

A KISFESZÜLTSGŰ VILLAMOS ELOSZTÓHÁLÓZAT HIBACÍM ÜTEMEZŐ RENDSZERELMÉLETI MEGKÖZELÍTÉSE

SYSTEM THEORY APPROACH OF THE LOW VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORK FAULT SCHEDULER

Pálfi Judith ^{1*}, Dr. Novothny Ferenc ¹, Holcsik Péter ¹

¹ Villamosenergetikai Intézet, AD&TE kutatócsoport, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar,
Óbudai Egyetem, Magyarország

Kulcsszavak:

kisfeszültségű elosztóhálózat,
hibacím ütemezés hatékonysága,
genetikus algoritmus,
rendszerelmélet

Keywords:

low voltage distribution network,
efficiency of fault scheduling,
genetic algorithm,
system theory

Cikktörténet:

Beérkezett: 2017. szeptember 21
Átdolgozva: 2017. október 3.
Elfogadva: 2017. október 10.

Összefoglalás

A villamosenergia-szolgáltatásban számos ok miatt — például szélsőséges időjárási viszonyok — keletkeznek hibák. A nem tervezett, áramszünetet okozó hibák javítását a szerelők ütemezetten végzik. Az ütemezést speciális informatikai támogatás segíti. A szerelőknek jól meghatározott szabályrendszer szerint osztják ki a feladatokat. Jelen cikk írói arra vállalkoztak, hogy a meglévő ütemező rendszert új megközelítésben, tudományos módszerekkel vizsgálják és javaslatokat tegyenek új és hatékonyabb eljárások bevezetésére. Az új megközelítés alkalmazásával az ütemező rendszerek hatékonyságának mérése valósul meg, míg az új eljárások bevezetésével az ütemező optimálisabban működik.

Abstract

Electric power supply companies experience often faults in the system due to different reasons as for example the extreme weather conditions. The repair of the unplanned power-breaks is done by the troubleshooting teams on a scheduled basis. The scheduling of the repair works is helped by special IT support. The teams are assigned the tasks according to a well-defined set of rules. The authors of this paper have undertaken to analyze the existing scheduling system through a new approach, by scientific methods and to provide suggestions for the introduction of a new and more efficient scheduling procedure. The efficiency of the current scheduling system is assessed and then optimized by the introduction of the new procedures presented in this paper.

1. Bevezetés

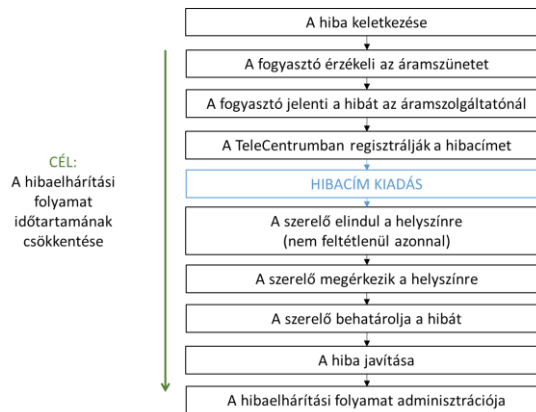
A közép és nagyfeszültségű hálózatot felügyelő üzemirányítók – jellemzően a hálózat csomópontjaiban elhelyezett mérési és távjelzési berendezések segítségével – a távoli üzemirányítási központokban on-line értesülnek a meghibásodásokról (kivéve egyes kivételes típusú meghibásodások esetét). A hibát érzékelve a megfelelő szerelőcsapatot elindítják a

* Kapcsolattartó szerző. Tel.: +36 30 284 23 27
E-mail cím: palfi.judith@kvk.uni-obuda.hu

meghibásodás okának felkutatására, és a hiba megszüntetésére. Ilyen távjelző eszközök azonban a kiefeszültségű elosztóhálózaton (KiF) ma még nincsenek. A KiF hálózaton a hibaelhárító szerelőket irányító diszpécser csak fogyasztói telefonhívásokból kapnak információt arról, hogy az általuk üzemeltetett hálózaton egy, vagy esetleg egy időben több áramszünet van. E beérkező telefonhívásokat a telefonközpontban dolgozó munkatársak integrált munkairányítási rendszerben rögzítik. [2]

