

Nemlineáris öt elem rendszer a karbantartásban

Nonlinear System of Five Elements in Maintenance

Sistem de 5 elemente non liniare in mentenanță

Ing. TOMÁŠ STEJSKAL, PhD. egyetemi tanár

Kassai Műszaki Egyetem, TU Kosice, SJF, KVTaR, Nemcovej 32, Kosice, Slovakia
Tel.: +421 55 6023238, tomas.stejskal@tuke.sk, Honlap: www.sjf.tuke.sk/kvtar/2/

ABSTRACT

Contribution deal new method of nonlinear relation interpretation. It's elaborate a mathematically model of nonlinear relation transformation to relation of five elements. This methodology was following implemented to maintenance area. It's possible to assumption that for given methodology will be finding out extensive application for different technically, but scientific and societal branches too.

ÖSSZEFOGLALÓ

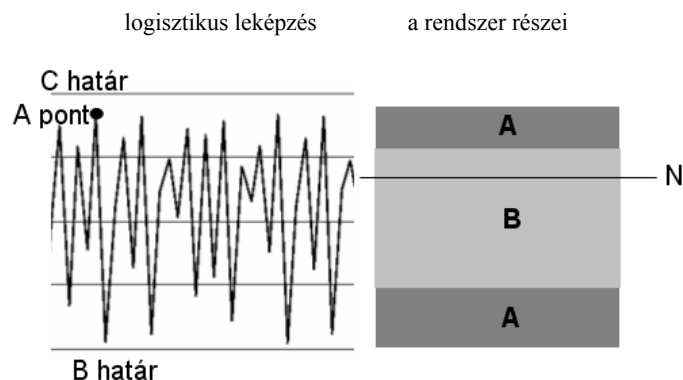
A cikk egy új módszert ismertet, a nemlineáris viszonylatok vonatkozásában. Matematikailag a nemlineáris rendszer öt elembe való transzformációjáról van szó. Ezt a módszertani eljárást a karbantartási rendszerbe iktattuk. Feltételezhető, hogy az adott eljárás a jövőben széleskörű érvényesülést szerezhet technikai, de társadalom-tudományos területeken is.

1. BEVEZETÉS

A nemlineáris viselkedés mindennapi megnyilvánulásait fizikai, technikai, de a társadalmi vonatkozásokban is meg lehet tapasztalni. A matematikai analízisnek nincsenek olyan eszközei, amelyek pontosan kiszámolják a nemlineáris rendszer jövőbeli viselkedését. Ennek ellenére manapság a nemlinearitással intenzíven foglalkozik a káoszelmélet és a fraktál rendszerek. Analízissel szemben, számítógépes kísérletről van szó. Az így nyert eredmények a reálrendszerek interpretálásánál hasznosulnak. A cikkben hasznosított rendszerek egy specifikus, azaz öt autonóm elem modellezésére vannak beállítva.

2. NEMLINEÁRIS VISELKEDÉS

A nemlineáris rendszer viselkedését két szélsőséges hatás közt lehet tapasztalni, amely az idő viszonylatában káosz funkciót, illetve a tér viszonylatában fraktál alakulatot eredményez. Tetszőleges káoszrendszer-nél azt lehet tapasztalni, hogy az időfejlődésben a rendszer értékei csak korlátozott tartományba esnek. Az adott tartományt mindig el lehet osztani több részre, amelyeknek, két ellentétes vonatkozásuk van. Az egyik részben a bizonyos függvény tulajdonsága növekszik, a másik részben csökken. Konkrétan a logisztikus leképzésnél a következő elosztás tapasztalható (1. ábra).



1. ábra

A logisztikus leképezés és időfejlődési részei

A kaotikus funkciót például a rókák – nyulak közti nemlineáris viselkedésből lehet észrevenni. [1]. Ezt a viselkedést rekurens képlet jellemzi, amely logisztikus leképezésként szerepel az irodalomban (1).

$$x_{n+1} = r(x_n - x_n^2) \quad (1)$$

x_n – nyulak száma az n-edik lépésnél,
 r – irányító paraméter. A populáció növekedését (szaporodását) jelképezi,
 n – lépésszám

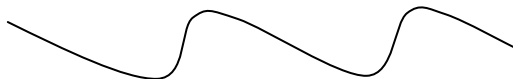
N vonal a neutrális tengelyt jelképezi, amely körül a leképezés oszcillál. Az A részben az oszcillációk gyorsan csillapodnak és a B részben lassan növekednek. A nemlineáris funkcióban tehát két irányzat váltakozik. Lassú növekedés és gyors csillapodás. Sematikusan ezt a 2. ábrán láthatjuk.



