the risk assesment
    if CurrentDelay(i)<0 && CurrentDelay(i)>-1
        IndexDelay(i,PCounter)=ceil(100*CurrentDelay(i)/-33);
    else
        IndexDelay(i,PCounter)=1;
    end
    if CurrentRisk(i)<1
        IndexRisk(i,PCounter)=ceil(100*CurrentRisk(i)/33);
    else
        IndexRisk(i,PCounter)=3;
    end
    IndexDelay(:,1)=3;
    IndexRisk(:,1)=3;

RiskQuality(i,PCounter)=(Quality(IndexRisk(i,PCounter),IndexDelay(i,PCoun
ter)));
RiskQuality(:,1)=3;

```

```

    % Colorizing the Gantt diagram
    GanttIDX=find(GanttVIS(i,PTimeLast:PTime)>0);
    if max(GanttIDX)>0
        GanttVIS(i,GanttIDX+PTimeLast-1)=RiskQuality(i,PCounter);
    end

end

end

% Visualization of the Gantt matrix:
if visGantt

    figure1=figure(...
        'colormap',[...
            color0;...
            color1;...
            color2;...
            color3;...
            color4],...
        'position',[0 0 1000 400]);

    axes1 = axes('Parent',figure1,...
        'YTick',[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10],...
        'FontWeight','bold',...
        'FontSize',12);
    hold(axes1,'all');
    xlim(axes1,[0 70]);
    ylim(axes1,[0.5 10.4]);

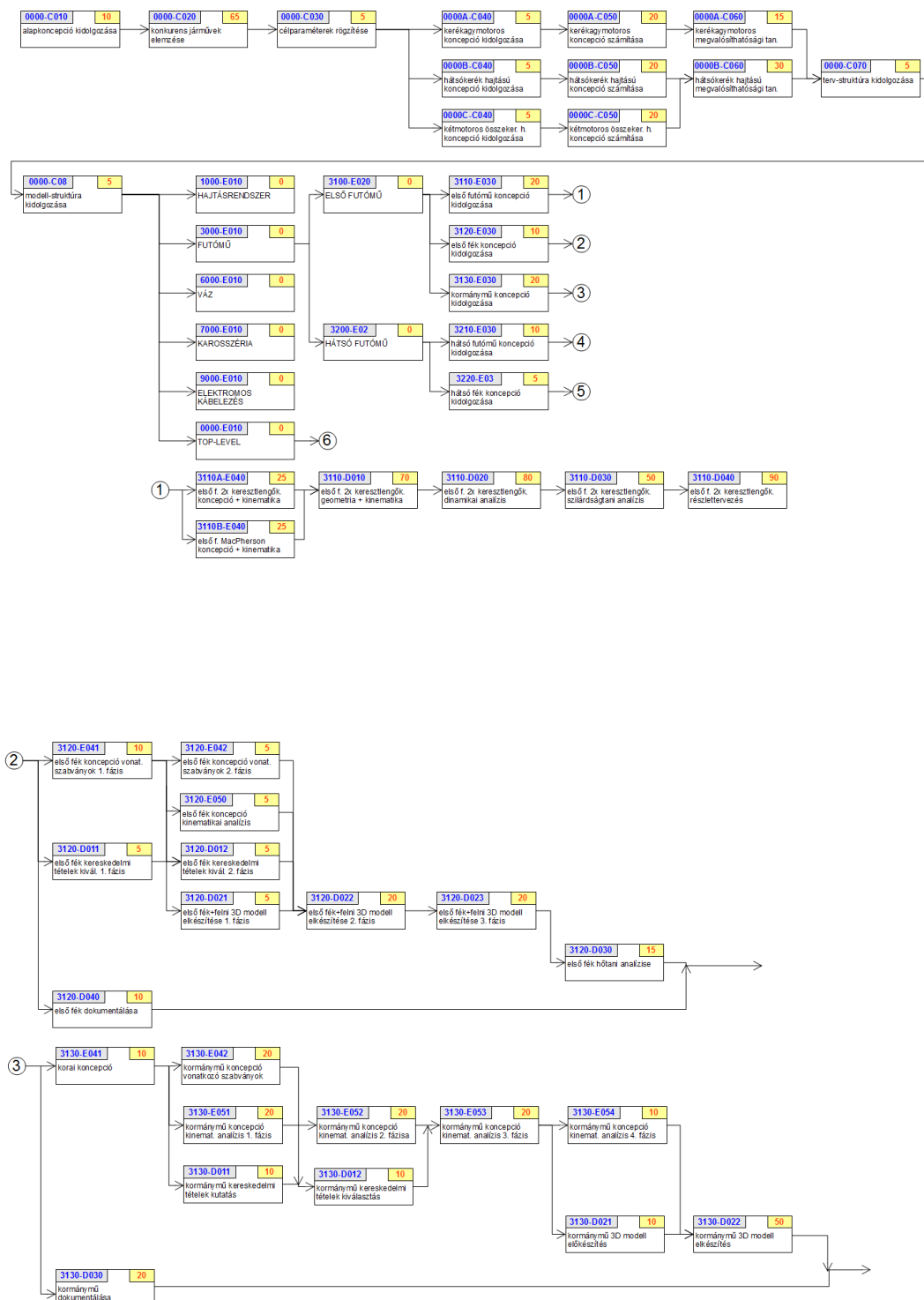
    % Extension of the Gantt matrix with the color codes
    GanttVIS=[GanttVIS;[1 2 3 4 zeros(1,ProjSUMT-4)]];

