

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



**GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK
XXVII. SZEMINÁRIUMA**

2011/7-8.

I. Kötet

88 oldal
LXII. évfolyam

Géptervezők és Termékfejlesztők XXVII. Szemináriuma

Gépipari Tudományos Egyesület Borsod-Abaúj-Zemplén megyei Géptervező Szakosztálya

MTA Miskolci Akadémiai Bizottsága

Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Tanszék

MTA Miskolci Akadémiai Bizottságának Székháza (Miskolc, Erzsébet tér 3.)

2011. november 10. (csütörtök) – 11. (péntek)

GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK

XXVII. SZEMINÁRIUMA

Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Tanszék

H-3515 Miskolc-Egyetemváros

Telefon/fax: (0036)-46-327 643

e-mail: machpj@uni-miskolc.hu

A SZEMINÁRIUM SZERVEZŐI

Dr. KAMONDI LÁSZLÓ tanszékvezető egyetemi docens

Dr. habil. DÖBRÖCZÖNI ÁDÁM egyetemi tanár

Dr. PÉTER JÓZSEF egyetemi docens, a szeminárium titkára

Dr. SIPOSS ISTVÁN egyetemi docens

NÉMETH GÉZA egyetemi adjunktus

GERE ARANKA gazdasági ügyintéző

PETRÓNÉ TÓTH ILDIKÓ igazgatói ügyintéző

KORÁBBI RENDEZVÉNYEINK

Vezető konstruktőrök tanácskozása

Miskolc, 1973. augusztus 23-24.

Vezető konstruktőrök tanácskozása

Miskolc, 1975. július 23-24.

Géptervezők III. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1977. aug. 30-szeptember 1.

Géptervezők IV. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1980. augusztus 26-27.

Géptervezők V. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1982. augusztus 25-26.

Géptervezők VI. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1985. április 11-12

Géptervezők VII. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1989. május 29-31.

Géptervezők VIII. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1991. május 29-30.

Géptervezők IX. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1993. szeptember 30 – október 1.

Géptervezés '94 (Géptervezők X. Országos Szemináriuma)

Miskolc 1994. május 20.

Géptervezők XI. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1995. május 29-30.

Géptervezés-termékfejlesztés '96 (Géptervezők és Termékfejlesztők XII. Országos Szemináriuma)

Miskolc, 1996. május 24-25.

Géptervezők és Termékfejlesztők XIII. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1997. november 28.

Géptervezők és Termékfejlesztők XIV. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1998. december 15.

Géptervezők és Termékfejlesztők XV. Országos Szemináriuma

Miskolc, 1999. szeptember 30-október 1.

Géptervezők és Termékfejlesztők XVI. Országos Szemináriuma

Miskolc, 2000. november 15-16.

Géptervezők és Termékfejlesztők XVII. Országos Szemináriuma

Miskolc, 2001. november 8-9.

Géptervezők és Termékfejlesztők XVIII. Országos Szemináriuma

Miskolc, 2002. november 7-8.

Géptervezők és Termékfejlesztők XIX. Országos Szemináriuma

Miskolc, 2003. november 7-8.

Géptervezők és Termékfejlesztők XX. Országos Szemináriuma

Miskolc, 2004. november 11-12.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXI. Országos Szemináriuma

Miskolc, 2005. november 10-11.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXII. Országos Szemináriuma

2006. november 9-10.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXIII. Országos Szemináriuma

2007. november 15-16.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXIV. Országos Szemináriuma

2008. november 6-7.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXV. Országos Szemináriuma

2009. november 5-6.

Géptervezők és Termékfejlesztők XXVI. Szemináriuma

2010. november 10-11.

GÉPTERVEZŐK ÉS TERMÉKFEJLESZTŐK XXVII. SZEMINÁRIUMA

Miskolc, 2011. november 10-11.

PLENÁRIS ÜLÉS. I. emelet, Nagyterem

2011. november 10. (csütörtök), délelőtt

Elnök: Dr. Kamondi László tanszékvezető egyetemi docens, PhD.

