

2007. 11. 22.

Közlekedés- tudományi Szemle

2007 NOV 28.

J.R.

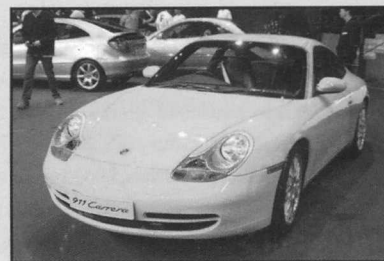


11. 2007

NOVEMBER
LVII. ÉVFOLYAM



**Integrált ütemes
menetrend**



**Közlekedési
eszközök
paramétereit
mérő radarok**



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

a Közlekedéstudományi Egyesület tudományos folyóirata
 VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE RUNDSCHAU
 Zeitschrift des Ungarischen Vereins für Verkehrswissenschaft
 REVUE DE LA SCIENCE DES TRANSPORTS
 Revue de la Société Scientifique Hongroise des Transports
 SCIENTIFIC REVIEW OF TRANSPORT
 Monthly of the Hungarian Society for Transport Sciences
 A lap megjelenését támogatják:

ÁLLAMI AUTÓPÁLYA KEZELŐ Rt., ÉPÍTÉSI
 FEJLŐDÉSÉRT ALAPÍTVÁNY, FUVAROS TANODA KFT,
 GySEV, HUNGAROCNTROL, NEMZETI KÖZLEKEDÉSI
 HATÓSÁG, KÖZLEKEDÉSI MÚZEUM,
 KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI INTÉZET, MAHART
 PassNave SZEMÉLYSZÁLLÍTÁSI Rt., MAHART
 SZABADKIKÖTŐ, MÁV (fő támogató), MÉSZÁROS ÉS
 TÁRSA HAJÓMÉRNÖKI IRODA, MTESZ., PIRATE BT.,
 STRABAG Építő Rt., UKIG, UVATERV,
 VOLÁN vállalatok közül: ALBA, BAKONY, BALATON,
 BORSOD, GEMENC, HAJDU, HATVANI, JÁSZKUN,
 KAPOS, KISALFÖLD, KÖRÖS, KUNSÁG, MÁTRA,
 NÓGRÁD, SOMLÓ, SZABOLCS, TISZA, VASI, VÉRTES,
 ZALA, VOLÁN EGYESÜLÉS, VOLÁNBUSZ,
 WABERER'S HOLDING LOGISZTIKAI RT.

Megjelenik havonta

Szerkesztőbizottság:

Dr. Udvari László	elnök
Dr. Ivány Árpád	főszerkesztő
Hüttl Pál	szerkesztő

A szerkesztőbizottság tagjai:

Dr. Békési István, Bretz Gyula, Domokos Ádám, Dr. habil.
 Gáspár László, Dr. Hársvölgyi Katalin, Horváth László, Mészáros
 Tibor, Dr. Menich Péter, Mudra István, Nagy Attila, Nagy Zoltán,
 Saslics Elemér, Tánczos Lászlóné Dr., Tóth Andor, Dr. Tóth
 László, Varga Csaba, Winkler Csaba, Dr. Zahumenszky József

A szerkesztőség címe: 1146 Budapest, Városligeti krt. 11.
 Tel.: 273-3840/19; Fax: 353-2005; E-mail: info.kte@mtesz.hu

Kiadja, a nyomdai előkészítést és kivitelezést végzi:

KÖZLEKEDÉSI DOKUMENTÁCIÓS Kft.

1073 Budapest, Dob u. 110. Tel./Fax: 322 22 40

Igazgató: NAGY ZOLTÁN

szemle.kozdok2006@yahoo.com; www.kozdok.hu

Terjeszti a Magyar Posta Rt. Üzleti és Logisztikai Központ
 (ÜLK). Előfizethető a hírlapkézbesítőknél és a
 Hírlapelőfizetési Irodában (Budapest, XIII. Lehel u. 10/a.
 Levélcím: HELIR, Budapest 1900), ezen kívül Budapesten a
 Magyar Posta Rt. Levél és Hírlapüzletági Igazgatósága
 kerületi ügyfélszolgálati irodáin, vidéken a postahivatalokban.
 Egy szám ára 460,- Ft, egy évre 5520,- Ft.
 Külföldön terjeszti a Kultúra Külkereskedelmi Vállalat
 1389 Bp., Pf. 149.

Publishing House of International Organisation of Journalist
 INTERPRESS,

H-1075 Budapest, Károly krt. 11.

Phone: (36-1) 122-1271 Tx: IPKH. 22-5080

HUNGEXPO Advertising Agency, H-1441 Budapest, P.O.Box 44.

Phone: (36-1) 122-5008, Tx: 22-4525 bexpo

MH-Advertising, H-1818 Budapest

Phone: (36-1) 118-3640, Tx: mahir 22-5341

ISSN 0023 4362

Tartalom

- Borza Viktor - István György - Kormányos László - Vincze Béla:*
 Integrált ütemes menetrend (I. rész) 402
 A szerzők egy háromrészes cikksorozat első részében részletesen
 bemutatják az integrált ütemes menetrend kialakulásának
 történetét, a legfontosabb alapelveket és feltételeket, továbbá a
 hazai implementáció eddigi eredményeit, és vasúti pilot
 projektekjét.
- Dr. Oláh Ferenc:* Közlekedési eszközök paramétereit mérő radarok és
 a személygépjárművek közel, távol, oldal és tolató radarjainak
 statisztikai elmélete 417
 A szerző bemutatja a közlekedési eszközök felderítésére szolgáló
 radarok statisztikai elméletét, majd kitér az autókban alkalmazott
 közel, távol radarok ismertetésére.
- Gazdasági és Közlekedési Minisztérium Kommunikációs Főosztály:*
 Az „Új Magyarország Fejlesztési Terv” több mint 1000 milliárd
 forintot fordít közlekedésfejlesztésre 436
 A Kormány 2007. augusztus 9-i ülésén több, mint 1000 milliárd
 forint út- és közlekedésfejlesztésről döntött. A GKM
 Kommunikációs Főosztály ismerteti, hogy az összeget milyen
 fejlesztésekre fordítják.

Szerzőink:

Borza Viktor marketing szakértő a MÁV Zrt. Pályavasúti Üzletág Értékesítési
 Főosztályán, okl. közlekedésmérnök, PhD hallgató a BME Közlekedésmérnöki Kar
 Közlekedésüzemi Tanszékén, valamint a Budapesti Corvinus Egyetemen végzett
 szakirányú menedzser; *István György* közlekedésmérnök, szakértő tanácsadóként vett
 részt a MÁV Zrt. Személyszállítási Üzletágnál az integrált ütemes menetrend
 kialakításában; *Kormányos László* szolgáltatási szakértő a MÁV-START Zrt. Üzleti
 Főosztályán, okl. közlekedésmérnök, PhD hallgató a BME Közlekedésmérnöki Kar
 Közlekedésgazdasági Tanszéken; *Vincze Béla* rendszerfejlesztő a Vasúti Pályakapacitás
 Elosztó Kft.-nél, okl. közlekedésmérnök, PhD hallgató a BME Közlekedésmérnöki Kar
 Közlekedésautomatikai Tanszéken; *Dr. Oláh Ferenc* okl. villamosmérnök, okl. lokátor
 szakértő, főiskolai docens.

**A lap egyes számai megvásárolhatók
 a Közlekedési Múzeumban**

Cím: 1146 Bp., Városligeti krt. 11.

valamint a kiadónál

1073 Budapest, Dob u. 110.

Tel./Fax: 322-2240

Borza Viktor -
István György -
Kormányos László -
Vincze Béla

VASÚTI KÖZLEKEDÉS

Integrált ütemes menetrend

I. rész

Előszó

Az elmúlt évek, évtizedek egyik legjelentősebb, közérdeklődést felkeltő vasúti eseménye az ütemes menetrendi struktúra kiterjesztése volt. Az előkészítés során, a vasúti szakmán belül is komoly nézetkülönbség alakult ki a rendszer bevezethetőségét és hasznosságát illetően, ami a döntéshozókat is erősen befolyásolta. A hazai rendszer alapjainak kidolgozását előkészítő szakemberek ezért is érezték fontosnak, hogy a félreértések, félígazságok, esetleges téves információk helyett egy cikksorozatban foglalják össze a rendszer alapfogalmait, definícióit, bemutassák annak nemzetközi történetét, hazai előzményeit és egyúttal felvázolják a hazai rendszer lényeges elemeit.

A cikksorozat 2007. júniusában – az integrált ütemes menetrend 2006. decemberi bevezetése után – az első tapasztalatok és értékelhető eredmények birtokában készült. A cikk írásakor még zajlottak a következő évi menetrend előkészítési munkái. A cikksorozattal ezt a munkát is támogatni kívánják a szerzők.

1. Bevezetés

Kilencvenkilenc éves idén, 2007-ben az ütemes vasúti menetrend. Tehát, nem éppen új keletű és lépten-nyomon hallhatunk róla, mégis jó kilencven évig tartott, amíg elért hazánkba. Háromrészes cikksorozatunkban igyekszünk részletesen bemutatni az

ütemes menetrend kialakulásának történetét, a legfontosabb alapelveket és feltételeket, a hazai implementációt, valamint a további hazai kiterjesztés módját és feltételrendszerét. Az első részben bemutatjuk, hogy melyek az ütemes menetrend előnyei és feltételei, meghatározzuk, hogy egyáltalán mikor beszélhetünk integrált ütemes menetrendről, bemutatjuk az ütemes menetrend 99 éves történetének mérföldköveit és a hazai implementáció pilot projektjét, eredményeit. A cikksorozat második részében részletesen bemutatjuk a 2007. évi menetrenddel Kelet-Magyarország jelentős részén bevezetett integrált ütemes menetrend struktúráját és első eredményeit. A záró cikkben az integrált közösségi közlekedési rendszer hálózati kiterjesztésének folyamatát, a kialakításához szükséges feltételrendszert és a megvalósítás lehetséges lépéseit ismertetjük.

2. A kínálati, az ütemes és az integrált ütemes menetrend - definíciók

Még a szakmai terminológia is gyakran összemosza az előző kifejezéseket, ezért először meghatározzuk az *(integrált) ütemes menetrend* és a *kínálati menetrend* fogalmát. Az „*ütemesség*” egy olyan rendszerre utal, amelyben a járatok kiszámíthatóan, azonos időközönként követik egymást, az *integráció az ütemes menetrendű járatok összehango-*

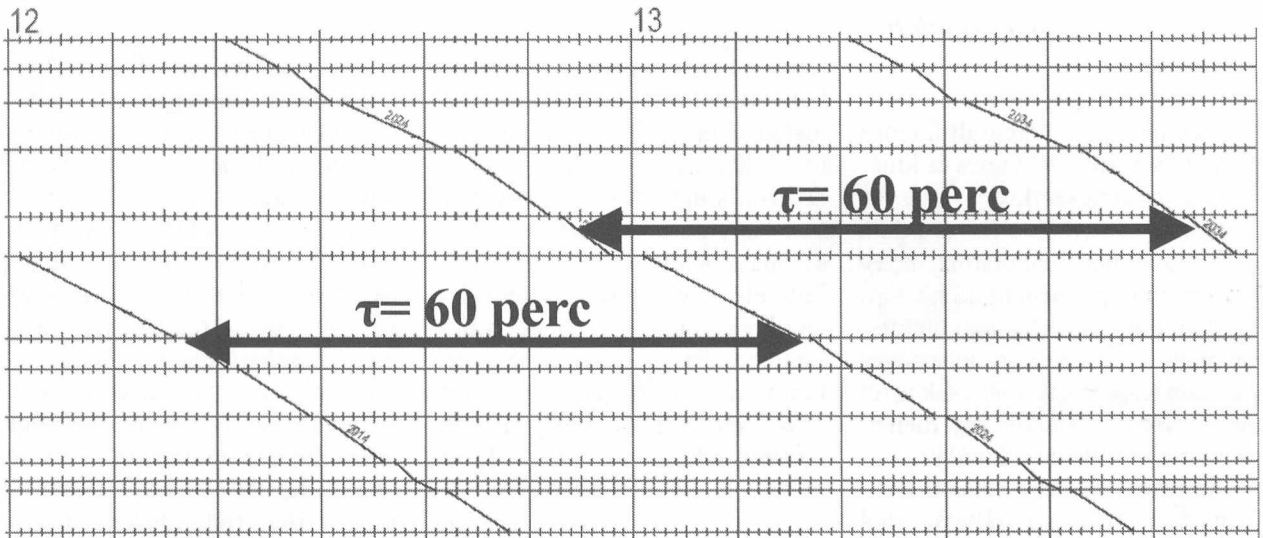
lását jelenti, míg a *kínálati* menetrend olyan (sűrű és folytonos) közösségi közlekedési szolgáltatást takar, amelyben *egész nap, bőven van lehetőségünk választani az eljutási lehetőségek közül.*

Noha létezik nem ütemes kínálati menetrend (sűrű, de rendszertelen közlekedés), és akár ütemes de nem kínálati menetrend is (pl. kétórás követés egy nappali nagyvárosi buszjáraton), a kettőnek csak együtt van igazán értelme. Hiszen a lakosság mobilitásának növekedésével csak a kellően sűrű, rugalmas és kiszámítható közösségi közlekedési szolgáltatás képes az egyéni közlekedéssel szemben megfelelő alternatívát kínálni.

A kínálati, az ütemes és az integrált ütemes menetrend közötti eltérésekre, a mobilitásra gyakorolt hatásuk érzékeltetésére a következőkben példákat mutatunk be.

2.1. Ütemes menetrend

Tisztán technológiai szempontból, az ütemesség egy adott időtartamon belül akkor teljesül, ha az azonos járat típusok, bármely két szomszédos menetvonalra egyazon időértékkel eltolva, egymással fedésbe hozható (*1. ábra*). Ekkor az adott járat típusra nézve ütemes menetrendről beszélhetünk. A gyakorlatban ütemes menetrendnek akkor nevezünk egy rendszert, ha az eltolás mértéke 120-60-30-15-10-5 perc. Az ütemes menetrend az utasok számá-



1. ábra

Ütemes menetrend (a periódusidő 60 perc)

ra a kiszámíthatóságot, a megjegyezhetőséget, az átláthatóságot jelenti.

Az ütemes menetrend nem kifejezetten csak vasúti menetrend, bár előnyei (pl. a minimális infrastruktúra meghatározásakor) kétségtelenül a vasúti közlekedésben jelentkeznek leginkább. Ennek megfelelően, a továbbiakban ismertetésre kerülő alapelvek bármilyen közösségi közlekedési módra alkalmazhatóak.

2.2. Kínálati, de nem ütemes menetrend

A kínálati, de nem ütemes menetrend egy a mobilitás szempontjából megfelelő kínálatot nyújtó, de a rendszert nélkülöző, a kiszámíthatóság és az átláthatóság szempontjából viszont nem megfelelő menetrendi szerkezetet jelent. Erre jó példa a Horvát Vasút (HZ) Zágráb elővárosában üzemelő elővárosi gyorsvasúti rendszere, amely a 10-15 perces átlagos járatsűrűséget ugyan biztosítja a csúcsidőszakokban, de a HZ a menetrendet úgy alakította ki, hogy az inhomogén vasúti forgalmat bonyolító Zágráb–Dugo Selo vonalszakasz távolsági forgalmát nem foglalta egy országos közlekedési rendszerbe, hanem változtatlanul hagyta a korábbi, nem ütemes menetrendet. Ennek következtében az elővárosi járatsú-

rítést nem volt lehetséges ütemes menetrendként megvalósítani. Az elővárosi vonatknál nincs azonos indulási idő, nem állapítható meg ütemesség, és a menetidők is eltérnek egymástól (1. táblázat).

2.3. Nem kínálati, és nem is ütemes menetrend

A nem kínálati és nem ütemes menetrend már a tagadásokból is érzékelhetően nem utasbarát megoldás. Gyakorlatilag egy versenyképtelen szolgáltatást jelent, amelyet minimális kínálat mellett a kiszámíthatatlanság és a korlátozott mobilitás jellemez.

Jó példa erre a szlovákiai Zilina – Rajec vasútvonal. A vasútvonal egyrészt zsolnai elővárosi vonal, másrészt a vonalon található Rajecké Teplice fürdőváros, amely termálvizével a gyógyulni vágyók kedvelt célpontja, de a turisztikai központ egyben a környező hegység természeti szépségét feltáró kirándulásoknak is kiváló kiindulópontja. A 2. táblázat mutatja a teljes napi menetrendet Zilina–Rajec irányba Zilina–Rajecké Teplice viszonylaton egy szombati napra vonatkozóan. Látható a menetrenden, hogy az nem kínálati (7 vonat egy nap, 6 óras közlekedésmentes időszak) és nem is ütemes (nincs egyenletes eloszlás és azonos indulási időpont). Az így kialakított me-

netrenddel gyakorlatilag lehetetlen a vonalon turisztikai céllal közlekedni, mivel a délelőtti időszakban megközelíthetetlen a régió. Ez a menetrendi megoldás nem összeegyeztethető a mobilitási igények kielégítésére való törekvéssel, a hosszú vonatmentes időszak pedig a vasúti közlekedés igénybevételi potenciálját jelentősen csökkenti.

1. táblázat

Kínálati, de nem ütemes – részlet a zágrábi „S-Bahn” munkanapi menetrendjéből (forrás: www.hznet.hr)

Zagreb Gl. Kol.	Dugo Selo	követési idő [perc]	menetidő
7:05	7:30	0:10	0:25
7:15	7:41	0:16	0:26
7:31	7:55	0:05	0:24
7:36	8:03	0:11	0:27
7:47	8:13	0:05	0:26
7:52	8:17	0:18	0:25
8:10	8:36	0:23	0:26
8:33	8:56	0:14	0:23
8:47	9:13	0:13	0:26
9:00	9:19	0:08	0:19
9:08	9:33	0:32	0:25
9:40	10:05		0:25

2. táblázat

Nem kínálati, de nem is ütemes menetrend – a Zilina–Rajec mellékvonal hétfégi menetrendje (forrás: www.slovakrail.sk)

Zilina	Rajecké Teplice	követési idő [óra]	menetidő
4:07	4:28	0:42	0:21
4:49	5:25	1:50	0:36
6:39	7:13	6:09	0:34
12:48	13:15	1:58	0:27
14:46	15:13	1:53	0:27
16:39	17:11	2:04	0:32
18:43	19:10		0:27

2.4. Ütemes, de nem kínálati menetrend

A cikk témája az integrált ütemes menetrend, ami az ütemes és kínálati menetrendszerkezet leghatékonyabb megvalósulási formája. Az előzőekben bemutatuk, hogy milyen, ha egy menetrend kínálati de nem ütemes, és ha nem ütemes, de nem is kínálati. A lehetséges kombinációk közül már csak arról nem szoltunk, amikor egy menetrend ütemes, de nem kínálati.

Ütemes, de nem kínálati minden olyan vasúti szolgáltatás, ahol ugyan a vonatok az órák mindig ugyanabban a percében közlekednek, de nem minden órában, azaz pl. a kétórás ütemes menetrend alapján. Az emberek jelenlegi mobilitási igénye mellett csak óránkénti, vagy annál gyakoribb közlekedési kínálat tekinthető versenyképesnek az egyéni közlekedésnek ebben a tekintetben vett végtelen kínálati rugalmassága mellett. Az ütemes, de nem kínálati menetrendre jó példa a MÁV Zrt. Ohat-Pusztakócs–Nyíregyháza vasútvonala, amelyen a Tiszalökig tartó szakaszon a 3. táblázatban látható menetrend működik. Kizárólag technológiai szempontból - kielégíti ugyan az ütemesség fogalmát, de az utasigények oldaláról tekintve nem biztosít megfelelő mobilitást, amit alátámasztani látszik a vonal alacsony utasforgalma.

Bár az ütemes menetrend korszerű felfogásában a vonatok (legalább) óránként közlekednek (legalább 12 órán át) mindig azonos percben, a technológiai szemléletű hagyományos felfogásban egy kétórás (mindig azonos percben induló) kínálat is tekinthető ütemesnek. Meg kell jegyezni,

3. táblázat

Ütemes, de nem kínálati menetrend – az Ohat–Pusztakócs – Tiszalök vonalszakasz munkanapi és hétvégi menetrendje (forrás: www.elvira.hu)

Ohat-Pusztakócs	Tiszalök	követési idő [óra]	menetidő
7:20	8:53	4:00	1:33
11:20	12:53	4:00	1:33
15:20	16:53	4:00	1:33
19:20	20:53		1:33

hogy egy kétórás ütemes menetrend már önmagában is veszélyezteti az ütemesség kiszámíthatósági előnyét, hiszen az utasnak nem elég a percet megjegyeznie, de arra is ügyelnie kell, hogy páros, vagy páratlan órában indul-e a vonata. Átmenetileg (ameddig a feltételek nem teszik lehetővé a tényleges ütemes – óránkénti – közlekedést) mégis ésszerű kompromisszum lehet egy kétórás ütemes menetrend, ami ütemesnek tekinthető ugyan, de kínálatinak semmiképpen sem.

2.5. Az integrált ütemes menetrend

Ha az ütemesség egynél több járat típusra (pl. intercity és csatlakozó személyvonat), vagy akár több közösségi közlekedési ágazatra (pl. vonat és ráhordó busz) kiterjed úgy, hogy a járatok menetrendjei térben is időben hangolva, egységes alapelvek mentén kerülnek tervezésre, beszélhetünk integrált ütemes menetrendről.

Az integrált ütemes menetrend a következő – mind az utasigényeket mind a közlekedési szolgáltatói hatékonyságot szem előtt tartó – logika szerint épül fel (4. táblázat).

