

## **Termelési és karbantartási feladatok menedzselése elosztott szakértői rendszerekkel**

Hegedűs Csaba, Pannon Egyetem, Veszprém  
hegeduscs@gtk.uni-pannon.hu

Kiss Judit, Pannon Egyetem, Veszprém  
kissjudit@gtk.uni-pannon.hu

Cserti Péter, Pannon Egyetem, Veszprém  
cserti@almos.uni-pannon.hu

Németh Anikó, Pannon Egyetem, Veszprém  
nemethani@gtk.uni-pannon.hu

Dr. Kosztyán Zsolt Tibor, Pannon Egyetem, Veszprém  
kzst@vision.vein.hu

### *Abstract*

*Creating a maintenance plan for managing production and service processes can be handled as a special area of project planning, because the order of the tasks are commutable in most cases, but the order of the operations within the tasks are fixed. In this paper we present an expert system which is capable of finding the optimal maintenance plan by applying risk based ranking of the tasks with consideration of time and resource constraints.*

*The expert system determines that when a given task should be accomplished, as well as by whom and how much are the time, cost and resource demands of the realization.*

*Keywords: risk management, stochastic processes, project expert matrix (PEM), project expert system*

### **Bevezető**

Termelési és szolgáltatási folyamatok, vagy a folyamatot megvalósító berendezések karbantartási feladatainak ütemezését tekinthetjük speciális karbantartási projektnek (lásd: [Szabó, 2005; Szabó et al., 2007]). Azonban a hagyományos projekttervezési technikák számos, a karbantartás során felmerülő problémát megválaszolatlanul hagynak. Az egyik probléma, ami a karbantartási terv összeállításánál felmerülhet, hogy mely karbantartási tevékenységet milyen sorrendben hajtsuk végre. Erre a determinisztikus logikai tervezési technikák nem adnak megfelelő választ, hiszen egy berendezés javításának technológiai folyamata kötött. Itt az egyes lépéseket nem igazán lehet felcserélni, de azt hogy mely berendezéseket javítsuk, az már lehet egy prioritási sorrend, valamint a rendelkezésre álló idő-, költség- és erőforrásigények függvénye is. A következőkben bemutatjuk, hogyan rangsorolhatóak a karbantartási műveletek, és ezt a rangsort felhasználva hogyan állíthatóak elő a mátrixos módszerekkel a megengedett projekttervek, majd pedig genetikus algoritmusokkal hogyan található meg az optimális projektstruktúra.

Mindezen feladatokat egy projekt szakértői rendszerbe egyesíthetjük.

### **1. Karbantartási és folyamatszabályozási tevékenységek kockázat alapú rangsorolása**

Termelési és szolgáltatási folyamatok felügyelete, legyen szó a berendezések üzemszerű működésének vagy a termék megfelelőségének biztosításáról, általában valamilyen fo-

lyamat- vagy termékjellemzők mérésével történik. Ha egy jellemző nemmegfelelőséget mutat, azaz átlépi a tűréshatárokat, beavatkozunk a folyamatba vagy karbantartást végzünk. Egy mérés mindig bizonytalansággal terhelt. Bizonytalanságot okoz a mérőműszer pontatlansága, a leolvasási hibák, illetve a mintavételezésből adódó becslések. Az 1. táblázat mutatja, hogy milyen kimenetelei lehetnek egy mérési eredményre alapozott döntésnek. Már korábban rámutattunk [Kosztyán et al., 2008; 2009; 2010; Kovács et al., 2009], hogy ilyen helyzetekben a mérési bizonytalanság figyelembevétele szükséges a helyes döntéshozatal érdekében. Az egyes kimenetekhez rendelt  $c_{ij}$  költségeket és a bekövetkezési valószínűségüket alapul véve, kiszámíthatjuk a legkisebb összes döntési kockázattal járó beavatkozási határt.