10.00-10.05 Dr. Kamondi László tanszékvezető egyetemi docens, PhD., Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Tanszék: Megnyitó

10.05-10.30 Dr. Goda Tibor egyetemi docens, PhD., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép- és Terméktervezési Tanszék: A diszkrét elem módszer mérnöki alkalmazásáról

10.30-10.55 Dr. Jármái Károly egyetemi tanár DSc., Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék, Oláh Róbert okl. gépészmérnök, tudományos munkatárs, ADMATIS Kft.: Hegesztett szerkezetek analízise és

optimalása hőfáradási szempont figyelembevételével

10.55-11.20 Dr. habil. Döbröczeni Ádám egyetemi tanár, CsC., Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Tanszék: Dr. Magyar József egyetemi tanár szakmai és közéleti tevékenysége miskolci szemmel

11.20-11.45 Dr. habil. Kundrák János tanszékvezető egyetemi tanár, DSc., Dr. Gyáni Károly, ny. egyetemi docens, Dr. Deszpoth István, mérnök tanár, Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszék: Keményfelületek befejező megmunkálási eljárásainak összehasonlító vizsgálata az anyagválasztási teljesítmény alapján

11.45-12.00 Dr. Péter József egyetemi docens, CsC, Németh Géza egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Tanszék: Fogaskerék-hullámhajtómű laboratóriumi vizsgálata

12.00-14.00 Szünet

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczöni Ádám

elnök

Vesza József

főszerkesztő

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

főszerkesztő-helyettesek

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kulcsár Béla

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálinkás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Rittinger János

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

A szerkesztésben közreműködött:

Dr. Péter József

KEDVES OLVASÓ!

A Géptervezők és Termékfejlesztők XXVII. Szemináriumára jelentkezők száma több, mint az előző években megszokott volt, a publikálni szánt cikkek tématerülete pedig egyre gazdagabb. A hagyományosnak tekintett gépszerkesztési példák mellett egyre több az egészségügyi, orvosi eszközökkel, termékekkel foglalkozó cikk, szélesedik a beszállítói ipar termék-palettája is. Mindezek arra engednek következtetni, hogy a gépészmérnökök feladatai – karöltve a villamosmérnökökkel, informatikusokkal, anyagtudósokkal, orvosokkal és biológusokkal – sokasodnak, folyamatosan megújulnak, megtalálják az utat az autópárhoz és a közlekedéshez, csakúgy, mint a mezőgazdaság, a környezetvédelem, az energiatermelés kisebb-nagyobb termelő és felhasználó egységeihez.

Ez azt is jelenti, hogy a mérnökök elhelyezkedése könnyebb és sikeresebb, ugyanakkor a munkavállalás, a mérnöki munka értékének elismertetése, nem ritkán a pénzügyi érték behajtása új feladatokat jelent. A gyorsan változó gazdasági és jogi-pénzügyi szabályozási környezet a vállalkozó mérnökök új, erőszakosabb piaci magatartását követeli meg.

Ezzel párhuzamosan a műszaki felsőoktatásban is javulnak a jelentkezők magukkal hozott ismeretei és nagyobb követelmények támaszthatók. Sokasodnak a mester szakokon tanulók és ha nagyon lassan is, de szaporodnak a doktori képzésben résztvevő mérnökök is, függetlenül attól, hogy a nyelveket beszélő, tehetséges mérnökpalántákra mind itthon, mind külföldön is „vadásznak”.

A mérnökképző egyetemeken a generációváltás lassan a végéhez ér, már felnőtt az a fiatal-középkorú oktatógárda, akik rövidesen átveszik a „megharcolt” elődök feladatait. Ugyanakkor ez elődökre mindig tisztelettel tekintünk, mint akik a nem kevésbé változatos XX. század második felében mindannyiunkat tanítottak, akár egyetemi oktatóként, akár praktizáló mérnökként.

A nagy elődök egyike a nemrég elhunyt Dr. Magyar József tanszékvezető egyetemi tanár, akinek érdemeiről most, a Szemináriumon is megemlékezünk. 2012 januárjában pedig kiállítást szervezünk a tíz éve eltávozott Dr. Terplán Zénó professzor emlékére.