Az integrált ütemes menetrend tehát – az előző meghatározások és példák bemutatását követően – összefoglalva: *kínálati, ütemes menetrendű vonalak közötti integrált közlekedési rendszer, amelynek alapja az utasigények minél jobb kielégítése, az eljutási idő lehetőségek*

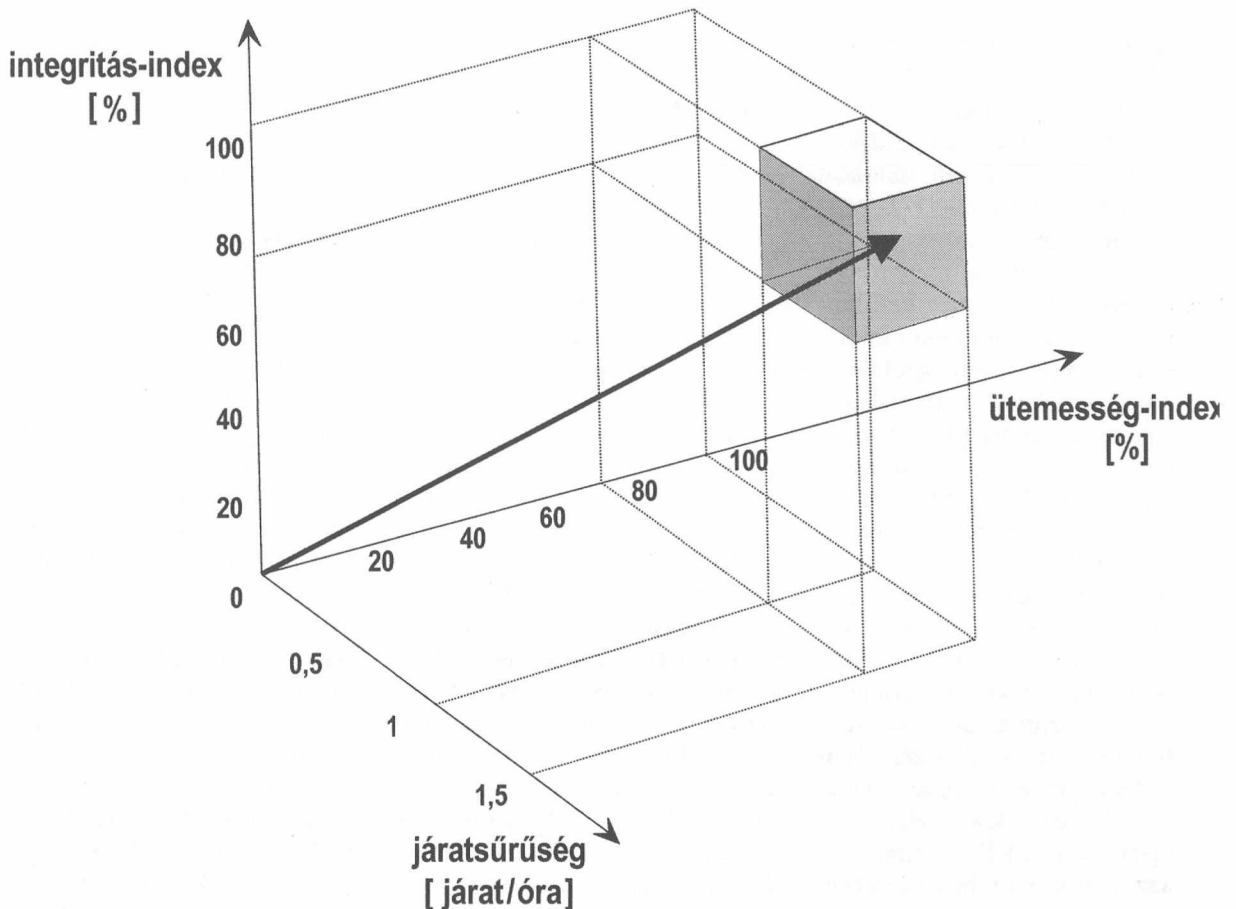
4. táblázat

Az integrált ütemes menetrend logikai felépítése

ütemes menetrend	Az egyéni közlekedés rugalmasságával szemben a közösségi közlekedésben az igénybe vevőnek egy kötött menetrendhez igazodnia kell. A rendszer vonzóvá tételében segít, ha a menetrend könnyen megjegyezhető, azaz azonos időközönként (120-60-30-15-10-5 percenként), az óra azonos percében indulnak a járatok. Ez a követési rend az ütemes menetrend alapja.
átszállási kényszer	A közösségi közlekedés használatánál a közlekedési mód sajátosságai miatt, mindenholon mindenholva nem lehet közvetlen eljutást biztosítani, így egyes viszonylatokban átszállás szükséges.
optimális átszállás	Az átszállás optimalizálása érdekében a közlekedési csomópontban úgy szükséges kialakítani a forgalmat, hogy ott az átszállás egy időpontban a lehető legtöbb irányban megtörténhessen.
integrált ütemes menetrend	A közösségi közlekedési hálózat felépíthető ilyen átszállási csomópontokat összekötő, ütemes menetrend szerinti közlekedő viszonylatokkal. Így kialakítható egy olyan optimális rendszer, amelyben bármely pontból bármely pontba – akár néhány átszállással – el lehet jutni. Ez a rendszer az integrált ütemes menetrend. A rendszer alkalmas arra is, hogy a közösségi közlekedési ágak (vonat, busz, hajó stb.) között egy kedvező munkamegosztás (modalitás-mix) jöjjön létre.

szerinti, optimális csökkentése. A 2. ábrán az integrált ütemes menetrend meghatározó paraméterek vektoriális ábrázolása látható. Az integrált ütemes menetrend felépítéséhez szükséges tényezők (ütemesség, kínáltság és integráltság) együttes megjelenítése lehetőséget biztosít arra, hogy egy adott menetrendi struktúráról megállapítható legyen annak ütemességi, integráltsági és kínáltság foka. A paraméterek mérhetősége érdekében az ütemesség és az integráltság indexálással (ütemes, illetve integritás-index), míg a kínáltság a járatsűrűséggel jellemezhető. Az ábrán megjelöltük azt a térbeli mozgásteret, amelyet egy integrált ütemes menetrendnek biztosítania kell a rendszerből kinyerhető szinergiák biztosításához. Az elméleti modellben meghatározott értékek – különös tekintettel a járatsűrűségre – csak a szemléltetés érdekében kerültek meghatározásra és részletes számítási módjakkal a cikk keretében nem foglalkozunk.

A bemutatott példák és a már működő integrált ütemes menetrendű közlekedési rendszerek azt mutatják, hogy csak egy-egy tényező (ütemes, vagy kínálati) megvalósításával kialakított menetrend nem lehet igazán vonzó a mai mobilitási igények kiszolgálása szempontjából. Valódi eredményt csak az ütemes és kínálati menetrendet biztosító vonalakon közlekedő járatok – közösségi közlekedési módtól függetlenül történő – összehangolása, rendszerré történő integrálása hozhat.



2. ábra

A integrált ütemes menetrend tényezőinek lehetséges, illetve optimális összetétele

2.6. Az integrált közösségi közlekedési rendszer

Az előző fejezetben bemutatott közlekedési integráció szükséges, de nem elégséges feltétele a versenyképes közösségi közlekedési rendszer kialakításának. Ahhoz, hogy a közösségi közlekedés vonzó legyen, a megfelelő mobilitási kínálat mellett, többek között szükséges a közlekedési módok közötti „kényelmes” átszállási lehetőség (intermodalitás), az egységes tarifarendszer és a komplex utastájékoztató megteremtése is. *Az egységesség, az átjárhatóság és a mobilitás biztosítása együttesen ad arra lehetőséget, hogy a közösségi közlekedés az egyéni közlekedéssel szemben alternatívaként jelenjen meg.* Az integrált közösségi közlekedési rendszer magyarországi kialakítási lehetőségeit, feltételrendszerét a cikksorozat harmadik részében mutatjuk be.

3. Az integrált ütemes menetrend alapelvei és feltételrendszere

A lehetséges menetrendi struktúrák és az azokhoz szorosan tartozó mobilitási lehetőségek bemutatása után a cikk témájául szolgáló integrált ütemes menetrend legfontosabb alapelveinek bemutatása, feltételeinek definiálása következik.

Maga az „ütemes menetrend” kifejezés tükörfordítása a német „Taktfahrplan”-nak, amely az 1970-es évek Svájcából ered. Valamivel később, ugyancsak a német nyelvterületen született meg az „integrált ütemes menetrend” kifejezés (Integrierter Taktfahrplan), melynek rövidítése („ITF”) immár jól ismert hazánkban is. (A további, az ütemes menetrend történetével kapcsolatos részletes információkat a 4. fejezet tartalmazza.)

A kiinduló vezérelv az, hogy a menetrendnek magától értetődőnek kell lennie, hiszen az utazóközönség alapvető elvárása a menetrend kiszámíthatósága mind az odautazás, mind a visszautazás során, amiből azonnal adódik a követési idő egyenletessége (ütemesség) és a menetrend szimmetrikussága. A cél pedig az, hogy ez a menetrend elfogadható kínálatot nyújtson, minél egyszerűbben megjegyezhető, logikus és kiszámítható legyen. Ehhez egy integrált ütemes menetrendben minden vonalon

- a menetrendben lennie kell egy olyan 60, de legalább 120 perces alapütemnek („grundtakt”), amely a hét minden napján azonos paraméterekkel megszakítás nélkül legalább 12 órán át fennáll. A csúcsideben jelentkező igényeket az alapütem zavarása nélkül kell kiszolgálni. Ha nincs alapütem, a menetrendi

struktúra semmiképpen nem tekinthető ütemesnek. Az alapütemet adó járatoknak szigorúan igazodniuk kell egymáshoz, eltérés csak nagyon indokolt esetben lehetséges 1-2 perc erejéig, pozitív irányban;

- az alapütemet adó menetrendnek szimmetrikusnak kell lennie, hogy a csomópontoknál a csatlakozások megfelelően működjenek és az átszállások egységes rendszerben történhessenek. Ez azt jelenti, hogy minden járatnak kell rendelkeznie egy ellentétes irányú szimmetria párral. Ahol a két irány vonatpárjai metszik egymást, ott találhatóak a lokális szimmetriatengelyek, amelyek elhelyezkedése értelemszerűen szintén ütemes. Praktikus szempontból a szimmetriatengelyt a rendszert elsőként bevezetőkhöz hasonlóan egész órához kell igazítani. Ez azzal jár együtt, hogy az érkezési (é) adatból egyszerűen adódik az indulási ($i=60-é$) időadat (pl. órás ütemben egy adott állomáson a :20-kor érkező vonat kiadja, hogy az ellentétes irányú ütem járatai :40-kor indulnak). A szimmetria velejárója, hogy ha A-ból B-be – ütemben levő vonatokkal – el lehet jutni két átszállással C-ben és D-ben, akkor a visszaút pontosan ugyanígy történik, csak fordított sorrendben (B-D-C-A). A menetrendi szimmetria kialakítása nem cél, hanem eszköz. Egy szimmetrikus menetrend még nem feltétlenül utasbarát, de egy utasbarát menetrendet – egyes speciális esetek kivételével – a szimmetriának is jellemeznie kell. Egy csatlakozásra építő ITF-es menetrendnek viszont szükségszerűen szimmetrikusnak kell lennie;
- a hálózati csomópontokban optimális átszállási kapcsolatokat kell biztosítani, és megfelelő gyűjtő-leosztó járatok szervezése szükséges. Az optimális átszállási kapcsolatrend-

szer az előző két pont alapján úgy valósul meg, ha a térbeli és időbeli csomópontok a lehető legközelebb esnek egymáshoz, azaz a járatoknak a szimmetriatengelyhez minél közelebbi időpontban kell a csomóponti állomáson tartózkodniuk. A szaknyelv a hálózati csomópontok átszállási rendszerét „pók”-nak nevezi, a menetrend út-idő diagrambeli megjelenés jellegzetes képére utalva (3. ábra). Egyszerű esetben a „pók” két fázisból áll: gyűjtő fázis (járatok beérkeznek minden irányból) és terítő fázis (minden járat „kirajzik”).

Az integrált ütemes menetrend megvalósíthatósága megköveteli, de egyben lehetőséget is biztosít az utasáramlatoknak megfelelő – adott esetben azt generáló – innovatív közlekedési struktúrák kidolgozására, elsősorban a vasúti közlekedés területén. A zónázó közlekedés rendszer tipikus példája annak, amikor a menetrendi struktúra kialakítása során az utazási idő csökkentése, a jellemző utasáramlatoknak megfelelő kiszolgálási rendszerbe foglalva valósítható meg. [1], [2]

A definíciókban meghatározott 60, de legfeljebb 120 perces „alapütem” a szakmai körökben, de a közszolgáltatást megrendelőnél is komoly gazdaságossági kérdésként jelentkezik. Nagyon fontos tényező ennek szükségessége alátámasztásában a következő: a mai mobilitási igények mellett az utazni szándékozók számára csak a kiszámítható, megbízható és az egyéni közlekedésben elérhető rugalmassághoz közelítő kínálat fogadható el. Az utasok igénylik a szolgáltatási színvonalat alapjaiban meghatározó kínálati menetrendű közönségi közlekedést az egyéni közlekedés alternatívájaként, mivel a szolgáltatási szektorban az elmúlt évtizedben bekövetkezett társadalmi-gazdasági változások hatására a szolgáltatási szektorban jelentős előrelépés történt a szol-

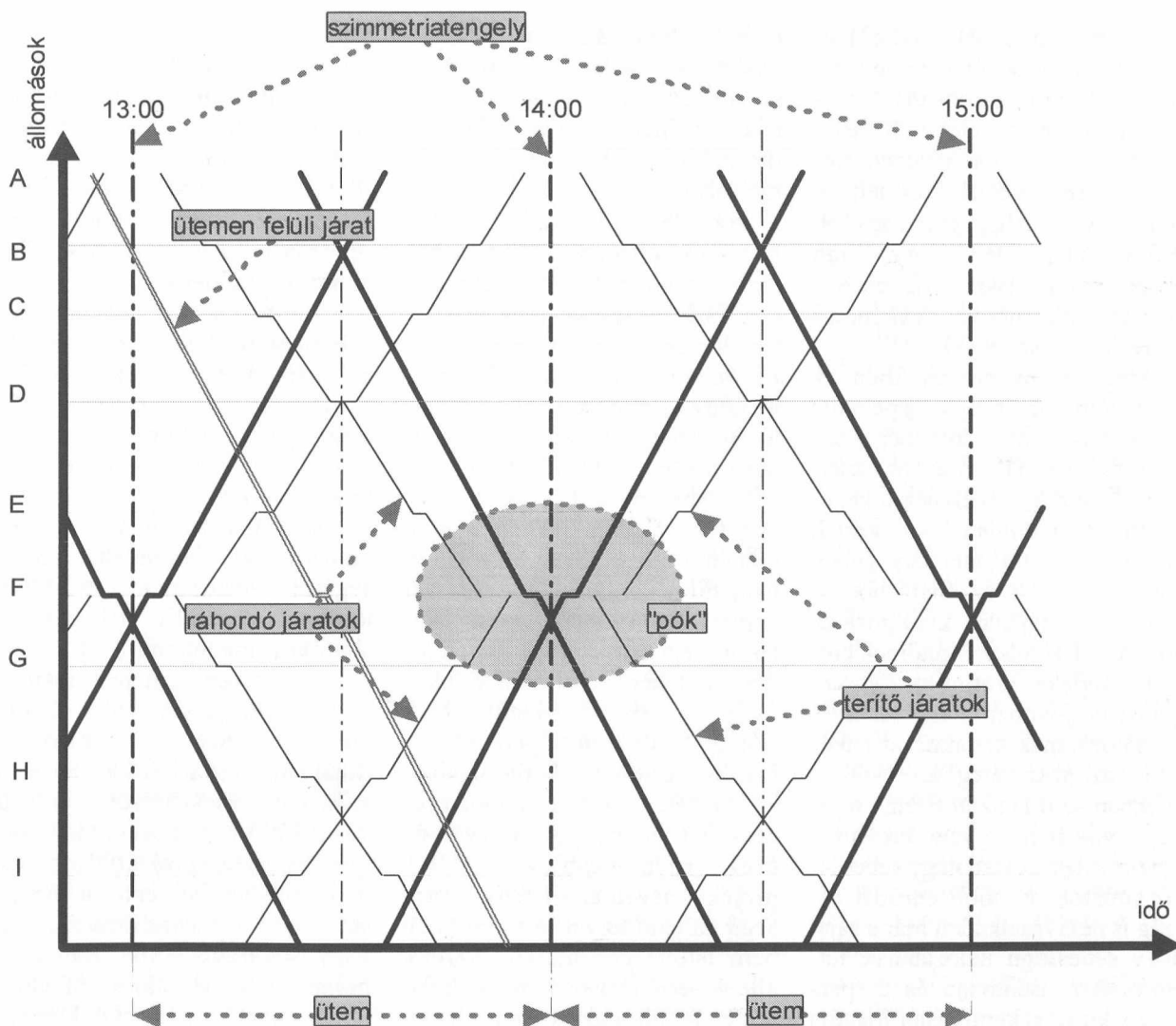
gáltatási színvonal egyik meghatározó tényezője, az elérhetőség, rendelkezésre állás területén.

Jó példa az elérhetőség javulására a szolgáltatók nyitvatartási rendje, amely jelentősen módosult, kibővült az elmúlt időszakban. Jellemzővé váltak a reggel 6-tól a 20-21, sőt 22 óráig, a hét minden napján nyitva tartó szupermarketek, pedig az egyre több szolgáltatóra fajlagosan egyre kevesebb vásárló jut. A szolgáltatók mégsem abba az irányba mozdulnak el, hogy vasárnap este egy kicsit korábban zárnak, hétfőn délelőtt néhány óráig leltároznak mondván, olyankor úgyis csak néhány vásárló van az üzletükben. A szolgáltatás folyamatos biztosítása alapján a vásárlónak nem kell az óráját, a naptárját néznie, ha a szolgáltatást igénybe kívánja venni. Ez a szolgáltatói magatartás összességében több bevételt jelent (más napokon, más napszakokban), mint az a megtakarítás, amit a néhány órányi zárva tartás jelenthet. Analóg módon a 0-24-ig nyitva tartó boltok, de telefonos ügyfélszolgálatok esetében is vannak üresjáratok, amikor az átlagos fajlagos költséget sem termeli meg a bevétel, mégis terjednek ezen szolgáltatások.

A közszolgáltatás keretében működő közösségi közlekedésnek és ezen belül a vasúti személyszállítási szolgáltatásnak is szükségszerűen követnie kell ezt a piaci trendet: állandóan „nyitva kell lennie”, szolgáltatnia kell annak érdekében, hogy az utasok ezt a közlekedési módot válasszák.

4. Történeti áttekintés

Az ütemes menetrend nem éppen mai találmány: ismereteink szerint elsőként vonali ütemes menetrendet a holland vasút vezetett be 1908-ban a Rotterdam–Hofplein–Den Haag–Scheveningen vonalon. Ezután hosszú csend következett, bár Európa több országában is (de főként Németországban) dolgoztak ki terveket orszá-



3. ábra
Jellegzetes integrált ütemes menetrend és alapelemei az út-idő diagramon

gos ütemes menetrend kialakítására az 1930-as években. Igaz, ez utóbbiak nem kifejezetten a szolgáltatások fejlesztését, hanem háborús készülődést szolgálták. Ugyanis, már nagyon korán felismerték az ütemes menetrend hatékonyságát, és olyan országos (rendszerint kétórás alapütemű) ütemes szükségmenetrendet (vagy ahogyan akkor nevezték: „Kriegfahrplan”-t, azaz háborús menetrendet) dolgoztak ki, amely a küszöbön álló háború idején bevezetve minimális kapacitást lekötve elfogadható eljutási lehetőségeket nyújt. Azonban nincsen nyoma annak, hogy ilyen háborús menetrendet végül ténylegesen is bevezettek volna.

Az első országos szintű, modern ütemes menetrendet a hol-

land vasút vezette be, még 1938-ban, nagy sikerrel. A II. világháború miatt azonban hosszú időre megint megtorpant a fejlődés, és ütemes menetrend bevezetésével csak az 1950-es években kezdtek újra komolyan foglalkozni Európában.

1953-ban a svájci szövetségi vasutak (SBB) menetrendtervezéssel foglalkozó osztályától egy bizottság látogatott Hollandiába és Németországba, az alkalmazott menetrendi struktúrák tanulmányozása céljából. A bizottság jelentésében többek közt azt állapította meg, hogy a német vasút által egyes területeken alkalmazott ütemes menetrendi struktúra jobban lenne alkalmazható a svájci viszonyokra (bár az nem derül ki, hogy ezen struktúra alatt

pontosan mit értettek). A „holland” rendszerrel a legfőbb problémát abban látták, hogy túlságosan az ország geográfiai adottságaira alapult (periférikus szerep Európa szélén, azonos távolságonként elhelyezkedő városok stb.) Sőt, a holland vasút menetrendi osztályának vezetője egy országos ütemes menetrend kialakítását a számos nemzetközi kapcsolattal, tranzitvonallal és egyvágányú vasútvonallal rendelkező svájci hálózatra egyenesen kivitelezhetetlennek tartotta.

A svájci integrált ütemes menetrend kidolgozása így egy időre fiókba került, de szerencsére nem örökre. A svájci vasútnak még át kellett élnie egy súlyos krízist, hogy az országos ütemes menetrend újra napirendre kerüljön.

1961-ben még az SBB addigi legnagyobb nyereségét könyvelhette el, a motorizációs robbanás azonban gyorsan megtette hatását: 1966-ban a cég történetében először az SBB veszteséges lett. A nemzeti vasútra így egyre nagyobb nyomás nehezedett, hogy álljon elő egy olyan hosszú távú stratégiával, amellyel újra versenyképessé és nyereségesé tehető.

Még az ötvenes években az SBB létrehozott egy „speciális ügyosztályt” (itt kezdte meg a pályafutását az ITF atyjaként ismert *Samuel Stähli*), amelynek a vezetőjéül *Oskar Baumann*-t nevezték ki. Az osztály feladata lényegében „ötletelés” volt az SBB hosszú távú stratégiájának kidolgozásához. Az SBB felső vezetőinek eredeti szándékai szerint ez a stratégia Svájc jövőbeni nagy sebességű hálózatának kialakítását jelentette, azonban még az 1960-as években sem látszott tisztán a jövő. 1964-ben ugyan Japánban megjelentek az első nagy sebességű vonatok, és több európai ország is nekiveselkedett már a saját nagy sebességű hálózatának felépítéséhez, Baumann és csapata mégis kicsit szkeptikusan fogadta ezeket a híreket. Úgy gondolták, hogy nem átgondolt és drága építkezések helyett az eljutási idő (mert az átszállási idő csökkentése is magában hordozta ez) csökkenthető lenne „szoftveres” úton, nagyobb járatsűrűséggel és optimálisan szervezett csatlakozásokkal is. A cégvezetés és számos tanácsadó azonban inkább úgy vélekedett, hogy a kívánt versenyképesség nem érhető el ilyen egyszerű eszközökkel, egy új attraktív menetrend és kínálat még önmagában nem elég. Egy 1967-ben összeállított stratégia szerint a sikerhez az új nagy sebességű hálózat kialakítása mellett átfogó állomásrekonstrukcióra, nagyarányú járműbeszerzésekre, a nemzetközi repülőterek vasúti kapcsolatainak kiépítéseire és a többi közlekedési alágazattal intenzív (üzemeltetési és tarifális) együttműködésre volna szükség. Ezen egyko-

ri svájci stratégia és a mai magyar vasúttal kapcsolatos elképzelések között igen nagy hasonlóság mutatkozik, melyet a későbbiek során is tapasztalhat még a figyelmes olvasó.

Az 1967-es stratégiai terv elkövető költségessége miatt hamarosan viták keresztüzébe került. Érdekes módon még az SBB beruházási vezetője, *Max Portmann* is támadta. Ő úgy vélte, hogy az eljutási idők csökkentésére a nagy sebességű közlekedésben hozhat javulást, minden más esetben inkább a jobb menetrendre kellene helyezni a hangsúlyt. Járműbeszerzéssel kapcsolatos koncepciója az élet-tartamvégi természetes lecserélődés mértékén belül a dinamikusabb közlekedést lehetővé tevő (jól gyorsuló) járműpark előnyben részesítésére korlátozódott.