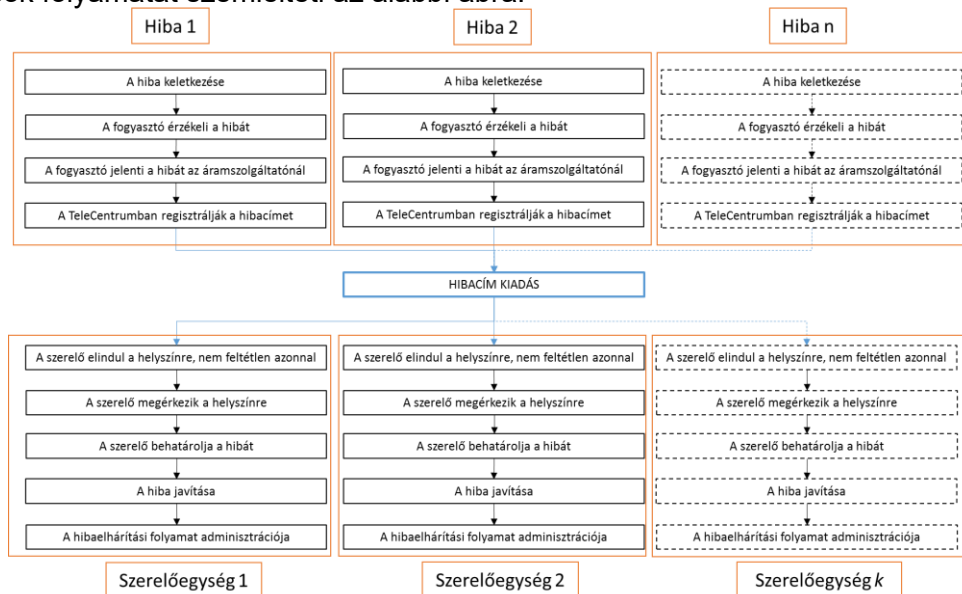
2. A kiefeszültségű hibaelhárítás folyamata

A kiefeszültségű elosztóhálózaton keletkezett hibák elhárításának teljes folyamatát az alábbi ábra mutatja:



1. ábra. A kiefeszültségű hibaelhárítás folyamata

Az 1. ábrán egy hiba elhárításának útja követhető végig. A folyamat a hiba keletkezésétől, annak javításán át, a folyamat végén történő adminisztrációig tart. A hálózaton, annak üzemeltetése során azonban térben és időben egymástól függetlenül keletkeznek hibák. Az egyidejűleg elforduló meghibásodások folyamatát szemlélteti az alábbi ábra:



2. ábra. Hibaütemező rendszer részegységei

A 2. ábrán az 1. ábra hibaelhárítási folyamatának n hiba és k szerelőegység dimenzióra kiterjesztése látható. A rendszer bővítése azt jelenti, hogyha n hiba keletkezik egyazon rendszerben egymástól földrajzilag és jelleg szerint teljesen függetlenül, akkor azt k független szerelőcsoport számára lehet kiütemezni. A hiba különböző jellege miatt azonban fontos, azok rangsorolása kiosztásakor, hibaütemezéskor. A következő fejezetekben e folyamat központi eleméről, a hibacím kiosztásról, más néven hibaütemezésről lesz szó.

3. A hibacím kiadás

Az egy időben keletkezett hibacímek rangsorolását a diszpécserok szabályozott keretek között végzik. [3] Az alábbiak szerint történik a címek rangsorolása:

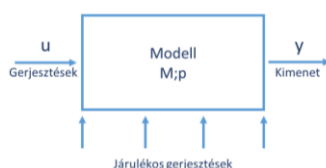
- I. Élet és balesetveszély (például leszakadt, szikrázó vezeték)
- II. Magas prioritású cím (például kórház)
- III. Magasabb üzemirányítási szintű üzemzavar (például KÖF üzemzavar)
- IV. Csoportos hiba (például városi környezetben egy egész társasházban vagy vidéki környezetben egész utcában vagy utcákban tapasztalható fázishiány)
- V. Egyedi hiba (azaz egy fogyasztási helyet érintő szolgáltatás kimaradás)

A rangsor alapján először az I. kategóriába eső hibák kerülnek kiosztásra, kapják az arra alkalmas szerelőpárosok. Miután minden I. kategóriájú cím kiosztásra került a II. kategóriájú címek kerülnek kiosztásra, kapják a „várakozó” szerelők. Miután valamennyi II. kategóriájú cím ki lett osztva, a III. kategóriájú kerül kiosztásra, és így tovább. Az ütemezés annyiszor fut le, ahány kategóriájú cím van a rendszerben. Adott szinten az ütemezés mindig az alsóbb rangú címektől függetlenül történik.

