

Dr. Bencsik Andrea

## Ember - gép - környezet rendszer-modell megbízhatósági vizsgálata

Napjainkban talán már túl gyakran hivatkozunk jelenlegi gazdasági helyzetünkre, mégis úgy érzem, ez a megközelítésmód támasztja alá leginkább kutatási munkám létjogosultságát.

Jogosan vetődik fel a kérdés, miért fontos az emberi erőforrással gazdálkodni, miért kap egyre hangsúlyozottabb szerepet a gazdálkodó egységek életében a humán tőke, annak értékelése, kezelése. Magyarázatként legjobb, ha közgazdasági megközelítésből azt a tényezőt próbáljuk görcső alá venni, amely a kutatók mindegyikének évtizedek óta okoz fejtörést, s ad lehetőséget ma is újabb kutatási területek kiaknázására.

Műszaki ember lévén nagy öröömre szolgált, mikor ráébredtem arra, hogy bár egészen más, - nyilvánvaló szemléletmódbeli különbségekből fakadó - aspektusból közelítettem meg az emberi tőkével való gazdálkodás problémáit, ugyanarra a következtetésre jutottam, mint a hasonló területen kutatási munkát folytató közgazdászok.

A makroszintű gazdálkodás - output problémái között alapvető szerepet tölt be a GNP - gazdasági növekedés mértéke, illetve azon tényezők megfogalmazása, melyek legalább közelítő módon választ adnak arra, hogy mitől függ a fejlődés, a gazdaság előrehaladása. A választadó elméletek a legkülönbélebb megközelítést adják, egy dolog azonban valamennyiben közös. Egységesen elismerik, hogy a tőke és

munka bármiféle arányú összevetése mellett mindig marad egy ún. rezidum, mely a növekedés mértékét akár 70 - 80%-ban is meghatározhatja, ám e rezidum tartalmát konkrétan megfogalmazni a mai napig sem sikerült. A technológiai változás, (Technical Change) T. C. rövidítéséből a közgazdászok ezt az értéket némi öniróniával tudatlanságunk koefficiensének is nevezik. Ebben foglaltatik mindaz, ami az innováció, a tanulás, a műszaki fejlődés, a tudományos haladás számlájára írható, s nem utolsó sorban az emberi erőforrás, az emberi munkával való gazdálkodás, az ésszerű kihasználás, az emberekbe történő beruházás, ami e tényező értékét nagymértékben befolyásolja.

A mikrogazdaság - a vállalati gazdálkodás mindennapjaiban ez a közgazdasági megközelítés nagymértékben összecseng azzal a műszaki szemléletmóddal, mely szerint egy valós rendszer működésének minőségét, megbízhatóságát, a kibocsátások volumenét nagyrészt meghatározza az az emberi erőforrás, mely a rendszer részeként, vagy annak működtetőjeként vesz részt a termelésben, a folyamatok irányításában, a gazdálkodásban.

Kutatásaim elindításához fenti megfontolások nyújtanak kiinduló alapot.

## **1. A kutatási munka előzményei**

A technológiai rendszerek működése minden esetben bizonyos veszélyekkel jár. A folyamatok komplex gépesítésével a berendezések hibamentes működési valószínűségének növelése iránti igény került előtérbe.

Ennek kielégítésére jöttek létre azok a tudományos szakterületek, melyek megalapozzák a rendelkezésre állás, üzembiztonság, gazdaságosság növelésének lehetőségeit. Ezek közül kiemelkedő jelentőségű a megbízhatóságelmélet alkalmazása, mely a különböző

tudományágak módszereit ötvözve vizsgálja a termelőrendszerek működési és nem működési állapotait.

Egy ember-gép-környezet rendszerben, ahol az emberi irányító tevékenység jelentős befolyással van a technológiai rendszerek megbízhatóságára, gyakran a leggyengébb tag az ember. A megbízható magatartás, s az ehhez szükséges feltételek biztosítása egyre fontosabb kutatási területté válik. Az ember tulajdonságaiból, viselkedési módjából, a körülményektől függő magatartásából következően szükségyszerű a megfelelő megbízhatóságú rendszerek üzemeltetésének kialakításához egyes tudományterületek integrálása.

Az 1950-es évek közepét olyan időszaknak tekintik, amikor megnőtt az érdeklődés az emberi megbízhatóság iránt. Először az Egyesült Államok légierijének emberi-műszaki szabványait alakították ki (1; 19). Az emberi megbízhatóságra való igényt 1958-ban fejtette ki először Williams (20), majd ugyanezen évben Hettinger (9) és Meister (12) tették közzé észleléseiket az emberi megbízhatóságról a Convair-Astronautics jelentésben. A további kutatási jelentések, melyek szintén az űrrepüléshez kapcsolódnak, kifejtették, hogy a meghibásodások nagy hányadát emberek okozzák.

1960-ban Shapero, Cooper, Rappaport, Schaffer és Bates (17), valamint Le Van (11) készített tanulmányt az emberi megbízhatósággal kapcsolatos észleléseikről a Wright-Patterson, illetve a Bell Aerosystems Co. részére. A kutatások tovább folytatódtak e téma körül, és 1962-ben olyan adatbázist publikáltak, amely az emberi-műszaki tervezési jellemzőkre vonatkozó megbízhatósági becsléseket tartalmaz (14).

Ugyancsak a 60-as években további ismeretek gazdagították a kutatási témát Rook (15; 16), Swain (18) és Meister (13) részéről. Azóta is számos kutató és szerző tevékenykedik az ismeretek bővítésén. Az utóbbi évtized kiemelkedő egyénisége ezen a területen Dhillon, aki számos, emberi hibákkal terhelt rendszer megbízhatósági

elemzésére szolgáló modellt alkotott (5, 6, 7). A fentiekkel kapcsolatos válogatása harminc év távlatában összefoglaló írásában olvasható (3).

## **2. Megbízhatóság szemléletű rendszervizsgálat**

Egy adott rendszer megbízhatósági szempontú elemzése, nem jelentheti csupán a műszaki, technológiai folyamat elemzését. A rendszereknek szerves részét képezi az ember, aki munkatevékenysége során különböző hierarchia szinteken, különböző automatizáltsági fokon, de feltétlenül befolyással van a gépek, berendezések működtetésére, egyszóval a folyamat megbízható előrehaladására. Ahogyan a berendezések működése hatással van a műszaki rendszer megbízhatóságára, s az emberi munka az ember - gép rendszer megbízhatóságára, ugyanúgy hatnak az egész rendszer megbízhatóságára a környezeti tényezők is.

A következőkben egy olyan vizsgálati módszer bemutatására vállalkozom, mely egy adott technológiai folyamat, mint műszaki rendszer, a technológiát működtető emberek, mint az ember - gép rendszer meghatározó elemei és az adott szervezet, annak irányítása, a karbantartás, a biztonsági és gazdaságossági kérdések, mint az ember - gép rendszer környezete megbízhatóságát befolyásoló tényezőket igyekszik feltárni, s ezen felfogás értelmében az ember - gép - környezet rendszert modellezni.

### **2.1. A műszaki megbízhatósági vizsgálat**

A Veszprémi Egyetem Vállalati Vezetés és Gazdaságtan Tanszékén évek óta folynak kutatások a technológiai rendszerek megbízhatósága témakörben. A kutatási eredmények elsősorban vállalati karbantartási rendszerek bevezetésénél, szervezésénél hasznosíthatók.

A vizsgálati módszer a megbízhatóságelmélet által megalapozott és elfogadott fogalmakra épít. Különös jelentősége van esetünkben a

kockázatnak, a működő technológiai rendszerekre vonatkozó műszaki kockázati modellnek.