2. ábra

Időfejlődési tartományok váltakozása a logisztikus leképezésnél

A természetben inkább fordított viselkedési jelenséggel lehet találkozni. Tehát gyors növekvés és lassú csillapodás (3. ábra). Ami arra utal, hogy a logisztikus leképezés nem a legjobb modell.

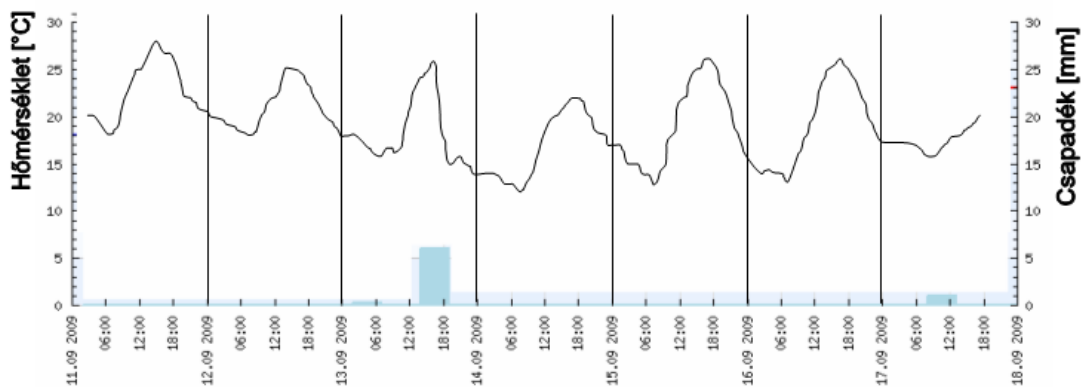


3. ábra

Időfejlődési tartományok váltakozása a természeti jelenségeknél

A természetben a nemlineáris jelenségekkel folyamatosan lehet találkozni. Az alapjuk, az energia és az információ ciklikus keringése. A 4. ábrán például egy hétnapos reális hőmérséklet és csapadék változás van feljegyezve. Tipikus a gyors délelőtti fölmelegedés és a lassú délutáni lehülés. Matematikailag lehetséges ehhez hasonló viselkedést modellezni. Általános esetben a nemlineáris leképezés nem írható fel analitikus alakban, hanem közelítéseket kényszerülünk használni. A leképezés eredménye függ a számítás pontosságától, de nem konvergál. Erre már a múlt század hatvanas éveiben rájött Edward Lorenz, amerikai meteorológus, amikor számítógéppel próbálta az időjárást modellezni. A rendszer további fejlődése egy adott lépésben, teljes

mértékben az utolsó tizedeshely elhanyagolásától függött. Az adott jelenség az úgynevezett „pillangó-hatás” elnevezés alatt ismeretes [1].



4. ábra
Hét napi hőmérséklet és csapadék feljegyzés

3. NEMLINEÁRIS RENDSZER MODELLEZÉSE

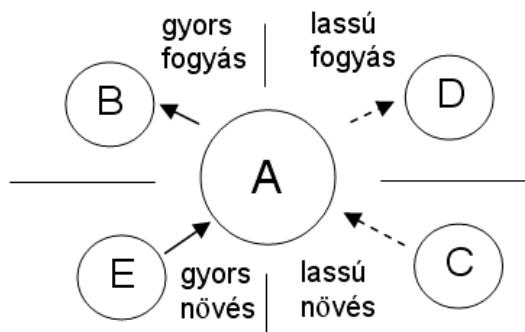
Minden tárgynak, rendszernek, amelyet objektumnak tekinthetünk, megvannak a váltakozó sajátos tulajdonságai. Matematikai szempontból például az objektum nagyságrendjének tulajdonsága lehet a változó. Az objektumok tulajdonságai csak kölcsönös együttthatásnál változhatnak. Tehát föltételezzük, hogy az objektum magától nem változik.