Az SBB vezetése azonban sebességet akart, így a 1960-es évek végén meghirdette „NHT projekt” néven az új nagy sebességű hálózat tervét. Az 1969-ben bemutatott terv három fázisból állt. Az első fázisban racionalizálták és felújították volna a meglévő infrastruktúrát, illetve gördülőállományt. A másodikban kiépültek volna a nagy sebességű összeköttetések, bevezették volna az egységes európai központi ütköző-vonó készüléket, egy új vonatbefolyásoló rendszert és teljesen új menetrendet vezettek volna be több vonattal és jobb csatlakozásokkal. Végül a harmadik fázisban automatizálták volna szinte az egész vasútüzemet, a vonat-számos vágányútállítást (Zuglenkung) kiterjesztve egészen a tolatási műveletek szintjéig. A tervet részleteiben Baumann és csapata dolgozta ki, ők azonban nem érezték igazán magukénak. Amikor 1969. decemberében Baumann az NHT-t bemutatta, egy a Luzerni Közlekedési Múzeumban tartott konferencián, előadásában érezhető módon igyekezett távolságot tartani a nagy sebességű közlekedéstől. Ellen-

ben részletesen kitért arra, hogy a versenyképesség megtartásához az országos ütemes menetrend bevezetése megkerülhetetlen még a távolsági forgalomban is. (Az előváros ütemessége nem létezhet távolsági ütem nélkül, hiszen egyazon infrastruktúrát használja mindkét szegmens.)

1968-ban új jövevény érkezett a Baumann féle „nagy sebességű” irodába: Samuel Stähli (1941-ben született Svájcban). Végeztségi tekintetben vasútmérnök, akit 1968-ban vettek fel Oskar Baumann stratégiai tervező csapatába. Az ütemes menetrend kifejezés Samuel Stähli felelőségétől származik. Stähliné ugyanis az addig alkalmazott „ciklikus menetrend”, „fix menetrend” vagy „merek menetrend” kifejezéseket nem találta elég hangzatosnak és vonzóknak. Stählinak már a kezdet kezdetén felkeltette érdeklődését a holland vasút 1970-ben megindítandó öt éves fejlesztési projektje, amely a menetrendre helyezte a hangsúlyt. Az információszerzésben nagy segítségére volt Baumann holland felesége, aki a holland a „Sporo nar 75” projekt dokumentációját lefordította hollandról német nyelvre. Ebben az anyagban szerepelt az az „ütemterkép”, amely nagy lökést adott a svájci ütemes menetrend koncepciójának kidolgozásához.

1971-ben Stähli két kollégájával megalakította a menetrendi szakértőkből álló „Spinnerclub”-ot, majd alig egy év alatt kidolgozták a svájci ütemes menetrend alapstruktúráját, és fenekestül fordították fel az addigi stratégiai tervezési eljárásokat. Ők nem jövőbeli infrastruktúrából, hanem a jövőbeli menetrendből indultak ki. Koncepciójukat arra építették, hogy a jövőbeli attraktív menetrend ismeretében a kapacitások sokkal hatékonyabban tervezhetőek.

A svájci integrált ütemes menetrend tervezetét egy rangos vasúti konferencián – az SBB mérnökök egyesületének konferenciáján – mutatták be 1972-

ben, ahol óriási sikert aratott. Az SBB akkori elnöke, *Otto Wichser* azonnal beindított egy projektet a terv megvalósíthatóságának tanulmányozására. Mivel az NHT ekkor még mindig terítéken volt, eleinte olyan többletcsős rendszerben gondolkoztak, amely az NHT-ba integrálta volna az országos ütemes menetrendet. Sthäli azonban nem hitt az NHT-ban, de addig még éveknek kellett eltelnie, hogy a vezetés is végleg letegyen róla.

1970-es években az SBB válsága elmélyült. A hiány csökkentésére az SBB drasztikus áremelést foganatosított 1974-ben, amely terv kudarcot vallott, és további utasvesztést eredményezett. A deficit így minden eddigit felülmúlt: 1977-ben elérte az évi 700 millió svájci frankot.

Az aktuális stratégiai terv szerint három lehetőség volt a veszteség csökkentésére: a vasúti szolgáltatások drasztikus visszavágása (vonalbezárás, csak csökkentett vonatszámhoz tartozó infrastruktúra és gördülőállomány megtartása), az országos ütemes menetrend bevezetése, és csak az ahhoz tartozó optimális infrastruktúra megtartása, vagy pedig az NHT. (A veszteség csökkentésére vonatkozó intézkedések napjainkban aktuálisak a hazai vasúti közlekedést érintően is, a szerzők cikkükkel javaslatot kívánnak tenni a lehetséges megoldásra, hiszen ugyanezen problémára Európa más országaiban már született bizonyítottan hatékony megoldás: az integrált ütemes menetrend.)

A végső döntést 1980-ban a svájci parlament mondta ki: a közéletet, tehát az ütemes menetrendet választották. A vizsgálatok ugyanis azt mutatták, hogy az ütemes menetrend esetében a több vonat ellenére az üzemeltetés olcsóbb lehet, legfőképpen a kisebb infrastruktúra és személyzetigény miatt. Időközben a hiány valamelyest mérséklődött, leginkább a teherfuvarozás felfutása miatt, kb. 600 millió svájci frankra. Voltak tehát olyan bizta-

tó jelek, amelyek arra utaltak, hogy a szolgáltatások nagyarányú csonkolása helyett a menetrendre épülő stratégiai tervezés kiutat jelenthet. Az NHT végső soron horribilis költségei és kétséges sikere miatt bukott meg. Noha egykor a holland vasút szakértői képtelenségnek nyilvánították a svájci országos ütemes menetrendet, Sthäliék győztek, és az új menetrend 1982 végén megkezdte működését az SBB hálózatán. Az SBB sikere láttán néhány éven belül a többi svájci vasút-, autóbusz- és városi közlekedési társaság is csatlakozott a rendszerhez, létrehozva a hollandiai után második országos közlekedési szövetséget (közlekedési szövetség = ITF+tarifaszövetség).

Bár még az integrált ütemes menetrend bevezetése után is akadtak olyanok, akik a vasút valódi modernizációját csak új járművek beszerzésével és pályák építésével tudták elképzelni, összességében véve a rendszer működött. Sikerült meggyőzni a közvéleményt arról, hogy a válság ellenére a vasút képes fejlődni és a szolgáltatásait érezhetően javítani. Az utasszám csökkenése a nyolcvanas évek elején stagnálni kezdett, majd az ütemes menetrend bevezetése után megindult felfelé. Néhány évvel később átfogó, integrált tarifareformot hajtottak végre, amely tovább javította a mérleget, így a kilencvenes évekre az utasszám már minden korábbi rekordot megdöntött. [3]

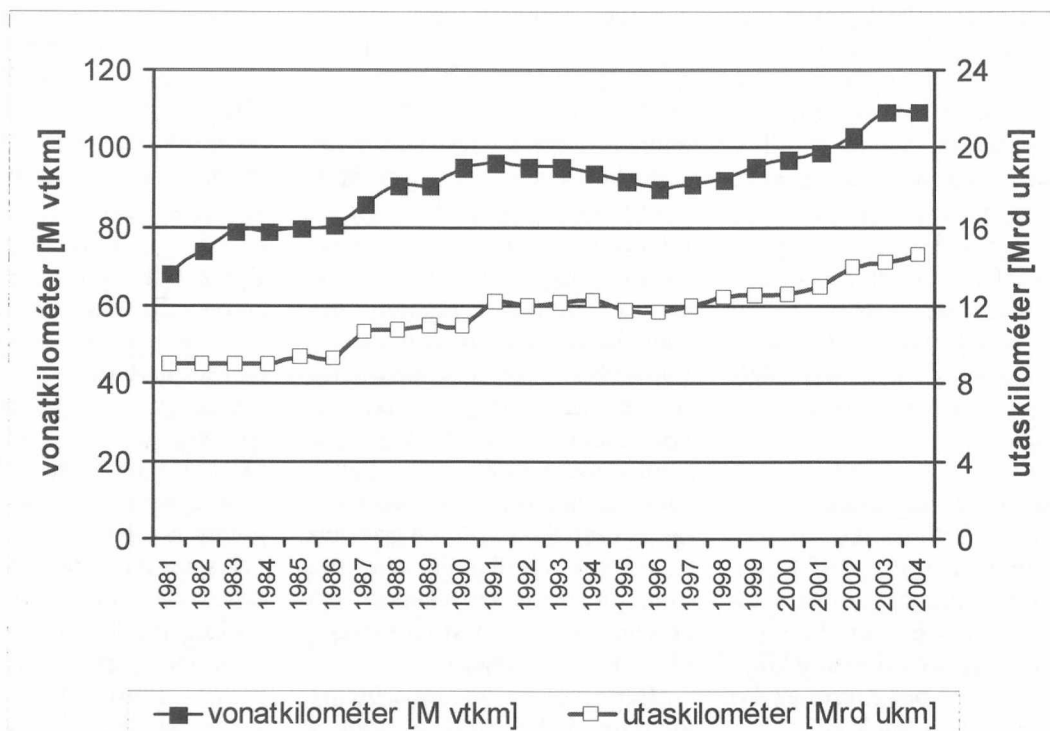
Végül, a Bahn 2000 programmal, a holland vasút után a svájci vasúttársaságok is végérvényesen a költséghatékony, menetrend alapú infrastruktúra-tervezés mellett tették le voksukat. [4]

A 4. ábra mutatja az SBB utasforgalmi és vonatkilométer adatait 1981 és 2004. közötti időszakban. Az ábráról jól látható, hogy az ITF bevezetésétől számított 20 év alatt az utasforgalom közel duplájára emelkedett. A másik lényeges információ a vonatkilométer és az utasforgalom növekedésének egymáshoz való

viszonya. Az ITF bevezetését követő 3-4 évben jelentős utasszám-növekedés nem következett be az SBB-nél, majd ezt követően a rendszer szinergiáinak együttes érvényesülése hatására megkezdődött a fokozatos utasszám-növekedés. A felfutási időszak(ok) ahhoz voltak szükségesek, hogy a potenciális utasokat meggyőzze a mobilitási szempontból korábban elképzelhetetlen, új szemléletű közösségi közlekedési rendszer sikerességéről. Az utasforgalom változása nemcsak a kínálat növelése, hanem annak csökkentése esetén is jelentkezik, a kínálatnövelés esetén tapasztalható fáziskéséssel ellentétben a kínálatcsökkentés esetén azonnali utasszám-csökkenés volt kimutatható a 1994–1996 közötti időszakban. Az ábrán látható, 1993 és 1996 között végbement kínálatcsökkentés meghatározó oka a közösségi közlekedési módok közötti munkamegosztás változása volt: egyes vonalszakaszokon a tehervonati közlekedés számára megfelelő kapacitás biztosítása érdekében egyes vonattípusok – esetenként ideiglenes – autóbuszos kiváltására került sor.

A sikeres holland és svájci példát követve több európai ország még a kilencvenes évek elején belevágott a saját hálózati szintű ütemes menetrendjének kialakításába. 1991-ben indult be az osztrák NAT (Neue Austrotakt) rendszer, két évvel később Németországban megkezdődött az ütemes menetrendi „szigetek” felépítése, amelyeket néhány év leforgása alatt összehangoltak. A kilencvenes évek végére az integrált ütemes menetrend jelentős számú Nyugat-Európai országban megjelent, és gyakorlatilag a korábban ismertett elvek de facto szabványává váltak a menetrendtervezésben (5. ábra).

A keleti blokk országai közül elsőként Csehország kezdte meg 2005-ben az országos ütemes menetrend felépítését. A teljes hálózatot lefedően kialakításra került



4. ábra

Az SBB utasforgalma és vonatkilométer teljesítményének alakulása 1981. és 2004. közötti időszakban (forrás: [5])

egy alap ütemes struktúra. Ezzel párhuzamosan az ország meghatározó részén közlekedési szövetségek is kialakultak, így a közösségi közlekedési módok közötti integráció lehetősége már az ütemes menetrend bevezetésével megtörténhetett. Csehország a vonzó, komplex és országos lefedettségű közösségi közlekedési rendszerével mintául szolgálhat a kelet-közép európai államok számára.

5. Az ütemes menetrend történeti előzményei Magyarországon

5.1. Ütemes menetrend a vasúti közlekedésben

Az első próbálkozások

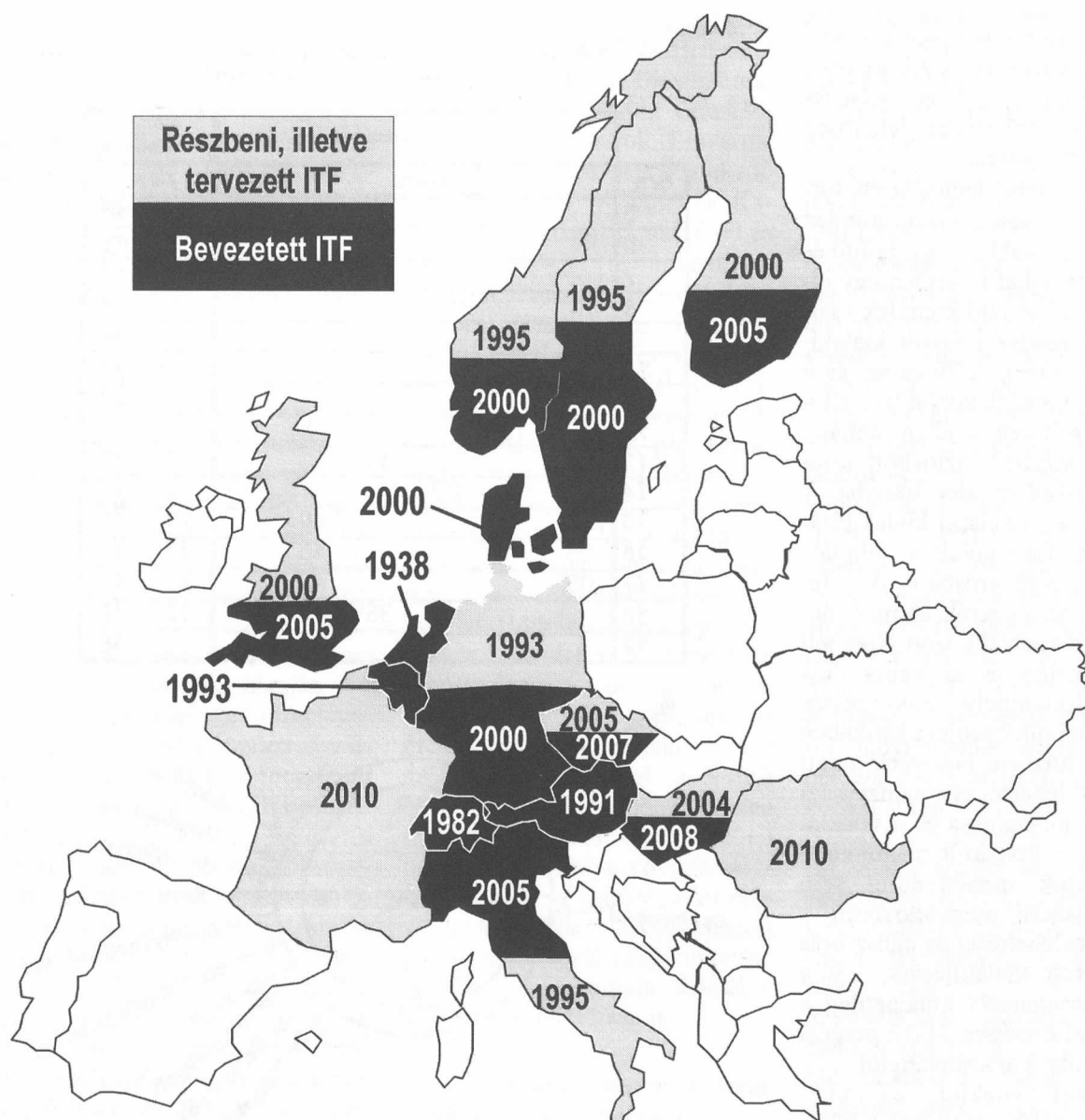
Az ütemes menetrend és menetrendi struktúra tervezésével, bevezetésének lehetőségeivel és annak feltételrendszerével szélesebb körben az egykori VATUKI (Vasúti Tudományos Kutató Intézet), majd MÁV-FKI (MÁV Fejlesztési és Kísérleti Intézet) keretein belül, de számos más közlekedéstudományi területen is fog-

lalkoztak a közlekedési szakemberek. Az elmúlt évtizedekben készült tanulmányokban, publikációkban a készítőik felhívták a figyelmet az ütemes menetrend előnyeire és bevezetésének szükségességére. A korábban megjelent elképzelések jellemzően vonalankénti ütemes menetrendek bevezetésével képzelték el a hálózati struktúrát és alapvetően – legalábbis a cikkben bemutatott „szigorú” ITF-es szabályok tekintetében – nem foglalkoztak az integráció kérdésével.

Az 1990-es években a MÁV távolsági és elővárosi közlekedési rendszerében is történtek ígéretes próbálkozások az ütemes menetrend vonalankénti, néhol csak termékenkénti bevezetésére, azonban a gyakran változó tulajdonosi, helyi politikai elvárások és a folyamatos átalakulással lefoglalt szervezet nem nyújtott kedvező háttérrel ahhoz, hogy egy „tisztalapr” épülő, valóban összefüggő, integrált ütemes menetrendet lehessen bevezetni. Ezzel a témával cikksorozatunk következő részében foglalkozunk bővebben.

Hazánkban az első lépést az ütemes menetrend felé 1991-ben

a MÁV tette meg, a Budapest–Vác–Szob vasútvonal forradalmian új ütemes, kínálati menetrendjével. Az új menetrend szakított azzal az évtizedes struktúrával, amelyben csak néhány elővárosi vonat közlekedett reggel Budapest felé, délután pedig ellenkező irányban, míg napközben és este akár több órás vonatmentes időszakok maradtak a menetrendben. Az új négyrészes elővárosi motorvonatok üzembeállításával egyidejűleg bevezetett menetrend nagy sikert aratott és azonnali utasszám-növekedést eredményezett az 1990-es évek első felében. Sajnos az évek során a menetrend ütemessége romlott, emellett a térségben a vonallal párhuzamosan egy új gyorsforgalmi autótút is megépült. A belső és külső hatások miatt fokozódó versenyhátrány következtében az évtized elején tapasztalt utasszám-növekedés az ezredfordulóra megállt, sőt, a tendencia az előváros növekvő lakossága ellenére megfordult, az egykor új termék marketing szempontból is a hanyatló fázisába került. Eljött tehát az idő a továbblépésre.



5. ábra

Az ITF tervezési és bevezetési „helyzete” Európában

Az integrált ütemes menetrend pilot programja

2003-ra a MÁV felismerte, hogy a bázis alapú, nem ütemes és sok esetben nem kínálati menetrend nem alkalmas hosszú távon a vasúti közlekedés versenyképességének fenntartására, sőt az utasok megtartására sem. A felismerés alapján egy integrált ütemes menetrendi fejlesztési program indult útjára, amelyik első lépésben egy pilot program megvalósítását tűzte ki célul.

2004. augusztus 29-ével a Budapest–Vác–Szob (70. sz.) és a Budapest–Veresegyház–Vác (71. sz.) vonalon került beveze-

tésre integrált ütemes menetrend. Mindkét vonalon életbe lépett egy ún. alapütem és ennek kiegészítéseként a reggeli és a délutáni csúcsidőszakban további betétjáratok közlekednek. Mindkét vonalon az ütemesség mellett a távolabbról Budapestre bejáró ingázók menetidejének jelentős csökkentése érdekében gyors járat típusok is kialakításra kerültek. Ez a 70-es vonalon zónázó közlekedési rendszert, a 71-es vonalon pedig a reggeli és a délutáni csúcsidőszakban ún. gyorsított vonatokat jelent. A két vonalon közlekedő vonatok menetrendje így átláthatóvá és kiszámíthatóvá vált. Az 5. táblázatban az ütemes

menetrend és a korábbi menetrend összehasonlítása látható egy 71-es vonali példa alapján. A táblázat jól szemlélteti, hogy az ütemes menetrend bevezetésével hogy lett átlátható és kiszámítható a menetrend.

Az ütemes menetrendek integrációja nemcsak a 70-es sz. vonalon napközben Vácig félóránként, a Dunakanyarba pedig óránként közlekedő járatok összehangolását jelenti, hanem Vácson és Kismaroson a csatlakozó vasútvonalakkal, illetve Kismaroson és Szobon a ráhordó autóbúsjáratokkal együtt kínálnak egy komplex, intermodális közlekedési lehetőséget az utazóközönség szá-

mára. Az új rendszerben bármely két pont között is utazik az utas, mindenképpen több és egységesebb rendszerű eljutási lehetőség áll rendelkezésére.

A két vonal legnagyobb forgalmú állomásán, Vácán minden órában ugyanakkor, egy gyűjtő és az átszállásokat követően egy elosztó fázisból álló komplex csatlakozási rendszer került kialakításra (6. ábra). A 70-es sz. és a 71-es sz. vonalak között Vác állomáson minden órában néhány perces átszállás biztosított minden irányból minden irányba. A csatlakozási rendszer kialakításával jelentősen javult az eljutási lehetőség a fővárosba is. A 3. fejezetben az integrált ütemes menetrend alapelvei között szerepelt a szimmetria és az egész óras szimmetriatengely szükségessége. A váci pilot projekt keretében – az év közbeni bevezetés miatt nem volt lehetséges a nemzetközi vonatok módosítása és a vonalakon már kialakult csatlakozó buszjáratok menetrendjét sem volt célszerű megváltoztatni – nem volt lehetőség az egész óras szimmetria kialakítására, így a szimmetriatengely átmenetileg a két vonal esetében 11-12 perccel eltér az európai szabványtól.

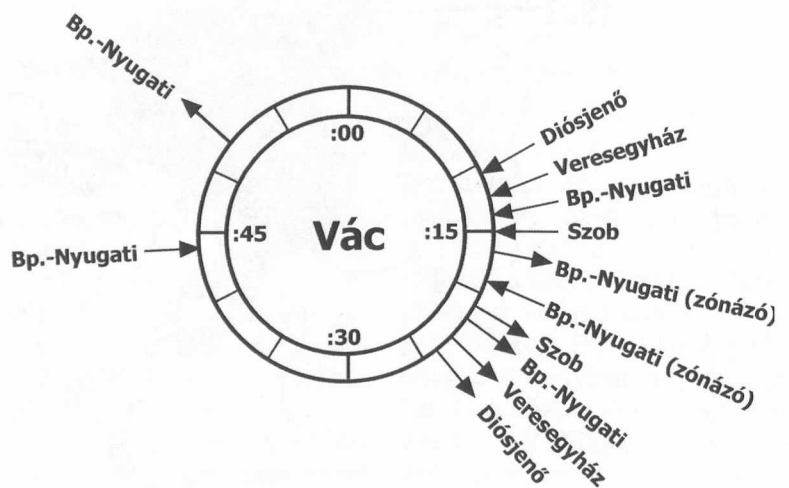
A két vonalon az ITF-bevezetésével – az elmúlt közel három évben – ugrásszerűen, 14%-kal nőtt az utasforgalom, ami napi átlagban közel 6 ezer utazást jelent. Az utasforgalom jelenleg is folyamatos növekedésében meghatározó szerepű az az új utasréteg, akik a személygépkocsit, vagy az autóbust cserélték le a jelentős menetidő-csökkenés, illetve a járatsűrűség növekedése miatt. Emellett jelentősen nőtt a kiránduló forgalom, és a korábban is vonattal utazók gyakrabban veszik igénybe a vasúti szolgáltatást.