Az ütemezést költség- és kiesési idő minimalizáció szempontjából a földrajzilag legközelebb szerelő számára szükséges kiadni, hogy az utazási idő hatása (mely a teljes folyamatot nézve akár igen jelentős is lehet) minél kevésbé érvényesüljön. Ez azt jelenti, hogy *feltételrendszerhez kötött, földrajzi távolságra optimalizált hibacím kiadás* valósul meg.

4. A hibacím kiadás rendszerelméleti megközelítése

Ez a rendszer egy olyan egyszerűsített matematikai modellel írható le, amelyben a rendszerben lejátszódó folyamatokat azokat leíró egyenletek jellemzik, és a kezdeti- és peremfeltételeket is figyelembe lehet venni:



3. ábra. Mérnöki probléma megoldás matematikai modelljének egyszerűsített ábrája [10]

Ahol: u - gerjesztések, M – modell, p - a modell paramétere, y – kimenet, J - járulékos gerjesztések

A bemutatott általános modell a KiF hibacím ütemezésére vetítve az 4. ábrán látható:



4. ábra. Kiefeszültségű hibacím ütemező rendszer egyszerűsített matematikai modellje

Az 4. ábrán bemutatott modell egyik bemenete a még el nem végzett KiF hibacímek paraméterezett mátrixa (H). E mátrix sorai az egyes hibacímeket, míg oszlopai az adott hibához tartozó paramétereket tartalmazza. Ilyen paraméterek lehetnek például a hibacímek földrajzi elhelyezkedései, a hiba prioritása, vagy a kiesett fogyasztók száma. [11]

A másik bemenete a szerelőcsapatok paraméterezett mátrixa (B). E mátrix sorai az egyes szerelőcsapatokat, míg oszlopai az adott szerelőcsapat paramétereit tartalmazza. Ilyen paraméterek lehetnek például a szerelőcsapat földrajzi elhelyezkedése, a szerelőcsapat létszáma, a képesítések és helyismereti vizsgák vagy a rendelkezésre álló eszközök.

A rendszermodell kimenete az ütemezés dinamikus eredmény mátrixa (E), melynek sorai a szerelőcsapatokat, oszlopainak elemei pedig a számukra kiosztott hibacím egyedi azonosítóját

tartalmazza (lásd.: 5. és 6. ábra). Az optimális hibacím ütemezésnek és az egyes hibacímek eredmény mátrixba történő optimális kihelyezése ütemező algoritmus feladata.

Az 5. ábra egy három szerelőcsapatból és három hibacímből álló, két feltétellel és a GPS koordinátákkal paraméterezett példát mutat be:

		Szerelő csapat ID			Hibacím ID			
		H vizsga	Oszlopmisszás	GPS	H vizsga	Oszlopmisszás	GPS	
					= H			
		1	2	1	1	1	1	1
		1	1	2	0	1	1	2
		3	1	0	3	1	0	3
$B_1 =$		1	2	1	1	1	0	0
		2	1	1	2	0	0	0
		3	1	0	3	0	0	0
$B_2 =$		1	2	1	1	1	0	0
		3	1	0	3	0	2	1
		2	1	1	2	0	1	1
$B_3 =$		2	1	1	2	0	0	1
		1	2	1	1	1	0	1
		3	1	0	3	0	0	0
$B_4 =$		2	1	1	2	0	0	1
		3	1	0	3	0	2	1
		1	2	1	1	1	1	2
$B_5 =$		3	1	0	3	0	2	2
		1	2	1	1	1	0	1
		2	1	1	2	0	1	1
$B_6 =$		3	1	0	3	0	2	2
		2	1	1	2	0	0	0
		1	2	1	1	1	1	2

$= B_1 - H = E_1 =$	1	1	Megtett út összesen: 0
	2	2	
	3	3	
$= B_2 - H = E_2 =$	1	1	Megtett út összesen: 2
	3	2	
	2	3	
$= B_3 - H = E_3 =$	1	2	Megtett út összesen: 2
	3	3	
	3	3	
$= B_4 - H = E_4 =$	2	1	Megtett út összesen: 4
	3	2	
	1	3	
$= B_5 - H = E_5 =$	3	1	Megtett út összesen: 4
	1	2	
	2	3	
$= B_6 - H = E_6 =$	3	1	Megtett út összesen: 4
	2	2	
	1	3	

5. ábra. 3x3x3-as hibaütemezési példa 1.

