

LOGISZTIKAI FOLYAMATOK IRÁNYÍTÁSÁNAK MODELLEZÉSI LEHETŐSÉGEI

VÁRLAKI Péter, PREZENSZKI József, KERESZTÚRI János

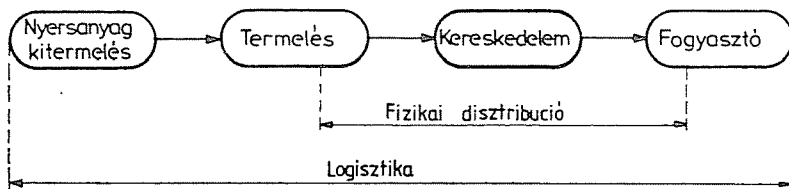
Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar
Közlekedéstechnikai és Szervezési Intézet

A logisztikai rendszer fogalma, rövid jellemzése

Az ún. „harmadik szállítási forradalom” új „szállítási filozófiát” teremtett a disztribúció fogalmának értelmezésén keresztül [1]. A *fizikai disztribúció* lényegében szervezett, komplex mozgásrendszer, amely valamely termék előállításával, értékesítésével, felhasználásával illetve fogyasztásával kapcsolatosan az anyagok, félkész- és késztermékek mozgatási részfolyamatait foglalja magába. A mozgásrendszeren belül a távolsági szállítás meghatározó összetevő, a disztribúció azonban magában foglalja az anyagmozgatási, a rakodási, a tárolási és raktározási folyamatokat is.

A szállítás, az anyagmozgatás és az újratermelés kapcsolatát a disztribúciós rendszer-szemléletű felfogásnál is tágabban értelmezhetjük, ha a logisztikai rendszerekből indulunk ki (1. ábra).

A *logisztika* a mozgásrendszereket, illetve az áruk és anyagok tömegszerű mozgási folyamatait úgy tekinti, mint az alapfolyamatok legszélesebben értelmezett szolgáltatási folyamatait. A logisztikai rendszer fogalmilag tehát túllép a „termék, termékesoport” szintű újratermelési felfogáson, és előtérbe helyezi a reális társadalmi szükségleteket mint az újratermelés kiinduló alapját és azok kielégítését; az újratermelés célját és egyben eredményét [2]. A logisztikai rendszer tehát magában foglalja a társadalmi szükségletek kielégítését célzó termék (szolgáltatás) disztribúciós rendszerét, valamint ezen túlmenően tartalmazza azokat az információs tervezési és irányítási rendszereket, amelyek adott áruszállítási és anyagmozgatási folyamatok megvalósításával, megszervezésével és üzemeltetésével függnek össze. A logisztikai rendszerek megalkotásában és működtetésében a korszerű operációkutatási és szabályozásméleti (identifikációs)



1. ábra. Vázlat a fizikai disztribúció és logisztika értelmezéséhez

módszerek nagy szerepet játszanak. Egyfelől mint az erőforrás-szükségletek optimalizálásának, másfelől mint az erőforrások és késztermékek felhasználóhoz való eljuttatásával kapcsolatos rakodási, szállítási, tárolási (RST) folyamatok optimalizálásának eszközei.

A logisztikai rendszerek hierarchiájában a makrologisztikai, a szállítási lánc és a mikrologisztikai rendszereket különböztetjük meg.