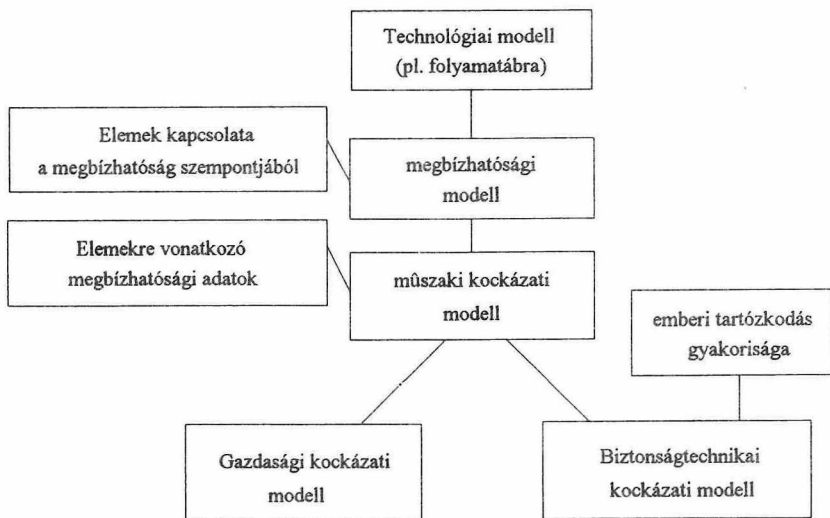
Gaál (8) levezette ezen rendszerekre érvényes modellek közötti összefüggéseket, mely az 1. ábrán látható. A kiinduló alap a technológiai modell, melyből a funkcionális szemlélet érvényesítésével eljutunk a megbízhatósági modellhez.

Ebből, az elemekre vonatkozó megbízhatósági jellemzők számszerűsítésével a műszaki kockázati modellhez juthatunk, ha a hibamentesség jellemzésére szolgáló hibamentes működés valószínűségének komplementerét értelmezzük.

Ez az érték kifejezi, hogy az egyes elemek, illetve a rendszer, milyen valószínűséggel képes funkcióit ellátni, a hibamentes üzemmenetet garantálni.

A műszaki kockázati modellből további két modell vezethető le, a gazdasági- és biztonságtechnikai kockázati modell, melyek kialakítására és jelentésére a későbbiekben még visszatérek.

## Vizsgálati modellek összefüggése



Az általam előállított modell alapját az 1. ábrán bemutatott modell képezte. Abból a megfontolásból kiindulva, hogy a technológiai folyamat kezelőszemélyzet nélkül nem funkcionál, tettem meg a kiegészítő lépéseket az ember - gép - környezet rendszer megbízhatósági modell kiteljesítéséhez (2. ábra).

Az alkalmasságvizsgálati módszerek segítségével minősítéses alapon kerülnek kiválasztásra a folyamatot működésben tartó és irányító emberek (kezelőszemélyzet, vezetők). Az emberi beavatkozási pontok definiálásával a megbízhatósági modell kiegészíthető. A beavatkozási pontokon elkövethető és azonosítható emberi hibákból egyrészt a rendszert működtető emberek megbízhatósága határozható meg, másrészt a műszaki kockázati modell értékei szétválaszthatók aszerint, hogy a meghibásodás műszaki, vagy emberi okból következett be.

A műszaki kockázati modellből vezethető le végül az ember - gép - környezet rendszer megbízhatósága, amennyiben környezeti tényezőként figyelembe vesszük a karbantartást végző emberek megbízhatóságát, a szervezet irányítását minősítő vezetői döntéshozatalt - kockázatvállalást, a kommunikációs - információs csatornákat, az utasítások kiadását - ellenőrzését, a motiváció rendszert, a hagyományos értelemben vett környezetet, mint ergonómiai tényezőket, a biztonságosság és gazdaságosság érdekeit.

Ennek megfelelően a már elkészült műszaki megbízhatósági vizsgálatot segítő eljárást ki kell egészíteni olyan módszerekkel, melyek az emberi megbízhatóságot, az ember - gép együttes megbízhatóságát, a környezeti hatásokat, s végül az ember - gép - környezet rendszer együttes megbízhatóságát minősítik.

A meghibásodási adatok feldolgozásán alapuló megbízhatóság becslésére számítógépi programot használtam fel, amelyet tanszékünkön fejlesztettek ki (10).

A programrendszer IBM-PC kompatibilis számítógépen fut. A számítógépes támogatású megbízhatósági vizsgálat módszerét számos technológiai folyamat elemzésénél használtuk fel (8, 10).



## **2.2. Az emberi munkavégzés megbízhatóságának vizsgálata**

Az 1. fejezetben említett szakirodalomban tárgyaljuk azokat a tényezőket, amelyek az emberi munkavégzés megbízhatóságára pozitív, vagy negatív értelemben hatással vannak. Az általam kidolgozott modell-rendszerben a megbízhatóság mérésénél figyelembe veendő tényezők aszerint változnak, hogy milyen jellegű munkavégzésről van szó.

A munka jellegének besorolása megfelel Bálint-Murányi csoportosításának (2), mely szerint a vizsgált rendszer mechanikus - automatizáltsági foka a mérvadó. Ennek értelmében a dolgozó végezheti munkáját:

- mechanikus
- félautomata
- automata rendszerekben.

A tagolásnak megfelelően szükséges a vizsgálandó faktorok megállapítása, hiszen más-más igénybevételnek van kitéve a munkás, így az elvégzendő tevékenység minőségét, mennyiségét mennyiségét is más-más tényezők jellemzik.

### **Emberi megbízhatóság mechanikus rendszerekben**

A munka jellege minden mozzanatában az ember - szerszám kapcsolat függvénye. Tipikusnak mondható a műszaki-technológiai folyamatok esetén a karbantartási tevékenység, melynél a karbantartást végzők közvetlen kapcsolatban vannak a géppel, berendezéssel és az eszközzel, mellyel a javítási, szerelési munkát végrehajtják.

A következőkben meghatározza azokat a speciális jellemzőket, melyek e munka elvégzésének emberi oldalát minősítik.

Mechanikus ember - gép kapcsolatban munkát végzők az általános személyiségjegyeken túl jellemezhetőek:

- gyorsaság
- pontosság
- műszaki érzék
- fegyelmezettség
- kockázatvállalási szint
- alkalmazkodás
- idegrendszer terhelhetősége
- jelenlegi élethelyzet
- felfogóképesség
- értelmi színvonal
- műszaki intelligencia

tényezők felmérése utáni értékelésével. Az általános személyiségjegyekre az intelligencia és személyiségvizsgálati módszerek adnak lehetőséget. További, a működő technológiai rendszerek esetében meghatározandó jellemvonás kimutatása alkalmas eljárások pl. baleseti szituációban való viselkedés felmérése, neurózisszint, emberi kapcsolatok vizsgálata.

A fent felsorolt mérésére kétféle lehetőségünk van:

- műszeres mérések és
- tesztek alkalmazása.

*A műszeres mérések:*

- Moede-féle fonaltábla
- Crawford-féle igényszint vizsgáló
- reakcióidő mérés (fény-hang ingerre)
- választásos reakcióidő mérés
- tachystoscop
- tremor

## *Tesztek:*

- Raven
- Perczel-féle logikai teszt
- Perczel-féle kód teszt
- OTISZ
- Eysenck
- Miller
- MTVT
- MMQ
- Brengelmann
- Rosenzweig
- Batta-I.

A vizsgálati eljárások elvégzése és kiértékelése után (mely komoly pszichológiai ismereteket igényel, tehát fenti felmérésekhez és kiértékelésükhöz pszichológus munkájára van szükség), öt kategóriába sorolható az illető dolgozó. Az öt kategória:

- I. kiváló
- II. jó
- III. közepes
- IV. gyenge
- V. nagyon rossz

Az első három kategóriába tartozók végzettségüktől és képzettségüktől függően általában jól el tudnak helyezkedni. A IV. kategóriába tartozók csak bizonyos munkakörökbe, alacsonyabb színvonalon helyezhetők el, az V. kategóriába tartozókat legfeljebb gyári közterület takarítására, vagy hasonló jellegű munkára. A mechanikus munkát végzőkkel szembeni elvárások azt igénylik, hogy a dolgozók általában a II. és III. kategóriába tartozzanak. Ebben az esetben eleget tesznek - képességeiket és készségeiket tekintve - a tőlük elvárható megbízhatósággal végzett munka követelményeinek.