1. táblázat: Döntési kimenetek a mért értékre alapozva

| Költségek ( $c_{ij}$ ) |                                               | Döntés                                             |                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                        |                                               | Továbbengedjük a folyamatot                        | Karbantartunk, beavatkozunk                         |
| <b>Tény</b>            | Az előrejelzési időszak alatt nem megy tönkre | Helyes továbbengedés<br>$c_{11}$                   | Felesleges karbantartás (elsőfajú hiba)<br>$c_{10}$ |
|                        | Az előrejelzési időszakon belül tönkremegy    | Elmaradt karbantartás (másodfajú hiba)<br>$c_{01}$ | Helyes karbantartás<br>$c_{00}$                     |

Annak érdekében, hogy a beavatkozási tevékenységek tervezhetőek és ütemezhetőek legyenek, nem elegendő a már lemért eredményekkel foglalkozni, tudnunk kell, hogy várhatóan milyen értéket vesznek fel a jövőben. A vizsgált jellemző lefutását, a mérési eredményeinket, kezelhetjük időszorként, és a megfelelő dekompozíció után sztochasztikus folyamatmodellekkel előrejelezhetjük a következő időszakokra a várható értékeket. A korábbi mérési eredményekből meghatározhatjuk az idősor struktúráját, és becsülhetjük a paramétereit. Azonban ez a becslés is tartalmaz bizonytalanságot, minél távolabbra jelezünk előre, annál nagyobb bizonytalansággal kell számolnunk.

Ha előrejelzések alapján döntünk, meg kell fontolnunk a döntéseink várható költségét: Ha korábban avatkozunk be a kelleténél, akkor kihasználatlan teljesítményünk keletkezik, ennek mértéke - így költsége - az idő előrehaladtával csökken. Ezzel szemben, ha nem végezzük el időben a karbantartást, és meghibásodik a berendezés, akkor a tönkremenetel mellett egyéb járulékos költségeink (egészségügyi, környezeti, gazdasági) is lehetnek. Ezek a költségek azonban nem függnek a bekövetkezés idejétől. Tehát vannak időtől függő és független költségeink. A minimális összes kockázathoz tartozó beavatkozási határ így minden időpillanatra kiszámítható vagy szimulációval meghatározható a költségekből és a döntési kimenetek valószínűségéből.

Ha folyamatonként és jellemzőkként ismert a minimális összes kockázathoz tartozó beavatkozási határ és a határ átlépésének költsége; az előrejelzett értékből és hozzá kapcsolódó bizonytalanságból megadható, hogy egy rögzített tervezési időtávon belül mekkora az ezen a határon való átlépés valószínűsége. Így az egyes folyamatokhoz vagy berendezésekhez kockázatokat rendelhetünk (a költségek és a bekövetkezési valószínűségek szorzataként), és a kockázatok alapján rangsorolhatjuk a beavatkozási feladatok fontosságát.

## 2. Mátrix-alapú projekttervezési módszerek alkalmazása karbantartási tervek, karbantartási projektek összeállítására

A hálótervezési módszerek mellett elsősorban termékfejlesztési projektek kezelésénél egy másik megközelítés is előtérbe került melyet **DSM**-nek neveznek (Design Structure Matrix [Steward, 1981], Dependency Structure Matrix [Eppinger et al, 1994; MIT DSM Research Group, 2005]). A DSM-ben a tevékenységek közötti rákövetkezést egy ún. adjacencia mátrixban „X” jelöli. A DSM továbbfejlesztését **Numerikus DSM**-módszernek nevezik, és az „X”-ek helyett számokat írnak a cellákba, így azok reprezentálhatják a két tevékenység közötti függőség fokát [Tang et al., 2009; Yassine et al., 1999]. Nem foglalkoztak azonban azzal, hogy attól függően, hogy egy bizonytalan kapcsolat létezik, vagy sem két külön projektstruktúrát kaphatunk. A lehetőségek legenerálására létrehoztunk egy eljárást, melyet **sztochasztikus hálótervezési módszernek (SNPM – Stochastic Network Planning Method)** neveztünk utalva arra, hogy eredményül több projektháló is kaphatunk. (2. táblázat)