Az első szabály, a (nemlineáris modellben), abban rejlik, hogy ha az egyik objektum nagysága növekszik, akkor ez csak egy másik objektum fogyasztásával történhet meg. A második szabály az, hogy relatív viszonylatban minél nagyobb az objektum, annál kevésbé tud növekedni, ellenben minél kisebb annál gyorsabban növekedhet. Hasonlóképpn, minél nagyobb az objektum, annál gyorsabban tud fogyni, ellenben minél kisebb annál kevésbé tud fogyni.

A nemlineáris viselkedés leírását a kaotikus, logisztikus leképezésnél is lehet alkalmazni:

Tekintsük az azonnali funkció értékét A pontnak, amely két határ közt változik. A határok lehetnek objektumok (hatások, gyújtópontok) amelyeket B és C betűvel jelölünk. B határ vonzza magához az A pontot. Ha az A pont túl közel van a B határhoz, akkor a C határ vonzása érvényesül. A C határ közelében fordítva, a B határ vonzása fog érvényesülni. Így jönnek létre a határok közti oszcillációk. Két határ közt egy instabil helyzet van, tehát mindig csak az egyik határ hatása érvényesül. A funkció ennél fogva nem konvergál (1. ábra).

Az említett feltételek mellett, bármelyik objektum csak négy alapviszonyt tarthat fenn a környezetével. A környezet szintűgy objektumnak tekinthető. Így bármelyik tulajdonság változásához egy önálló objektumot sorolhatunk. A objektumok nagyságrendjének változtatásánál csak az osztás és kivonás viszonylatai létezhetnek. Összegezve tehát, öt objektum létezik, és négy viszony kötődik egy objektumhoz (5. ábra), (1. táblázat).



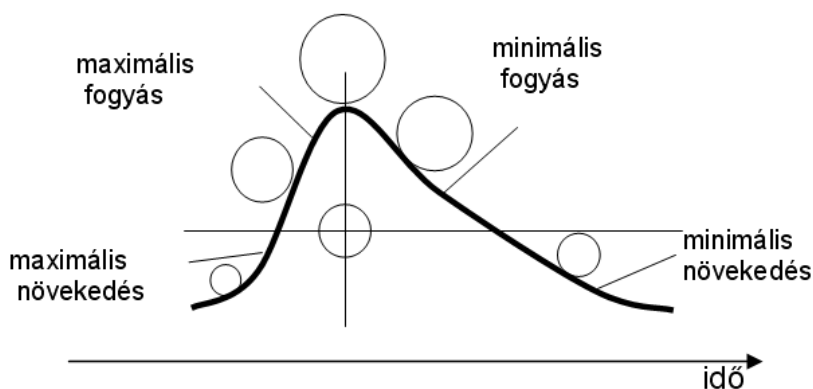
5. ábra
Az objektum és a környezet alapviszonylatai

1. táblázat. Az objektum kölcsönható viszonyai

	gyors	lassú
fogyás	B	D
növekedés	E	C

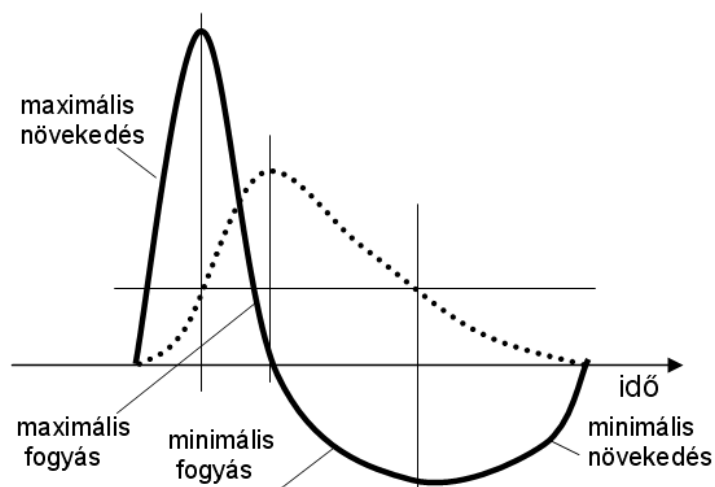
Konkréten az A objektumban a következő viszonyok érvényesülnek:

- A – objektum, amely a környezet hatására változik,
- B – objektum, amely az A objektum gyors fogyását biztosítja,
- C – objektum, amely az A objektum lassú növekedését biztosítja,
- D – objektum, amely az A objektum lassú fogyását biztosítja,
- E – objektum, amely az A objektum gyors növekedését biztosítja.