## **Emberi megbízhatóság félautomata és automata rendszerekben**

Ahogy a címből is érzékelhető, a félautomata és automata rendszerekben tevékenykedő emberek munkája megbízhatóság szempontjából testi- szellemi igénybevételt illetően közel áll egymáshoz. Ezért a két rendszerben dolgozók megbízhatósági jellemzőit együtt tárgyaljuk azzal a megjegyzéssel, hogy az utóbbi, különösen számítógéppel támogatott automata rendszerekben magasabb intelligencia szintre van szükség, illetve bizonyos fizikai és pszichológiai jellemzők esetén magasabb követelményeket támasztunk (pl. fegyelmettség, szabályok betartása, idegrendszer teherbíró-képessége, reakcióidő, éberség, tartós megfigyelőképesség tekintetében).

E két rendszerben tevékenykedők munkájának közös jellemzői:

- passzív megfigyelőképesség túlsúlya,
- ritkán, váratlanul véletlenszerű időpontban jelentkező zavarelhárító beavatkozás magas bonyolultsági foka,
- változó műszakbeosztás, ami éjszakai műszakot is magában foglal.

Ennek megfelelően a mechanikus rendszerekben dolgozókkal összevetve a megbízhatósági kritériumokat, illetve elvárásokat, az alábbi tényezőkkel lehet kiegészíteni az előbbi felsorolást:

- kompetencia mértéke
- monotóniatűrő képesség
- perifériás látás képessége
- fáradékonyság
- felfogó képesség
- két kéz koordinációs mozgása
- konfliktushelyzetben való viselkedés
- látás-hallás
- megfigyelőképesség.

A fenti tényezők mérése további tesztek, illetve műszeres mérési lehetőségek állnak rendelkezésünkre:

*tesztek:*

- kreativitás
- GT gondolkodási sémát vizsgáló teszt
- MMQ - Lügen faktorról
- Claridge-féle kérdőív

*műszeres mérések:*

- fiziológiai mutatók mérése (EKG, EEG, GSR)
- JATE-féle éberség vizsgáló
- fuziométer
- periméter
- percepcióméter
- koordinációs mozgás mérés
- KR-80, SR-80
- monotónia tűrés vizsgáló berendezés
- audióméter
- színlátás.

Az egyes vizsgálati módszerek, tesztek és műszeres mérések leírásától ebben a dolgozatban eltekintek.

Az ötös terjedelmű skálán történő mérés, vagyis a dolgozók besorolása hasonlóan történik a mechanikus rendszereknél leírtakhoz. Fokozottabb követelmények, tehát a II.-illetve I. kategória felé történő eltolódás igénye elsősorban azokra a faktorokra igaz, melyek a gyorsaság, pontosság, szabályok betartása, monotóniatűrés, neurocitás jellemzőket tükrözik.

A fent leírt módszerek segítségével kiválaszthatók a dolgozók a számukra leginkább megfelelő munkakörökbe, ahol várhatóan kellő megbízhatósággal fogják ellátni a rájuk bízott feladatokat.

Megjegyzendő, hogy a személyiség jellemzők és a képességek nem egymástól függetlenül befolyásolják a munkakörben történő beválást. Az érdeklődés, a motiváltság, az érzelmi és tudati állásfoglalás közvetlenül is hat a munka minőségére, bár elsősorban nem a konkrét feladatellátás sikeréhez, hanem a munkához való viszonyhoz, a munkakör-betöltés általános jellemzőihez kapcsolódik. A teljes értékű követelményrendszer, illetve a beválást befolyásoló tényezők meghatározásánál tekintetbe kell venni azt is, hogy a munkakör és a személy jellemzői a pályamegvalósítás, a munkakörellátás folyamatában milyen kapcsolatba kerülnek egymással a személy fejlődése szempontjából. Ez azt jelenti, hogy nemcsak a kielégítő feladatellátás, hanem a munkakörbetöltés személyre gyakorolt hatása is lényeges elemévé válik a követelményrendszer meghatározásának.

A személyi jellemzők kombinációja együttesen határozza meg, hogy az adott egyén milyen mértékben lesz sikeres meghatározott munkakörben. Pszichológiai vizsgálatok bebizonyították, hogy különböző pszichés jellemzők meghatározott intervallumon belül befolyásolják a beválás mértékét, azonban a befolyás erőssége különböző kombinációknál más-más. Néhány jellemzőnél - pl. intelligenciaszintnél - nem csak alsó, hanem felső határérték is meghatározható. Vizsgálatokkal feltárható az a kritikus érték, mely fölött már várhatóan a személy beválása csökkenni fog. Valószínűleg az értékhatárok a munkakör jellegétől függően jelentős mértékben eltolódhatnak. A képességek többsége egyértelmű kapcsolatba hozható a konkrét munkatevékenységgel, illetve a fizikai munkakörnyezettel.

A megbízható emberi munkavégzésre vonatkozó követelményeket, elvárásokat konkrét esetekben további értékelési faktorokkal lehet kiegészíteni, melyek kiválasztására az adott munkakör betöltéséhez készült pályatükör biztosít lehetőséget.

Ennek birtokában az előzőekben említett öt faktorú skálán történő mérés tovább finomítható.

Ugyancsak a pályatükrök figyelembevételével és/vagy a Magyarországon élő besorolási rendszer kategóriáinak szem előtt tartásával a mechanikus-félautomata-automata csoportosítás tovább differenciálható. Véleményem szerint azonban arra a célra, melyre modellemet használni kívánom, nem szükséges további megkülönböztetéseket tenni, mert a cél elérését nehezítenék, az eredményt pedig nem befolyásolnák szignifikánsan.

A leírt jellemzők számszerű mérésére (a méréselmélet szabályai szerint) csak sorrendi skála alkalmas, ezért ezen paraméterek, melyek befolyással lehetnek az emberi munkavégzés megbízhatóságára, napjainkban elsősorban a munkakör kiválasztásához, alkalmasság, beválás vizsgálatokhoz alkalmazhatók kielégítő eredménnyel. Ahhoz, hogy ugyanezen tényezők alapján a valóságos munkavégzési tevékenység bármely rendszerben értékelhető legyen, alapvető szemléletváltásra van szükség a termeléssel foglalkozó iparágakban. A méréshez, illetve értékeléshez adatok kellene, és olyan személyzet, aki természetesnek tartja az effajta megmérést, továbbá olyan vezetői réteg, aki fontosnak itéli az ember szerepét bármilyen nagy termelési értéket előállító folyamat részeként.

### 2.3. Az emberi megbízhatóság mérési lehetősége

A termelőfolyamatok, technológiai rendszerek természetes elemeként kezelt emberi jelenlét, - ahogyan ez a korábbi fejezetekből már egyértelműen kiderült - nagy mértékben befolyásolja a műszaki rendszer megbízhatóságát. Az irodalmi hivatkozásokból az is leszűrhető, hogy az emberi jelenlét "kettőssége" mint megbízhatóság növelő és csökkentő tényező egyidejűleg jelentkezik. A megbízhatóság növelése "tény" észrevétlenül érvényesül, hiszen nem érzékeljük, hogy kevesebb meghibásodás, termelés kiesés, berendezés leállás, vagy minőségromlás jelentkezik. A megbízhatóságot csökkentő tényezők már szembetűnőbbek, hiszen kiszűrhetők a meghibásodási adatokból

azok az okok, melyek az emberi munkavégzés hibája miatt következtek be. Ezek a hibák megnevezhetők, pl.:

- pontatlanság
- fegyelmezetlenség
- mulasztás
- figyelmetlenség
- tudatlanság stb.,

valamint gyakoriságuk számszerűsíthető. Ha az előfordulási valószínűséget becsülni tudjuk, a valószínűségszámítás lehetőségeit kihasználva becsléseket adhatunk meg a feltételes és teljes valószínűség tételei alapján arra vonatkozóan, hogy a műszaki rendszer meghibásodásai között milyen valószínűséggel fordul elő emberi hiba miatti meghibásodás, leállás, vagyis milyen mértékben csökkenti a rendszer megbízhatóságát az emberi munkavégzés megbízhatóságának hiánya.