A logisztikai rendszerek modellezési problémái

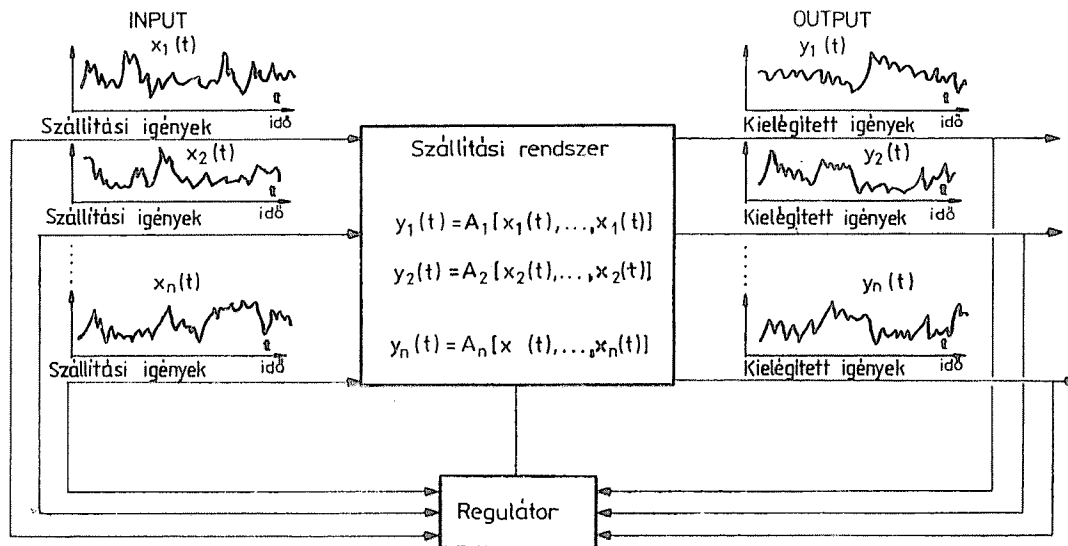
A hagyományos — az anyagáramlási mikrologisztikai rendszerek viselkedését leíró — modellekkel (mint pl. a tömegkiszolgálási módszerek, „naiv” determinisztikus és statisztikus megközelítések, egyszerűbb szimulációs megoldások) nem foglalkozunk.

A mikrologisztikai (anyagáramlási) rendszert tömegkiszolgálási rendszernek tekintve ugyanis — a rendszer konkrét üzem módjának figyelembevételével — megállapítható, hogy a sorbanállási jelenségek szokványos matematikai modelljei a rendszer elemzésére általában nem alkalmazhatók. A rakodási és a szállítási igények beérkezésére, továbbá a kiszolgálások lebonyolítására vonatkozóan általában, a tipikus tömegkiszolgálási rendszerektől erősen eltérő feltételekből kell kiindulni. E feltételek közül a legszámottevőbbek az igények a prioritási rendszerével kapcsolatosak.

Például egyszerűbb esetekben (a gyakorlati tapasztalatok szerint) az üzemi belső szállítás és a külső szállítás kapcsolódási pontjain levő rakodóhelyeken a külső szállítás szállítóeszközeinek várakoztatása lényegesen költségesebb az üzemi belső szállítás szállítóeszközeinek várakoztatásánál. Ezért indokolt a rendszer üzemelése során a külső szállítás szállítóeszközei kiszolgálásának prioritását kikötni. Szóba jöhet esetleg a prioritás korlátozása oly módon, hogy a működés során kialakuló belső szállítóeszközök várakozó sor hosszának valamely előírt értékkel való túllépése esetén felfüggesztjük a külső szállítás kiszolgálásának prioritását mindaddig, amíg a sorhosszúság valamely előírt minimális érték lesz.

További jelentős problémát okoz tömegkiszolgálási modellezésnél az igényfolyamat sztochasztikus jellegének értelmezése. A rakodási (anyagáramlási) igények beérkezése általában két forrásból következik be, a beszállítást és a kiszállítást végző szállítóeszközök révén. A tipikus tömegkiszolgálási folyamatoktól eltérő jelleg esetünkben abból adódik, hogy a be- és kiszállítást végző szállítóeszközök egyszerre többféle típusú rakományegységgel jelennek meg, amelyek a kiszolgálás szempontjából igénynek tekinthetők. A különféle igények az időben nem egymás után egyenként, hanem tömegesen jelentkeznek (2. ábra).

A fenti rövid elemzésből érzékelhető, hogy az említett módszerek általában nem képesek kielégíteni a korszerű rendszerirányítás követelményeit. Különösen érvényes ez az egyre jelentősebb szerepet játszó operatív (on-line) számítógépes rendszerirányítás esetére (tehát az alapfolyamatok működésének valószínűségű leképezését biztosító komplex modellezés követelményeire).