Mert professzoraink, oktatóink, a magyar műszaki egyetemeken aranyoklevelet szerzett mérnökeink emlékének megőrzése külön erőt adhat az utódok seregének.

Dr. Döbröczöni Ádám

A szerkesztésért felelős: Vesza József. A szerkesztőség címe: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Telefon/fax: +36-46/379-530, +36-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1027 Budapest, Fő u. 68. Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 202-0656, fax: 202-0252, e-mail: a.gaby@gteportal.eu, internet: www.gte.mtesz.hu

A GÉP folyóirat internetcíme: <http://www.gepujsag.hu>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Tel.: (46) 379-530, e-mail: gazdasz@chello.hu.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu, faxon: 303-3440. További információ: 06 80/444-444

Egy szám ára: 1260 Ft. Dupla szám ára: 2520 Ft.

Külföldön terjeszti a Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat,
H-1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, H-1392 Budapest, Pf. 272.

Előfizethető még közvetlenül a szerkesztőségben is.

INDEX: 25 343

ISSN 0016-8572

TARTALOM

1. <i>Aczél Á.; Bojtár G.; Fehér L.; Keresztes D.:</i> Versenyautó alváz térbeli rúdmodelljének vége-selelem analízise	3
2. <i>Antal D.; Szabó T.; Szilágyi A.:</i> Ejtési teszt modellezése a tervezés fázisában	9
3. <i>Barcsák Cs.; Dr. Jármái K.:</i> PSO algoritmus bővítése optimáláshoz, véges differencia alapú gradiens becsléssel	13
4. <i>Bihari Z.; Dr. Szente J.:</i> Külső csillagkereskes Görgős szabadonfutók egytengelyűségének vizsgálata	17
5. <i>Bihari J.; Kamondi L.:</i> Kis méretű műanyag fogaskerekek vizsgálata	21
6. <i>Czifra Á.:</i> Műszaki felületek fraktál alapú vizsgálata	25
7. <i>Daróczy L.; Dr. Jármái K.:</i> Új eljárás rácsos tartók topológiai optimalizálására	29
8. <i>Drágár Zs.; Dr. Kamondi L.:</i> Nem szabványos alapprofilú fogaskerekek tervezésének kérdései	35
9. <i>Ecsedi I., Baksa A.:</i> Anizotróp anyagú prizmatikus rudak Saint-Venant csavarási feladata	39
10. <i>Égert J.; Aczél Á.; Fehér L.; Körmendy Á.:</i> Versenyautó alváz mechanikai modellezési lehetőségei és kritikus terhelései	43
11. <i>Élő G.:</i> Innovatív problémamegoldási modell szuperszámítógépes szimulációval az INFCARE8 projekt példáján bemutatva	49
12. <i>Handki A.; Tolvaj B.:</i> Kísérleti stirling hűtő tervezése	52
13. <i>Horváth P.; Törőcsik D.:</i> Magnetorheológ tengelykapcsoló optimalizálási lehetőségei	56
14. <i>Illés B.; Németh J.:</i> Automatizált daru teherlengése csillapításának egy lehetséges módja	60
15. <i>Jakab E.; Lénárt J.:</i> CNC lemezegmunkáló gépek	68
16. <i>Jármái K.; Oláh R.:</i> Hegesztett szerkezetek analízise és optimalizálása hőfáradási szempont figyelembevételével	72
17. <i>Kota L.; Jármái K.:</i> Műszaki felügyeleti és karbantartó rendszerek optimalizálása	75
18. <i>Kovács B.; Nándoriné Tóth M.:</i> Robotok inverz feladatának megoldása	79
19. <i>Kovács Gy.; Jármái K.:</i> Kompozit szendvicsszerkezet optimális tervezése rugalmas tolerancia módszerrel	83

MŰSZAKI FELÜGYELETI ÉS KARBANTARTÓ RENDSZEREK OPTIMÁLÁSA

OPTIMIZATION OF TECHNICAL INSPECTION AND MAINTENANCE SYSTEMS

Kota László, Dr. Jármái Károly D.Sc., Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék

ABSTRACT

This paper describes a single phase algorithm for the fixed destination multi-depot multiple traveling salesman problem with multiple tours (mmTSP). The paper propose a mathematical model of the system's object expert assignment with the constraints like experts minimum and maximum capacity, constraints on experts' maximum and daily tours. The the second part describes the developed evolutionary algorithm which solves the assignment, regarding the constraints introducing penalty functions in the algorithm.