A 5. ábráról leolvasható, hogy azon esetekben, amikor minden szerelő számára kiadható a cím, a B_1 szerelő kombináció esetén a legrövidebb az összesen megtett út. A GPS koordináták egymásból történő kivonása azonban nem feltétlenül jelent pontos helyszínre érkezési időmegtározást: ma már a feladat megoldható korszerű technológiákat alkalmazva is, mellyel figyelembe vehetőek az út, a környezeti vagy éppen az on-line forgalmi adatok is (például Google, Maps vagy Waze stb.). Előfordulhat azonban olyan aszimmetrikus állapot, amikor nincs annyi megfelelő képességű szerelő, akiknek minden címet ki kell osztani (empirikus adatokat elemezve kijelenthető, hogy ez az aszimmetrikus eset gyakrabban fordul elő). Ilyen esetben a 6. ábrán látható ütemezési mátrixok állnak elő.

		Szerelő csapat ID			Hibacím ID			
		H vizsga	Oszlopmisszás	GPS	H vizsga	Oszlopmisszás	GPS	
					= H			
		1	2	1	1	1	1	1
		1	1	2	0	1	1	2
		3	1	0	3	1	0	3
$B_1 =$		1	2	1	1	1	0	0
		2	1	1	2	0	0	0
		3	1	0	3	0	2	1
$B_2 =$		1	2	1	1	1	0	0
		3	1	0	3	0	2	1
		2	1	1	2	0	1	1
$B_3 =$		2	1	1	2	0	0	1
		1	2	1	1	1	0	1
		3	1	0	3	0	2	1
$B_4 =$		2	1	1	2	0	0	1
		3	1	0	3	0	2	1
		1	2	1	1	1	1	2
$B_5 =$		3	1	0	3	0	2	2
		1	2	1	1	1	0	1
		2	1	1	2	0	1	1
$B_6 =$		3	1	0	3	0	2	2
		2	1	1	2	0	0	0
		1	2	1	1	1	1	2

$= B_1 - H = E_1 =$	1	1	Megtett út összesen: 0
	3	3	
	3	3	
$= B_2 - H = E_2 =$	1	1	Megtett út összesen: 2
	2	3	
	2	1	
$= B_3 - H = E_3 =$	1	2	Megtett út összesen: 2
	3	3	
	3	3	
$= B_4 - H = E_4 =$	2	1	Megtett út összesen: 4
	3	2	
	1	3	
$= B_5 - H = E_5 =$	3	1	Megtett út összesen: 4
	1	2	
	2	3	
$= B_6 - H = E_6 =$	3	1	Megtett út összesen: 4
	2	2	
	1	3	

6. ábra. 3x3x3-as hibaütemezési példa 2.

Ebben az esetben azt a B_n (példa 2. esetében az $n = 1 \dots 6$) mátrixot szükséges kiválasztani, amikor a legkevesebb a nem kiadható cím és a várakozásra kényszerülő szerelőcsapat száma. (Szerelők esetében ez munkaidőben jellemzően a tervezett munkák folytatását, ügyeleti, készenléti időszakban pedig a szerelőcsapat vagy csapatok pihentetését fogja jelenti.) Amikor egy kiosztásra került feladat elkészült, az ütemezést újra szükséges futtatni.

Figyelembe kell azonban venni, hogy előfordulhatnak olyan címek, amelyek folyamatosan hátrább kerülnek és minden ütemezés után várakozó pályára kerülnek. Ezért javasolt a hibacímek

ütemezésénél paraméterként figyelembe venni a címek ún. „lejáratí” időpontját is. Nyomatékosítja ezt, hogy a Magyar Energetikai és Közműszabályozási hivatala kötbér kifizetésére kötelezi az áramszolgáltatókat, amennyiben az általa — település méretekre és hétköznap/hétféjére külön — előírt elhárítási idő átlépésre kerül [4].

Ezen túlmenően — a 4. ábrából kiindulva — az alábbi környezeti hatások befolyásolják az ütemezést:

- járulékos gerjesztések, amelyek a döntést befolyásoló tényezőket, például az időjárás előrejelzés adatait jelentheti
- tervezett munkák, munkákkal járó magas prioritású feladatokkal kapcsolatos információk (a tervezett munkák és a kiefeszültségű üzembavarok koordinálása jellemzően egyazon irányító központból történik)
- egyéb humán tényezők, mint például szerelők, diszpécserék stb. által beérkezett „hétköznapí” impulzusok (például egy lerobbant autó vagy kockázatok rejtethet, ha egy fáradt, tapasztalatlan szerelő kerül kiküldése egy komplex üzembavarra stb.)