6. ábra
A nemlineáris viselkedés görbéje

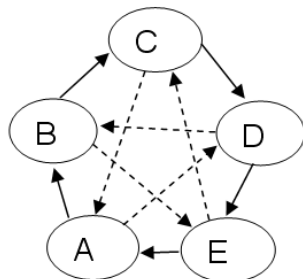
Az A objektum időbeli változása tipikus nemlineáris változás (6. ábra). Az ábrán látható görbe, a nemlineáris viselkedés görbéjének nevezhető el. Egyes viszonylatosságokat a görbe matematikai deriválása tisztáz (7. ábra).



7. ábra
A nemlineáris viselkedés görbéjének időszerinti deriválása

Ha feltételezzük, hogy minden objektumnak hasonló viszonyai vannak a környező objektumokkal, akkor erre éppen öt objektum elegendő. Így jön létre a viszonyok ötszöge (8. ábra). A tétel megoldását nem lehet kivitelezni kevesebb objektummal.

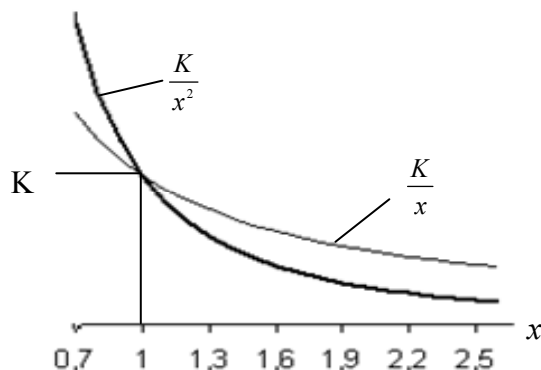
Ez egy fontos eredmény, mert bármelyik nemlineáris rendszerből elő lehet állítani az ötszöget. Nemlineáris rendszerek nemcsak fizikai viszonylatban, hanem természeti, szociális, közgazdasági és egyéb viszonylatokban is ismeretesek.



8. ábra
A viszonyok ötszöge

Matematikailag a nemlineáris rendszert tört kvadratikus függeléssel lehet modellezni. Ennek a függeléssel az előnye az, hogy közömbös számnak nulla és egyes között a hatványa gyorsan növekedik, és az egyestől magasabban, pedig gyorsan csökken (9. ábra).

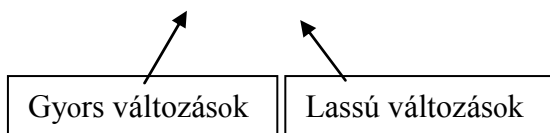
A 8. ábrán látható, hogy az objektumok egymásután ciklikusan vannak bekötve, így elegendő, hogy csak három objektumot modellezzünk egy lépésében. Az objektumok nagyságrendjét fel lehet írni MS Excel táblázatkezelőben, amely könnyen elérhető program.



9. ábra
A két vezérlő függvény viszonya

Minden cella a következő nemlineáris képlettel van definiálva (2). Minden egyes cella egy objektum nagyságát képviseli.

$$A_{n+1} = A_n + \left(\frac{B_n}{A_n^2} \cdot k - \frac{C_n}{A_n} \right) \cdot r \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$



k, r – irányító paraméterek, amelyek az objektumok növekedési sebességét és a relatív nagyságrendüket szabályozzák. A rendszer stabilitását a paraméterek iterációjával lehet biztosítani.

A második sorban csak a belépő értékek vannak felírva (10,10,10,11,10). A harmadik sortól a cellákban a képletek vannak felírva (10. ábra).