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a szolgáltatások területén kiemelt jelentőségűek a műszaki felügyeleti és karbantartási rendszerek, mivel ezek a termelési, vagy szolgáltatási terület - ezek közül kiemelt fontosságúak a lakosságot közvetlen érintőek – biztonságát, megbízhatóságát biztosítják, ilyen területek például, kommunális szolgáltatások, víz, szennyvíz, gáz, villamos energia, távfűtés, üzemanyag ellátás, telekommunikációs szolgáltatások, vagy akár a felvonók és kötélpályák.

Ezek megbízható, balesetmentes és gazdaságos üzemeltetése megköveteli az időszakos műszaki ellenőrzéseket, karbantartásokat, felülvizsgálatok, karbantartásuk az esetek túlnyomó többségében speciális szaktudást igényel, akár speciális vizsgálóhoz is kötött. Ilyenek például az emelőgépek közül a felvonók, amelyek vizsgálat, karbantartása életvédelmi szempontból is igen fontos, így ezt a területet kormányrendelet szabályozza. Hasonlóan kezelhetőek a különböző szolgáltató hálózatoknál, például villamos energia-, gáz-, hő-, vízellátás biztosítására szolgáló olyan objektumok, biztonsági berendezések, irányító alközpontok, ellenőrző egységek, kritikus hálózati elemek, amelyek időszakos

felülvizsgálata, helyszíni ellenőrzése, karbantartása szükséges.

2. HÁLÓZATSZERŰ MŰSZAKI FELÜGYELETI ÉS KARBANTARTÁSI RENDSZEREK

A hálózatszerűen működő műszaki felügyeleti és karbantartási rendszerek kiterjedhetnek egy városra, egy régióra, egy országra, lehetnek kontinensen belüli vagy akár földrészekeken átívelő rendszerek. Ezen rendszerek feladata egyrészt a hálózat megfelelő pontjaiban az előírásoknak megfelelő időpontokban rendszeres felülvizsgálatok és vizsgálatok elvégzése szakértők által, másrészt karbantartások és felújítások megvalósítása.

A logisztikai rendszer feladata, hogy biztosítsa a felülvizsgálathoz és karbantartáshoz szükséges erőforrások rendelkezésre állását. Tekintettel arra, hogy a logisztikai erőforrások és igények, szakértők, anyagok, eszközök, objektumok térben szétszórta, ezért hálózatszerűen működő műszaki felügyeleti és karbantartási integrált rendszer akkor működtethető optimálisan, ha virtuális logisztikai központtal, vagy az irányítási és anyagmozgatási feladatok egy szervezetbe tömörítése esetén logisztikai szolgáltató központtal rendelkező vállalat látja el az ilyen típusú feladatokat.

3. AZ OBJEKTUM SZAKÉRTŐ HOZZÁRENDELÉSEK MATEMATIKAI MODELLJE

A rendszerszintű paraméterek közé tartozik a rendszer útmátrixa, amely megmutatja az egyes rendszerelemek távolságát egy másik rendszerelemtől.

$$L = [l_{ij}] \quad (1)$$

A rendszer kimenő paramétereire tartozik a hozzárendelési mátrix, az útmátrixhoz hasonló

felépítésű, megmutatja az egyes rendszerelemek kapcsolatát.

$$Y = [l_{ij}] \quad (2)$$

Az Y meghatározása képezi a rendszerben azt a hozzárendelési feladatot, amely ez előírt célfüggvények adott feltételek melletti optimalásával oldható meg.