$A[\dots]$ -a rendszerműködés operátorának szimbóluma

$x_i(t)$ - az i -edik típusú igényfolyamat

$y_j(t)$ - a j -edik típusú kielégített igények folyama^t

2. ábra. A szállítási igényfolyamat és a szállítási rendszer kapacitása

A korszerű követelményeket kielégítő egyik alapvető modellezési megközelítés a korszerű szabályozáselmélet, illetve a statisztikai rendszer identifikáció szemléletének és konkrét módszereinek alkalmazása látszik.

A rendszeridentifikáció szerepe és fontosabb módszerei

A korszerű (statisztikai) rendszeridentifikációs módszerek alkalmazásával kettős célt érhetünk el.

Egyrészt lehetőség nyílik a mikrologisztikai rendszer igényfolyamatai, kiszolgálási folyamatai, valamint az esetleges rendszerállapotjelző idősorok közötti sztochasztikus kapcsolat szorosságának, jellegének és dinamikájának vizsgálatára, amely alapján fontos következtetések vonhatók le a rendszer működésének, irányításának hiányosságairól és általában a rendszerviselkedés jószágáról.

Másrészt az éppen megfigyelt rakodási, szállítási igényfolyamatok konkrét alakulása (valószínűségelméletileg: realizációja) alapján a már feltárt (identifikált) sztochasztikus operátorösszefüggések szerint előre jelezhető a konkrét igény alakulásához tartozó kiszolgálási folyamat tényleges megvalósulása. Ezen utóbbi információ alapján az operatív irányítási paraméterek megfelelő korrekciója szabályozáselméleti módszerek szerint végrehajtható. A legelterjedtebb (nemparaméteres) identifikációs módszernek a korreláció-analízis tekinthető, amely stacionárius véletlen folyamatok várható értékei mellett az auto- és keresztkorreláció-függvényekkel „dolgozik”, azaz a folyamatok első két momentumával operál (second moment theory)* [3, 4].

Ez a megközelítés gyakorlati esetekben is rendkívül egyszerű és könnyen számítható, továbbá természetesen interpretálható statisztikai karakterisztikát (ún. statisztikai függőségi mérőszámokat) alkalmaz.

A korrelációs rendszeranalízist (rendszeridentifikációt) és extrapolációt (előrejelzést) megalapozó Wiener—Hopf integrálegyenlet, illetve annak diszkrétizált (digitalizált) megfelelője is természetes fizikai interpretációval rendelkezik.

Az operátoros többváltozós modell a következőképpen adható meg:

$$y(t) = A(t) \cdot x(t) + e(t),$$

ahol $y(t)$ az outputok (pl. kielégített rakodási igények) vektora, $x(t)$ az inputok (pl. jelentkező rakodási igények) vektora, az $A(t)$ a rendszerműködést megadó lineáris operátorok vektora, végül az $e(t)$ az $x(t)$ -től független zajfolyamat vektora.

* Ezek értelmezését egyszerű mikrologisztikai rendszerekre (rakodási igény és kiszolgálási folyamatokra), valamint alkalmazásukat a lineárisnak feltételezett rendszer „adaptívitásának” jellemzésére korábban már részletesen elvégeztük [5].

Az $A(t)$ optimális becslése a

$$\mathbf{K}_{YX}(\tau, t) = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{K}_{XX}(\tau, t), \quad \tau \in T$$

összefüggés segítségével történhet, ahol \mathbf{K}_{YX} a korrelációs függvények vektora, míg \mathbf{K}_{XX} az autokorrelációs függvények mátrixa [6].

Ha az időtartományból a frekvenciatartományba kívánunk átlépni a stationárius idősorok jellemzése céljából, akkor az auto- és keresztkorreláció függvények helyett azok Fourier-transzformációit, azaz az ún. auto- és keresztspektrumokat alkalmazzuk.