Az általunk kifejlesztett SNPM-módszerben 0-val vagy üres cellával jelöltük, ha két tevékenység között *nincs* függőség; 1-essel, ha két tevékenység között *biztos* rákövetkezési reláció van. Ha két tevékenység között a kapcsolat erőssége 0 és 1 között van, akkor azt mondjuk, hogy a tevékenységek között *bizonytalan* kapcsolat áll fent. Ha a kapcsolat erőssége helyett azt mondjuk, hogy a kapcsolatok súlyszámai a kapcsolatok valószínűségét jelölik, és ezt **A** és **B** tevékenység esetén  $p_{(A,B)} \in [0,1]$ -gyel jelöljük, akkor  $1-p_{(A,B)}$  annak a valószínűségét mutatja, hogy e két tevékenység nincs kapcsolatban egymással.

Ha  $1-p_{(A,B)}=p_{(A,B)}=0,5$ , akkor azt mondjuk, hogy a két tevékenység közötti kapcsolat *indifferens*. Ha például  $p_{(A,B)}=0,5$ , akkor a 2. táblázat példájában ugyanannyi a valószínűsége annak, hogy **A** és **B** tevékenységet sorosan, vagy párhuzamosan hajtjuk végre.

Modellünkben, a kapcsolat erőssége és/vagy valószínűsége 0 és 1 között bármilyen értéket felvehet. Az SNPM-módszer továbbfejlesztett változatában, melyet **projekt szakértői mátrixnak** neveztünk el (**PEM – Project Expert Matrix**) [Kiss – Kosztyán, 2009a,b], már nem csak a tevékenységek közötti kapcsolatok lehetnek bizonytalanok, sztochasztikusak, hanem a projektben végrehajtandó tevékenységek előfordulása is. A projekt szakértői mátrix diagonálisában a tevékenységek végrehajtásának fontosságát/valószínűségét is jelölni tudjuk. 1 vagy „X” jelöli a *biztosan végrehajtandó* tevékenységeket. 0 és 1 közötti értékkel jelöljük a *bizonytalan* vagy *elhagyható* tevékenységeket. (2. táblázat)

2. táblázat: A projekt szakértői mátrix által meghatározható projektváltozatok (A bizonytalan kapcsolatot, illetve a bizonytalan tevékenység-előfordulást „?”-jellel jelöltük.)

| PEM                                                                                                                                 | SNPM | DSM                                                                                                                              | Háló                                                                                  |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---------------------------------------------------------------------------------------|--|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|---|---|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|--|---|---|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td>X</td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td>?</td></tr></table> | ↑    | A                                                                                                                                | B                                                                                     | A | X | ? | B                                                                                     |  | ? | <table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>?</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table> | ↑ | A                                                                                     | B | A |  | ? | B |  |  | <table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table> | ↑ | A | B | A |  | X | B |  |  |  |
|                                                                                                                                     | ↑    | A                                                                                                                                | B                                                                                     |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
|                                                                                                                                     | A    | X                                                                                                                                | ?                                                                                     |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
|                                                                                                                                     | B    |                                                                                                                                  | ?                                                                                     |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| ↑                                                                                                                                   | A    | B                                                                                                                                |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| A                                                                                                                                   |      | ?                                                                                                                                |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| B                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                  |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| ↑                                                                                                                                   | A    | B                                                                                                                                |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| A                                                                                                                                   |      | X                                                                                                                                |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| B                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                  |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
|                                                                                                                                     |      | <table><tr><td>↑</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td></tr></table> | ↑                                                                                     | A | B | A |                                                                                       |  | B |                                                                                                                                   |   |  |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| ↑                                                                                                                                   | A    | B                                                                                                                                |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| A                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                  |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| B                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                  |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
|                                                                                                                                     |      |                                                                                                                                  |  |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
|                                                                                                                                     |      | <table><tr><td>↑</td><td>A</td></tr><tr><td>A</td><td></td></tr></table>                                                         | ↑                                                                                     | A | A |   |  |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| ↑                                                                                                                                   | A    |                                                                                                                                  |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |
| A                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                  |                                                                                       |   |   |   |                                                                                       |  |   |                                                                                                                                   |   |                                                                                       |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                                                                   |   |   |   |   |  |   |   |  |  |                                                                                       |