3.1. Objektumok

Az objektumok fő paraméterei:

- p : az objektumok száma,
- L útmátrix mátrix: az objektumok távolsága más rendszerelemektől,
- $K_{i(i=1..p)}$ a kötelezően előírt vizsgálatok száma objektumonként,
- $MTBF_i$: az i -edik objektumnál a meghibásodások között eltelt átlagos idő (Mean Time Between Failures)
- $\varepsilon_{i(i=1..p)}$: eseti karbantartási feladatok száma, amely az MTBF értékből származtatható,
- τ_i^K ($i=1..p$) egy-egy karbantartás, műszaki felülvizsgálat átlagos ideje az i -edik objektumon.

A felülvizsgálatok, karbantartások számát egyes berendezéseknél biztonsági megfontolások valamint az emberi élet védelme miatt akár törvény is előírhatja.

A vizsgálatok viszont nem történhetnek egymás után tetszőlegesen rövid időközönként, definiálni kell egy időközt minden objektumra, amelynél rövidebb időn belül a következő felülvizsgálat nem végezhető el:

$$\tau^m = [\tau_i^m]_{i=1..p} \quad (3)$$

A felülvizsgálatok időközére megadható a:

$$\tau_i^m * (\varepsilon_i - 1) \leq \vartheta \quad (4)$$

korlátozó feltétel.

3.1. Szakértők

A szakértők matematikai leírásához szükséges paraméterek:

- s : a szakértők száma,
- L mátrix : definiálja a szakértők állomáshelyét, illetve megadja a

szakértők távolságát a rendszer többi elemétől,

- \bar{v} : a szakértő átlagos sebessége, állandónak tekintjük minden szakértőre

Ezekből a paraméterekből származtatható az adott i -edik objektum felkeresési idejének összefüggése a h -adik szakértőnél:

$$\tau_i^f = \frac{l_{p+h,i}}{\bar{v}} \quad (5)$$

ahol:

- $l_{p+h,i}$: a h -adik szakértő és az i -edik objektum közötti úthossz.

Adott i -edik és j -edik objektum közötti út megtételéhez szükséges idő:

$$\tau_{i,j} = \frac{l_{i,j}}{\bar{v}} \quad (6)$$

ahol:

- $l_{i,j}$: a i -edik és a j -edik objektum közötti úthossz,

valamint:

- P : a szakértők teljesítménye, az értéke megmutatja hány felügyeleti, karbantartási feladatot végez a szakértő.

Korlátozó feltételek:

A szakértő teljesítménye (P_i : az i -edik szakértő teljesítménye) az:

- előírt minimum ($P_{i \min}$) és
- előírt maximum ($P_{i \max}$)

érték között változhat, ez lehet globálisan meghatározott korlát vagy egyedileg megállapított korlát is.

$$P_{i \min} < P_i < P_{i \max} \quad (7)$$

ahol:

$$P_i = \sum_{j=1}^p (Y_{12 i,j} * \varepsilon_j) \quad (8)$$

Korlátot szab az egy ciklus (t) - jellemzően 1 nap - alatt felkeresendő objektumok vizsgálatára és a felkeresésre fordított idő összege is:

$$\tau^t = \tau_{0,1}^f + \tau_1^k + \sum_{i=2}^{c^t} (\tau_i^k + \tau_{i-1,i}^f) + \tau_{q,0}^f < \tau_{\max} \quad (9)$$

ahol:

- τ^t : az az időintervallum, amelyben a szakértő állomáshelyéről elindul, vizsgálatokat végez, majd oda visszatér, ez az országos vagy regionális rendszereknél jellemzően 1 nap:

$$\sum_{i=1}^T \tau_i^t = \vartheta, \quad (10)$$

ahol:

- T : a ciklusok száma a ϑ időintervallumban,
- τ_{max} egy ciklus ideje,
- c^t : a t -edik ciklusban felkeresendő objektumok száma,
- $\tau_{i,1}^f$: az első objektum felkeresési ideje,
- $\tau_{q,0}^f$: visszatérés az utolsó objektumtól a szakértő bázisállomására,
- τ_i^k : az i -edik objektum felülvizsgálatának, karbantartásának átlagos ideje.