115		f _k				
	A	B	C	D	E	F
1	A	B	C	D	E	15
2	10	10	10	11	10	1
3	10,5	10,4	10,65	11,33058	10,5	
4	10,90068	10,7875	11,16254	11,63069	10,9381	
5	11,23843	11,14818	11,58279	11,90635	11,31853	

10. ábra
A cellák elrendezése az Excel táblázatkezelőben

A képletek szintaktikus felírása a harmadik sorban:

$$=A2+(B2/A2/A2*\$F\$1-C2/A2)*\$F\$2$$

$$=B2+(C2/B2/B2*\$F\$1-D2/B2)*\$F\$2$$

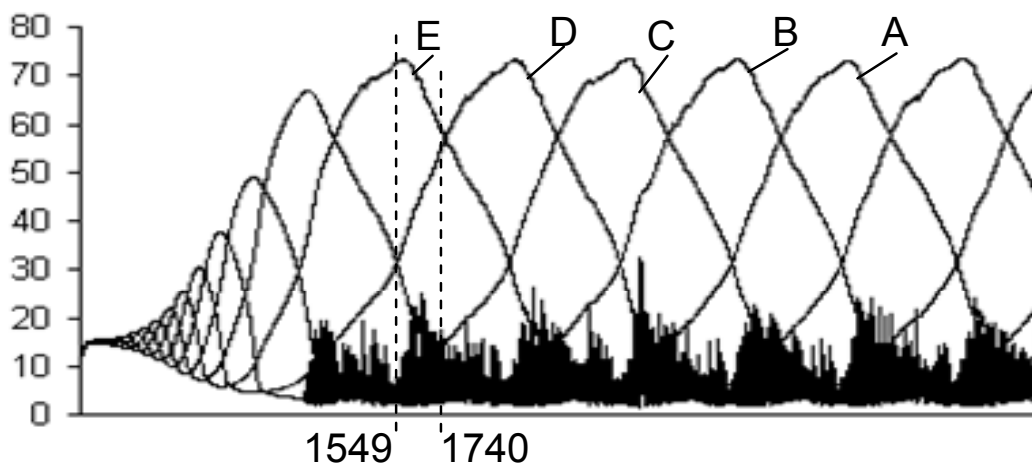
$$=C2+(D2/C2/C2*\$F\$1-E2/C2)*\$F\$2$$

$$=D2+(E2/D2/D2*\$F\$1-A2/D2)*\$F\$2$$

$$=E2+(A2/E2/E2*\$F\$1-B2/E2)*\$F\$2$$

A F1 és F2 cellákban vannak elhelyezve az irányító paraméterek (k=15, r=1).

A cellákban be van tartva az objektumok sorrendje (A,B,C,D,E). Öt cella egy sorban, az ötszögnek öt objektumát képviseli. Egyidejűleg az öt cella értéke belépő értékeket eredményez a következő sor számára. Így elérhető a ciklikus értékváltozás (11. ábra).