Fentiek alátámasztására tekintsük át a modell alkalmazásához szükséges valószínűségszámítási lehetőségeket.

Mivel a berendezések meghibásodásainak, leállásának, stb. egy része emberi hiba miatt következik be, jelentsen

*A* esemény: emberi hibát

*B* esemény: berendezés meghibásodást és/vagy leállást.

A feltételes valószínűség tételét felhasználva, az események jelentését beillesztve a képletekbe, az alábbi egyenletet kapjuk:

$$P(A|B) = \frac{P(AB)}{P(B)} \quad (1)$$

A  $P(A/B)$  feltételes valószínűségi kifejezés esetünkben azt jelenti, hogy berendezés meghibásodást feltételezve mi a valószínűsége annak, hogy az, emberi hiba miatt következett be.

Az  $1-P(A/B)$  jelenti esetünkben adott berendezéshez kapcsolódóan az emberi megbízhatóságot, hiszen tudjuk, hogy a műszaki rendszerben előforduló hibák közül (kellően nagy számú statisztikai adat esetén), milyen valószínűség szerint következik be emberi tévedés.

Adott rendszerben valamennyi hivatkozott típusú ember - gép kapcsolatra kiszámíthatjuk a fenti értéket, hiszen a mechanikustól az automata rendszerig valamennyi esetben megadható a feltételes valószínűségi érték.

A számítások elvégzéséhez az adatok oly módon való szétválasztása szükséges, mely szerint egyértelművé válnak a műszaki rendszerből, a mechanikus ember - gép kapcsolatból (gépkezelő, karbantartó), a félautomata és automata ember - gép kapcsolatból eredő meghibásodások.

Az értékelésnél arra kell tekintettel lenni, hogy mechanikus rendszerek esetében egy ember egy, vagy több berendezéssel van szoros kapcsolatban. Megbízhatósága számszerűsítésénél arra az adott berendezésre vonatkozó meghibásodási adatokat kell tehát alapul venni, amelyet az ember kezel és/vagy javít.

Ennek megfelelően kiszámíthatjuk - a feltételes valószínűség tételének felhasználásával - valamennyi, a megbízhatósági modellben szereplő elemhez kapcsolódóan az emberi munkavégzés megbízhatóságát jellemző értéket.

Amennyiben az emberi megbízhatóságot valószínűségi alapon az egész rendszer szintjén minősíteni kívánjuk, a teljes valószínűség tételét használjuk fel.

Ez esetben jelentsék a  $B_1, B_2, \dots, B_n$  események az  $1., 2., \dots, n.$ -dik elem meghibásodását. Ezen események teljes eseményrendszert

alkotnak, vagyis egymást kizárják és uniójuk biztos esemény, továbbá  $P(B_i) \cdot O$ , A pedig az emberi hibát jelenti, akkor

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(A | B_i) * P(B_i) \quad (2)$$

Vagyis az emberi megbízhatóságot a mechanikus ember - gép rendszerben  $1 - P(A)$  értéke adja.

Félautomata és automata rendszerek irányításánál az ember (operátor, táblakezelő) a közbeiktatott műszerek, eszközök, számítógép segítségével irányítja a folyamatot, vétsége tehát több berendezéshez kapcsolódhat, melyekben nem pedig egyértelmű, hogy a hiba hatása hol jelentkezik. E különbség számításainkban való figyelembevételére az alábbi megoldás kínálkozik.

Először a műszaki, technológiai rendszer megbízhatóságát számítjuk ki. Ekkor csak azokat a meghibásodásokat vesszük figyelembe, melyek a műszaki rendszerből erednek, az emberi okokra visszavezethető meghibásodási adatokat figyelmen kívül hagyjuk.

Az automata, félautomata rendszert kezelő személyzet munkavégzési megbízhatóságát szintén a feltételes valószínűség tételének alkalmazásával tudjuk megadni, azzal a különbséggel, hogy mind a műszaki rendszer, mind az ember hibájából származó meghibásodási adatokat rendszer szinten kezeljük.

Az alkalmazott matematikai formula esetében az  $1 - P(A/B)$  érték jelenti az operátorok, táblakezelők munkavégzési megbízhatóságát.

### **3.A műszaki és emberi megbízhatóság együttes kezelése technológiai rendszerekben**

Műszaki rendszerek természetes alkotóelemei a gépek, berendezések, eszközök és az ezeket működtető személyzet. A modell-elmzés ezen részének célja az, ember - gép kapcsolat kifejezésre juttatása, számszerű megfogalmazása.

A műszaki rendszer meghibásodásait figyelembevéve kiválaszthatók az adatokból azok az esetek, melyek csak a berendezések műszaki meghibásodásaiból adódnak. Ezek figyelembevételével az irodalomból jól ismert megbízhatóság számítási módszerekkel (készenléti tényező, műszaki kihasználási tényező) a műszaki rendszer megbízhatóság szempontjából minősíthető.

A meghibásodási adatokból elkülöníthetők azok az esetek, melyek az emberi munkavégzés hibájára vezethetők vissza. Ezek felhasználásával egyrészt a műszaki rendszer megbízhatóságát számítjuk ki abban az esetben, ha csak emberi hiba, vétség miatt következik be rendszer-, vagy elem meghibásodás, leállás. Másrészt az adatok felhasználásával az emberi munkavégzés megbízhatóságát minősíthetjük, az előző fejezetben leírt valószínűségszámítási módszerek segítségével.

A műszaki és emberi megbízhatóság rendszer-szinten történő együttes kezelésére az alábbi megoldás kínálkozik.

Tekintsük a műszaki rendszer elemeit és az azokon (azokkal) munkát végző embert megbízhatóság szempontjából független elemeknek.

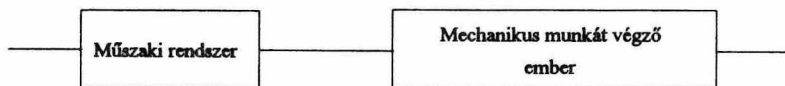
Feltételezzük, hogy adott munkakörbe az emberek kiválasztása az előzőekben leírt módon valósul meg, tehát elvileg adott a lehetőség a

maximális megbízhatósággal végzendő munkára. Ez esetben a berendezések nem azért fognak meghibásodni, mert az ember helytelenül végzi feladatát, illetve ezek az esetek az adatgyűjtés során kiszűrhetők. Ugyanígy az ember nem azért vét munkájában, mert a berendezés meghibásodik. Már az adatgyűjtés során szétválaszthatók azok a lehetőségek, amikor emberi, vagy műszaki okra visszavezethető berendezés-meghibásodásról van szó.

### Az okokat előídezheti

- műszaki rendszer esetében: anyagfáradás, kopás, korrózió, zárlat stb.
- ember esetében: a helytelen munkaerő kiválasztás, az ergonómiai, környezeti tényezők, a munkavégzés jellege (monotonitás), vagy automata irányítás esetén a felhasználói szoftver.

Ezek a tényezők egymástól jól elkülöníthetők, az általuk kiváltott hibák azonosíthatók. Figyelembevételükkel az általam felállított modellben a függetlenség feltételezésével a mechanikus ember - gép kapcsolat együttes megbízhatóságának számszerűsítésére a szorzási szabály érvényes. Vagyis a műszaki rendszer és annak elemein (elemeivel) munkát végző személyzet megbízhatóság szempontjából függetlennek tekintve, soros elemekként veendőek figyelembe.