A projekt szakértői mátrix átlójába a meghibásodás kockázatát írjuk, melyet az 1. fejezetben leírtak szerint kapunk. Az elvégzendő karbantartási tevékenységeket kockázati alapon kategorizáljuk: az elkövetkezendő időszakban kötelező végrehajtani őket; ajánlott, de nem kötelező vagy a végrehajtásuk a következő időszakra maradhat. Minél nagyobb egy folyamat vagy berendezés meghibásodásának kockázata, annál nagyobb a valószínűsége, hogy ezt az elkövetkezendő időszakban javítanunk, karbantartanunk kell. Ha egy karbantartási tevékenység végrehajtási valószínűsége  $p$ , akkor  $1-p$  annak a valószínűsége, hogy nem hajtjuk végre az adott karbantartási tevékenységet a következő időszakban. Egy karbantartási projekt- vagy tervváltozat valószínűsége a tevékenységek végrehajtási/végre nem hajtási valószínűségeinek geometriai átlaga. Hasonlóképpen a tevékenységek kapcsolati valószínűségeinek geometriai átlaga megadja a projektstruktúra valószínűségét.

Ha a megvalósítandó tevékenységek végrehajtási sorrendjére nincs semmilyen megkötés, akkor egyrészt célszerű a nagyobb meghibásodási valószínűségű, nagyobb kockázatú (ebből adódóan nagyobb végrehajtási valószínűséggel rendelkező) karbantartási tevékenységek megvalósításával kezdeni. Ezeket a tevékenységeket a PEM-mátrixban is előrébb soroljuk. Majd a tevékenységek rákövetkezési relációja az ún. indifferens kapcsolati erősség (esetünkben ez 0,5) lesz. Ebben az esetben ugyanis mindegy, hogy két tevékenységet sorosan, vagy párhuzamosan hajtjuk végre. Ha jobban preferáljuk a soros végrehajtást a párhuzamosnál, akkor a 0,5-ös értéknél nagyobb értéket rendelünk a T1, T2 tevékenység rákövetkezési relációjához. Elsődleges célfüggvényünk a legvalószínűbb projektváltozat kiválasztása lesz. A tevékenységek kiválasztása előtt megadhatjuk azt a kockázati szintet, amely felett egy tevékenység mindenképpen szerepel a karbantartási tervben.

A szakértői rendszerünk először a lehetséges karbantartási terveket határozza meg, vagyis arra a kérdésre fogunk válaszolni, hogy **MIT**, milyen tevékenységeket hajtunk végre a karbantartási tevékenységekből. Másodlagos célfüggvénynek a projektstruktúrák valószínűségeinek maximalizálását lehet választani. Ezzel a módszerrel a lehetséges végrehajtási sorrendeket rangsorolhatjuk. Vagyis arra a kérdésre válaszolhatunk, **HOGYAN**, milyen sorrendben hajthatjuk végre a tevékenységeket. Korlátként az időt, a költség-, valamint az erőforrásigényeket adhatjuk meg. Azt a karbantartási tervet választjuk, ahol (az idő-, költség-, erőforrás-) korlátokat figyelembe véve a projektváltozat valószínűsége a legnagyobb (azaz a legnagyobb meghibásodási valószínűséggel vagy kockázattal rendelkező problémák kijavításához szükséges karbantartási tevékenységeket hajtjuk végre). Ezen belül olyan tevékenységi sorrendet választunk, amelyet a szakértők leginkább preferálnak. (Ha nem rangsorolják a tevékenységek sorrendjét, akkor a kapcsolatok erősségéhez/valószínűségéhez 0,5-öt rendelünk).

Kimenetként egy olyan karbantartási tervet kapunk, amely pontosan megadja, hogy mely tevékenységeket, ezen belül mely műveleteket kell végrehajtanunk. Milyen sorrendben, mennyi idő alatt kell végrehajtanunk ezeket a tevékenységeket, ehhez mennyi költséget és erőforrást használunk fel.