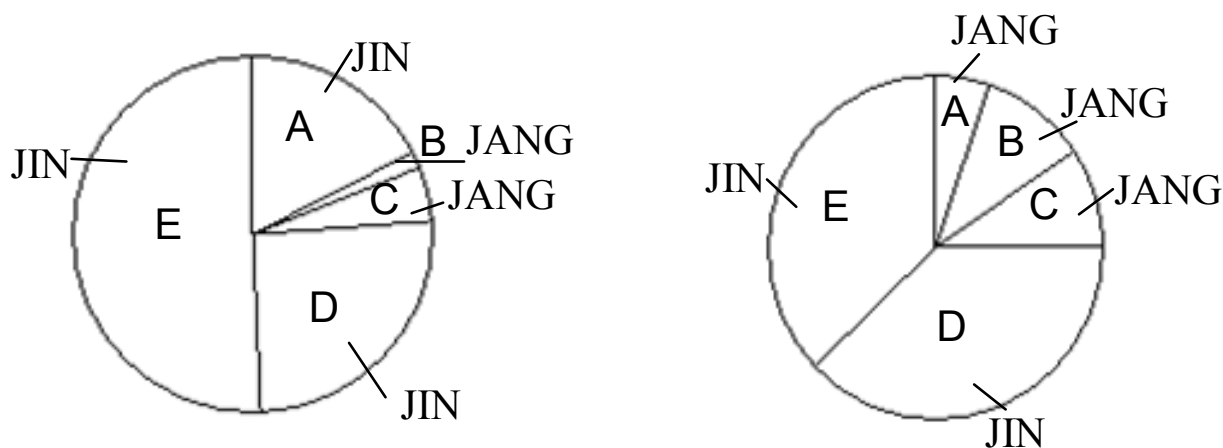


11. ábra
Az objektumok ciklikus értékváltozása

Próbászerűen a cellákba lineáris egyenleteket is tehetünk, de ebben az esetben a rendszer divergálni fog. A modell nem egészen tökéletes, mert analitikus funkciókat használunk, de a rendszer vizsgálására még megfelel.

4. ÖT ELEM

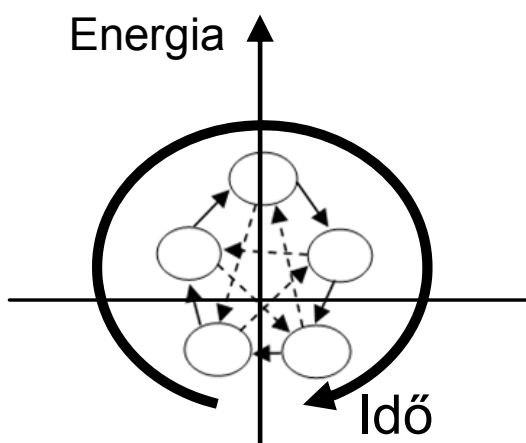
A sorokban lévő öt cellát kördiagramban lehet ábrázolni (12. ábra). Így különféle nagyságú metszeteket lehet egyszerre értékelni. A relatívan nagyobb részt, JIN-el jelöljük. A kisebb, pedig a JANG elnevezést kapja. A elnevezéseket az keleti filozófiából kölcsönöztük, de a modell nem a filozófia elveiből indult ki. Ez csak egy figyelemreméltó egybeesés a nemlineáris rendszer és a filozófia között. Próbászzerűen bizonyítani lehet, hogy az ötszögben csak két fajta nagyságelosztás lehetséges. Jin-Jin-Jin-Jang-Jang avagy Jin-Jin-Jang-Jang-Jang. Ez az eredmény is figyelemreméltó egybeesés a keleti filozofikus rendszerrel [3].



12. ábra
Az 1549 lépés és az 1740 lépés változatai

5. KULCS AZ ÖT ELEM RENDSZER SZERKESZTÉSÉHEZ

A természeti jelenségek megfigyelése alapján arra lehet következtetni, hogy minden ciklikus rendszer kis nagysággal és energia tartalommal kezdődik. Idővel gyorsan megnövekszik az energia és a nagyság, aztán pedig lassan apad. Az öt elem rendszerében is hasonlóképpen kering az energia mint az információ (13. ábra).