A képesítések, a földrajzi és forgalmi távolságok és egyéb gerjesztések figyelembe vételével az optimális feladat kiosztásra az *AD&TE* kutatócsoport a „genetikus algoritmusok” használatát javasolja.

5. A hibacím ütemező rendszer tulajdonságai

Ahhoz, hogy a kiefeszültségű elosztóhálózati hibacím ütemező rendszert jobban megismerhessük és elemezhessek, a tulajdonságainak összegző megfogalmazására van szükség. A hibacím ütemező tulajdonságainak megfogalmazására a rendszerelmélet nyit lehetőséget, mindez alapján [10] a kiefeszültségű hibacím ütemező rendszer tulajdonságai a következők:

1. Aktív a rendszer, mivel az ütemezés dinamikus eredmény mátrixát nem csak a bemeneti paraméterek, hanem a belső paraméterek is befolyásolják.
2. MIMO - „Multiple Input, Multiple Output” - a kiefeszültségű elosztóhálózati hibacím ütemező modell, mert a rendszer aktív, azaz több gerjesztésű és sok válasz kapcsolattal írható le.
3. PRI – „Priority” – elsőbbségi jog, a beérkező igényeket fontossági sorrendben elégítik ki.
4. Részben NEFO – „Nearest Expiry, First Out”, ugyanis a NEFO rendszerek sajátossága, hogy a leghamarabb lejárató szavatosságú termék elsőként kerül felhasználásra. Jelen esetben ez az áramszolgáltatókra érvényes garantált szolgáltatások miatt részben igaz: magasabb prioritásba kerülnek azok a címek, ahol a regulátor által megszabott elhárítási idő közeledik, de nem kerül abszolút elsőbbségi prioritásba. [4]
5. Nem lineáris, mert nem érvényesíthető a szuperpozíció elve.
6. Variáns és időfüggő a rendszer, mert egy gerjesztés időbeli eltolása változó időbeli eltolást okozhat a kiefeszültségű elosztóhálózati hibacím ütemező rendszerben.
7. Dinamikus (nem - memória mentes) mivel nem idő független.
8. Komplex a döntési modell, mert a bemenő paramétereken túl figyelembe veszi a járulékos és egyéb gerjesztéseket is (Munkairányítás, ÜIK, Humán tényezők).
9. Részben öntanuló a rendszer a humán tényezők miatt. A diszpécserék önkéntelenül is olyan tapasztalatokat fognak szerezni (p. időszakos forgalmi dugók), melyek hosszabb távon elősegítik az ütemező rendszer hatékonyságát. [6]
10. A kiefeszültségű elosztóhálózati ütemezési matematikai modell egy üzembeltetési rendszert modellez le. [1]

A rendszertulajdonságok feltárásával és dokumentálásával hatékonyabban tudjuk a rendszert fejleszteni.

6. A genetikus algoritmus

„A genetikus algoritmusok (genetic algorithm, GA) iránt mutatkozó érdeklődésnek sok oka van, de egy dolog biztosan fontos szerepet játszik: bizonyos mértékig kapcsolatban áll az evolúció darwini

elméletével, márpedig ennek a pusztá említése is heves érzelmi reakciókat vált ki sok emberből. Tudományos értelemben, a módszer egyik fő előnye, hogy a számítástechnikában előforduló problémák egy nagyon széles spektrumára alkalmazható, ugyanakkor általában nem használ területfüggő tudást, így akkor is működik, ha a feladat struktúrája kevéssé ismert.