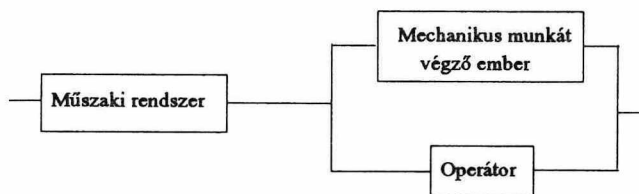


Azon rendszerek esetében, ahol a mechanikus kapcsolat mellett félautomata, automata ember - gép kapcsolat is létezik, (s napjainkban egyre inkább ez a jellemző), az operátorok munkavégzési megbízhatóságának számítására az előző fejezetben leírtak érvényesek.

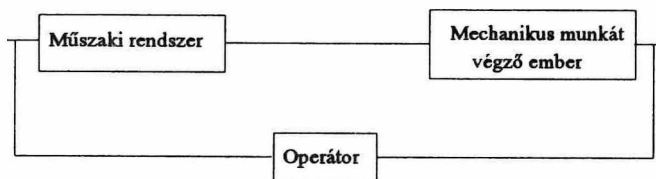
Mivel az ő munkájuk nagyrészt a műszerek, számítógépek segítségével a folyamatok irányítása, koordinálása, a rendszerre

vonatkozó megbízhatóságuk értékelése során többféle lehetőségünk adódik.

Abban az esetben, ha a mechanikus, illetve automata kapcsolatban tevékenykedő emberek egymás munkáját korrigálni tudják, adott esetben mintegy helyettesíthetők egymással beavatkozásaik révén, úgy tekintjük őket, mint párhuzamosan kapcsolt elemek, akik a megbízhatóság fokozása érdekében tevékenykednek. Az általuk elkövetett hibák, mint megbízhatóság csökkentő tényezők, a megbízhatóságuk minősítése során figyelembevehetők. A rájuk érvényes modell-kapcsolat a következőképpen ábrázolható:

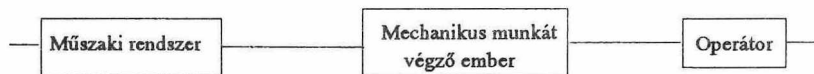


Amennyiben a műszaki rendszer és a mechanikus munkát teljesítő ember munkáját együttesen kezeljük, s ezen ember - gép kapcsolat felügyeletét látja el az operátor, a modell-kapcsolatot az alábbiak szerint értelmezhetjük:



Az előzőekben már tárgyalt függetlenséget feltételezve a műszaki rendszer és a mechanikus munkát végző ember között, azokat sorba kapcsolt elemeknek tekintjük. Ha az operátor szerepe az egész műszaki rendszer és az azt működtető ember felügyelete, hibáinak korrigálása, az operátort az előző elemekkel párhuzamosan kapcsolhatjuk.

Abban az esetben, ha a mechanikus és félautomata, illetve automata kapcsolatban munkát teljesítő emberek egymással nem helyettesíthető tevékenységet (is) látnak el, vagy az operátornak a felügyeleti munkáján túl egyéb beavatkozásokat is kell eszközölnie, (tevékenységeik azonban függetlenek egymástól), a megbízhatósági modellben történő ábrázolásukra, illetve számításbavételükre a soros kapcsolat jellemző.



#### 4. A környezet hatása

Egy műszaki, technológiai rendszer környezeti elemeinek elemzésénél számos tényező vehető figyelembe. A kvantitatív tényezők közül a karbantartási munka megbízhatósága jelent vizsgálati modellünk szempontjából lényeges hatást.

A karbantartási tevékenység a mechanikus ember - gép rendszerek tipikus megtestesítője.

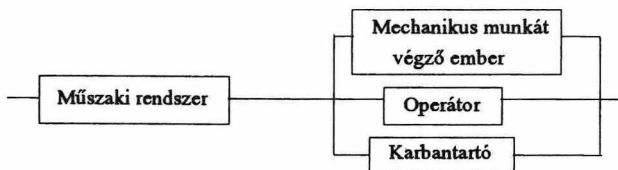
A karbantartási tevékenység a mechanikus ember - gép rendszerek tipikus megtestesítője.

A karbantartási tevékenységre vonatkozó információhalmaz segítségével az előző fejezetben leírtak alapján kiszámítható az a számszerű érték, mely az emberi megbízhatóságot jellemzi e tevékenységterületen. A műszaknaplók, karbantartási naplók és egyéb dokumentumok feldolgozásával (gépkarton, elszámoló ív stb.) kigyűjthetők azok az információk, melyek egyértelműen azonosíthatják számunkra a karbantartói munka hiányosságai miatt bekövetkező rendszerbeli meghibásodásokat. Ezen valószínűségi értékek összevetésével kiderül, hogy mennyivel lenne megbízhatóbb a technológia, ha a karbantartói személyzet nem követne el hibát,

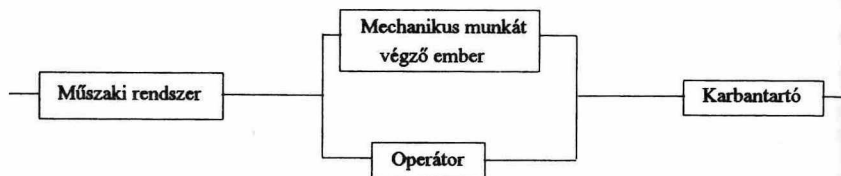
mulasztást. A mechanikus ember - gép kapcsolatnál megismert módon a számítást elvégezve, a feltételes valószínűség és teljes valószínűség tételeinek felhasználásával elemi, majd rendszer szinten megkapjuk, hogy a karbantartók milyen megbízhatósággal végzik munkájukat, milyen valószínűséggel következnek be a berendezés meghibásodása a karbantartó személyzet miatt.

Azok a környezeti hatások, melyek a hagyományos értelmezés szerint befolyásolják az emberi munka megbízhatóságát (pl. ergonómiai tényezők, szociális körülmények, munkatársi kapcsolatok) modellemben az operátorok esetén vehetők csak figyelembe. Mechanikus ember - gép kapcsolatok, valamint szabadtéri telepítésű üzemek esetén e hatások elvesztik jelentőségüket, így befolyásuk nem minden helyzetben döntő jelentőségű. Ezen tényezők bármelyike bár számszerűsíthető, (pl. hőmérsékleti viszonyok, zaj, fény, por stb.) az emberi megbízhatóságra kifejtett hatásuk kifejezése megmarad a szubjektív becslés szintjén. A karbantartók munkája, mint környezeti tényező, mechanikus kapcsolatként veendő figyelembe. Tevékenységük kihatással van a műszaki rendszer működésére, s bizonyos mértékig a folyamatot irányító, kezelő személyzetnek a tevékenységeit is meghatározza. Rosszul végzett karbantartási munka esetén a technológiát működtető személyzet kötelessége a felmerült hibát korrigálni, esetleg elhárítani. A munkavégzésük megbízhatósága azonban egymástól függetlennek tekinthető, hiszen nem azért fog a karbantartó helyileg is elkülönített műhelyben rossz munkát végezni, mert a készülékkezelő vét, vagy fordítva. Függetlenségüket feltételezve, s a rendszerhez való környezeti kapcsolódásukat tekintve az alábbi három módon értelmezhető a rendszer-kapcsolatuk:

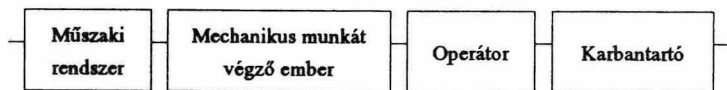
1. Amennyiben a karbantartók munkája a műszaki rendszert üzemeltető személyzettel együtt úgy értelmezhető, hogy az emberek egymással helyettesíthetők, egymás hibáit korrigálni tudják, a műszaki rendszerrel soros kapcsolatban, az emberek egymással párhuzamos kapcsolatban vannak.