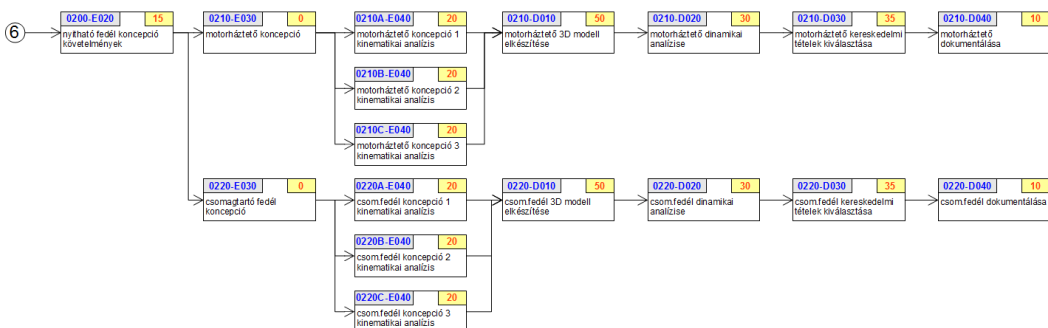
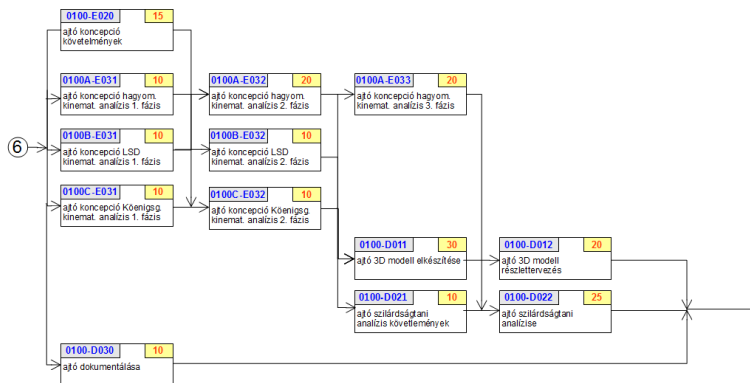
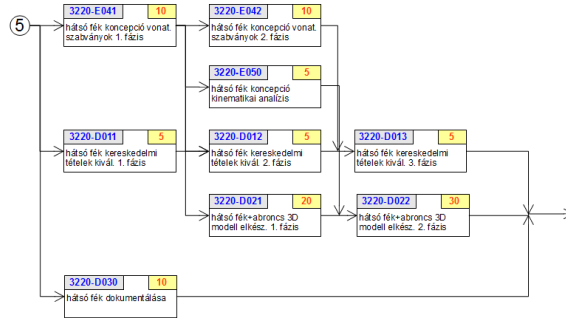
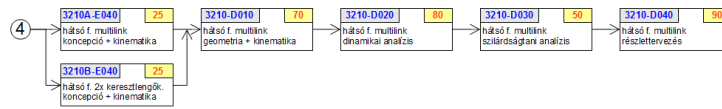
    %     imagesc(Gantt);
    imagesc(GanttVIS);