13. ábra
Az öt elem rendszer szerkesztésének kulcsa

6. ÖT ELEM RENDSZER SZERKESZTÉS A KARBANTARTÁSBAN

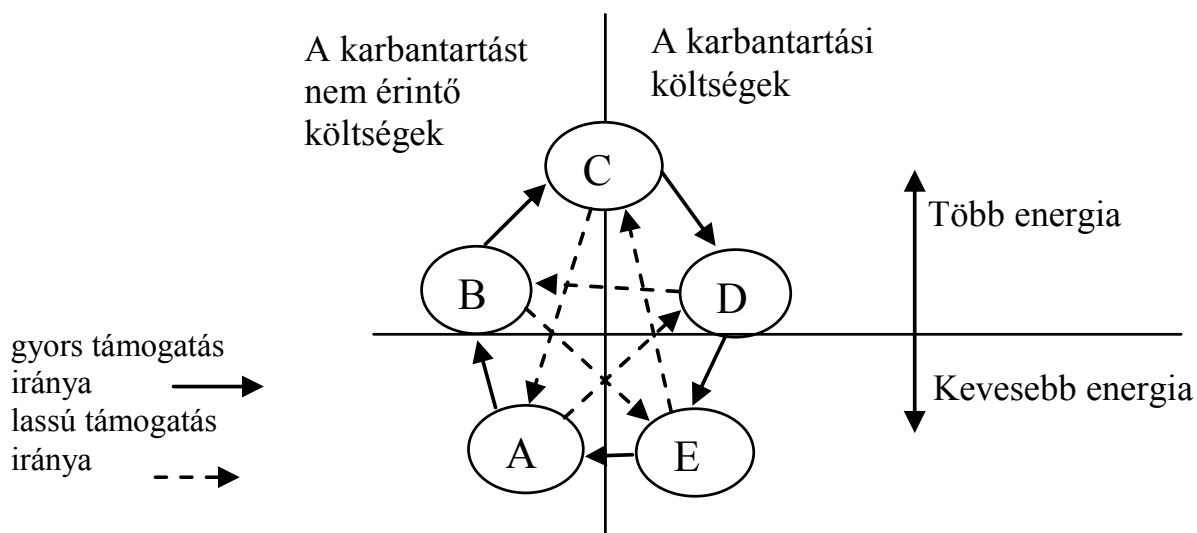
Elsősorban azt kell megállapítani, hogy milyen alapvető nemlineáris viszony hat a karbantartási rendszerben. A karbantartás fő célja a rendszer megbízhatóságának biztosítása minimális befektetett költségek mellett. Ha a minimális összköltséget konstans értéknek tekintjük, akkor a nemlineáris rendszert a megbízhatóság és a produktivitás kölcsönhatása alkotja.

- A karbantartást nem érintő költségek növelik a produktivitást, de csökken a rendszer megbízhatósága.
- A karbantartási költségek növelik a rendszer megbízhatóságát, de csökken a produktivitás.

Második lépésben meg kell találni a karbantartási rendszernek az öt alapelemét. Itt a termék életfolyamatából lehet kiindulni. Elsődleges, hogy megtanuljuk a termék biztonságos kezelését. Tehát a tudás és a tapasztalatszerzés az első helyen áll. Eleinte a termék pontosan és megbízhatóan működik. Ez az anyagtulajdonoságnak és a gyártás precizitásának köszönhető. Bizonyos idő elteltével a degradációs folyamatok hatására romlanak a használati funkciók paraméterei. Ebben az esetben a regularizációs és diagnosztikai rendszerek hasznosítása érvényesül. További károsodás esetén a cserélés taktikája és a zálogrendszer megoldások érvényesülnek. A termék utolsó életfázisát is hasznosítani lehet. Például a produktivitás és terhelés csökkentésével, de az adott megbízhatóság fenntartása mellett.

A karbantartás-rendszer öt eleme (14. ábra):

- Karbantartók és szolgáltatók oktatása. Környezetváltoztatás, például klimatizáció alkalmazása, munkahely rendfenntartása, gépkatrészek fedése stb.
- Megbízható terméktervezés ellenálló anyagból és pontos termékgyártás. Jó konstrukció és hibátlan szerelés.
- Rendszerirányítás, rendszerfelügyelet, diagnosztika és prediktív karbantartás.
- Zálogrendszerek, cserealkatrészek, csereanyagok használata és géprenoválás.
- Terheléscsökkentés, felújított fölhasználás, energia- és eszköz-megtakarítás.



14. ábra
A karbantartás-rendszer öt eleme

Minden vállalat számára sajátos a karbantartási problémák megoldása. Ami jó egyik számára, nem biztos, hogy elfogatható a másinak. A hatékonyság mértéke a vállalat menedzseri döntéseitől függ. Ha például a drágább, de tartósabb helyett olcsóbb és kevésbé megbízható alkatrészeket vásárolnak, meglehet, hogy a hibák és az anyagi károk halmaza megnövekszik. Ennél fogva az utólagos karbantartási költségek jóval felülmúlhatják az olcsóbb beruházás nyereségét.

A nemlineáris rendszerből kiindulva, több megoldás is lehetséges az összköltségek csökkentésére.