2. Abban az esetben, ha a karbantartó személyzet munkája a műszaki rendszertől és az üzemeltető személyzettől teljesen elkülönült, a megbízhatósági modellben soros kapcsolatban szerepel.



3. Ugyancsak sorosan kapcsolt elemként kezelhetjük abban az esetben is, ha a műszaki rendszer és az üzemeltető személyzet különböző típusai sorosan kapcsolt elemekként jelennek meg, s a karbantartók elkülönült tevékenység formájában végzik munkájukat.



A folyamatok irányítása szempontjából kulcsfontosságú szerepe van a vezetői döntéseknek. Mivel a feladatok elvégzésének minden fázisát - a hierarchia egyes lépcsőin - döntés előzi meg, a karbantartási folyamatok esetében is kitüntetett szerepe van a döntési mechanizmusoknak, melyekről a következőkben szólok.

Azon környezeti tényezők, közül, melyek hatása a megbízhatóságra kvalitatív formában adható csak meg, vizsgálati módszeremben az alábbiak veendőik figyelembe:

- a vezetői döntéshozatal, kockázatvállalás,
- az utasítások kiadása és számonkérése,
- az információs és kommunikációs utak,
- a motiváció.

A vezetői döntéshozatal, a döntések következményei tekintetében felvállalt kockázat egyidejűleg jellemzi a vezetőt, mint embert és ugyanakkor az alárendelt szervezet irányítására is hatással van. Azokon a szervezeti hierarchikus szinteken, ahol az emberi munkavégzés elszakad a fizikai eszközökkel irányított vezérelt folyamattól, vagy közvetlen ember - gép kapcsolattól, az emberi munkavégzés megbízhatósági jellemzői között a vezetői döntések hozatalának folyamata, módszerei, a racionális-irracionális döntéshozatal játszik meghatározó szerepet.

Ahhoz, hogy a vezető döntései során a helyes alternatívát válassza céljai elérése érdekében, elsősorban a döntési helyzetet kell felismernie. A döntési szituáció ismerete a döntési alapmodell egyes elemeinek azonosítását feltételezi. Ezek:

- döntéshozó,
- cselekvési változat,
- tényállapotok,
- döntési kritérium,
- eredmény, következmény. [7]

*Döntéshozó* az a személy (vagy csoport), aki a cselekvési változatok közül választ. (Esetünkben a vezető.)

*Cselekvési változat* a döntéshozó hatáskörébe tartozó szabályozható változók bizonyos módon való együttese.

Tényállapotok olyan események, amelyek a cselekvési változat tényezőinek hatására következnek be, de a cselekvési változat következményére hatással vannak.

*Egy következmény (eredmény)* egy cselekvési változat és a tényállapotok együttes hatásának eredménye.

*Döntési kritérium* olyan előírás, amely megmutatja, hogyan használjuk fel az információkat egy cselekvési változat kiválasztására.

A döntéshozót befolyásolja döntései (cselekvési változatok közötti választásai) során a kialakult értékrendje, az adott gazdasági környezet, a technikai feltételek és a rendelkezésre álló információk.

A tényállapotokra, vagy a következményekre vonatkozó valószínűségek alapján döntési osztályokat különböztetünk meg. Ezek:

- biztos döntések osztálya,
- bizonytalan döntések osztálya,
- kockázatos döntések osztálya és
- konfliktusos döntések.

A *biztos döntések* osztályában tudjuk egy cselekvési változat esetében melyik következmény lesz az eredmény. Konfliktusos döntés esetében a döntéshozó intelligens ellenféllel (ellenfelekkel) áll szemben. A technológiai folyamatok, a hozzájuk tartozó szervezet, az üzemek irányításánál felmerülő döntések a bizonytalan, és a különösen kockázatos döntések osztályába sorolhatók.

A *bizonytalan döntések* osztályába soroljuk azokat a döntési problémákat, amelyekben nem ismerjük a tényállapotok (illetve a következmények) valószínűségeit. Ebben a döntési osztályban egységes döntési kritérium nincsen. A döntéshozó pszichológiai beállítottságától függően definiálhatunk kritériumokat.

## A legismertebb döntési kritériumok az alábbiak:

- Wald-kritérium
- Savage-Niehans kritérium
- Hurvicz-kritérium
- Laplace-kritérium.

A vezetői tevékenységgel kapcsolatos legtöbb döntési probléma a dockázatos döntések osztályába esik. A kockázatos döntések osztályába tartoznak mindazok a döntések, amelyek esetében a tényállapotok (vagy következmények) valószínűségei ismertek, azaz, ismeretes a valószínűség-eloszlásuk.

A kockázat kezelése vezetői döntések esetén két részre bontható. A kockázat becslésére és a kockázat értékelésére. Előbbi esetben a szervezet vezetője a döntési negatív következményei azonosítására és bekövetkezésük valószínűségének meghatározására kell, hogy koncentráljon, utóbbi esetben pedig a kockázatnak a szervezet, s a tágabban értelmezett emberi-gazdasági környezet számára történő elfogadhatóságát minősíti. Mindezen tények figyelembevétele, vizsgálata, elemzése a szervezet működési megbízhatóságának megítélését segíti elő.

Az utasítások kiadása és végrehajtásuk számonkérése folyamatában tetten érhetőek azok az elemek, amelyek a vezetői, emberi magatartás, személyiségjegyek felméréseivel előre becsülhetők, s azok, melyek a munkafeltételek a technológiai folyamatok vizsgálata során azonosítható módon összefüggésbe hozhatók a belső és külső környezet kényszerítő hatásával. Az üzem, a technológia működésére kiható feladatok számos emberi tevékenységből tevődnek össze, melyek igen bonyolultak, de elemezhetők. Ezen feladatokra közös befolyással vannak az utasítások és ellenőrzések, melyek közötti összefüggésekre igen nagy figyelmet kell fordítani. Ide tartozik szoros összefüggésben az információs és kommunikációs csatornák kiépítése és működtetése, hiszen ezek hiányában, vagy rossz működtetése esetén

a rendszer megbízhatósága komoly veszélybe kerül. Ezen folyamatok (döntés, utasítás, ellenőrzés) elemzésekor ugyancsak figyelemmel kell lenni az ember természetére, akik a folyamatok "elszenvedői". Valamennyi fent felsorolt tényező - mint a megbízhatóság előfeltétele - megszervezése, szinten tartása, jobbítása a vezetőségre hárul.

A vezetőség magatartásának létfontosságú hatása van a műszaki műveletek, s azokkal közvetlen kapcsolatban munkát végző emberek megbízhatóságára. A szigorú adat-összeállítások, az utolsó pillanatban végrehajtott változtatások, az emberek közötti rossz kapcsolatok, feszültségek és bizonytalanságok, a túlzott költségcsökkentések és a valótlan teljesítőképességi előírások, az utasítások kiadásának időpontja és minősége, az ellenőrzési helyek és időintervallumok megválasztása a bejárhatóságot (oda-vissza) biztosító kommunikációs csatornák mind a megbízható műszaki és emberi tevékenységet befolyásolják. Az életképesség fenntartásához és ezzel egyidejűleg a megbízhatóság eléréséhez feszes, fegyelmezett és összetartott szervezetre van szükség, amelyen belül a vezetőség és a személyzet között kölcsönös tiszteletnek kell fennállni, amelyet áthat egy magasintű etikai és önmebecsülési érzés.

Az utóbbiakhoz szorosan kapcsolódik a motiváció kérdése. Ennek kutatása az évszázad elején elindult és eredményei napjainkban is jól alkalmazhatók. Bizonyos motiváló elemek hatására az emberek jobban, gyorsabban, pontosabban stb. képesek dolgozni. A motivátorok kiválasztása a közösség összetételétől, a vezető mentalitásától, a fizikai és gazdasági lehetőségektől függ. A legkülönbözőbb célok és azok díjazása, erkölcsi és pénzbeli, egyéni és csoportos jutalom tűzhető ki. Ezek hatása a megbízhatóságra és biztonságos munkavégzésre elvitathatatlanul pozitív és számos tanulmányban fellelhetők ezzel kapcsolatos beszámolók.