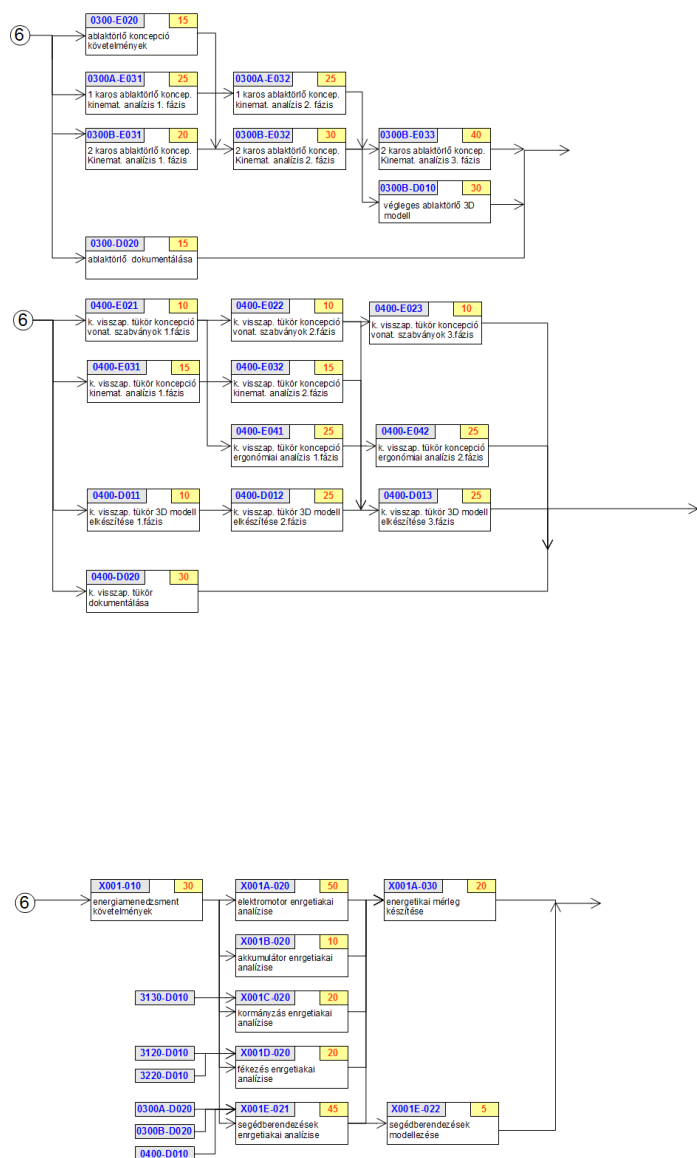
    FigTitle=['PCounter=',num2str(PCounter),'    PTime=',num2str(PTime)];
    title(FigTitle,'FontWeight','bold','FontSize',12);
end

```

VCCH projekt hálóterv:







Kitöltött monitorozási táblázat a vizsgált ág esetén:

	E041	E042	E050	D011	D012	D021	D022	D023	D030	D040
	15	15	5	10	10	30 (45)	30 (45)	30 (45)	15	10
1. hét KEDD										
elvégzett órák	10	0	0	2	0	0	0	0	0	0
korábbi befejezés	valószínű	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés	valószínűtlen	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés oka	rossz időbecs	információhiány	információhiány	információhiány	információhiány	információhiány	információhiány	információhiány	információhiány	információhiány
1. hét PÉNTEK										
elvégzett órák	10	4	4	2	0	0	0	0	0	0
korábbi befejezés	biztos	valószínű	lehetetlen	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés	lehetetlen	valószínűtlen	biztos	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	információhiány	információhiány	információhiány	információhiány	információhiány	személyes
2. hét KEDD										
elvégzett órák	10	4	8	3	0	4	0	0	0	0
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	információhiány	egyéb	információhiány	információhiány	információhiány	személyes
2. hét PÉNTEK										
elvégzett órák	10	4	8	3	0	7	0	0	0	0
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetséges	valószínű	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	lehetséges	valószínűtlen	lehetséges	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	információhiány	szoftverismeret	információhiány	információhiány	információhiány	személyes
3. hét KEDD										
elvégzett órák	10	4	8	3	3	7	19	0	0	0
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetséges	valószínű	lehetetlen	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	lehetséges	valószínűtlen	biztos	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	egyéb	szoftverismeret	szoftverismeret	információhiány	információhiány	személyes
3. hét PÉNTEK										
elvégzett órák	10	4	8	3	8	7	36	0	0	0
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetetlen	valószínű	lehetetlen	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	biztos	valószínűtlen	biztos	lehetséges	lehetséges	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	egyéb	szoftverismeret	IT probléma	információhiány	információhiány	személyes
4. hét KEDD										
elvégzett órák	10	4	8	3	8	7	36	17	0	0