A 70-71-es sz. vonalakon az új ütemes menetrend tervezése során a rendelkezésre álló eszközök és humán erőforrás felhasználásával újonnan kidolgozott szervezési és egyéb hatékonyságjavító

5. táblázat

Indulási idők munkanapokon napközben Budapest-Nyugati pu.-ról Veresegyház felé a korábbi és az ütemes menetrendben

óra	korábbi menetrend		ütemes menetrend	
	perc		perc	
5		40		48
6		35		48
7		50		48
8				48
9	10			48
10	10			48
11				48
12	10			48
13		35		48
14		20	23	48
15	05	40	23	48
16	05	40	23	48
17	05	40	23	48
18		35	23	48
19		40		48



6. ábra
A váci komplex csatlakozási rendszer

intézkedések megtételére került sor a következők szerint:

- a személyszállító kocsik hatékony allokálása, a más vonalokon közlekedő, de egyes időszakokban kihasználatlan szerelvények felhasználása;
- szerelvény-optimalizáció a szerelvényfordulók karbantartási és tisztítási műveletekkel történő teljes körű egyeztetésével (66%-os meddő teljesítmény-csökkenés);
- a fordulóállomási tartózkodási idők jelentős csökkentése;
- hatékonyabb munkaidő-kihasználás (a jegyvizsgálók és

a mozdonyvezetők munkarendjének szerelvényfordulóhoz történő hozzárendelése); hatékony kapacitás-allokálás a zónázó struktúrával (szerelvény-fordulóidő és kihasználatlan kapacitásmozgatás csökkentése, a jelentősen terhelt vonalszakaszon kapacitásbővítés megvalósítása); kisebb fajlagos energiafelhasználás a zónázó rendszerre jellemző kevesebb megállás miatt.

Az új ütemes menetrend a korábbinál 43%-kal több vonatot tartalmaz. Ez a jelentős kínálat-növelés részben a 30-60 perces

alapütem, részben a zónázó közlekedési rendszer kialakításának következménye. A korábban bemutatott jelentős üzemviteli hatékonyságjavítás lehetővé tette, hogy a jelentős vonatszám növelés ellenére a rendszer többlet rendszerbe állítandó eszköz (mozdony és személykocsi) és élőmunka igény (jegyzővizsgáló, mozdonyvezető, illetve a forgalmat lebonyolító személyzet) nélkül került bevezetésre. A kínálat-növeléssel együtt járó egyedüli jelentősebb költséget általában a vontatási energia igény növekedése jelenti, de a zónázó rendszernek köszönhető a fajlagos energiafelhasználás csökkenés miatt itt ez sem jelentkezett. [6], [7], [8]

A pilot projekt az elmúlt közel három év értékelése alapján – a jelentős utasszám-, és utaselégedettség-növekedés mellett – vállalati szempontból is megtérülő fejlesztés volt, a realizált bevétel-többlet meghaladta a fejlesztés során felmerült többletköltségeket, ezáltal a közszolgáltatást finanszírozó állami hozzájárulás kis mértékű csökkentése is elérhetővé vált. A pilot projektet a felsorolt eredmények alapján 2006-ban a Magyar Innovációs Szövetség jelentős innovációnak minősítette, és dicsérettel oklevéllel jutalmazta.

5.2. Ütemes menetrend a közúti közlekedésben

Az elmúlt évtizedekben több volánvállalat is kialakított – leginkább helyi, illetve helyközi forgalomban – ütemes menetrendet. Több esetben azonban gazdaságossági okokra hivatkozva ütemes menetrendű vonalakon a szolgáltatási kínálatot járatok törlesztésével csökkenteni kellett. Ilyen volt többek között a 1983-ban a Balaton déli partján kialakított Siófok–Fonyód között ütemesen közlekedő „összekötő járatok”, vagy a Keszthely–Hévíz közötti ütemes menetrendben közlekedő járatok esete.

Jelenleg ütemes menetrenddel távolsági forgalomban Budapest és Győr között találkozhatunk, ahol 8.00-tól 19.00-ig óránként közlekednek a járatok. Elővárosi forgalomban ütemesen közlekedő autóbuszok pl. Miskolc és Kazincbarcika között járnak 6.00 és 21.00 óra között félóránkénti sűrűséggel, a viszonylaton óránként további „zónázó” busz is közlekedik. A budapesti elővárosi forgalomban a VOLÁNBUSZ számos vonalon ütemesen közlekedeti járatait, ilyenek pl.: Budapest-Esztergom és a Budapest-Dunaújváros, ahol az óras alapütem naponta él. Valahol a távolsági és elővárosi minősítés határán lévő Szeged–Makó, a Szeged–Hódmezővásárhely–Szentest viszonylaton is ütemesen közlekednek a volánok járatai.

A közúti közlekedésben az ütemességnek, a csatlakozásokra való optimalizálásnak a Vasúti ITF mozdítórugója lehet, hiszen egy fix rendszerhez könnyebben lehet csatlakozni a volántársaságoknak. Ezt az irányvonalat erősíti a GKM által is szorgalmazott párhuzamosságok megszüntetése is, illetve a Regionális Közlekedési Irodák felállítása is.

5.3. Integrált ütemes menetrend a BKV éjszakai hálózatán

Ütemes menetrend nem csak vasúton valósítható meg, hanem városi közlekedésben is, erre jó példa a BKV-nál az utóbbi időben végrehajtott menetrendi változtatások, pl. az éjszakai közlekedés átalakítása. Mivel nem lehet élesen elválasztani Budapest határánál a városi (gyakran autóbuszos), illetve a nagyvasúti közlekedést egymástól, ezért is szükséges, hogy a megfelelő csatlakozások biztosítása érdekében a BKV is áttérjen az egész óras szimmetriájú, ütemes menetrendre. Ennek egyik első példája az átszervezett 7-es buszcsalád menetrendje volt. Természetesen a napközbeni sűrűbb követésnél ez kevésbé látványos, de a hajnali és

esti időszakban, a ritkább járatsűrűség mellett ez a tudatos tervezés az átszálló utasoknak jelentős eljutási idő megtakarítást eredményezhetnek.

A BKV 2005. szeptember 1-jével bevezetett éjszakai közlekedési rendszere minden paraméterében megfelel az ITF szabályainak, utasbarát, vonzó szolgáltatást nyújt, és nem utolsósorban a szolgálati járatok teljes körű integrációja révén jelentősen költséghatékony is. Az éjszakai, jellemzően félórás-órás követésű járatok egy integrált hálózatot alkotnak, ahol „pók”-okban biztosított az átszállás az egyes viszonylatok között, nagyságrendileg jobba téve a korábbi éjszakai eljutási lehetőségeket. A csatlakozási rendszerekre jó példa a Moszkva téri félóránként ismétlődő pók. A vonalközi csatlakozások működésének egyik legjobb példája a 923-as járat, amely útvonala során 4-5 helyen fut össze közös megállóban más járatokkal, és minden esetben kölcsönös bejárattal nyújt a rendszer kedvező eljutási lehetőségeket az éjszakai szolgáltatást igénybe levők számára. A BKV innovativitását mutatja, hogy a metróépítéssel és a Szabadság-híd lezárásával összefüggésben kialakított budai vágányzari villamoshálózat is ITF-es (óras szimmetriával rendelkező) ütemes menetrendi szerkezetű. A tervek között szerepel – kísérleti jelleggel – a XVI. kerületi hálózatfejlesztés kapcsán az ITF-es menetrendi struktúrájának kialakítása.

Ahogy a vasúti közlekedésben az előváros ütemessé, ITF-essé tétele kikényszeríti a távolsági forgalom ütemességét és ITF-es rendbe való illeszkedését, ugyanígy kikényszeríti ki a BKV-nál és a volánvállalatoknál is az ésszerűség, hogy módosítson járatainak eddig megszokott útvonalán és menetrendjén. Ez az újszerű menetrendtervezés szakít a lokális (az egyes volán-telephelyek, helyi közlekedési vállalatok, vasúti divíziók stb.) optimumokra

készülő menetrendkészítéssel, hanem egységes, országos szinten nyújt optimális megoldást.

6. A menetrend determináló szerepe

6.1. Az infrastruktúra-fejlesztés és a stratégiai menetrend-tervezés kapcsolata

A 3. fejezetben ismertetett szabályok első látásra talán túlságosan szigorúnak és merevnek tűnhetnek, azonban nem szabad megfeledkezni arról, hogy a szabályok lazításának súlyos ára van az infrastruktúra üzemeltetője és ezen keresztül az igénybevevője szempontjából. Például egy egyvágányú vasútvonalon a vonatok egész nap ugyanott találkoznak, így csak minimális mennyiségű keresztező helyre van szükség – az ideális ütemes menetrendhez tehát minimális infrastruktúra kapcsolódik. Az integrált ütemes menetrend végeredményben azért is hatékony, mert ezen a minimális infrastruktúrán maximális mennyiségű járat közlekedtetését teszi lehetővé. Minden eltérés az alapütemtől többlet infrastruktúra (pl. még egy keresztező állomás) fenntartását igényli. Azaz, egy hosszú távra tervezett szigorú ütemes menetrend nagyon pontosan kiadja, hogy mit érdemes fejleszteni, és mit nem.

A menetrend alapú infrastruktúra tervezés egyik igazán szép példáját mutatja be a 7. ábra. A svájci RhB vasúttársaság igen takarékosan kétvágányúsította az elmúlt évtizedben egyes vasútvonalait: csak ott épült második vágány, ahol az ütemes menetrend megkívánta. Ennek eredményeképpen javult a menetrend stabilitása és csökkent a menetidő. A pálya ugyan csak nagyon rövid (néhány kilométeres) szakaszon lett kétvágányú, azonban ezek a rövid szakaszok pontosan úgy épültek, hogy a vonatoknak még néhány perc késés esetén sem kell várniuk egymásra a keresztező állomá-

sokon. Nem ütemes menetrend esetén ez a megoldás nem működött volna, mert akkor a szűk keresztmetszetek eloszlása sem térben, sem időben nem lenne egyenletes. A 7. ábrán látható menetrendi struktúra két egymás mögött közvetlenül közlekedő vonat közlekedtetését és közös szakaszát tartalmazza. Erre a megoldásra részben utasforgalmi kapacitásproblémák, részben egy, másik vonalon levő pókhoz való csatlakozás biztosítása miatt volt szükség. Ahhoz, hogy ezt a menetrendi struktúra fenntartható legyen – az ábrán látható módon –, egyes szakaszokon, de nem a teljes vonalon, két vágányra volt szükség.

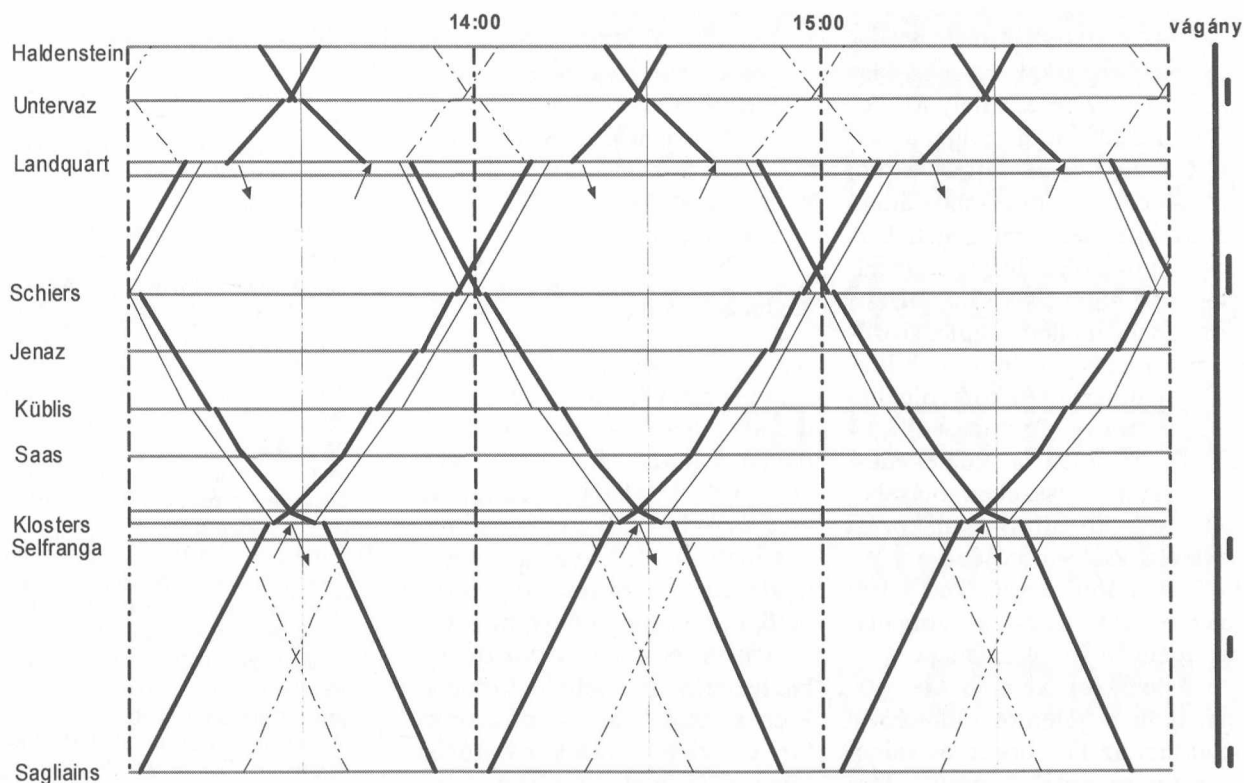
Az ITF nyújtotta menetrend alapú infrastruktúra-tervezés alkalmazását a svájci pályavasút előszeretettel alkalmazza. A svájciaknál alkalmazott stratégiai fejlesztési akcióterv részletesen tartalmazza valamennyi vonalra azokat a fejlesztési igényeket, amelyekkel a vállalkozó vasúti operátorok számára olyan infrastruktúra biztosítható, amellyel azok képesek a szolgáltatási lépcsőn előbbre lépni. Ennek ismeretében az infrastruktúra üzemeltető és az operátor közös alapokra helyezett stratégiai elképzelésekkel és immár konkrét igényekkel fordulhat forrásokért. Az akcióterven az egyes vonalakra lebontva nyomon követhető, hogy konkrétan milyen szakágat érintő milyen jellegű fejlesztés (pl. 3. vágány, térközbiztosítás, stb.) mennyi idő alatt és mekkora költséggel valósítható meg infrastruktúra részről. A közszolgáltatást nyújtó személyszállító, vagy éppen az áru fuvarozó operátorok az infrastruktúra üzemeltetőjével és fejlesztőjével ez alapján dönthetnek a következő szolgáltatási lépcső megvalósításáról, vagy éppen saját fejlesztések indításáról (nagyobb közlekedési sebességű szerelvények beszerzése), majd pozitív döntés esetén közösen lobbizhatnak a finanszírozást felügyelő és részben vagy teljesen azt megvalósító tulajdonos államnál. [9]

Hazánkban az elmúlt időszakban még nem volt jellemző a menetrend alapú infrastruktúra-fejlesztés szemléletének alkalmazása. A 140-es vonalon Városföld és Kiskunfélegyháza között elkészült kétvágányú szakasz árából – feltételezve, hogy a tervezők előtt is előre ismert lett volna a vonalon azóta bevezetett ütemes menetrend – jóval költséghatékonyabb megoldás lett volna Nyársapát és Nagykőrös, illetve Balástya és Szatymaz között (akár csak egy térköznyire is, az állomásfej elhúzásával) kétvágányúsítani a vonalat, így biztosítani a kisebb menetrendi eltérések könnyebb kezelését.

A célzott, menetrend alapú infrastruktúra-fejlesztésre azonban az integrált ütemes menetrend kiterjesztése kapcsán már hazai példa is van: a 2006-ban végrehajtott kisebb felújítási munkákkal sikerült a Miskolc-Nyíregyháza szakaszon a menetidőt egy óra alá szorítani, ami egyik fontos feltétele volt a 2006. decemberében bevezetett keletmagyarországi ütemes menetrendnek. Hasonlóan fontos, hogy a Füzesabony-Miskolc szakaszon se növekedjen meg a menetidő, mert ez a füzesabonyi pók „szétcsúszását” eredményezné, ezért ezen vonalra fordítható összegeket erre a szakaszra kell koncentrálni. Az infrastruktúra alapú menetrendtervezés hazai alkalmazásáról a cikksorozat harmadik részében mutatunk be javaslatokat.

6.2. A járműfejlesztés és a stratégiai menetrendtervezés kapcsolata

A menetrend alapú fejlesztés nem korlátozódhat kizárólag a vasúti infrastruktúrára, hanem markánsan jelen kell lennie a járműfejlesztések terén is. A vasúti járművek jellemzően 30-40 évre tervezettek, így beszerzésüket megelőzően hosszú időtávra szükséges a koncepcionális gondolkodás. A beszerzendő jármű meghatározó paramétereit (maximális sebes-



7. ábra

Menetrend alapú infrastruktúra tervezés: a svájci RhB vasúttársaság szakaszos kétvágányúsítása.
(A nyilak más vasútvonalról/ra érkező/induló csatlakozó járatokat jelölik)

ség, befogadó-képesség stb.) csak kidolgozott menetrendi koncepció alapján lehetséges jól megválasztani. A kidolgozott menetrend és a várható utasforgalom alapján kialakítható az ideális járműparaméter-rendszer (motorvonat egy, vagy több kisebb egységgel a szétkapcsolhatóság miatt, emeletes, vagy ívben bedőlő „tilting” jármű a jelentős utasforgalom, vagy infrastrukturális korlátok miatt stb.).

Az elmúlt időszakban a hazai vasúti járműbeszerzésben nem került előtérbe a menetrend alapú járműfejlesztés, erre jó példa, hogy a budapesti elővárosi forgalom számára a közelmúltban beszerzett villamos motorvonatok kb. 200 ülőhellyel rendelkeznek, ezért a vonatok többségében duplán, egyes esetekben három egységgel járnak, így a több kihasználatlan vezetőállás miatt fajlagosan nagyobb költséggel üzemelnek. A közeljövőben megvalósuló beruházások terén egy-egy kidolgozott menetrendre kell majd alapozni

a tenderek kiírását – ezzel jelentős megtakarítást lehet elérni a vasútállalatnak.

7. A közszolgáltatás és az ITF kapcsolata

Az egyéni közlekedés elérhetősége a 20. század végére egész Európában természetessé vált, a motorizáció fokozódásával a fenntartható mobilitás ugyanakkor veszélybe került. A korszerű, az egyéni közlekedés számára alternatívát jelentő és az államilag közszolgáltatási rendszerben finanszírozható közösségi közlekedés kialakításához az eddigi tapasztalatok alapján a következő, meghatározó feltételek együttes teljesülése szükséges:

- közösségi közlekedési alágazatok közötti hatékony munkamegosztás;
- kiszámítható közszolgáltatási szerződés szerinti megrendelő-teljesítő viszony;
- meghatározó állami szerepvállalás az infrastruktúra-fejlesztés területén.

Az előzőekben felsorolt szükséges, de nem elégséges feltételek mellett a közösségi közlekedési szolgáltatóknak – a rendelkezésre álló erőforrások teljes körű figyelembevétele mellett – olyan innovatív és költséghatékony közlekedési rendszert kell kialakítaniuk, amely egyrészt megfelelő minőségben szolgálja ki az utasokat, teszi vonzóvá ezt a közlekedési alternatívát, másrészt a lehetőségekhez mérten tehermentesíti a költségvetési forrásokat. Az ütemes közlekedésre épülő komplex rendszernek köszönhetően a közösségi közlekedési ágak (vonat, busz, hajó stb.) közötti munkamegosztás (modalitás-mix) is kedvezően kialakítható. [10]

A közpénzek igénybevitelével finanszírozott személyszállítási közszolgáltatások rendszerével szemben alapvető állami érdek a hatékonyság. Ennek megfelelően jogos elvárás a költségvetés forrásaival gazdálkodó kormányzat irányába, hogy a közösségi közlekedés rendszerét, alágazati

együttműködését optimálisan alakítsa ki. Erre alkalmas megoldás az ITF bevezetése, amely az előzők mellett alapul szolgál a vasúti operátorok, az infrastruktúra üzemeltető és a tulajdonos állam közös fejlesztési stratégiájának. A vasúti közszolgáltatást a járművek és az állomások szolgáltatási színvonala mellett meghatározóan fogja befolyásolni a mobilitás és a rugalmasság (a közszolgáltatásban részt vevők eljutási lehetőségei), továbbá a közlekedési rendszerek összehangolásából származó átszállási-csatlakozási szolgáltatások minősége is. Az ITF az utóbbi területeken jelentős előrelépést a szolgáltatást igénybe vevők számára.

Az előzők alapján Magyarországon is jelentős előrelépést jelenthet az ITF országos szintű bevezetése, amely a vasúti alapstruktúra kiépítését követően a komplexitás megteremtése érdekében, a személyszállítási lánc összes közösségi közlekedési szereplőjének integrálása esetén válhat teljes körűvé. Ez Magyarország esetében a vasút mellett jellemzően a közszolgáltatás keretében végzett távolsági és regionális autóbusz-közlekedést jelenti. A közlekedési módok összehangolása során egyes esetekben döntés szükséges a közlekedési módok preferálása kérdésében. A működő példák szerint a vasúti közlekedés jellemzően a távolsági forgalomban, míg az autóbusz-közlekedés a regionális forgalomban bír meghatározó szereppel. Természetesen földrajzi, gazdasági, társadalmi és egyéb sajátosságok lokálisan határozzák meg a szükséges közlekedési mód összetételét. A rendszer kialakításánál a mobilitás biztosítása és finanszírozhatósága az elsődleges szempont. A teljes integrálás és a versenyképes közlekedési rendszer a következő feltételek mellett valósítható meg:

- racionális munkamegosztás megteremtése (párhuzamos közlekedések kizárása);

- ráhordó struktúra kialakítása, menetrendi összehangolás;
- tarifák, kedvezmények, igénybevételei lehetőségek egységsítés;
- intermodális csomópontok kialakítása. [11]

8. Összefoglalás

Az egyéni közlekedéssel versenyképes közösségi közlekedésnek olyan rendszert kell kínálnia a potenciális utasai felé, amelynek kiindulási alapját az ütemes és kínálati menetrend képes biztosítani. Mivel az egyéni közlekedés bármikor hozzáférhető, sok esetben kényelmesebb, gyorsabb is mint a közösségi közlekedés bármelyik formája, ezért szükség van az infrastruktúra és az erőforrások maximális kihasználásával egy olyan integrált hálózatot létrehozni, ahol reggeltől estig ütemesen, egymáshoz hangoltan közlekednek a vonatok, az autóbuszok, villamosok, stb.

Ilyen integrált, optimális rendszert eddig még csak a cikkben vázolt irányelvek mellett tudtak a szakemberek létrehozni. A rendszer sikerét mutatja az, hogy ahol eddig bevezették, ott sikeres volt (utasszám-növekedést, minőségjavulást és hatékonyabb állami forrás-felhasználást jelentett) és a továbbfejlesztése vált indokolttá. A cikksorozat első részében bemutatott definíciók, történeti háttér ismerete megítélésünk szerint feltétlenül szükséges az integrált közösségi közlekedési rendszer magyarországi alapjainak megteremtéséhez.

Az integrált ütemes menetrend a sikeresen megvalósított projektet követően Magyarországon is szélesebb körben megjelent az elmúlt évben a vasúti hálózaton, ennek szakmai előkészítéséről, rendszeréről és bevezetéséről szól majd a következő számban megjelenő írásunk.