Az optimális karbantartási terv, mint projektterv meghatározására genetikus algoritmusokat használtunk, melyek kiválóan használhatók olyan esetekben, amikor sok lehetséges megengedett megoldás közül kell kiválasztani a legjobbat.

### 3. Informatikai megoldások a karbantartási projektek összeállítására

A legnagyobb (relatív) prioritással rendelkező projektháló kiszámítására genetikus algoritmusokat alkalmaztunk. A genetikus algoritmusok nagyon hatékony sztochasztikus algoritmusok. Bármilyen probléma megoldására érdemes őket használni, amire nincs

determinisztikus algoritmus, mivel a kimerítő és a véletlen keresésnél jóval gyorsabban képesek jó eredményt adni. Általában NP-nehez problémákra alkalmazzák őket, mint amilyen például az órarendtervezés vagy az utazó ügynök probléma, de különböző területeken használják őket ütemezésre is [Feng – Yeh, 2006; Rick et al, 2006; Hartmann, 1998; Boyd – Savory, 2001].

Habár egy genetikus algoritmus eredménye nem feltétlenül az optimum (sztochasztikusságából kifolyólag), azonban statisztikailag kimutatható, hogy képes a valós optimumok megtalálására. Annak igazolására, hogy egy adott futás valós optimumot generált-e, a keresési tér előzetesen történő teljes kiértékelése szükséges (abban az esetben, ha nem létezik determinisztikus algoritmus az optimumok előállítására).

A legjobb DSM kiválasztásának problémájához készített genom (ez tartalmazza az egyed minden információját és a rajta elvégezhető műveletek módját) kettő *keresztezési* eljárást tartalmaz. Az első során a két DSM-mátrixot a mellékátló mentén vágjuk ketté, és a két szülő egyed fél-fél mátrixából létrejön egy-egy új egyed DSM-mátrixa. A másodikat nagyobb sztochasztikusság jellemzi. Ebben az esetben 50% valószínűséggel kerül bele a utód egyedek DSM-mátrixába a kiválasztott szülő egyed DSM-mátrixának egy eleme. Nyilvánvaló, hogy ha a kiválasztott mátrix-cella már bekerült az egyik utód DSM-mátrixába, akkor a másik utód a másik szülőtől kapja meg az információt. Ez utóbbi keresztezés jobban összekeveri az információt, azonban ez a nagymértékű sztochasztikusság a populáció fejlődésének előrehaladtával nem mindig kifizetődő, így a keresztezéseknek csupán 30%-ában választódik ki ez a művelet, míg az elsőként leírt eljárást az esetek 70%-ában alkalmazzuk az algoritmus.

Tartalmilag lényeges genetikus operátor még a *mutáció* is, mely fontos, hogy az algoritmus ne rekedjen meg a lokális optimumnál. A mutáció jelen esetben annyit jelent, hogy az eredeti PEM-mátrix lehetséges (0 és 1 közötti) értékeinél a DSM-mátrix elemeit egyenként vizsgálva 50% eséllyel megváltoztatjuk 1-es értékből 0-ra, a 0-ból pedig 1-esre. Ezt az operátort csak 20-30% eséllyel használjuk.

A *szelekciós* eljárást egy ún. tournament selector valósítja meg, melynek lényege, hogy a véletlenszerűen kiválasztott egyedek között versengés zajlik (páronként) majd, mint egy bajnokság esetén is, a győztes jut tovább az adott genetikus operátorokhoz.

### 3.1. Kommunikáció projekttervezési, karbantartási szoftverekkel

A kommunikációt interface-programok valósítják meg a diagnosztikai és a projekttervező szoftverek valamint a szakértői rendszer között. Magyarországon az egyik legelterjedtebb projekttervező eszköz a Microsoft Project és az Oracle terméke a Primavera. Mi az előbbi rendszerrel valósítottuk meg egy interfész program segítségével a kapcsolatot. Ennek egyik oka, hogy az MS Project képes szöveges XML (eXtended Markup Language) file-ba kimenteni a projekteket, melyeket megfelelő eszközökkel értelmezni tudunk. Az MS Projectben plusz oszlopokat is definiálhatunk, melyeket mi a tevékenységek megvalósítási prioritásának, valamint a kapcsolatok (megvalósítási sorrend) prioritásának tárolására használtunk.