Az elemek közti viszonyok analízise:

- a) A gyors támogatás irányában
 - Oktatás növelése és degradációs hatások csökkentése gyorsan csökkenti a konstrukció és anyagkövetelményeket.
 - Magas konstrukció megbízhatóság gyorsan csökkenti az irányítási és felügyeleti követelményeket.
 - Irányítási és felügyeleti rendszerek alkalmazása gyorsan csökkenti a cserealkatrészek tárolási és felvásárlási követelményeket.
 - Cserealkatrészek és zálogrendszerek alkalmazása gyorsan csökkenti a felújításra, energia- és eszköz megtakarításra fordított követelményeket.
 - A felújítás, energia- és eszköz megtakarítás gyorsan csökkenti az oktatás növelésére és degradációs hatások csökkentésére szánt követelményeket.
- b) A lassú támogatás irányában
 - Oktatás növelése és degradációs hatások csökkentése lassan csökkenti a cserealkatrészek tárolási és felvásárlási követelményt.
 - Cserealkatrészek és zálogrendszerek alkalmazása lassan csökkenti a konstrukciós és anyagkövetelményt.
 - Magas konstrukciós megbízhatóság lassan csökkenti a felújítására, energia- és eszköz megtakarításra fordított követelményeket.
 - A felújítás, energia- és eszköz megtakarítás lassan csökkenti az irányítási és felügyeleti követelményeket.
 - Irányítási és felügyeleti rendszerek alkalmazása lassan csökkenti az oktatás növelésére és degradációs hatások csökkentésére fordított követelményeket.

Ha teljesen egyenletes költségelosztást érvényesítünk az egyes elemekre, akkor sokszor logikátlan megoldások jönnek létre. Például, ha egy megbízhatóan dolgozó gépre, még egy drága diagnosztikai rendszert alkalmazunk. Ennél fogva a gyakorlatban mindig csak egy domináns elemmel lehet találkozni.

Ha a vállalat sikeres, maradhat a fenntartott vállalati politikája mellett, de ha a külső körülmények változnak, tanácsos alkalmazkodni. Ekkor születnek a legfontosabb döntések, melyik elemet kell jobban vagy kevésbé támogatni a karbantartási rendszerben. A végső cél mindig az összköltségek minimalizálása.

7. GYAKORLATI ALKALMAZÁS

Tételezzük fel, hogy az adott vállalatban domináns részleg az irányítási és felügyeleti rendszerek alkalmazása (C elem), de közben már az elavult géprészlegek sok hibát produkálnak (E elem). Ez egy gazdaságtalan állapot, mert a hibák oka zömében a fizikai elavulás.

Lehetséges megoldások:

- a) Új gépek és technológiák használata, ez által növelni a termelőképességet (B elem). Gyors javulást lehet feltételezni, de a költségek is magasak. Ez jó megoldás, ha van elegendő beruházási hitel.
- b) Cserealkatrészek beszerzése. Ha valami elromlik, akkor cserével felújítjuk (D elem). Lassú javulást lehet feltételezni, a költségek is alacsonyabbak. Ha morális elöregedés veszélye áll fenn, akkor ez már nem jó megoldás.
- c) Kihasználni az elavult géprészlegeket kisebb produktivitás és terhelés mellett. Így viszonylag olcsón lehet növelni a megbízhatóságot (E elem). A megoldás jó, ha kicsi a hitel, vagy olyan esetekben, amikor az alacsony megbízhatóságból fakadó károk túlságosan magasak.

ÖSSZEFOGLALÁS

A hétköznapi életben, a nemlineáris rendszerek rejtet formájukban oszcillálnak. A modellezés és a rendszer fölmérése, ismerete teszi lehetővé a szélesebb körű megoldások hasznosítását. A karbantartást illetően, a cikkben ismertettük a nemlineáris rendszer viselkedésének leírási módszerét. A módszert természetesen tovább lehet fejleszteni és tökéletesíteni.

IRODALOM

- [1] Gleick J.: *Chaos. Vznik nové vědy*. Ando Publishing 2002, ISBN: 80-86047-04-0.
- [2] Dobránsky J., Jacko P.: *New Trends in Technical Systems Operation* : In: TSO '2009 Proceedings 9th International Scientific Conference : Prešov, Slovak Republic, 5.-6.11.2009 , Prešov : FVT TU, 2009. ISBN 9788055303123.
- [3] Ruzicka, R.: *Mikrosystemy akupunktury ruka noha terapie zon Su-Jok akupunktura*. Iris RR, Frydek-Místek (1999), ISBN 80-85888-18-1