Irodalom

- [1] Borza V.: A korszerű hazai vasúti személyszállítás menetrend-szerkezetét leképező távolsági ütemterkép, Közlekedéstudományi Szemle LIV. évfolyam 2004/11. pp. 413-424.
- [2] Göbertshahn, R.: Der Integrale Taktfahrplan, Vernetzung der Verkehrsträger im Personenverkehr als Fundament der Nahverkehrsstrategie der Bahn. Die Deutsche Bahn 5/1993, pp.357-362
- [3] Gisela Hürlimann: „Die Eisenbahn der Zukunft“.Modernisierung, Automatisierung und Schnellverkehr bei den SBB im Kontext von Krisen und Wandel (1965-2000)“, Dissertationsmanuskript, Universität Zürich, März 2006
- [4] Spillmann, H.:SBB concludes its Rail 2000 expansion project. European Railway Journal 2004/3. pp. 21-25.
- [5] Integriertter Stundentakt für das südöstliche Mitteleuropa- Eine straetigie für den grenzüberschreitenden Personenfernverkehr: ETR 55 (2006) Januar/Februar pp. 23-30.
- [6] Borza, V. - Kormányos, L. - Vincze, B.: New regular interval timetables in operation on the suburban lines of the Hungarian State Railways, ZEL 2005 Railways on the Edge of the 3rd Millennium „On the way towards the European Railway-Harmonisation and ITS“, 12th International Symposium 24-25, May 2005, Zilina; konferencia kiadvány, 2. rész, pp. 57-64
- [7] Borza V. - Kormányos L.: Integrált ütemes menetrend bevezetése a MÁV Rt. Budapest-Vác-Szob és Budapest-Veresegyház-Vác elővárosi vonalain. Városi Közlekedés XLV. évfolyam 2005/3. pp 159-167.
- [8] Kormányos, L. - Tanczos, K.: Customer-oriented service development methods in suburban railway traffic, focused on the Budapest Suburban Railway Development Project, Periodica Polytechnica, Ser. Transp. Eng. Vol. 34 No. 1-2., pp.19-34. (2006)
- [9] Upgrading of the Swiss rail network until 2030: Railway Update 1/2006
- [10] Kormányos, L. - Tanczos, K.: Conditions of a quality public railway service in Hungary, Periodica Polytechnica, Ser. Transp. Eng. Vol. 35, No.1-2., pp.1-12. (2007)
- [11] Kormányos, L.: Building up a railway-based integrated public transport system in Hungary, From Horse-drawn Railway to High-speed Transportation Systems. International Conference 17-19, April 2007, Prague; konferencia kiadvány pp.121-124.

Dr. Oláh Ferenc

KÖZLEKEDÉSI INFORMATIKA

Közlekedési eszközök paramétereit mérő radarok és a személygépjárművek közel, távol, oldal és tolató radarjainak statisztikai elmélete

Bevezetés

A radarokat háborús körülmények között fejlesztették ki és sokáig csak katonai célokra használták. Napjainkban azonban már a polgári járművek felderítésére, leszállítására, kikötőbe történő bevezetésére, sebesség, oldalszög helyszög és távolság, illetve helymeghatározására is általánosan használják.

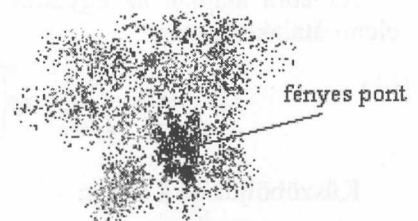
Egyre jobban terjed a szárazföldi – közúti – járművekben is, amelynek célja a közlekedés biztonságának növelése.

A radarok és lidarok - lézer radarok – egyszerűsített elméletére vonatkozó irodalom viszonylag könnyen hozzáférhető. A korszerű radar működése azonban igen bonyolult matematikai eljárással magyarázható, illetve a valószínűségelméleten alapuló eszközbázisra épül. Az elmélet kiterjed minden radartípusra, figyelembe véve a természetes és mesterséges zajok által keltett hatást. Mivel ez előre nem ismert, számítani kell arra is, hogy a hasznos jel a zajban elveszik, azt mégis fel kell dolgozni. A feldolgozásnak és a kisugárzott jelek típusának sok formája létezik.

A gyakorlatban előforduló leggyakoribb esetek elméletét kívánjuk ismertetni, amely magyarázatot ad arra, hogyan lehet a zaj által takart hasznos jelet kiválasztani magából a zajból. Ennek megoldása a rádiólokációs elmélet alapvető feladata.

1. A visszaverő felület matematikai modellje

Minden cél – legyen az gépjármű, repülő, hajó, stb. – rendelkezik egy visszaverő felülettel, amelynek jellege statisztikai modellel leírható. A statisztikai modell véletlenszerűen elhelyezkedő, véges számú –elméletileg azonban végtelen számú – elemi felületek sokaságából áll, amelyek rendszertelen mozgást végeznek. Az elemi visszaverő felületek száma és helye folytonosan változik. Ez az oka annak, hogy a visszavert jelek paraméterei (amplitúdó, fázis) valószínűségi változóknak fogható fel. Lehetséges az elemi felületek adott térrészen belüli sűrűsödése, amelyet nevezünk fénylő pontnak. Modell az 1. ábrán látható.



1. ábra
Statisztikai modell

2. A visszavert jel sűrűségfüggvényei

$$S_b(t) = S_f(t) \cos \omega_0 t + \sum_{i=1}^n S_i(t) \cos(\omega_0 t - \varphi_i) \quad (1)$$

ahol: S_f = fénylő pontról érkező jel amplitúdója,
 S_i = i-ik pontról érkező jel amplitúdója,
 φ_i = i-ik pontról érkező jel fázisa,
 t = idő,
 ω_0 = kisugárzott és visszavert jel frekvenciája,
 $n \gg 1$ elemi visszaverő felületek száma.

A második tag eredő amplitúdója a 2. ábrán látható.

Az ábrán látható vektorok véletlen mennyiségek, amelyek az ortogonalitás miatt egymástól függetlenek és sűrűségfüggvényük a következő:

$$f(S_{xe}) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{S_{xe}^2}{2\sigma_x^2}\right) \quad (2a)$$

$$f(S_{ye}) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{S_{ye}^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (2b)$$

A szórás értéke a centrális határeloszlás tételével:

$$\sigma_x^2 = \overline{(S_{xe} - \overline{S_{xe}})^2}; \quad \overline{S_{xe}} = S_e \cos \varphi = \overline{S_e} \cdot \overline{\cos \varphi_e} = 0.$$

Így az együttes sűrűségfüggvény:

$$f(S_{xe}; S_{ye}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{S_{xe}^2 + S_{ye}^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

Valóságban a fényes pont megjelenése bármikor bekövetkezhet, amelynek a módosított vektorelrendezése a 3. ábrán látható, ahol S_p a pillanatnyi amplitúdó értéke.

Az együttes sűrűségfüggvény:

$$f(S_{xp}; S_{yp}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(S_{xp} - S_f)^2 + S_{yp}^2}{2\sigma^2}\right] \quad (4)$$

A radarral történő mérés feladatainak megoldásakor rendelkezni kell külön – külön az amplitúdó és fázis sűrűségfüggvényével, ezért célszerű a valószínűségi változókat polárkoordináta rendszerben ábrázolni, vagyis az S_{xp} és S_{yp} helyett az S_p és φ alkalmazása.

A fényes pont nélküli állapot estében a 3. ábra a következőképpen módosul (4. ábra).

Az ábra alapján az együttes sűrűségfüggvény új alakja, néhány elemi átalakítás után:

$$f(S_p; \varphi) = \frac{S_p}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{S_p^2 + S_f^2 - 2S_p \cdot S_f \cos \varphi}{2\sigma^2}\right) \quad (5)$$

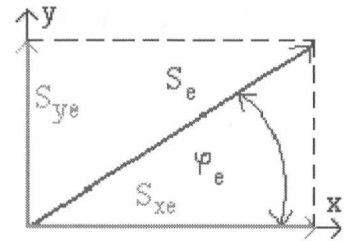
Küszöböljük ki a fázist:

$$f(S_p) = \int_0^{2\pi} f(S_p; \varphi) d\varphi$$

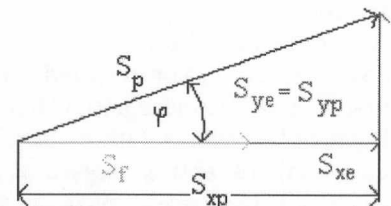
$$f(S_p) = \frac{S_p}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{S_p^2 + S_f^2}{2\sigma^2}\right) \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp\left(\frac{S_p \cdot S_f \cos \varphi}{\sigma^2}\right) d\varphi \quad (6)$$

Legyen akkor: $\alpha = \frac{S_p \cdot S_f}{\sigma^2}$

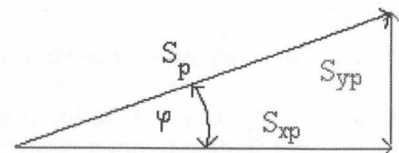
$$J_0(\alpha) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp(\alpha \cos \varphi) d\varphi$$



2. ábra
Eredő amplitúdó és összetevői



3. ábra
A visszavert jel pillanatnyi értékének változása



4. ábra
A pillanatnyi amplitúdó és fázisa fényes pont nélkül

ahol $J_0(\alpha)$ nulladrendű elsőfajú Bessel függvény, amivel a 6. kifejezés új alakja az általánosított Rayleigh törvény.

$$f(S_p) = \frac{S_p}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{S_p^2 + S_f^2}{2\sigma^2}\right) J_0\left(\frac{S_p \cdot S_f}{\sigma^2}\right) \quad (7)$$

A 7. kifejezés függése a fényes ponttól kétféle lehet:

a. nincs fényes pont, ami a legkedvezőtlenebb esetet jelenti. Ekkor $S_f = 0$, így $J(0) = 1$

$$f(S_p) = \frac{S_p}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{S_p^2}{2\sigma^2}\right) \quad (8)$$

Ez az egyszerűsített Rayleigh törvény.

b. van fényes pont. Ekkor $S_f/\sigma \gg 1$. Nagy argumentumok esetén a Bessel függvény alakja:

$$J_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot x}} \exp(x) \quad \text{vagyis:} \quad J_0\left(\frac{S_f \cdot S_p}{\sigma^2}\right) = \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi S_f S_p}} \exp\left(\frac{S_p S_f}{\sigma^2}\right)$$

és

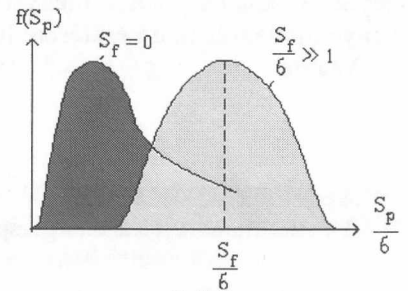
$$f(S_p) = \sqrt{\frac{S_p}{S_f}} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(S_p - S_f)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (9)$$

Az a, és b, esetet a 5. ábra mutatja:

A két forma egymásba történő átmenete fokozatosan történik.

Hasonló módon határozható meg a fázis sűrűségfüggvénye, amennyiben kiküszöböljük az amplitúdót a következő kifejezés szerint:

$$f(\varphi) = \int_0^\infty f(S_p; \varphi) dS_p \quad (10)$$



5. ábra
f(p) alakja fényes pont nélkül és fényes ponttal

Az integrál határai $0 \rightarrow \infty$ között változik, mert az amplitúdó elvileg e határok között változhat.

Ekkor a 10. kifejezés szerint:

$$f(\varphi) = \frac{1}{2\pi} \exp\left(-\frac{S_f^2}{2\sigma^2}\right) + \frac{S_f \cos \varphi}{2\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{S_f^2 \sin^2 \varphi}{2\sigma^2}\right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty \exp\left(-\frac{\alpha^2}{2}\right) d\alpha + \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty \exp\left(-\frac{\alpha^2}{2}\right) d\alpha \right] \quad (11)$$

A valószínűségi integrál alakja:

$$\Phi(\alpha) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\alpha \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad (12)$$

Ezzel, figyelembe véve $\Phi(\infty) = 1$ és $\Phi(-\alpha) = -\Phi(\alpha)$ feltételeket:

$$f(\varphi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{S_f}{2\sigma^2}\right) + \frac{S_f \cos \varphi}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{S_f^2 \sin^2 \varphi}{2\sigma^2}\right) \frac{1}{2} \left[1 + \Phi\left(\frac{S_f \cos \varphi}{\sigma}\right) \right] \quad (13)$$

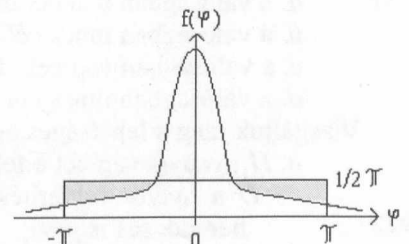
A 13. kifejezés jelenti a fázis sűrűségfüggvényét és két szélső esete lehetséges:

a. $S_f = 0$ vagyis nincs fényes pont, ami a legrosszabb eset:

$$f(\varphi) = \frac{1}{2\pi} = \cos t$$

b. $S_f/\sigma \gg 1$.

Ekkor még nem feltétlenül van fényes pont, amennyiben viszont, ha van, akkor annak fázisa lesz a meghatározó. A két egymásba történő átmenetét, illetve a szélső értékeket a 6. ábra mutatja.



6. ábra
A fázis értékeinek változása

3. Reális célról történő visszaverődés

A vevő bemenetén lévő jelek amplitúdója és fázisa tehát az előzőek szerint állandóan változik. A vett pillanatnyi jel és a következő pillanatban vett pillanatnyi jel statisztikailag összefüggenek. A statisztikai mennyiségek egymástól történő függését a korreláció függvény fejezi ki, amelynek általános alakja:

$$f(x; y) = \int_L (x - \bar{x})(y - \bar{y}) \cdot f(x, y) dx dy \quad (14)$$

Ha x és y ugyanazok a véletlen mennyiségek, akkor autokorreláció, ha függetlenek egymástól, akkor keresztkorreláció függvényről beszélünk. Korrelációfüggvény radarjelek esetén:

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T S(t) \cdot S(t - \tau) dt \quad (15)$$

Amennyiben a τ korrelációs időre igaz a $\tau = 0$ feltétel – tehát a két jel egybeesik – akkor a függvénynek maximuma van.

$$R(\tau)_M = R(0) = \lim_{T \rightarrow \infty} \int S(t) \cdot S(t) dt = \overline{S^2(t)} \quad (16)$$

ami a szórást jelenti.

Ahhoz hogy két jel statisztikailag függjön egymástól érvényesülnie kell a $0 \leq \tau \leq \tau_0$ feltételnek.

A radarjelek feldolgozásának elméletében az $R(\tau)_M$ alkalmazása kényelmetlen, mert a jel értéke az egyik pillanatban lehet ötegységnyi, a másikban, pl. ötezer, ezért ennek ábrázolása nehézkes. A kényelmetlenségek elkerülésére használjuk a normalizált korreláció függvényt.

Vagyis:

$$\rho(\tau) = \frac{R(\tau)}{R(\tau)_M} = \frac{R(\tau)}{R(0)} \quad (17)$$

A $\rho(\tau)$ maximális értéke 1.

Az alkalmazott jelek energiaspektruma és a korrelációs idő közötti összefüggés:

$$G(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) \cdot \exp(-j\omega\tau) \cdot d\tau \quad (18)$$

illetve az energiaspektrum és a korrelációs idő közötti összefüggés $\Delta G(\omega) = 1/\tau$. Ebből következik, szoros statisztikai függéssel rendelkező jelek igen keskeny energiaspektrummal, míg a gyengén korrelált jelek széles energiaspektrummal rendelkeznek. Legyen a két jel statisztikailag független egymástól, akkor $\tau_0 = 0$ esetén $\Delta G \rightarrow \infty$ feltétel érvényesül. Ilyen véletlen folyamat a fehér zaj, amelynek korrelációja 0 és energiaspektruma ∞ .

4. Rádiolokációs megfigyelés számszerű értékelése

A gyakorlatban két lehetséges eset van a járművek felderítésekor:

- a. a vizsgált zónában van cél: H_1^* ;
- b. a vizsgált zónában nincs jel: H_0^* .

A jelek feldolgozása során is ugyanezek a lehetőségek állnak elő:

- a. a berendezés jelez célt: H_1^* ;
- b. a berendezés nem jelez célt: H_0^* .

A valóságban tehát négy eset lehetséges:

- a. a valóságban van cél és a berendezés jelzi is azt;
- b. a valóságban nincs cél és a berendezés nem is jelzi azt;
- c. a valóságban van cél, de berendezés nem jelzi azt;
- d. a valóságban nincs cél, de a berendezés mégis jelez célt.

Vizsgáljuk meg a lehetséges eseteket:

- a. H_1 , vagyis van cél a felderítési zónában:

- \bar{D} a helyes felderítés valószínűsége, vagyis valószínűsége van cél a felderítési zónában és a berendezés is jelzi;
- \bar{D} a cél elengedésének valószínűsége, vagyis valószínűsége van cél a felderítési zónában, de a berendezés nem jelzi.

Figyelembe kell venni, hogy $D + \bar{D} = 1$.

b. H_0 , vagyis nincs cél a felderítési zónában:

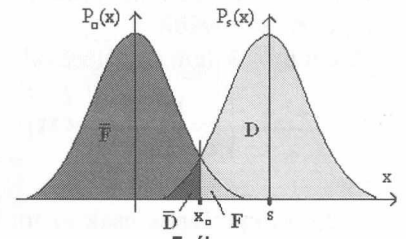
- F a hamis riadó valószínűsége, vagyis nincs a felderítési zónában cél, de a berendezés célt jelez;
- \bar{F} a helyes felderítés valószínűsége, vagyis nincs a felderítési zónában cél és a berendezés nem is jelez célt.

Figyelembe kell venni, hogy $F + \bar{F} = 1$

A gyakorlatban kompromisszumos megoldást választunk (7. ábra)

Ha $s > x_0$, akkor van cél (helyes) döntést hozunk.

Ha $s < x_0$, akkor nincs cél (helytelen) döntést hozunk.



7. ábra

A célok megfigyelésének számszerű értékelése

5. Likelihood függvény

A vevő bemenetére a hasznos jel már zajjal - $n(t)$ - terheltén érkezik:

$$x(t) = s(t - t_c) + n(t) \quad (19)$$

ahol:

- $x(t)$ a bemenő jel időfüggvénye,
- $s(t - t_c)$ a t_c késleltetéssel érkező visszavert jel,
- $n(t)$ a zaj időfüggvénye,
- $t_k = 2D/c$, ahol $D \rightarrow$ távolság és $c \rightarrow$ fénysebesség,

továbbá: $f(x;s) = f(x) \cdot f_x(s)$ és $f(x;s) = f(s) \cdot f_s(x)$,

így írható:

$$f(x) \cdot f_x(s) = f(s) \cdot f_s(x) \quad (20)$$

Az $f(x)$ kiszámítható, ha bevezetünk egy ismert K_x együtthatót. Ekkor $f(x) = 1/K_x$.

Ezzel:

$$f_x(s) = K_x \cdot f(s) \cdot f_s(x)$$

ami az ún fordított valószínűség kifejezése és megmutatja, hogy mekkora a valószínűsége annak, hogy a vett jel egy adott konkrét x értéke mellett a hasznos jel (s) értéke egyenlő lesz egy meghatározott értékkel. Annak valószínűsége, hogy az adott mért hasznos jel mellett az $f_s(x)$ egy adott értékű lesz:

$$f_s(x) = L(s) \quad (21)$$

ahol $L(s)$ függvényt Likelihood függvénynek nevezzük.

Amennyiben olyan vevőt készítünk, amely a Likelihood függvényt valósítja meg, akkor elméletileg az összes hasznos információ kinyerhető a zajjal terhelt visszavert jelből. Az ilyen vevőt nevezzük ideális vevőnek.

6. Teljesen ismert paraméterű jelek Likelihood függvénye

A vevő bemenetére érkező zajjal terhelt eredő jel:

$$x(t) = s(t - t_c) + n(t). \quad (22)$$

A hasznos jelhez hozzáadódó zaj fehér zaj, így ennek tulajdonsága normál eloszlás szerint változik és sűrűségfüggvénye:

$$f(n) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-s)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (23)$$

A 22. kifejezésből:

$$n(t) = x(t) - s(t - t_c),$$

ezzel:

$$f(x-s) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-s)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (24)$$

A kifejezés szerint az s adott értéke mellett x egy meghatározott értéket vesz fel. Ennek megoldására *V. A. Kotyelnikov* tételét (1933) alkalmazzuk. *Kotyelnikov* szerint egy folytonos jel $0 \dots \dots F_c$ spektrummal és T időhosszal információvesztés nélkül feldolgozható és $K=2F_M \cdot T$ mennyiséggel jellemezhető. Ezt a tételt a hírközlélméletben 1. sz. mintavételi tételként, ill. *C. E. Shannon* tételeként is ismerjük, mert *Shannon* elődei eredményeit nagy jelentőségű munkáiban 1948.1949-ben foglalta össze és fejlesztette tovább.

A korábbiak felhasználásával a Likelihood függvény tehát:

$$L(s) = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right)^{2F_b \cdot T} \exp \left[-\frac{1}{N_0} \int_0^T x^2(t) dt \right] \cdot \exp \left[-\frac{1}{N_0} \int_0^T s^2(t-t_c) dt \right] \cdot \exp \left[\frac{2}{N_0} \int_0^T x(t) \cdot s(t-t_c) dt \right] \quad (25)$$

A 25. kifejezésnek csak az utolsó tagját kell feldolgozni, mert a többi tag ún. lényegtelen műveletnek (erősítés, osztás, szorzás, hatványra emelés stb.) tekinthető. Az utolsó tag viszont a korrelációs függvényt jelenti, amit a Likelihood függvény információs ekvivalensének is nevezik. Ez azt jelenti, hogy olyan vevőt kell építenünk, amelyik a korrelációs integrált dolgozza fel.

$$Z(\tau) = \int_0^T x(t) \cdot s(t-t_c) dt \quad (26)$$

akkor (elégséges) ideális vevőt kapunk. A $\tau = t - t_k$, ahol t_k késleltetési idő.

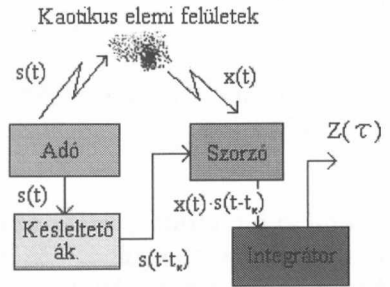
7. Elégséges vevők szintézise

Szintézis alatt olyan berendezés felépítését értjük, amely lehetővé teszi egy adott matematikai művelet végrehajtását. Jelen esetben a korrelációs megvalósítása a cél.

A visszavert jel a kisugárzott jeltől, csak amplitúdóban különbözik, illetve t_c késleltetési idővel rendelkezik. Az elégséges vevő a 8. ábrán látható.

Az ábra alapján:

$$Z(\tau) = \int_0^T x(t) \cdot s(t-t_k) dt = \int_0^T s(t-t_c) \cdot s(t-t_k) dt + \int_0^T n(t) \cdot s(t-t_k) dt \quad (27)$$



8. ábra
Az optimális vevő felépítése

A 27. kifejezés első tagja az ún. autokorreláció, míg a második a keresztkorreláció függvényt jelenti. Látható, hogy a zaj csak a második tagban szerepel, de a zaj független $s(t-t_k)$ -tól, így értéke zérus, tehát a zaj kiesett.