Az egyik megoldandó feladat az volt, hogy a tevékenységek megbízhatósági, kockázati besorolása, a tevékenységek végrehajtásának prioritásaként megjelenjenek a programunkban. Az egyes tevékenységeket mi MS Projectben tároljuk. További (Szám1) oszlopként jelenik meg a tevékenységek relatív végrehajtási prioritása. Egy újabb (Szöveg1) oszlopban jelenik meg a (megelőző) kapcsolatok prioritása is.

Ezzel bemenetként egy PEM-mátrixot tudtunk értelmezni az MS Project környezetben. Az egyes projektváltozatokhoz tartozó projektstruktúrák legenerálása után kimenetként ismét az MS Project által értelmezhető XML file-okat generáltunk. Módszerünk segít-

ségével pedig kiválasztható az optimális projektstruktúra, mely a továbbiakban szintén MS Projectben kezelhető.

### **3.2. Párhuzamosított informatikai megoldások**

Míg az előbbi megoldás azt szolgálta, hogy az általunk kifejlesztett rendszer más alkalmazásokból is tudjon információt nyerni, hogy mely karbantartási tevékenységeket milyen sorrendben kell elvégeznünk. A most bemutatandó informatikai megoldással a számítási időt kívántuk csökkenteni. A lehetséges projektstruktúrák kiszámítása kombinatorikus feladat. Bár ritkán fordul elő, hogy egyszerre akár 50-100 berendezés javítását is ütemeznünk kell, de az itt bemutatott genetikus módszerek akár ebben az esetben is alkalmazhatók. A számítási teljesítmény növelhető, ha a számításigényes feladatokat szétosztjuk pl. különböző számítógépek között. Azonban lehetőség van elosztott algoritmusok futását egy számítógépen is tesztelni.

Az egyik ilyen ígéretes lehetőség, amikor a számítógép processzora helyett a grafikus processzort vesszük igénybe. Az NVIDIA által kifejlesztett CUDA (CUDA guide, 2007) technológia lehetővé teszi, hogy számításigényes feladatokra a grafikus processzort is igénybe vegyünk. A szimulációs eredmények azt mutatták, hogy bonyolultabb feladatok (50 tevékenységet tartalmazó karbantartási tervek) is néhány perc alatt megtervezhetők genetikus algoritmusok segítségével. Nem okoz problémát, ha egy-egy tevékenység akár 200 műveletből áll, mert itt a feladat nagyságát a bizonytalan kapcsolatok (több lehetséges végrehajtási sorrend) és a bizonytalan tevékenységek (végrehajtjuk-e a tevékenységet vagy sem) száma határozza meg, így a bemutatott módszerünkkel komplex karbantartási projektek is menedzselhetők.

### **Összegzés**

A bemutatott módszerek több éves kutatómunka eredményét képezik. A szakértői rendszer megalkotásában nagy szerepet játszott annak vizsgálata, hogy hogyan lehet figyelembe venni a mérési bizonytalanságot állapotfüggő karbantartás esetén. Vizsgáltuk, hogy milyen módon jelezhető előre a folyamat. Ezt az ismeretet felhasználva rangsorolni tudjuk az elkövetkezendő időszakban elvégzendő a karbantartási tevékenységeket. A javítások prioritását meghatározza a karbantartási tevékenységek kockázati besorolása. Amennyiben adott a költség-, erőforrás-, illetve időkeret, akkor az általunk létrehozott mátrixos logikai tervezési módszerek segítségével olyan projektterv készíthető, amely alapján a legszükségesebb javítások tervezhetők, ütemezhetők. A bemutatott informatikai megoldást a genetikus algoritmusok és az elosztott számítási feladatok használatának köszönhetően viszonylag nagy projektek esetén is lehet alkalmazni. A szoftver önállóan is használható, de képes egy projekttervezési rendszerrel is együttműködni.