Definiálható a felkeresendő objektumok halmaza az c edik szakértőnél:

$$O_c := \{o_i \mid Y_{12s,i} = 1; i = 1..p\}, \quad (11)$$

$$|O_c| = P_c, \quad (12)$$

valamint ezen részhalmazai, az egy ciklus (t) alatt felkeresendő objektumok halmaza

$$O_c^t \subseteq O_s, \quad (13)$$

amely halmaz a felkeresési idő alapján rendezett.

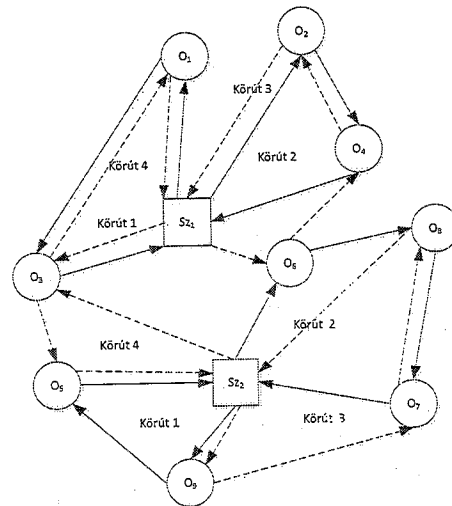
Mivel a szakértő egy objektumnál több vizsgálatot is végez (1. ábra) így egy objektum annyiszor kell hogy szerepeljen a (13). összefüggésnél definiált halmazokban ahány vizsgálatot kell végezni rajta.

Így az i -edik szakértő által az egy ciklus (t) alatt az objektumok felkeresése miatt megtett út leírható az:

$$l_i^t = l_{0,o_i^t(1)} + \sum_{c=1}^{|o_i^t|-1} (l_{o_i^t(c),o_i^t(c+1)} + l_{o_i^t(|o_i^t|),0}) \quad (14)$$

összefüggéssel, a p -edik szakértő által a teljes időintervallumban megtett út pedig a következő összefüggéssel:

$$l_p^T = \sum_{t=1}^T \left[l_{0,o_i^t(1)} + \sum_{c=1}^{|o_i^t|-1} (l_{o_i^t(c),o_i^t(c+1)} + l_{o_i^t(|o_i^t|),0}) \right] = \sum_{t=1}^T l_p^t \quad (15)$$



1. ábra Több körutas rendszer objektumoként több vizsgálat, szétszórt vizsgálatokkal

A szakértők (s) által a megadott időintervallum (T) alatt felkeresett objektumokhoz kapcsolódó ráfordítások:

$$C^S = \left[\sum_{j=1}^s (\sum_{t=1}^T l_j^t) \right] * c_u + \left[\sum_{j=1}^s P_j \right] * c_v \quad (16)$$

ahol a:

- c_u : az 1 kilométerre jutó fajlagos költség,
- c_v : az egy objektumra jutó fajlagos vizsgálati költség.

$$C^S \rightarrow \min \quad (17)$$

Vagyis a ráfordítások legyenek minimálisak a korlátozó feltételek figyelembevételével.

4. A TÖBBSZÖRÖS KÖRJÁRAT PROBLÉMA MEGOLDÁSA EVOLÚCIÓS PROGRAMOZÁSSAL

A kidolgozott algoritmus egy fázisban megoldja a körutakra bontott fix végpontú, több

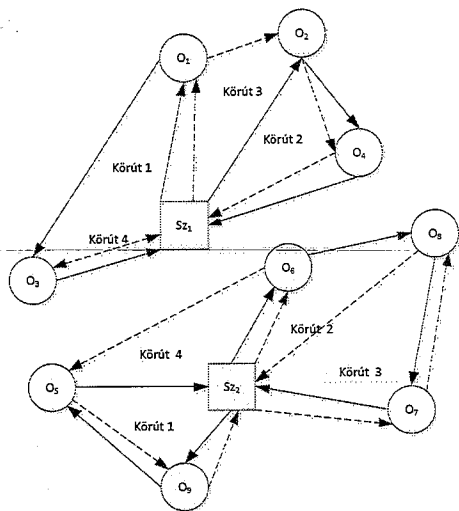
bázisállomású többszörös utazóügynök problémát a műszaki felügyeleti és karbantartó rendszereknél felmerülő speciális feltételrendszerek figyelembevételével.