Az elégséges vevő felépítésekor elegendő a Likelihood függvényt vizsgálni, de célszerűbb a Likelihood hányadost realizálni.

$$\Lambda(x) = \frac{L(s)}{L(0)} \quad (28)$$

ahol $L(s)$ -ben $x(t) = s(t-t_c) + n(t)$ szerepel, míg az $L(0)$ -ban $x(t) = n(t)$, mert $s(t-t_c) = 0$

A vevőben van egy küszöbérték Λ_0 vizsgáló áramkör.

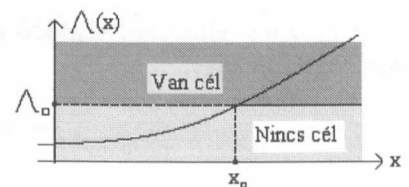
Ismert paraméterű jelek esetén a Likelihood hányados monoton növekvő függvény lesz a 9. ábra szerint.

Részletes bizonyítás nélkül a Likelihood függvény végső alakja:

$$\Lambda(x) = \exp \left(-\frac{E}{N_0} \right) \exp \left[\frac{2}{N_0} Z(\tau) \right] \quad (29)$$

ahol:

$$E = \int_0^T s(t-t_c) dt$$



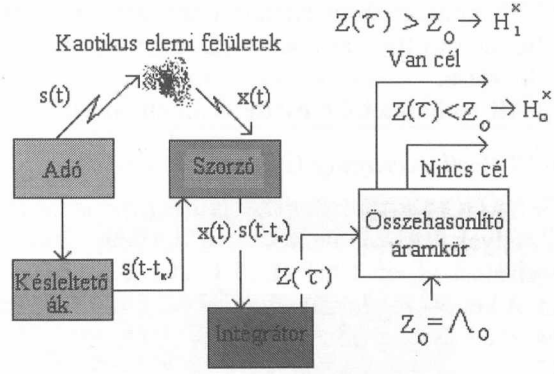
9. ábra
Likelihood hányados ábrázolása

Ahhoz, hogy a Likelihood függvényt kiszámítsuk, elegendő a $Z(\tau)$ vizsgálata. Két esetet veszünk figyelembe:

- $\Lambda(x) \geq \Lambda(0)$ akkor van cél,
- $\Lambda(x) < \Lambda(0)$ akkor nincs cél.

A vevő felépítését a 10. ábra mutatja.

Ennek a módszernek hátránya, hogy a cél felderítése csak a korrelációs időn belül lehetséges. Ez pl. 1µs-os impulzucidő esetén mindössze 150 m, ami azt jelenti, hogy 6 km hatótávolság esetén 40 csatornát kell alkalmazni. Ezt úgy küszöbölik ki, hogy változtatható késleltetésű áramkört alkalmaznak.



10. ábra
Az optimális vevő felépítése

8. Adaptív küszöbérték előállítása

A 11. ábrán a $Z_0 = \Lambda_0$ érték egy konstans, előre beállított értéket jelent. Ez a módszer azonban nem alkalmazható a gépjárművek közel, távol, tolató és oldalradarjainak működtetésénél. Ebben az esetben az ún. CFAR (Constant False Alarm Rate – Állandó hamis riasztás értéke) eljárást alkalmazzák.

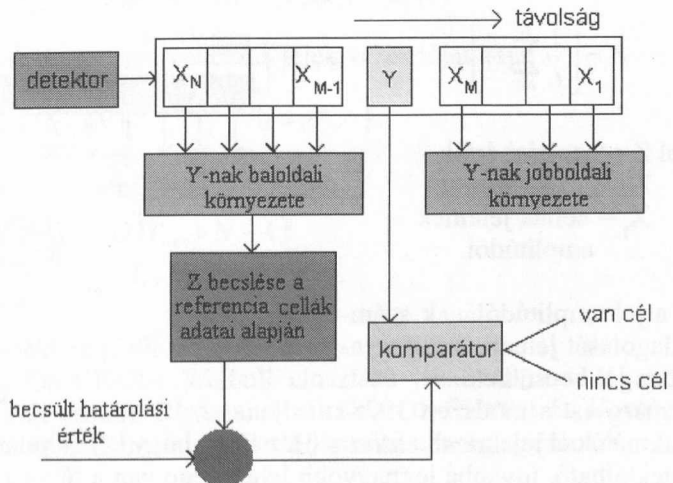
E technika fő feladata a forgalomellenőrzési területen – a légi ellenőrzést is – belül észlelni a célpontokat (járműveket), beleértve a paraméterek becslését is. A célpont érzékelése viszonylag könnyű lenne, ha ismernénk a háttér zajt és az egyéb zavarokat. Ekkor ugyanis a visszavert jel összehasonlítható lenne egy előre általunk meghatározott fix küszöbértékkel. Ha a visszavert jel nagyobb, mint a küszöbérték, akkor a céljel kiemelkedik a zajokból, legalábbis adott valószínűséggel. A valós alkalmazások esetén több különböző zavar és zaj fordul elő, amelyek időben, helyzetben és intenzitásban is sztochasztikusan változnak, ami ugyanilyen feldolgozás igényel. Az alkalmazott eljárást adaptív módszernek nevezzük, amikor az összehasonlítás nem fix, hanem változó küszöbértékkel történik.

A radarjelek feldolgozásakor, a jelkompresszió során Doppler, vagy bármely más típusú feldolgozásból zavarok és zavar maradványok jelentkezhetnek. Ezek az interferencia jellegű zavarok a céljelet eltakarhatják, így hamis riasztást okozhatnak. A zavarokat gyakran okozza az, eső és a hó, továbbá ipari zajok és a különböző szórt sugárzások. Ezeket a zavarokat nagy valószínűségi érték mellett ki lehet küszöbölni, így a hamis riasztás valószínűsége közel állandó marad, ha egy fix küszöb értéket is megadunk. A CFAR-al szemben komoly követelményt jelent, hogy a céloknak ki kell elégíteni a távolsági felbontó képesség normáit, továbbá a küszöbértéknek követnie kell a háttér zaj amplitúdója által meghatározott küszöbértéket a lehető leggyorsabb módon. (Ez utóbbi a változó érték.) Ez a technika több féle moduláció esetében használható, azonban feltétele, hogy a bemenő jel digitális formájú legyen, hiszen a CFAR fő áramkörü eleme shift regiszter.

A 11. ábra a CFAR általános felépítését mutatja, ahol minden adat becslése során egy ablakot, cellát használnak, amelynek száma függ a háttérzajok és zavarok paramétereitől.

Ezek értéke más és más gépjármű forgalomnál, légi forgalomnál, hajó forgalomnál, pl. légi forgalomnál az $N=16 \dots 32$ db. cella Gépjárművek esetében ez valamivel kevesebb.

Korszerű, a napjaink gépjárműveiben alkalmazott CFAR technika azonosítja a háttér zavarokat, és ezeket írja le különböző CFAR eljárások személtetésével. A valós radaroknál az átlagos zaj és a zavarok kezdő szintjét (μ) nem ismerjük, így ezt mindig meg kell becsülni. Az érzékelési küszöbszint becslése helyi paraméterek alapján történik, de a CFAR módszerek eredményei eltérhetnek a statisztikai becslés paramétereitől. A CFAR eljárások kidolgozásában jelentős szerepet játszottak Neumann és Pearson munkái.



11. ábra
A CFAR általános felépítése

Megjegyzés: Neumann János eredeti dolgozatának adatai: Distribution of the ratio of the mean – square successive difference to the variance – Az egymás utáni különbségnégyzetek átlaga és a variancia közti arálynak az eloszlása.

Minden CFAR technika több esetre is alkalmazható a radartechnikában.

a. CAGO-CFAR (Cell Averaging Greatest of - CFAR)

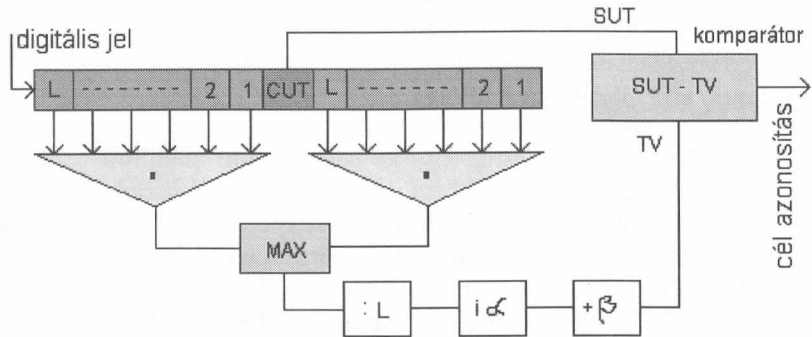
A 12. ábrán a CAGO-CFAR felépítése látható. Eszerint az áramkör tartalmaz egy léptetőregisztert, az két alregisztert, amelyek N tárolóelemet foglalnak magukba.

A két alregisztert az ún. CUT (Cell Under Test) köti össze. Mindegyik alregiszternek saját összegző áramköre van. A két összeg közül a nagyobbat (MAX) normalizálják az alregiszter celláinak (N) számával történő osztással a következők szerint:

$$Z = \text{Max} \left[\left(\frac{2}{L} \sum_{i=1}^L x_i \right) \cdot \left(\frac{2}{L} \sum_{i=\frac{L}{2}+1}^L x_i \right) \right]$$

ahol Z = becslt érték.

Az α szorzótényező a lineáris, β a logaritmikusan erősítővel történő feldolgozásra használatos, így kiszámítható a küszöbérték (TV-treshold volue). Végezetül a SUT (Signal Under Test) áramkörben a jelet összehasonlítjuk a küszöbértékkel, amelyből a célpont vagy kiemelkedik, vagy nem. A CAGO – CFAR előnye, hogy kis jelfeldolgozási energiát igényel, és alacsony a CFAR veszteség is. Hátránya viszont, hogy a küszöb érték módszer nem mindig célravezető, amelynek oka, hogy a célpontok közelsége esetén a küszöbérték megemelkedik, így az egymáshoz közeli célpontok álcázhatják egymást. Ezen kívül a MAX eljárás miatt a CAGO küszöbérték nem tudja követni a hirtelen zavar szint változást, pl. zivatar front esetén így a zajszint követésében holtidő mutatkozik, amely célpont veszteséget okozhat.



12. ábra
CAGO-CFAR blokkvázlata

b. CA-CFAR

Amennyiben a CAGO-CFAR módszerben az összegző folyamatot felcseréljük a MAX eljárással (osztás kettővel), akkor CA - CFAR-ról beszélünk (CA=Cell Averaging- cella átlagérték) (13. ábra).

Ezen módszer szerint, a zavar és a zaj háttér jelei a detektor által mért statisztikailag független és azonosan kiosztott exponenciális eloszlású véletlen változásokból áll (nemlineáris chirp egyik típusa). Egy fontos kérdés azonban felmerül, amely zavarok és zajok kezdőszintjének ismeretlen voltával függ össze.

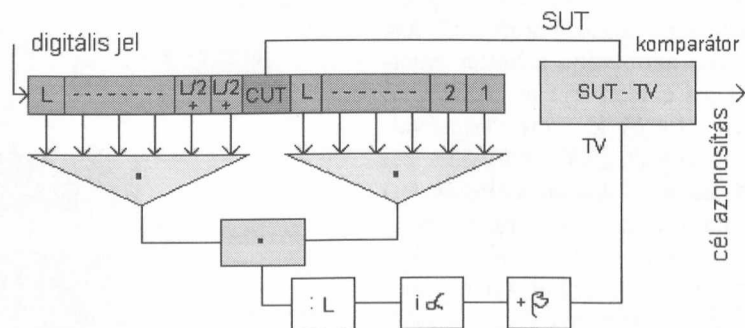
Ebben az esetben az optimális jelfeldolgozási módszer több aritmetikai jelet is felhasznál a cellák segítségével a következő kifejezés felhasználásával:

$$Z = \left[\frac{1}{L} \sum_{i=1}^L x_i \right],$$

ahol Z = becslési érték,
 N = cellák száma,
 X_i = cellák jeleinek amplitúdói.

Ez a jel amplitúdójának számítani átlagolását jelenti, ami a gyakorlatban jól becsülhető.

Nitzberg ezt a módszert 1978-ban fluktuáló cél jelekre alkalmazta. Hátránya, hogy két célpont esetén mindkét céljel együttesen nem mindig detektálható, továbbá legnagyobb lehetősége van a téves riasztásnak. Általában homogén zavarok jelenléte esetén használják.



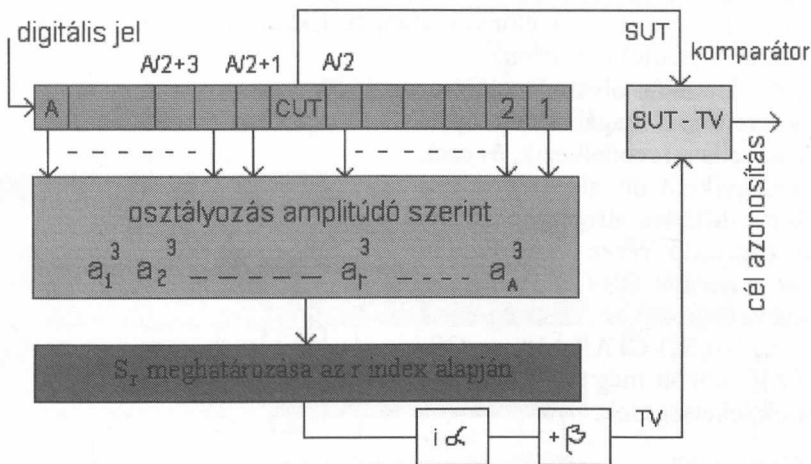
13. ábra
CA-CFAR blokkvázlata

c. OS-CFAR

Az OS-CFAR (Order Statistic) rendezett statisztika ábrája a 14. ábrán látható.

Az áramkör A cellából álló léptető regisztert és CUT-ot foglalja magába. Egy rendező algoritmus csökkenő sorrendbe állítja a tároló cella amplitúdókat.

A kiválasztási folyamat, az „r-th” a legnagyobb amplitúdót választja ki, mint a zavarra jellemző értéket. A TV számítása az α szorzótényező és β addíciós tag alapján a CAGO-CFAR résznél említett módon történik. Az OS-CFAR előnye ellentétben a CAGO-CFAR-ral, hogy a hatásos küszöbérték meghatározása lehetővé teszi a pontos küszöbérték illesztést a zavar szinthez, viszont nem alkalmazható szélső zavar szintek esetén. Ha $r \leq A/2$, akkor ez a küszöbszint ingadozását eredményezi anélkül, hogy túlzott változás lenne a zavar szintben. Másrészt a küszöbérték csak kiterjedt célpontok esetében felel meg, ha az r értékét megfelelően nagyra választották.



14. ábra OS-CFAR blokkvázlata

Az OS-CFAR az érzékelés során valójában a CAGO-CFAR-t használja azokon a területeken, ahol a zavarok nagy kiterjedésűek, ugyanakkor nem feltétel, hogy azok csak homogén zavarok legyenek. Ez a magyarázata annak, hogy az ablakok száma növelhető, így pl. OS-CFAR-nál $N = 24$ esetén a feldolgozás minősége azonos, mint a klasszikus CA-CFAR-nál $N = 16$ esetén. Ez fontos előnye az OS-CFAR eljárásnak. Az átlagos zaj és egyéb zavarok becslése befolyásolja a mindenkor x_k értékeket, ezért a feldolgozás során statisztikai módszereket alkalmaznak az aritmetikai átlagolás helyett. Mivel közúti alkalmazásban gyakorlatilag szinte mindig több céltárgy van (minimum 2...3 db), ezért általában a küszöbérték nagysága befolyásolja a feldolgozás minőségét, kivéve az OS-CFAR alkalmazást. Itt ugyan is a küszöbérték nagysága csak elhanyagolható mértékben befolyásolja a feldolgozás minőségét. Amennyiben nagyobb pontosságra van szükség, akkor a cellákban az amplitúdókra vonatkozóan teljesülnie kell a következő feltételnek:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_N$$

$$Z = x_k$$

A helyes becslés statisztikai módszer esetén, a következő módon adható meg:

$$P_{x_k}(x) = p_k(x) = k(N) [1 - P_x(x)]^{N-k} [P_x(x)]^{k-1} P_x(x)$$

Ezért a becslés statisztikai feldolgozás esetén az exponenciális jelek variációját adja:

$$P_{x_k}(x) = p_k(x) \frac{k}{\mu} (N) (e^{-x/\mu})^{N-k+1} (1 - e^{-x/\mu})^{k-1}$$

Végezetül a hamis riasztás valószínűsége a következő módon írható:

$$P_h = k \binom{N}{k} \frac{(k-1)!(T_{os} + N - k)!}{(T_{os} + N)!}$$

Az eredményt mérő faktor T_{os} teljes mértékben μ -tól függ.

Nadav Levanon alkalmazta először az OS-CFAR-t Weibull eloszlású jelsorozatra és analitikusan körülírta az eredményeket. Fluktuáló zavarok esetére Blake analizálta az OS-CFAR-t és Haykin pedig kiterjesztette az OS-CFAR lehetőségeit 77GHz frekvencián működő járműbiztonsági radarokra.

d. CAOS-CFAR

A CAGO-CFAR-t alacsony feldolgozási energia igény, de gyakran nem megfelelő küszöbérték alkalmazása jellemezte, míg az OS-CFAR-t hatásos, jól működő küszöbérték, de magas energiaigény. E kettőt azonban lehet egyesíteni az előnyök alapján. Ekkor az új áramkörnek a neve CAOS-CFAR (Cell Averaging Orderer Statistic) (15. ábra).

Az áramkör olyan léptető regisztert foglal magában, amely N tárolócellával rendelkezik, és ezek mindegyike A db. alregisztert tartalmaz. Minden alregiszternek saját összeadó része van. Ezután már a normál OS-CFAR algoritmus vonatkozik az A összegre.

A CAGO-CFAR és a OS-CFAR között még további változatok lehetségesek.

- CASH-CFAR

A CASH-CFAR (Cell-Averaging Statistic Hofele – Hofele féle elem-átlagolási statisztika), amely egy olyan cserélhető regisztert tartalmaz, amelyben alregiszterek

vannak kialakítva, és ezek is N darab cellát tartalmaznak, és saját összegzőjük van. Egy speciális, maximum-minimum eljárás segítségével S_1 - S_a értékek közül kiválasztunk egy jellemző S_r zavar értéket. Ezután a határérték számítása multiplikátor (α/L és/vagy egy adott értékű β/L) használatával történik. A maximum-minimum eljárásnak számtalan változata lehetséges. A CASH-CFAR-ban egy ún. speciális maximum-minimum kört használnak, amelynek megvan az az óriási előnye a többivel szemben, hogy elkerüljük a célpontok kölcsönös takarását, illetve a célpontok felhalmozódását. A speciális – maximum-minimum körnek van olyan kedvező tulajdonsága is CASH-CFAR alkalmazásban, hogy kihagyja a vételben zavart egységeket

(pl.: esős területek), amelyek értéke $\geq A \cdot \frac{N}{2} + N - 1 = b$

és teljesen illeszkedik a pontszerű és kiterjedt célpontok számához $\leq A \cdot \frac{N}{2} - 2N + 1 = a$.

További előny, hogy a küszöbérték nagy ugrásokkal követi a zavarások változásait, gyakorlatilag időkésedelem nélkül, és az energia felhasználás is kevesebb.

Az áramkör felépítése a 16. ábrán látható.

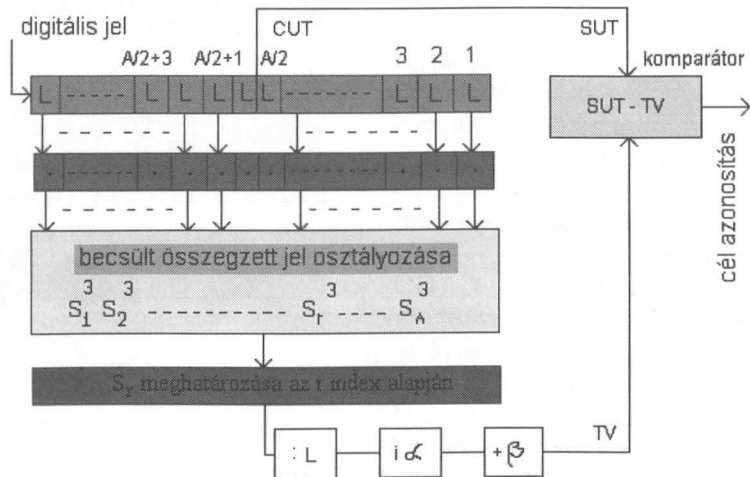
- MAMIS-CFAR

A MAMIS-CFAR (Maximum-Minimum Statistic) (17. ábra) alapvetően megegyezik a CASH-CFAR-al leszámítva, hogy a speciális maximum-minimum körben M helyettesíti CASH-CFAR összegzőjét.

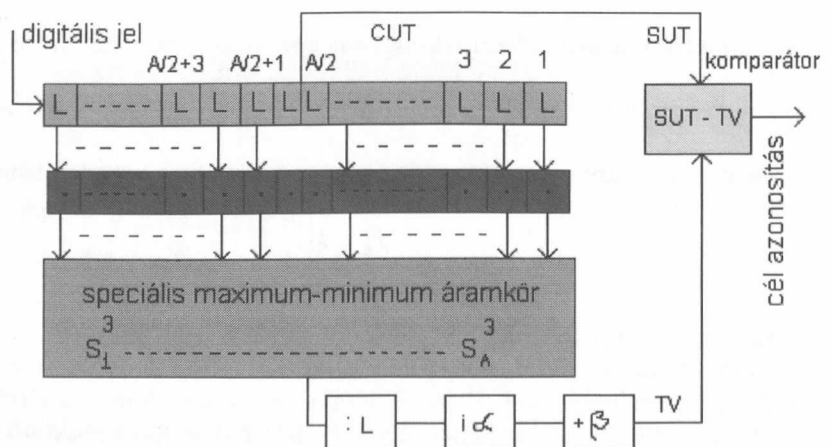
A CFAR interferencia egységek, továbbá a pontszerű és kiterjedt célpontok kezelése hasonló a CASH-CFAR-hoz, ahol

$$a = A \cdot \frac{N}{2} - N - 1 \quad \text{és}$$

$$b = A \cdot \frac{N}{2} - 1.$$



15. ábra
CAOS-CFAR blokkvázlata



16. ábra
CASH-CFAR blokkvázlata

- Censored-CFAR

Richard és Dillard tervezett egy CFAR eljárást, amelynek kiindulópontja a CA-CFAR volt, amely módosította az utóbbi érzékenységet. E módszernél a téves riasztás valószínűsége független a zajszinttől és a következő kifejezéssel számítható:

$$P_h = (N - 1) \cdot \left\{ \frac{N}{N - 1} \cdot \sum_{k=1}^{N-1} \binom{n-1}{k} \cdot (-1)^{k+1} \cdot (1 + k + T)^{-1} \right\}^{N-1}$$

- WCA-CFAR

Bizonyos módszerekkel csökkenteni lehet az adaptív küszöbértéket. A WCA-CFAR eljárást súlyozott CA-CFAR-nak is nevezik. Ezt az eljárást alkalmazta Barkat, Himonas és Varshney. Az eljárásban átlagolt értékeket használnak, majd ezeket súlyozzák az α és β tényezőkkel, amelyek értékei függenek az interferencia értékeitől.