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetetlen	valószínű	lehetetlen	lehetetlen	lehetséges	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	biztos	valószínűtlen	biztos	biztos	lehetséges	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	egyéb	szoftverismeret	IT probléma	IT probléma	információhiány	személyes
4. hét PÉNTEK										
elvégzett órák	10	4	8	3	8	7	36	37	0	0
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetetlen	valószínű	lehetetlen	lehetetlen	lehetséges	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	biztos	valószínűtlen	biztos	biztos	lehetséges	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	egyéb	szoftverismeret	IT probléma	IT probléma	információhiány	személyes
5. hét KEDD										
elvégzett órák	10	4	8	3	8	7	36	37	0	0
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetetlen	valószínű	lehetetlen	lehetetlen	lehetséges	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	biztos	valószínűtlen	biztos	biztos	lehetséges	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	egyéb	szoftverismeret	IT probléma	IT probléma	információhiány	személyes
5. hét PÉNTEK										
elvégzett órák	10	4	8	3	8	7	36	37	0	0
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetetlen	valószínű	lehetetlen	lehetetlen	lehetséges	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	biztos	valószínűtlen	biztos	biztos	lehetséges	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	egyéb	szoftverismeret	IT probléma	IT probléma	információhiány	személyes
6. hét KEDD										
elvégzett órák	10	4	8	3	8	7	36	37	12	0
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetetlen	valószínű	lehetetlen	lehetetlen	lehetetlen	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	biztos	valószínűtlen	biztos	biztos	biztos	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	egyéb	szoftverismeret	IT probléma	IT probléma	szoftverismeret	személyes
6. hét PÉNTEK										
elvégzett órák	10	4	8	3	8	7	36	37	18	2
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetetlen	valószínű	lehetetlen	lehetetlen	lehetetlen	lehetséges
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	biztos	valószínűtlen	biztos	biztos	biztos	lehetséges
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	egyéb	szoftverismeret	IT probléma	IT probléma	szoftverismeret	személyes
7. hét PÉNTEK										
elvégzett órák	10	4	8	3	8	7	36	37	28	9
korábbi befejezés	biztos	biztos	lehetetlen	valószínűtlen	lehetetlen	valószínű	lehetetlen	lehetetlen	lehetetlen	biztos
késés	lehetetlen	lehetetlen	biztos	valószínű	biztos	valószínűtlen	biztos	biztos	biztos	lehetetlen
késés oka	információhiány	információhiány	rossz időbecs	egyéb	egyéb	szoftverismeret	IT probléma	IT probléma	egyéb	személyes