Ebből a szempontból a probléma független metaheurisztikák csoportjába tartozik, amelyek közül a legismertebbek a szimulált hűtés (simulated annealing), a tabu keresés (tabu search) és a különböző hegymászók (hill climbers). A módszer (mint a metaheurisztikák általában) egy globális optimalizáló, mindenhol alkalmazható, ahol a feladat sok lehetséges megoldás közül a legjobbat megkeresni, ahol az értéket egy értékelő függvény, más néven rátermettségi függvény (fitness function) adja meg. A genetikusan algoritmus megoldások egy populációját tartja fenn, azaz egyszerre több megoldással dolgozik. Az aktuális populációból minden lépésben egy új populációt állít elő úgy, hogy a szelekciós operátor által kiválasztott legrátermettebb elemeken (szülőkn) alkalmazza a rekombinációs és mutációs operátorokat. Az alap gondolat az, hogy mivel általában minden populáció az előzőnél rátermettebb elemeket tartalmaz, a keresés folyamán egyre jobb megoldások állnak rendelkezésre. Elvben minden tanulási probléma megadható optimalizálási feladatként, így a genetikusan algoritmusnak is sok alkalmazása van a gépi tanulás területén.” [5]

Esetünkben az egyes populációk az egyes feladat kiosztási lehetőségek lesznek, a hibacímek kiütemezésének rendszerére szabott genetikusan algoritmus eredményeként az feltétel rendszer menti, a hibacímek elhárítási idejére minimalizált, optimális megoldást kapjuk meg. [7] [8] [9]

7. Összegzés

Jelen cikk újszerű megközelítést és a tett ajánlásokat alkalmazva az ütemező rendszerek hatékonyságának mérését és az ütemező rendszer optimálisabb működését segíthetjük elő. Ennek eredményeként egy esetleges nem tervezett áramszünet ideje rövidebb lehet, amely amellet, hogy a villamosenergia-szolgáltatás minőségét javítja, a fogyasztói elégedettséget is növeli.

Irodalomjegyzék

- [1] Dineva Adrienn, Tar K. József, Várkonyi-Kóczy Annamária, Piuri Vincenzo, „Adaptive Control of Underactuated Mechanical Systems using Improved “Sigmoid Generated Fixed Point Transformation” and Scheduling Strategy” SAMI 2016: IEEE 14th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, Herlany, Szlovákia, 2016. pp. 193-197. (ISBN:978-1-4673-8739-2; 978-1-4673-8740-8)
- [2] ELMŰ-ÉMÁSZ-DÉMÁSZ – Mirtusz. [Online] <http://www.geometria.hu/?p=1321> [Megtekintés: 2017. szeptember 9.]
- [3] ELMŰ Hálózati kft. és ÉMÁSZ Hálózati kft., N_VU-09 SZ. Végrehajtási Utasítása, Régióközpontokban végzett Diszpécseri munka leírása, (Hatályba lépése: 2015. október 5.)
- [4] ELMŰ Hálózati kft. és ÉMÁSZ Hálózati kft., N_VU-101_3 SZ. Végrehajtási Utasítása, Garantált Szolgáltatás, (Hatályba lépése: 2017. január 1.)
- [5] Jelasity Márk: Genetikusan algoritmusok. pp. 549–568. Aula Kiadó, 1999
- [6] Kopják József, Kovács József, „Timed cooperative multitask for tiny real-time embedded systems” IEEE 10th Jubilee International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, SAMI 2012, Herlany, Szlovákia, 2012. pp. 377-382. (ISBN:978-1-4577-0197-9)
- [7] Oláh Béla: „Flow-shop ütemezési feladatokat megoldó genetikusan algoritmus mutáció operátorainak érzékenységvizsgálata.” Miskolc: Multidiszciplináris tudományok, 1. kötet, 1. szám, 2011. pp. 95-102.
- [8] Oláh Béla, Flow-shop ütemezési feladatokat megoldó genetikusan algoritmus operátorainak érzékenységvizsgálata, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2014. 435 p. Konferencia helye, ideje: Szolnok, Magyarország, 2014.05.13 Debrecen: MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, 2014. pp. 263-273., http://store1.digitalcity.eu.com/store/clients/release/mtekmr_2014.pdf
- [9] Oláh Béla, Flow-shop ütemezési feladatokat megoldó genetikusan algoritmus keresztező operátorainak érzékenységvizsgálata, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban, 2012: konferencia előadásai : Szolnok, 2012. május 10. 648 p., Konferencia helye, ideje: Szolnok, Magyarország, 2012.05.10 Debrecen: MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, 2012. pp. 91-99., (Elektronikus Műszaki Füzetek; 11.) http://store1.digitalcity.eu.com/store/clients/release/mtekmr_2012.pdf
- [10] Pokorádi László: Rendszerek és folyamatok modellezése. Debrecen: Campus Kiadó, 2008.
- [11] Pokorádi László, Modellek a műszaki biztonság tudományban, GRADUS 3:(2) pp. 92-100. (2016)