A fenti ún. nemparaméteres statisztikai megközelítésekkel (amelyek numerikus algoritmikus és számítógépes bázisa egyaránt rendkívül részletesen és alaposan kidolgozott) nagyfokú pontossággal írható le a mikrologisztikai rendszerek anyagáramlásainak (statisztikai) idősorai között lineáris (sztochasztikus) kapcsolatuk jellege és dinamikája. Nemlineáris statisztikai kapcsolatok esetén a rendszermodellezés (az identifikáció) jóval bonyolultabb. Ekkor a gyakorlati feladatok számára ajánlható a bilineáris idősor-vizsgálatok elmélete vagy az identifikáció diszperziós módszere [3].

Jelenleg egyre inkább terjedőben vannak a különféle lineáris diszkrét idő-sorelemzések (többváltozós ARMA, ARIMA, ARMAX stb. modellek).

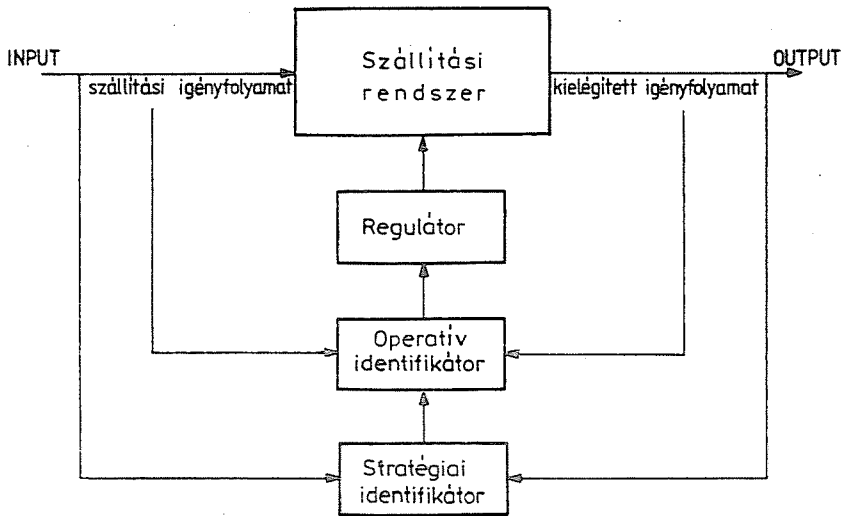
Pl. modellezhetjük a mikrologisztikai rendszereket az előbbieken értelmezett inputokkal és outputokkal az alábbiak szerint is:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{T}_P(z)\mathbf{x}(t) + \mathbf{T}_N(z)\mathbf{v}(t)$$

ahol $\mathbf{T}_P(z)$ a racionális input átviteli mátrix, $\mathbf{T}_N(z)$ pedig a racionális zajátviteli mátrix, $\mathbf{v}(t)$ a diszkrét fehér zaj folyamatok (sorozatok) vektora továbbá az eltolási operátor. A mátrixok becslése a többváltozós maximum likelihood módszerekkel végezhető [7]. Ugyanakkor egyre gyakrabban alkalmazzák a különféle állapotter identifikálási módszereket is (pl. kiterjesztett Kálmán-féle filter) [8].

Az adaptív stratégiai valamint operatív („off-line” és „on-line”) identifikációs algoritmusok felépítése

A logisztikai rendszerek (mint ún. nagyméretű -large scale) sztochasztikus, dinamikus rendszerek irányítási folyamatait célszerű „kettős bontás” (duális irányítás elmélete) szerint felépíteni. Azaz a komplex irányítás egyrészt az alaprendszer, tehát az RST rendszer megismeréséből (identifikálásából), továbbá a tényleges irányítási folyamatokból tevődik össze. Az irányítás rendszeridentifikálási feladata alapvetően ugyancsak kettős. A folytonos (állandóan jelentkező) változások értékelése és minél finomabb — ha kell adaptív jellegű — statisztikai feldolgozása, továbbá a mikrologisztikai rendszer környezetében beálló lassúbb változások érzékelése, ennek megfelelően az alap-



3. ábra. A szállítási folyamat, a szállítási rendszer és az identifikátorok kapcsolata

rendszer modelljének hozzáigazítása a valóságos környezethez és belső (rendszer) feltételekhez (állapotokhoz). Az előző identifikálást operatív vagy „on-line”, míg az utóbbit stratégiai vagy „off-line” identifikációnak, az identifikálást megvalósító „objektumot” pedig „on-line” vagy „off-line” identifikátor-nak szokás nevezni (3. ábra).