9. Véletlen paraméterű jelek Likelihood hányadosa

A 6. pontban teljesen ismert paraméterű jelekre adtuk meg a Likelihood hányadost, ebben a pontban ugyanezt határozzuk meg véletlen paraméterű jelekre.

A vett jel a következő általános matematikai összefüggéssel írható le:

$$s(t, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m), \tag{30}$$

ahol α a mért paramétereket β a nem mért paramétereket jelenti.

A nem mért paraméterek azok, amelyeket valamilyen ok miatt nem lehet mérni, vagy nem akarjuk mérni, mert hasznos információkat nem tartalmaz. A gyakorlatban elegendő azt az esetet vizsgálni, amikor a 30. kifejezésben csak a t_c és β_1, β_2 szerepel. Ekkor $s(t, t_c, \beta_1, \beta_2)$ érvényesül.

A Likelihood hányados:

$$\Lambda(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{E(\beta_1, \beta_2)}{N_0}\right] \exp\left[\frac{2}{N_0} Z(\tau, \beta_1, \beta_2)\right] f(\beta_1) \cdot f(\beta_2) d\beta_1 \cdot d\beta_2 \tag{31}$$

10. Likelihood hányados ismert amplitúdójú és véletlen fázisú jelekre

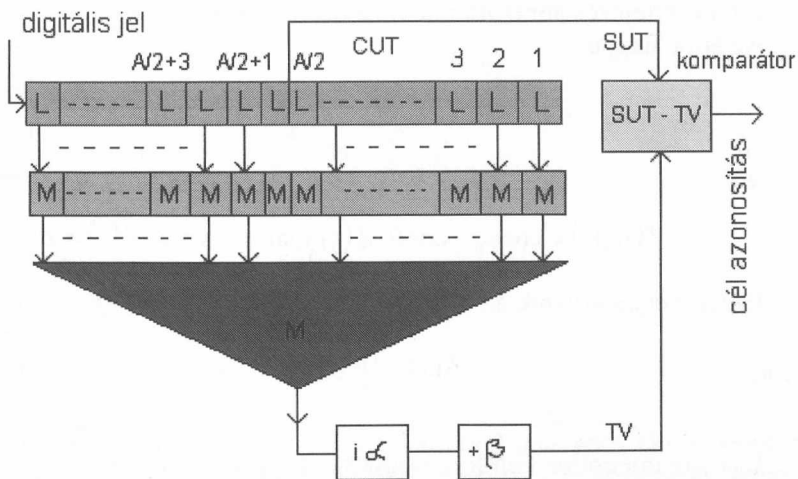
Gyakran találkozunk olyan estekkel, amikor van fényes pont és az amplitúdó közel állandó, de fázisa véletlen mennyiség. Továbbiakban vizsgáljuk azt az esetet, amikor a vett jel egy nem mérendő paramétert (φ_0) tartalmaz. Ekkor $\beta_1 = \varphi_0$ és $\beta_2 = 0$, a Likelihood hányados:

$$\Lambda(x) = \int_0^{2\pi} \exp\left[-\frac{E(\varphi_0)}{N_0}\right] \exp\left[\frac{2}{N_0} Z(\tau, \varphi_0)\right] f(\varphi_0) \cdot d\varphi_0 \tag{32}$$

A φ_0 és a korrelációs integrál közötti összefüggés implicit alakú, ezért előbb a φ_0 sűrűségfüggvényét kell meghatározni.

Ezzel a korreláció függvény végső alakja:

$$Z(\tau, \varphi_0) = \cos \varphi_{01} \int_0^T s(t - t_c) \cos[\omega_0 t + \varphi_s(t - t_c)] s(t - t_k) \cos[\omega_0 t + \varphi_s(t - t_k)] dt - \sin \varphi_{01} \int_0^T s(t - t_c) \sin[\omega_0 t + \varphi_s(t - t_c)] \cdot s(t - t_k) \cdot \sin[\omega_0 t + \varphi_s(t - t_k)] dt = Z_1(\tau) + Z_2(\tau)$$



17. ábra MAMIS-CFAR blokkvázlata

vagyis:

$$Z_1(\tau) = \int_0^T x(t) \cdot s(t - t_k) \cos[\omega_0 t + \varphi_s(t - t_k)] dt \quad (33)$$

$$Z_2(\tau) = - \int_0^T x(t) \cdot s(t - t_k) \sin[\omega_0 t + \varphi_s(t - t_k)] dt \quad (34)$$

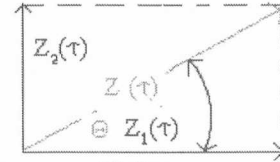
A végeredmény pedig:

$$Z(\tau, \varphi_0) = \cos \varphi_0 \cdot Z_1(\tau) + \sin \varphi_0 \cdot Z_2(\tau) \quad (35)$$

Az 35. kifejezés ábrázolása a 18. rajzon látható.

Az ábra alapján:

$$Z_1(\tau) = Z(\tau) \cdot \cos \theta; Z_2(\tau) = Z(\tau) \cdot \sin \theta \text{ és } \operatorname{tg} \theta = \frac{Z_2(\tau)}{Z_1(\tau)}.$$



18. ábra
A Z(τ) ábrázolása

Így:

$$Z(\tau, \varphi_0) = \cos \varphi_{01} \cdot \cos \theta \cdot Z(\tau) + \sin \varphi_0 \cdot \sin \theta \cdot Z(\tau) = Z(\tau) \cdot \cos(\theta - \varphi_{01}) \quad (36)$$

Ezzel meghatároztuk az 32. kifejezés minden összetevőjét, vagyis:

$$\Lambda(x) = \int_0^{2\pi} \exp\left(-\frac{E}{N_0}\right) \exp\left[\frac{2}{N_0} Z(\tau) \cdot \cos(\theta - \varphi_{01})\right] \frac{1}{2\pi} \cdot d\varphi_{01} \quad (37)$$

Csak az integrálon belüli második tag függ a fázistól, tehát:

$$\Lambda(x) = \exp\left(-\frac{E}{N_0}\right) \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp\left[\frac{2Z(\tau)}{N_0}\right] \cos(\theta - \varphi_{01}) d\varphi_{01} \quad (38)$$

Az elsőfajú, nulladrendű képzetes argumentumú Bessel függvény alakja:

$$J_0(\alpha) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp[\alpha \cdot \cos(\beta - \gamma)] d\gamma,$$

ezért:

$$\Lambda(x) = \exp\left(-\frac{E}{N_0}\right) \cdot J_0\left[\frac{2 \cdot Z(\tau)}{N_0}\right] \quad (39)$$

A leírtak lehetővé teszik, hogy felépítsük az ismert amplitúdójú és véletlen fázisú jelek optimális vevőjét.

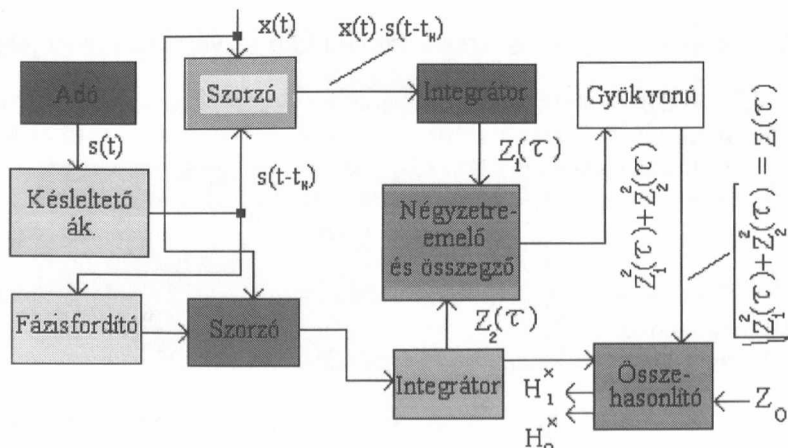
$$Z^2(\tau) = Z_1^2(\tau) + Z_2^2(\tau) \Rightarrow Z(\tau) = \sqrt{Z_1^2(\tau) + Z_2^2(\tau)},$$

ahol a $Z_1(\tau)$ és $Z_2(\tau)$ az 33. és 34. kifejezések szerinti.

A vevő felépítése a 19. ábrán látható.

11. Likelihood hányados véletlen kezdőfázisú és fluktuáló amplitúdójú jelekre

Ekkor $\beta_1 \rightarrow \varphi_0$ és $\beta_2 \rightarrow A$ és mindkettő véletlen mennyiség, így a 32. kifejezés új alakja:



19. ábra
Az optimális vevő ismert amplitúdójú és véletlen fázisú jelekre

$$\Lambda(x) = \int_0^{2\pi\infty} \int_0^\infty \exp\left[-\frac{E(\varphi_0, A)}{N_0}\right] \exp\left[\frac{2}{N_0} Z(\tau, \varphi_0, A)\right] f(\varphi_0) \cdot f(A) \cdot d\varphi_0 \cdot dA \quad (41)$$

A legkedvezőtlenebb eset visszavert jelek feldolgozása szempontjából, ha nincs fényes pont, vagyis:

$$f(\varphi_0) = \frac{1}{2\pi} = const$$

és a Rayleigh törvény szerint:

$$f(A) = 2A \cdot \exp(-A^2) \quad (42)$$

$$\Lambda(x) = 2 \int_0^\infty A \cdot \exp\left(-\frac{E + N_0}{N_0} A^2\right) \cdot J_0\left[\frac{2 \cdot Z(\tau) \cdot A}{N_0}\right] dA,$$

de:

$$\int_0^\infty x \cdot \exp(-\alpha \cdot x^2) \cdot J_0(\beta \cdot x) dx = \frac{1}{2 \cdot \alpha} \exp\left(\frac{\beta^2}{4 \cdot \alpha}\right),$$

ahol:

$$\alpha = \frac{E + N_0}{N_0} \text{ és } \beta = \frac{2 \cdot Z^2(\tau)}{N_0}$$

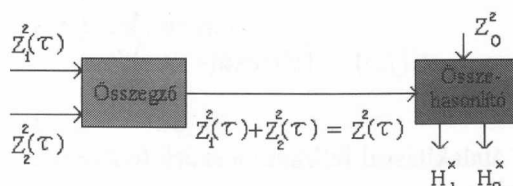
A végeredmény:

$$\Lambda(x) = \frac{N_0}{E + N_0} + \exp\left[\frac{Z^2(\tau)}{N_0(E + N_0)}\right] \quad (43)$$

Ezzel megkaptuk a Likelihood hányados végső alakját. Mivel a Likelihood hányados ekvivalense a korreláció függvény, ezért elegendő ennek realizálása. Ebben az esetben a korreláció integrál ugyanaz, mint az előző esetnél, csak itt négyzetre van emelve, így a felépítés valójában megegyezik a 19. ábrával, kivéve a 20. ábrán látható megoldást.

12. Bevezetés az illesztett szűrők elméletébe

Korábban megállapítottuk, ha a $Z(\tau)$ -t realizáljuk, akkor az optimális vevőt valósítjuk meg. Az világossá vált, hogy többnyire többszörös vevőket kellene felépíteni. Vannak azonban olyan lehetőségek, amelyek egyetlen csatornával ugyanazt az eredményt adják. A korábbi megoldásoknál a jel idősjátosságait használtuk fel. Illesztett szűrők esetében a jel frekvencia tulajdonságait alkalmazzuk. Az előzőkből már ismert jelet felírhatjuk következő módon is:



20. ábra
Optimális vevő véletlen kezdőfázisú és fluktuáló amplitúdójú jelekre

$$s(t) = S(t)(1 + m \cdot \cos \Omega \cdot t) \cos \omega_0 t \quad (44)$$

A hírközlésemélet tanítása alapján az AM – DSB – kétoldalsávú amplitúdó moduláció – jelek felírhatók a következők szerint:

$$s(t) = S(t) \cos \omega_0 t + m S(t) \cos \omega_0 t \cdot \cos \Omega t = S(t) \cos \omega_0 t + \frac{m \cdot S(t)}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t + \frac{m \cdot S(t)}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t \quad (45)$$

Az illesztett szűrők elméletét felhasználva ekkor is meg kell határozni a $Z(\tau)$ korreláció integrált, amelynek feltétele a következő egyenlet kielégítése:

$$s(t)_{ki} = c \cdot Z(\tau) \quad (46)$$

A 46. képlet kifejezi azt is, hogy az illesztett (optimális) szűrők tulajdonságai egybeesnek a jel tulajdonságaival.

Bármely szűrőnek két jellemzője van:

- impulzus karakterisztika,
- frekvencia karakterisztika.

12.1. Illesztett szűrők impulzus karakterisztikája

Adjunk egy szűrő bemenetére Dirac δ impulzust és vizsgáljuk a szűrő válaszát $[h(t)]$.

Az elméleti villamosságantból ismert *Dhuamel* tételt alkalmazva írható:

$$s_{ki}(t_1) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t_1 - t)x(t)dt = c \cdot Z(\tau) \quad (47)$$

A 26. kifejezésben $s(t-t_c)$ szerepel, a 47.-ben pedig $h(t_1-t)$, ezzel:

$$h(t_1 - t) = c \cdot s(t-t_c) \quad (48)$$

A kifejezést többszörösen átalakítva írható:

$$h(t) = c \cdot s(t_0 - t), \quad (49)$$

ahol $t_0 \rightarrow$ gyűjtési – megfigyelési – idő.

Ezzel megkaptuk az illesztett szűrő impulzus karakterisztikáját. A kifejezésből következik, hogy az illesztett szűrő impulzus karakterisztikája a hasznos jel tükörképét adja (21. ábra).

12.2. Illesztett szűrők frekvencia karakterisztikája

Az impulzus karakterisztika alkalmazása nehézkes, ezért a frekvencia karakterisztika vizsgálata, célszerűbb. Amennyiben az illesztett szűrők fázisa $[\varphi(\omega)]$ és amplitúdó $[A(\omega)]$ menete ismert, akkor a szűrő szintézise végrehajtható.

A szűrők elméletéből ismert:

$$K(j\omega) = \frac{S_{ki}(j\omega)}{S_{be}(j\omega)}$$

és

$$K(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t)\exp(-j\omega t)dt \quad (50)$$

Többszöri átalakítással felírható a szűrő frekvencia karakterisztikája:

$$K(j\omega) = c \cdot S^*(j\omega) \cdot \exp(-j\omega t_0) \quad (51)$$

ahol $S^*(j\omega)$ konjugált komplex mennyiség.

Ismert, hogy bármely frekvencia karakterisztika:

$$K(j\omega) = |K(j\omega)| \exp[j\text{arctg}K(j\omega)] \quad (52)$$

Ebből levezethető a következő kifejezés:

$$K(\omega) = c \cdot S(\omega), \quad (53)$$

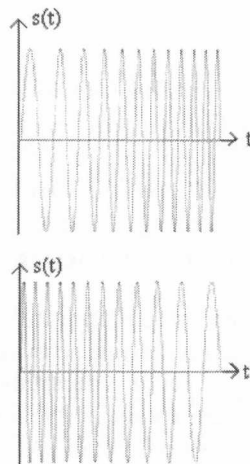
ami azt jelenti, hogy a frekvencia karakterisztika arányos a jel spektrumsűrűségével. Az 53. feltételt kielégítő szűrőt illesztett szűrőnek nevezzük. Ahhoz, hogy a szűrő illesztett legyen az szükséges, hogy az $A(\omega)$ egybe essen a jel amplitúdó spektrumával.

A fázis karakterisztikára írható:

$$\arg K(j\omega) = -\arg S(j\omega) - \omega t_0 \quad (54)$$

Ebből látható, hogy a $\varphi(\omega)$ egy meghatározott késleltetés pontosságig egybe kell essen a jel fázisspektrumával, hogy a szűrő illesztett legyen. Érvényes a következő is:

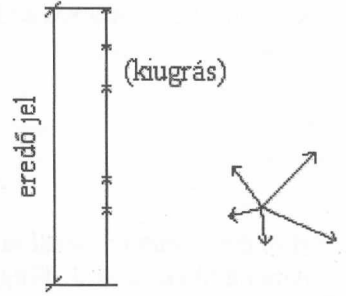
$$\varphi_{ki} = \omega (t - t_0). \quad (55)$$



21. ábra
A jelek tükörképének ábrázolása

Ha $t - t_0 = 0$, vagyis $t = t_0$, akkor az összes spektrumösszetevő egy időben jelenik meg a kimeneten, ezért egy jel kiugrás jön létre, mert a fázis összetevők (frekvencia összetevők) aritmetikailag összegződnek és nem geometriailag (22. ábra).

Az ábrából látható, hogy minél nagyobb a jel spektruma, annál nagyobb a nyereség, ezért lehetőleg szélessávú jeleket alkalmaznak.



a, aritmetikai b, geometriai
22. ábra
Aritmetikai és geometriai összegzés

12.3. A jel- zaj viszony az illesztett szűrők kimenetén

Szűrő kimenetén a jel Fourier transzformáltja:

$$s_{ki}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{ki}(j\omega) \exp(j\omega t) d\omega \quad (56)$$

$$S_{ki}(j\omega) = c \cdot S^*(j\omega) \exp(-j\omega t_0) S(j\omega) = c \cdot |S(j\omega)|^2 \exp(-j\omega t_0)$$

Maximális kiugrás $t = t_0$ feltétel esetén következik be.
Jel a szűrő kimenetén:

$$s_{ki}(t_0) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} c |S(j\omega)|^2 \exp(-j\omega t_0) \exp(j\omega t_0) d\omega = c \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega$$

Parseval tétele szerint:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega = \int_0^T s^2(t) dt = E$$

Ennek következménye:

$$S_{ki}(t_0) = c \cdot E \text{ illetve } P_{ki} = c^2 \cdot E^2.$$

Korábbról ismert az $\overline{n^2} = \sigma^2 = R(0)$ feltétel.
Figyelembe véve az 56. kifejezést, írható:

$$R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} N_{ki}(j\omega) \exp(j\omega \tau) d\omega \quad (56a)$$

$$N_{ki}(j\omega) = |K(j\omega)|^2 N_0 = c^2 |S(j\omega)|^2 N_0$$

továbbá:

$$\overline{n^2} = R(0) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} c^2 |S(j\omega)|^2 N_0 = \frac{c^2 \cdot N_0}{2} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega$$

Figyelembe véve Parseval tételét:

$$P_z = \overline{n^2} = \frac{c^2 \cdot N_0 \cdot E}{2} \text{ és } P_j = c \cdot E^2.$$

Így a keresett jel – zaj viszony:

$$\frac{P_j}{P_z} = \frac{2E}{N_0} = R \quad (57)$$

ami egyúttal a felderítési együtthatót is jelenti.

Az 56a. kifejezésből látható, hogy szűrős vevő esetében is valójában a korreláció integrál realizálása történik.

12.4. Illesztett (optimális) szűrővel felépített vevő

12.4.1. Az illesztett szűrő néhány tulajdonsága

a. Az illesztett szűrő invariáns a véletlen kezdőfázishoz viszonyítva.

Korábról ismert a következő kifejezés:

$$s_{ki}(t_0) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega) \cdot S_{be}(j\omega) \exp(j\omega t_0) d\omega = \tag{58}$$

$$= \exp j\varphi_0 \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega) \cdot S(j\omega) \exp(j\omega t_0) d\omega = c \cdot E \cdot \exp(j\varphi_0)$$

ahol φ_0 a véletlen kezdőfázis.

Amennyiben φ_0 -tól függetlenül akarjuk vizsgálni a vevő felépítését, akkor csak egy detektor alkalmazására van szükség, ugyanakkor a vevő egycsatornássá válik.

b. Illesztett szűrő invariáns a visszavert jel késleltetéséhez képest

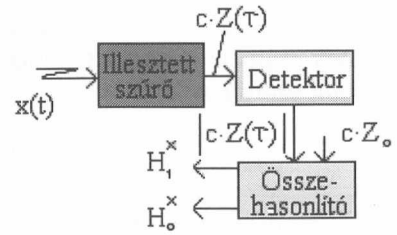
A visszavert jel késleltetése nem hat az amplitúdóra, de jelentkezik a jel fázisában $[s(t-t_c)]$.

Így $\cos \omega t - \omega t_k + \varphi_s (t-t_c)$, amiből az $\omega t_k = \varphi_1 -$ ként fogható föl, vagyis véletlen fázisként. Ez az eset az előző pontban leírtakra vezethető vissza, vagyis ekkor is csak egy detektorra van szükség.

c. Illesztett szűrő invariáns a visszavert jel véletlen amplitúdójához képest.

A szűrő lineáris rendszer, így a bemeneti feszültségváltozás a kimeneten egyforma optimalitással van feldolgozva. A leírtak alapján az optimális szűrő vevő már egyszerűen realizálható (23. ábra).

Az ilyen típusú vevő előnye a korrelációs vevővel szemben, hogy egyetlen csatornával is megfigyelhető a teljes légtér. Ezt a megoldást – de nem csak ezt – gyakran alkalmazzák a gépjárművek biztonságát fokozó radarok esetében.



23. ábra Illesztett szűrővel felépített vevő

13. Impulzustömörítési eljárások

Az impulzustömörítés olyan eljárás, amely egy az egyébként a zajban eltűnő hasznos jelet kiemel a zajból és így az láthatóvá, illetve feldolgozhatóvá válik. Ahhoz, hogy tömörítést tudjunk végezni széles impulzust kell alkalmazni. Az impulzus sáv szélességét valamilyen moduláció segítségével tudjuk növelni. Ez rontaná a távolsági felbontóképességet tömörítés nélkül, de annak alkalmazása ezen is jelentősen javít. A modulációt alkalmazó kódolási eljárásokat két nagy csoportba osztjuk: *bifázisú* (BiPhase) és *polifázisú* (PolyPhase) kódokra. Az előbbibe tartoznak a Barker kódok, az MPS (Minimum Peak Sidelobe), pszeudorandom és a CBC (Combined Barker Codes), az utóbbiba pedig a Frank, a P4 és Velti kód. Megjegyezzük még azt, hogy minden Barker kód egybenn MPS kód is. Vizsgáljuk meg azokat az eseteket, amelyeket a gépjárművek radarjainál is alkalmaznak.

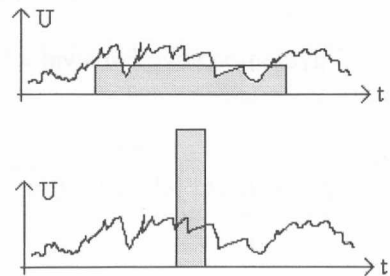
Mindenekelőtt azonban értelmezzük az összenyomási, vagy kompressziós tényezőt.

Legyen:

$$\Delta f \cdot T_c = \chi \tag{57}$$

aminek értelmezése a 24. ábrán látható.

Az ábrából jól látszik, hogy a kompresszió csak a hasznos jelle vonatkozik, a zajra nem. Ekkor fizikailag olyan energia átrendeződés jön létre, ahol a frekvencia változatlan, de az amplitúdó növekedni fog. Ez az oka annak, hogy a $T_c \approx 10^6$ -szorosán is összenyomható, amelynek eredményeként a hasznos jel kiütközik a zajból. A tárgyalt módszer esetében tehát szélessávú jeleket kell alkalmazni, amely elérhető fázis, vagy frekvenciamodulációval, illetve kódfázismodulációval.