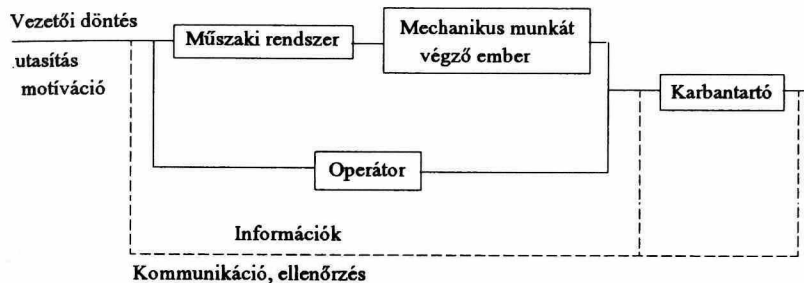
Összességében elmondhatjuk, hogyha az ember - gép rendszer megbízhatóságát befolyásoló környezeti tényezőként a vezetői

magatartást, mentalitást, vezetési stílust akarjuk meghatározni, az előzőekben felsorolt négy alapfontosságú faktor (döntés, utasítás, kommunikáció, motiváció) vizsgálatára az alábbi módszereket szükséges felhasználni:

- folyamatok elemzése,
- ergonómiai tényezők, viselkedési módok felmérése, elemzése,
- döntési stratégiák, döntési rendszerek vizsgálata,
- kommunikációs lehetőségek felmérése,
- lehetséges emberi hibák elemzése,
- motivációs rendszer kidolgozása.

A fentiek figyelembevételére azért is nagyon lényeges, mert a nagyon jó vezetéstől a nagyon gyenge vezetésig terjedő tartományban egy nagyságrenddel is megnövekedhet az üzemi megbízhatóság, a balesetek előfordulásának kockázata.

Az ember - gép - környezet rendszer egésze megbízhatóságának minősítéséhez, számszerű kifejezéséhez az előzőekben tárgyalt kvalitatív tényezőkkel kiegészítve pl. az alábbi modell ad lehetőséget.



Ily módon valamennyi, az előzőekben bemutatott rendszerkapcsolat kiegészíthető a kvalitatív tényezőkkel.

## 4.1. Megbízhatóság szemléletű biztonságtechnikai vizsgálati módszer, az emberi kockázat

A vizsgálati módszer részét képezi az ember - gép - környezet rendszer megbízhatóság-szemléletű elemzésének, így a megbízhatóság-elmélet által megalapozott és elfogadott fogalmakra épít. A 2. ábrán bemutatott modell-összefüggésekből levezetve a módszer bemutatásához a műszaki kockázati modellhez kell visszanyúlni.

Ha a műszaki kockázati modell egyes elemeihez az emberi tartózkodás gyakoriságát rendeljük, a biztonságtechnikai kockázati modellhez jutunk. Így a rendszer működése során fellépő humán, vagy biztonságtechnikai kockázat értékét számszerűsíthetjük. Az emberi tartózkodás gyakoriságára vonatkozó adatokat a készülékkezelői tevékenység mintavételes munkanap-felvételével, a szinkron-koncentrált multimoment filmtechnika felhasználásával kapjuk meg. A vizsgált üzemekben rendelkezésre álló meghibásodási adatok összegyűjtése utána megbízhatósági vizsgálat elvégzéséhez az előzőekben már hivatkozott számítógépi programrendszer rendelkezésre áll.

A 2. ábra értelmében a műszaki és gazdasági kockázat számszerűsítése utáni feladat, a biztonságtechnikai kockázati modell segítségével, az emberi kockázat értékének kiszámítása.

Az irodalomban közzétett különböző módszerek mindegyikének vannak előnyös tulajdonságai, azonban egyértelmű, s valamennyire jellemző hiányosság, hogy a módszerek nem adnak explicit kockázati értéket, és azt az elfogadható kockázati értéket, vagy sávot, mely az egyén és társadalom szempontjából egyaránt vállalható. Ezt a vizsgálati modellben határkockázat névvel jelöltem, amelynek a rögzítésével a folyamatok a biztonságos és veszélyes kategóriákba sorolhatók.

Ennek az értéknek a megadása történhet pl. a polgári zónában elfogadhatónak ítélt általános emberi kockázat értékéhez való viszonyítással.

A polgári zóna kockázati szintjén az infrastruktúra használata, a mindennapi életvitelhez kapcsolódó kockázatot értjük. Ez különböző szabványok szerint változik, de nagyságrendje kb.  $10^{-5}$  -  $10^{-6}$  haláleset fő/év.

Kockázatos döntési szituációban a szubjektív valószínűség kategóriájának alkalmazásához, kitűnő lehetőséget nyújt a Bayes-tétel alkalmazásán alapuló Bayes-logika, mely a feltételes valószínűségeen és az előzetes, a priori információkon alapul.

A logika alapján a műszaki kockázat megbízhatóság-szemléletű számszerűsítésével összekapcsolható az emberi biztonság. Mivel személyi baleset, emberi sérülés akkor következik be, ha ember jelen van, tételezzük fel, hogy minden berendezés-meghibásodás esetén személyi károsodás következik, vagy következhet be.

Jelentse "A1" esemény a dolgozó jelenlétét,  
"B2" esemény a berendezés-meghibásodást.

A feltételes valószínűség elvét alkalmazva az alábbi következtetésre juthatunk.

A  $P(B2/A1)$  feltételes valószínűségi kifejezés azt jelenti, hogy a dolgozó jelenlétét feltételezve, mi a valószínűsége annak, hogy berendezés-meghibásodás következik be.

Ezen értékek kiszámításával valamennyi berendezésre vonatkozóan tehetünk megállapításokat. Ezt a feltételes valószínűségértéket hiányzó információk miatt gyakran nem tudjuk számítani.

Rendelkezésünkre állhatnak az ipari gyakorlatban azonban olyan adatok, melyek birtokában a Bayes-logika felhasználásával ugyanezen feltételes valószínűségértéket számszerű formában előállíthatjuk.

A Bayes-tétel matematikai formája az alábbi:

$$P(B_2 | A_1) = \frac{P(B_2 | A_1) * P(B_2)}{P(A_1 | B_2) * P(B_2) + P(A_1 | B_1) * P(B_1)} \quad (3)$$

**Az események jelentése:**

$A_1$  - a dolgozó jelen van

$A_2$  - a dolgozó nincs jelen

$B_1$  - hibátlan berendezés-működés

$B_2$  - meghibásodás, rendellenes működés.

A  $B_1$ ,  $B_2$  eseményekre vonatkozó valószínűségi értékeket becsülni tudjuk a következők szerint:

$P(B_1)$  értéke a számítógéppel támogatott megbízhatósági elemzés alapján számítható,  $P(B_2)$  ennek komplementere.

*Ezek a priori információk.*

A feltételes valószínűségek a posteriori információk alapján írhatók fel.

Az egyes berendezések környezetében végzett filmtechnikai megfigyelés eredményeként objektív értékek állnak rendelkezésünkre  $P(A_1)$  értékére vonatkozóan. Ezt az adatot felhasználva az emberi kockázat számszerű értéke megadható:

$$P(B_2 A_1) = P(B_2 | A_1) * P(A_1) \quad (4)$$

Ez a valószínűségérték (humán kockázat) azt jelenti, hogy a berendezés meghibásodása, rendellenes működése éppen a dolgozó jelenlétében következik be, vagyis a baleset bekövetkezésének esélye.