Az előzőekben ismertetett elvek és röviden vázolt identifikációs modellek alapján építhető fel megfelelő számítógépes háttér esetén a mikrologisztikai rendszer irányításának stratégiai identifikátora. Továbbá a megfelelő, elsősorban mikroprocesszoros számítógépes irányítás mellett alakítható ki az alapvető rendszeridentifikációs modellek rekurzív összefüggésének, adaptációs és tanuló algoritmusainak felhasználásával az „on-line” típusú, azaz operatív mikrologisztikai rendszerirányítás. Ezen eszközök és módszerek aktív alkalmazása a logisztika egész területén a népgazdaság teljes szállítási és mozgásrendszerének és így az újratermelési folyamatnak hatékonyságát egyaránt jelentősen növelheti.

Összefoglalás

Az anyagok és áruk áramlatainak mint a termelési, ellátási tevékenységek legszélesebben értelmezett szolgáltatási folyamatainak — azaz a logisztikának — alapozó jellegű irányítási, illetve szabályozásméleti vizsgálata képezte az elmúlt időszak egyik kutatási feladatát. A logisztika meghatározott társadalmi gazdasági szükségletek kielégítésével kapcsolatban ugyanis magában foglalja a termékek disztribúciós rendszerén túlmenően az információs, a tervezési és az irányítási rendszereket is, amelyek az adott rakodási, szállítási és tárolási (ún. RST) folyamatok megszervezésével és üzemeltetésével függnek össze.

A logisztikai rendszerek hierarchikus jellegű felépítése és jellemzése után vizsgálatokat folytattunk a logisztika alapfolyamatai (azok struktúrája és részfolyamatai) sajátosságainak feltárására az irányítási rendszer kialakítása céljából. E kérdéskomplexumon belül megvizsgáltuk a korszerű szabályozásméleti módszerek konkrét alkalmazási lehetőségeit, a logisztikai rendszerek adaptív irányítási folyamatait.

Aktuális vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy a logisztikai rendszerek adaptív irányítási folyamatainak felépítését az ún. operatív és stratégiai rendszeridentifikációs modellek megfelelő színvonalú alkalmazása biztosíthatja a logisztika alapfolyamatainak (működésének) valósághű leírásával.

Irodalom

1. Kuiler, H. C.: Transport and the Kondratieff Business Cycle: *International Journal of Transport Economics* 8 (1981)
2. Geisler, M. A.: Logistics, TIMS Studies North Holland P. C. Amsterdam (1975)
3. Eykhoff, P.: System identification. Parameter and State Estimation, North Holland P. C., Amsterdam, New York 1974.
4. Balakrishnan, A. V.: Applied Functional Analysis Springer Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 1981
5. Prezenszki, J.—Várlaki, P.: Adaptív rakodási rendszerek viselkedésének vizsgálata, *Közlekedéstudományi Szemle*, 26 (1976)
6. Rajbman, N. S. (ed.): Identification and System Parameter Estimation, Proceedings of the 4-th IFAC Symposium North Holland P. C. Amsterdam, New York, Oxford, 1978
7. Bekey, A., Saridis, G. (ed.): Identification and System Parameter Estimation, Proceedings of the 6-th IFAC Symposium, Pergamon Press, London, Oxford, New York, 1982
8. O'Grady, P. J., Bonney M. C.: Optimal Estimation of Inter-Machining Inventory Levels Using Discrete State Variable Control Theory. Proc. First Int. Symp. on Inventories, Budapest, Akadémiai Kiadó, 1980

Dr. Várlaki Péter tudományos főmunkatárs, műszaki tudományok kandidátusa

Dr. Prezenszki József egy. docens, közlekedéstudományok kandidátusa

Dr. Keresztúri János tudományos munkatárs