A megadott feltételrendszer kielégítése érdekében az algoritmus adatstruktúrája a genetikusan algoritmusok körében kevésbé alkalmazott [1] – elsősorban párhuzamos evolúciós, illetve neuro-evolúciós algoritmusoknál használt - multi-kromoszómás struktúrán alapul. Ezen technikák csak nemrégiben terjedtek el a genetikusan módszerek körében [2].

Az algoritmus a korlátozó feltételek kielégítése végett kétszintű büntetőfüggvény rendszert alkalmaz:

- lokális büntetőfüggvények,
- globális büntetőfüggvények.

A büntetőfüggvények lokalitása vagy globalitása az egyes egyedekre és a szakértőkre, vagyis kromoszómákra vonatkozik. A lokális büntetőfüggvények egy kromoszóma adatain kerülnek végrehajtásra, míg a globális büntetőfüggvények több kromoszóma – akár az összes – adatait használják bemenő paraméterként, vagyis globálisan a teljes egyedre vonatkoznak.



2. ábra Több körutas rendszer objektumonként több vizsgálattal

Lokális büntetőfüggvények a:

- ciklusidő túllépése,
- megengedettnél kevesebb vizsgálat,
- megengedettnél több vizsgálat,
- időben közel lévő vizsgálatok.

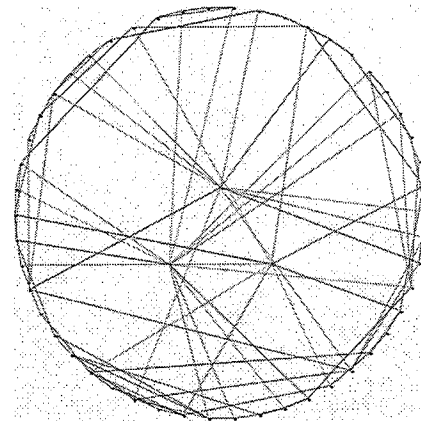
Globális büntetőfüggvények:

- objektumok szétszórtsága,
- szakértők száma, költsége.

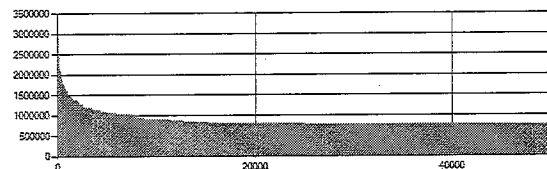
Például az objektumok szétszórtsága büntetőfüggvény szabályozza, hogy az objektum minden vizsgálata egyazon szakértőhöz (2. ábra) vagy külön szakértőkhöz legyen rendelve (1. ábra).

4.1 Többszörös körjárat tesztfeladat megoldása

A tesztfeladatban 3 szakértő, 48 objektum, objektumonkénti 2-4 (véletlenszerűen megadott) vizsgálat (3. ábra).



3. ábra Tesztfeladat megoldása



4. ábra A célfüggvény konvergenciája

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg, valamint az OTKA T 75678 projekt keretében, illetve támogatásával.

6. IRODALOM

- [1] Hans J. Pierrot, Robert Hinterding: Using Multi-chromosomes to Solve a Simple Mixed Integer Problem, AI '97 Proceedings of the 10th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence: Advanced Topics in Artificial Intelligence, pp. 137-146, ISBN:3-540-63797-4
- [2] Ronald, S. Kirkby, S. Eklund, P.: Multi-chromosome mixed encodings for heterogeneous problems, Evolutionary Computation, (1997), pp. 37-42, ISBN: 0-7803-3949-5, doi: 10.1109/ICEC.1997.592264