### **Hivatkozások**

- Boyd, James C. - Savory, John (2001): Genetic algorithm for scheduling of laboratory personnel. *Clinical chemistry*; 47(1), pp. 118-23.
- Eppinger, Steven D. - Whitney, Daniel E. - Smith, Robert P. - Gebala, David A. (1994): "A model-based method for organizing tasks in product development," *Research in Engineering Design*, 6, 1-13.
- Feng, Chung-Wei - Yeh, Yu-Chuan (2006): Using DSM and fmGA to determine the optimal design process for engineering design projects, *The 23rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC*, pp. 90-95.
- Hartmann, Sönke (1998): A competitive genetic algorithm for resource-constrained project scheduling. *Naval Research Logistics*, 45(7), pp. 733-750.
- Kiss, Judit - Kosztyán, Zsolt Tibor (2009a): Handling the Specialties of Agile IT Projects with a New Planning Method, *CONFENIS (The Enterprise Information Systems International Conference on Research and Practical Issues of EIS)*, Győr

Kiss, Judit - Kosztyán, Zsolt Tibor (2009b): The importance of logic planning in case of IT and innovation projects, *AVA (International Congress on the Aspects and Vision of Applied Economics and Informatics)*, Debrecen

Kosztyán Zsolt Tibor - Csizmadia Tibor - Hegedűs Csaba (2008): Mérési bizonytalanság figyelembevételével mintavételezés megfelelőségvizsgálatnál. *XX. Nemzetközi Karbantartási Konferencia*. Veszprém, 2008. június 13-15.

Kosztyán Zs. T. - Csizmadia T. - Hegedűs Cs. - Kovács Z. (2009): A new approach to forecasting conformity treating measurement uncertainty in SPC, *AVA (International Congress on the Aspects and Vision of Applied Economics and Informatics)*, Debrecen 26. March 2009.

Kosztyán Zs. T. - Csizmadia T. - Hegedűs Cs. - Kovács Z. (2010): Treating measurement uncertainty in complete conformity control system. *Innovations and Advances in Computer Sciences and Engineering* (edited by Tarek Sobh) Springer Netherlands, 2010. pp. 79-84

Kovács Zoltán, Hegedűs Csaba, Kosztyán Zsolt Tibor, Csizmadia Tibor (2009): Bizonytalanságok figyelembe vétele műszaki diagnosztika esetén, *XXI. Nemzetközi Karbantartási Konferencia*. Veszprém, 2009. június 8-9.

MIT DSM Research Group (2005) MIT DSM Web Site ([http:// www.dsmweb.org/](http://www.dsmweb.org/))

Rick, Tamás - Horváth, Márk. - Bercsey, Tibor (2006): Design tasks scheduling using genetic algorithms. *Periodica Politechnica Ser. Mech. Eng.*;50(1):37-51.

Steward, Donald V. (1981): *System Analysis and Management: Structure, Strategy, and Design*. New York: Petrocelli Books

Szabó Lajos (2005): A karbantartás-menedzsment szerepváltozása. Karbantartási kézikönyv. Könyvrészlet. Raabe Kiadó, Budapest, ISBN 963 86178 3 7

Szabó Lajos - Dancsecz Gabriella - Csepregi Anikó (2007): Karbantartási projektek szervezése és vezetése. "A karbantartás fókuszában: Minőség - Hatékonyság - Rendelkezésre állás" c. Nemzetközi Karbantartási Konferencia kiadványa. Pannon Egyetem, Veszprém, pp. 52-72.

Tang, Dunbing - Zhu, Renmiao - Tang, Jicheng - Xu, Ronghua - He, Rui (2009): Product design knowledge management based on design structure matrix, *Advanced Engineering Informatics*

Yassine, Ali A. - Falkenburg, D. - Chelst, K. (1999): Engineering design management: An information structure approach, *International Journal of Production Research*, vol. 37

CUDA (Compute Unified Device Architecture) Programming Guide 3.0 (2007): [http://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/3\\_0/toolkit/docs/NVIDIA\\_CUDA\\_ProgrammingGuide.pdf](http://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/3_0/toolkit/docs/NVIDIA_CUDA_ProgrammingGuide.pdf)