Az egész üzemre (technológiai rendszerre) vonatkozó globális megítéléshez a veszélyességi kategória megállapítása szükséges. Ehhez ugyancsak a Bayes-logikát felhasználva, a kapott feltételes valószínűségi értéket a polgári zónában általánosan elfogadott ún. alapkockázat értékéhez viszonyíthatjuk. Ezt a számot határkockázati értéként jelölve, a vizsgált technológiai folyamatról objektíven eldönthetjük, hogy a veszélyes, vagy a biztonságos kategóriába tartozik.

Számszerűsítési módszerünkben a vezető (döntéshozó) a kockázatot a határkockázati érték megállapításakor vállalja. Ehhez a döntéshez tehát objektív és szubjektív valószínűségértékek állnak rendelkezésre, azonban minden döntésnél figyelembe kell venni az emberi magatartásban rejlő bizonytalansági tényezőket, s a társadalom ítéletalkotását is.

## **5.A megbízhatóság gazdaságossági vetülete ember - gép - környezet rendszerben**

A már többször emlegetett modell-összefüggések (2.sz. ábra) egyik súlyponti része a gazdasági kockázati modell. A műszaki kockázati modell elemeihez hozzárendelve az elem meghibásodásának (vagy nem működésének) gazdasági kockázati elemeit, - mint termelés kiesés, befejezetlen termelés és félkésztermék termelésben bekövetkező kiesés, az elmaradó, vagy később jelentkező eredmény, az üzemképesség visszaállításának anyag-, bér- és egyéb költségei, a gazdasági kockázati modellhez jutunk. A gazdasági kockázati modell felvilágosítást ad arról, hogy az elemek és a rendszer esetleges meghibásodása mekkora gazdasági kockázatot jelent.

Kifejezhető az az érték is, amely az emberi vétség miatti berendezés és/vagy elem meghibásodását okozza. A kétféle módon meghatározott gazdasági kockázati modell összevetésével egyértelműen kiderül, mennyi az a pénzben kifejezhető plusz ráfordítás, ami az emberi megbízhatóság miatt jelentkezik.

A környezeti tényezők között szerepeltetett karbantartási tevékenység anyagi vonzatai is számszerűsíthetők, amennyiben ismertek az elvégzett javítási munkák paraméterei (időbeli ráfordítás, felhasznált anyag, alkatrész stb.)

Gazdasági kockázat számítható arra az esetre is, amikor az adott tevékenységi kör ellátásához (megfelelő kiválasztási rendszer, alkalmasságvizsgálat hiányában) nem a megfelelő végzettségű, képzettségű emberek kerülnek alkalmazásra. A szükségtelenül magasabb képzettséggel, intelligenciával rendelkező, alacsony kvalitású munkát ellátó embereket - bizonyos mértékig - jobban meg kell fizetni, ami folyamatosan jelentkező felesleges kiadást jelent. Ezen túl, a munkahelyükön unatkozó, nem leterhelt emberek gyakrabban követnek el hibákat, ami ugyancsak további anyagi károsodáshoz, balesethez vezethet.

A gazdasági kockázat meghatározása során tehát, a műszaki kockázatból levezetett gazdasági kockázati modellben szereplő érték mellé további anyagi jellegű kockázati értékeket kell állítani - a fentiekben leírtak alapján - ahhoz, hogy objektíve ítélhessük meg az ember - gép - környezet rendszer megbízhatósága alapján levezetett tényleges és valószínűsíthető költségeket.

A dolgozatban bemutatott vizsgálati módszert az üzemi gyakorlatban teszteltük. Az eredmények illusztrálására az alábbi összefoglaló táblázat adatai szolgálnak, melyek a gazdasági kockázat értékeit foglalják össze.

Termékek	Gazdasági kockázat Ft/hó	Emberi hiba	Karbantartási hiba	Műszaki hiba eFt
		miatti állásidő költségvonzata		
Benzol	184971	42358	20939	518620
Toluol	150394	34440	10725	421670
Xilol-elegy	75481	17285	8544	211630
O.xilol-elegy	62798	14381	7109	178880
Aromatol	22173	5078	2509	62169
C9+	17507	4009	1982	49086
Raff.-1	63857	14623	7229	179040
Raff.-2	85796	19647	9712	240550
<b>Összesen:</b>	<b>662977</b>	<b>151821</b>	<b>68749</b>	<b>1861645</b>

A költségek 10.6 %-a írható az emberi munkavégzés hiányosságára.

## ***Irodalomjegyzék***

- [1] Asbjorsean, O.A. - Foyer, L. - Solberg, P.M.:  
Kemia Kemia 5. 3. (1978)
- [2] Bálint I. - Murányi M.: Munkalélektan  
Táncsics Könyvkiadó, Budapest (1973)
- [3] Dhillon, B.S.: On Human Reliability - Bibliography.  
Microelectronics and Reliability.  
Vol 20. (1980)
- [4] Dhillon, B.S. System Reliability Evaluation  
Models with Human Errors, IEEE Transactions on Reliability  
Vol 32. (1983)
- [5] Dhillon, B.S.: Stochastic Models for Evaluating  
Probability of System Failure Due to  
Human Error.  
Microelektronics and Reliability  
Vol. 24. (1984)
- [6] Dhillon, B.S.: Human Reliability: with Human Factors  
New York, Pergamon Press Inc. (1986)
- [7] Gaál Z. - Kovács Z.: A megbízhatóság, karbantartás és kockázat néhány  
összefüggése "Karbantartási tevékenység szervezése a 90-es években - európai  
szemmel"  
Konferencia kiadvány  
Veszprém, (1990)
- [8] Gaál Z.: Kémiai technológiai rendszerek megbízhatósága  
Kandidátusi értekezés Veszprém (1983)
- [9] Hettinger, C.W.: Analysis of Equipment Failures Caused  
By Human Errors, Report No REL-R-COS,  
Convair-Astronautics, USA, April (1958)
- [10] Kovács Z.: A megbízhatóság és karbantartás kapcsolata technológiai  
rendszerekben  
Kandidátusi disszertáció (1990)

- [11] Le Van, W.J.: Analysis of the Human Errors Problem in the Field, Report No. 7-60-932004, New-York, Bell Aerosystems Company, Buffalo, June (1960)
- [12] Meister, D.: Human Engineering Survey of Difficulties in Reporting Failure and Consumption Data, Report No. ZX-7-035, Convair-Astronautics, USA, September (1958)
- [13] Meister, D.: Methods of Predicting Human Reliability in Man-Machine Systems, Human Factors, Vol 6. (1964)
- [14] Munger, S.J. - Smidh, R.W. - Payne, D.: An Index of Electronic Equipment Operability: Data Store, Report No. AIR-C43-J (62 RP 1), Pittsburgh, American Institute for Research, (1962)
- [15] Rook, L.W.: Reduction of Human Errors in Industrial Production, Report No. SCTM 93-63/14, Albuquerque, New Mexico, USA Sandia National Laboratories, June (1962)
- [16] Rook, L.W.: Motivation and Human Error, Report No. SCTM-65-135, Albuquerque, New Mexico, USA, Sandia National Laboratories (1965)
- [17] Shapero, A. - Cooper, J.I. - Rappaport, M. - Schaeffer, K.H. - Bates, C.J. Human Engineering Testing and Malfunction Data Collection in Weapon System Programs (WADD Technical Report No. 60-36) Ohio, Wright Air Development Division, Wright-Patterson Air Force Base, February (1960)
- [18] Swain, A.D.: Method for Performing a Human Factors Reliability Analysis, Report No. SCR-685. Albuquerque, New Mexico, USA, Sandia National Laboratories (1963)
- [19] Swain, A.D.: Overview and Status of Human Factors Reliability Analysis, Proceedings of the 8 th Annual Reliability and Maintainability Conference. New-York, Gordon and Breach Publishers (1969)
- [20] Williams, H.L.: Reliability Evaluation of the Human Component in Man - Machine Systems. Electrical Manufacturing, April (1958)