24. ábra

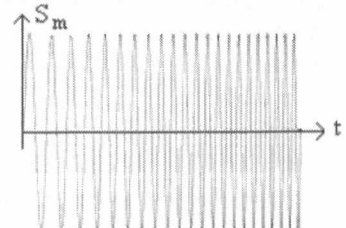
Az összenyomási tényező értelmezése

13.1. Szélessávú jelek alkalmazása frekvenciamodulációval

Vizsgáljuk meg a 25. ábrát. Látható, hogy egyidejűleg amplitúdó és fázismoduláció történik.

A jel tehát állandó amplitúdóval és frekvenciolökettel jellemezhető (Δf , vagy $\Delta \omega$). A jelek feldolgozását jelentősen befolyásolja a frekvencia változásának sebessége (26. ábra).

$$k = \frac{\Delta f}{T_c}, \text{ ahol } \Delta f = f_1 - f_2. \tag{59}$$



25. ábra

Lineáris frekvenciaváltozás az időtartományban

Az ábra segítségével jó közelítéssel meghatározható a jel frekvencia és fázis menete. A fázismenetre írható:

$$\varphi(\omega) = \frac{(\omega_0 - \omega)^2}{4\pi \cdot k} - \varphi_0 + \omega_0 \cdot t \quad (60)$$

Az ω_0 t az ún. futófázis.

Az illesztett szűrő frekvencia karakterisztikája:

$$K(j\omega) = c \cdot S^*(j\omega) \cdot \exp(-j\omega_0 \cdot t)$$

Illetve:

$$t_k = -\frac{\partial \varphi(\omega)}{\partial \omega} = -\left[\frac{2(\omega_0 - \omega)}{4\pi \cdot k} - t_0 \right] = \frac{\omega - \omega_0}{2\pi \cdot k} + t = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta\omega} T_c + t_0$$

mert k az 59. szerint írható.

Az illesztett szűrőnek tehát egy olyan késleltető vonalat is kell tartalmaznia, amelynek késleltetése változik a frekvencia változásával. Az ilyen késleltető vonalat nevezzük diszpergáló késleltető művonalnak. A diszpergáló művonal az alacsonyabb frekvenciákat hosszabb ideig, a magasabb frekvenciákat, pedig rövidebb ideig késlelteti. Amikor mind fázisba kerül, akkor kiugrás keletkezik.

A jel amplitúdó – frekvencia karakterisztikája a 55. kifejezés analógiájára:

$$|K(j\omega)| = c \cdot |S(j\omega)| \quad (61)$$

Amennyiben a 61. kifejezés c értékét $\sqrt{\frac{k}{S_m}}$ - re választjuk, akkor az amplitúdó – frekvencia karakterisztika normalizált értékét kapjuk:

$$|K(j\omega)| = c \cdot |S(j\omega)| = \frac{k}{S_m} \cdot \frac{S_m}{k} = 1$$

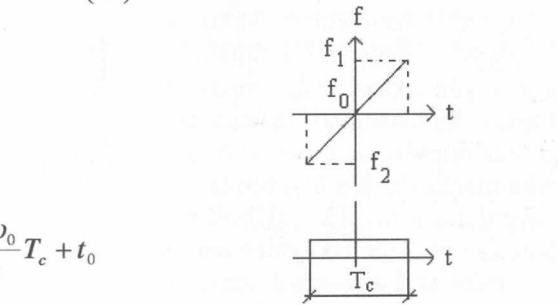
A normalizált értéket előállító szűrőt π , vagy Π szűrőnek nevezzük, amelyre felírható a jel spektruma a szűrő kimenetén, figyelembe véve, hogy ott csak a valós rész jelenik meg,

$$\text{Re} \left[s_{ki}(t) \right] = S_m \sqrt{\chi} \frac{\sin \frac{\Delta\omega}{2}(t-t_0)}{\frac{\Delta\omega}{2}(t-t_0)} \cos \omega_0(t-t_0)$$

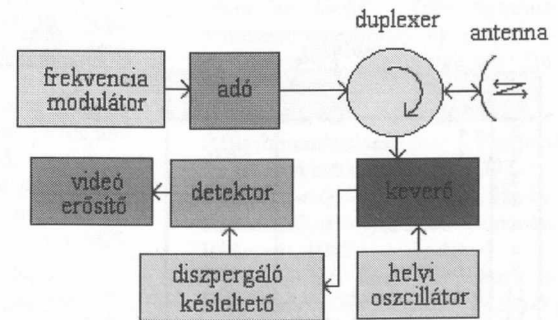
A kimenő jel burkolója:

$$S(t) = S_m \sqrt{\chi} \left| \frac{\sin \frac{\Delta\omega}{2}(t-t_0)}{\frac{\Delta\omega}{2}(t-t_0)} \right|$$

A vevő blokkvázlata a 27. ábrán látható.



26. ábra
Az impulzus és frekvencia változásának időtartomány



27. ábra
A vevő felépítése diszpergáló szűrővel

13.2. Felbontó képesség növelése tömörítési eljárással

Mint korábban említettük, az alkalmazott impulzus idejét megnövelik, hogy a kompresszió érdemlegesen létrejöhessen. Ez rontja a felbontó képességet. A közutakon azonban a járművek gyakran tartósan, vagy ideiglenesen meglehetősen közel haladnak egymáshoz, illetve részben, vagy egészben takarásban vannak. Ha ez bekövetkezik, akkor a célok összemosódnak, vagyis nem lehet, pl. két célt egymástól megkülönböztetni. A kompressziós eljárás ebben is segít. Két cél szétválasztásának folyamatát vizsgáljuk a 28a. ábrán, amelyen jól látható, hogy a tömörítés előtt két cél nem különböztethető meg egymástól, de a 28b. ábrán már igen.

13.3. Kompresszió végrehajtása Barker kóddal

A Barker kód egy kód fázis modulációs sorozat, amelyet a 29. ábra szemléltet.

Az ábrán jól látható, hogy a jelek 180°-os fázisváltozáson mennek keresztül, ahol az impulzus le és felfutó elei változnak. A folyamat tk késleltetési idő alatt zajlik le. Egy Barker dekódoló felépítését mutatja a 30. ábra.

A Barker kód jellegzetessége, ha az $N=13$, akkor a kimenet $2N$ elemet tartalmaz a 31. ábra szerint.

Amennyiben a jelek t_k idejű késleltetést szenvednek, akkor az összegző kimenetén jól látható kiugrás jön létre (32. ábra). A Barker kód speciális tulajdonságai: az impulzuskompresszió mértéke megegyezik a kód hosszával, egyenletes a melléknyalábok hullámlázása és a melléknyaláb szintje a Barker kód hosszától függetlenül egy elemi impulzus szintjének felel meg. Sajnos a leghosszabb ismert Barker kód hossza csak 13. Az ismert Barker kódokat az 1. táblázat mutatja.

Meg kell még említenünk a Combined Barker Codes-t, vagy M sorozatú Barker kódot. Ennek a formának alapötlete egy adott Barker kód egymás utáni alkalmazása egy másik Barker kóddal súlyozva. Pl.

$N = 5$ Barker kód: + + + - +

$N = 4$ Barker kód: + + - +

Akkor az 5×4 -es Barker kód:

+ + - + + + - + + - + - + - +
+ + + - + + - + + - + - +

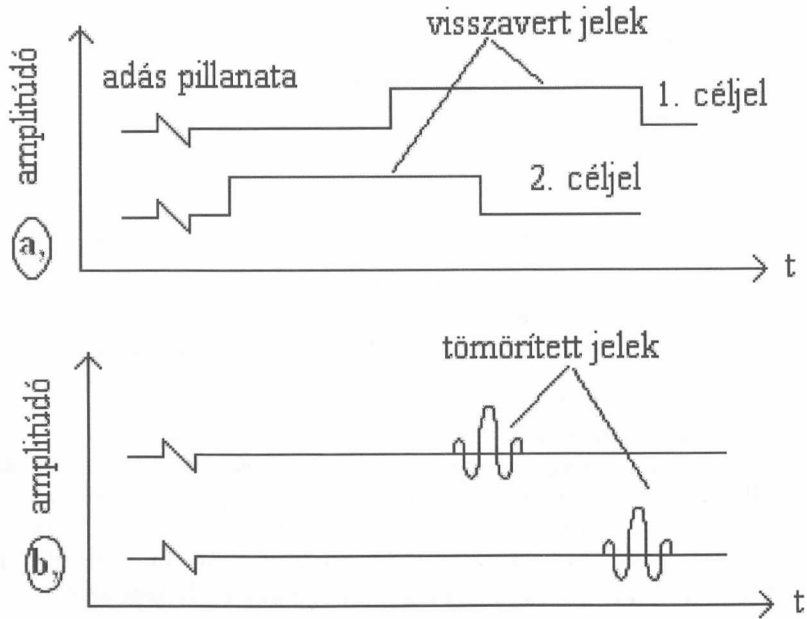
1. táblázat

| N | C_n | kiemelés [dB] |
|----|----------------------|---------------|
| 2 | ++ | 6.0 |
| 2 | -+ | 6.0 |
| 3 | ++- | 9.0 |
| 4 | +++ | 12.0 |
| 4 | +++ - | 12.0 |
| 5 | ++++ | 14.0 |
| 7 | ++++ - - | 16.9 |
| 11 | ++++ - - - - - | 20.8 |
| 13 | ++++ - - - - - + - - | 22.33 |

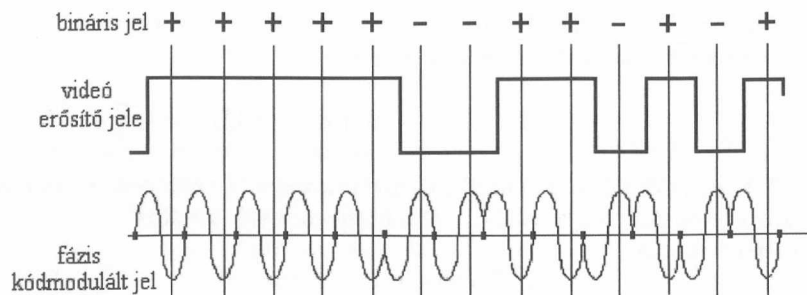
Ezt az eljárást tovább folytatva az $N1 \times N2$ - es csomagot is tovább lehet egy újabb Barker kóddal modulálni és így tovább.

Összefoglalás

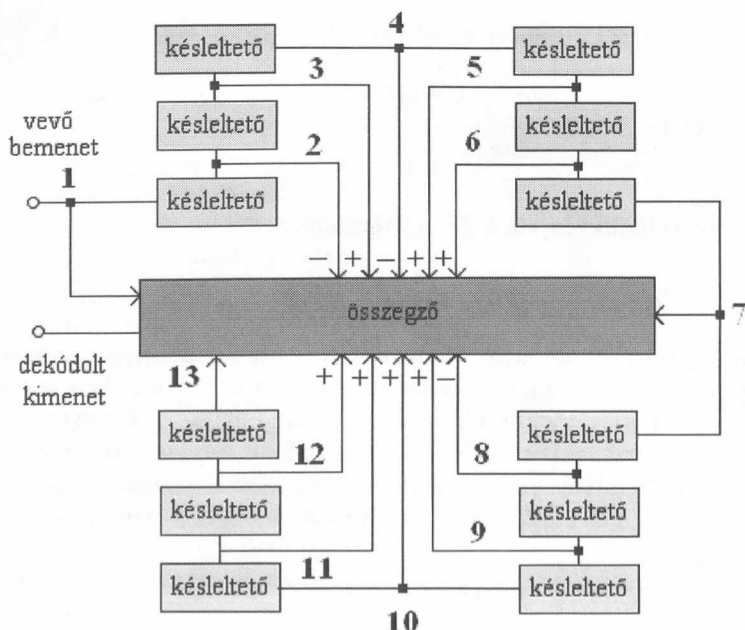
E cikkben összefoglaló jelleggel ismertettem a járművek felderítésére alkalmazható és a gépkocsikba beépített biztonsági radarok statisztikai elméletének egy részét. Ez annál is inkább indokolt, mert 2013 július 01.-től minden új gépkocsiba kötelezően be kell építeni a közelszondákat (Short



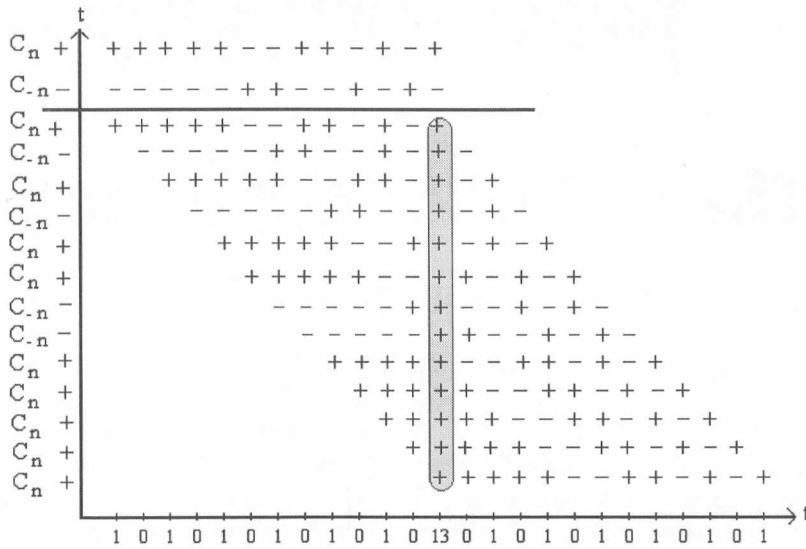
28. ábra
A szomszédos célpontok jelei tömörítés előtt és után



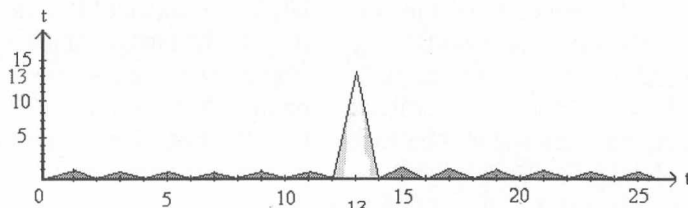
29. ábra
13 lépéses Barker kód eljárás



30. ábra
Barker dekóder $N=13$ esetén



31. ábra
Barker dekóder összegzőjének jele



32. ábra
Dekódolt Barker kód N=13 esetén

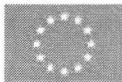
Range Radar = SRR) és a távolradarokat (Long Range Radar = LRR). Ezek a radarok a tárgyal elveken működnek. A további megoldásokat egy későbbi cikkben fogjuk tárgyalni.

Irodalom

- 1, *Dr. Tamási Ferenc*: Rádiólokátor-technika Katonai Kiadó-Műszaki Kiadó, 1968
- 2, *Dr. Oláh Ferenc*: Válogatott fejezetek a navigációs berendezésekhez., Budapest, 1992
- 3, S. Slater, (Jaguár), A. Sjögren (Volvo), A. Beutner (Volvo), W. Bullinger (DC), K. Möhle (DC), D. Maier. (BMW), A. Saroldi (CRF), H. Rohling (TUHH), U. Lübbert (TUHH) M. Schiementz (TUHH), A. Garrod (RMR), B. Rickett (RMR), D. Pycock (Uni Bham) E. Hoare (Uni Bham), F. Castanie (INPT) R. Doerfler (Siemens VDO), M. Brandt (Siemens VDO), A Hoess (Siemens VDO): MULTIFUNCTIONAL Automotive Radar NETWORK (RadarNet). Deliverable D40 Final Report. 2004.
- 4, *Lecture Script*: Radar System Engineering. Edition WS 2005/2006
- 5, *Skolnik, M*: Introduction to Radar Systems. McGraw Hill Text. 2000
- 6, *Detlefsen J*: Radartechnik, Springer-

- Verlag, 1989
- 7, *R. Mende*: Radarsysteme zur automatischen Abstandsregelung in Automobilen. Dissertation. 1999.
- 8, *Stove, A. G*: Linear FMCW Radar Techniques. IEE Proceedinds-F. 1992 No. 5.
- 9, *H. Rohling*: Some Radar Topics. Waveform Design Range CFAR and Target Recognition 2005.
- 10, *Levanon, N.*: Detection loss due to interfering targets in ordered statistic CFAR. IEEE Transactions on AES. 11/1988,.
- 11, *Di Vito, A. – Galati, G. – Mura, R.*: Analysis and comparison of two order statistic CFAR system IEE Proceedings 4/1994,
- 12, *Levanon, N. –Shor, M.*: Order statistic CFAR for Weibull background. IEE Prcedings. 6/1990
- 13, *Blake, S.*: OS-CFAR theory for multiple targets and nonuniform clutter. IEEE Transactions on AES. 11/1988. IEE Radar 2002.
- 14, *D. Oprisan - H. Rohling*: Tracking system for Automotive Radar Networks. IEE Radar 2002.
- 15, *M. Ezekiel – K.Fox*: Korreláció és regresszió analízis. Közgazdasági és Jogi könyvkiadó. Budapest. 1970.
- 16, *Dipl.-Ing. Yu Wang*: Analyse von Telemetriesignalen und Radar – Rückstreusignalen zur Rekonstruktion von Bahnstrorungen interplanetarer Raumsonden am Beispiel

- der simulierten Abstiegsdynamik der Huygens-Sonde. Bochum. 2004.
- 17, *A. Mende*: Radarsysteme zur automatischen Abstandsregelung in Automobilen. Dissertation. 1999.
- 18, <http://itl7.elte.hu/html/jelfel/node32.htm>
- 19, <http://itl7.elte.hu/html/jelfel/node32.htm>
- 20, *Florian Fölster*: Erfassung ausgedehnter Objekte durch ein Automobil – Radar Dissertation. 2006.
- 21, *F.X. Hofele*, CELL Averaging Statistic Hofele (CASH) CFAR Impulshöhenanalyse (IHA) und Pulskompressions- - Nebenzipfel – Maske (PNM, Report of Daimler Benz Aerospace AG, Ulm February 11, 1997.
- 22, *Richard, V. G. – Dillard, G. M.*: Adaptive Detection Algorithms for Multiple Target Situations, IEEE Transactions on AES, 1977.
- 23, *Barkat, M. – Himonas, S. D. – Varshney, P. K.*: CFAR detection for multiple target situations. IEE Proceedings, 136, 5(10/1989)
- 24, *Dr. Oláh Ferenc*: Kalman szűrő és a GPS. Közlekedéstudományi Szemle. 2004. 4. sz.
- 25, *Arató Máttyás - Knuth Előd*: Sztochasztikus folyamatok elemei, BME. Tankönyvkiadó. Budapest, 1970.
- 26, *M. Ezekiel – K. A. Fax*: Korreláció és regresszió analízis. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest . 1970.
- 27, *Prékopa András*: Valószínűségelmélet. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1962.
- 28, *Reimann József – Tóth Júlianna*: Valószínűségszámítás és matematikai statisztika. Tankönyvkiadó. Budapest. 1985.
- 29, *Ugróczy László – Dr. Oláh Ferenc*: Radarberendezések. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest. 1993.
- 30, *Samuel Karlin – Howard M. Taylor*: Stochasztikus folyamatok. Gondolat. Budapest. 1985.
- 31, *Fazlollah M. Reza*: Bevezetés az információ elméletbe. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1966.
- 32, *W. Wehrmann*: Korrelációs technika. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1983.
- 33, *М. И. Финкельштейн*: ОСНОВЫ РАДИЛОКАЦИИ. Москва. Советское Радио. 1973.
- 34, *И. А. ЛИПКИН*: Основы статической радиотехники, теории информации и кодирования. Москва. Советское Радио. 1978.
- 35, *Werner Wiesbeck*: Radar System Engineering. www. Ihe.uni-karlsruhe.de 2005.
- 36, Multifunctional Automotive Radar Network (RadarNet) Deliverable D40. Final Report. 2004.
- 37, *Minszki Légvédelmi Rakéta és Rádiótechnikai Egyetem* előadásának anyaga Lokátorelmélet c. tantárgyból



Új Magyarország Fejlesztési Terv:

több mint 1000 milliárd forint közlekedésfejlesztésre

A Kormány 2007. 08. 09. ülésén több mint 1000 milliárd forint út- és közlekedésfejlesztésről döntött. A program keretein belül 56 útfejlesztés valósulhat meg 440 milliárd forint értékben, 5 vasútfejlesztési projektre összesen 375 milliárd forintot fordíthatunk, valamint 5 városi tömegközlekedési fejlesztés valósulhat meg 450 milliárd forint értékben. A program keretein belül több mint 770 kilométernyi út épülhet, illetve újulhat meg, ami több, mintha keresztülszelnénk az országot, és oda-vissza megtennénk a Miskolc-Pécs távolságot.

A Gazdasági és Közlekedési Minisztérium Kommunikációs főosztálya a Kormány döntésével kapcsolatban a következő sajtótájékoztatót adta közre.

Magyarország földrajzi fekvése gazdasági szempontból rendkívül kedvező, az országon több fő Kelet- és Nyugat-Európát összekötő fő közlekedési folyosó áthalad. A gyors ütemben fejlődő kelet-európai gazdaságok első számú kereskedelmi útvonala is hazánkon keresztül vezet. Ha mind ezen adottságok felelős fejlesztéspolitikával találkoznak, hazánk lehet a térség logisztikai központja. Lehetőségeink kihasználásához azonban pótolnunk kell az ország gyorsforgalmi úthálózatának hiányosságait, korszerűsíteni kell vasúthálózatunkat, bővíteni kell a közutak és vasutak helyenként szűkös kapacitását, növelni kell ezek teherbíró képességét, valamint a nagyvárosi közösségi közlekedés fejlesztésével elérhető országot kell teremtenünk, hogy hazánk mindannyiunk otthona is lehessen.

A Magyarországon futó autópályák hossza mindössze 40 százaléka az EU15-ök átlagának. A gyorsforgalmi úthálózat kiépítettsége mindössze 47 százalékos, és az utak terhelhetőségének növelése érdekében mintegy 1000-1200 km burkolat megerősítése szükséges. Emellett növelni kell a településeket elkerülő utak hosszát illetve számát is, mivel az országos főutak 30 százaléka lakott területen halad át. Ez nagy mértékben rontja az ott lakók életminőségét.

Új Magyarországot építünk, és a közlekedési infrastruktúra fejlesztésében kiemelt szereppel rendelkező állam felelőssége, hogy olyan befektetésekről döntsön, amelyek gyorsítják régióink gazdasági fejlődését, közelebb hoznak eddig távoli országrészeket és felzárkóztatnak hátrányos helyzetű térségeket, hogy egy élhetőbb, új Magyarország legyen otthonunk. Ezért a Kormány az akciótervekről és kiemelt projektekről szóló kormánydöntés után két héttel többek között olyan út- és közlekedési projektekről döntött, mint a 8-as, 86-os, M43-as és M7-es utak fejlesztése, amelyek stratégiai jelentőségűek az ország közlekedési és gazdasági fejlődését illetően.

A 8-as út

A 8-as számú főút jelenleg a Közép-dunántúli régió egyik legfőbb kereskedelmi útvonala, ezért teljes hosszának megfelelő forgalmi állapotban való kiépítése stratégiai fontosságú kérdés. Az út további fejlesztése elengedhetetlenül szükséges a térség tökevonzó képességének növeléséhez.

Az út összességében mintegy 80 kilométeres hosszán 2008-ig megkezdődő fejlesztés érinti a Márkó-Ajka közötti, illetve az Ajka és Veszprém megye határa közötti szakaszt; mintegy 30 kilométeren, a Veszprém-Várpalota és a Veszprém-Székesfehérvár közötti szakaszokon valósulhat meg az út burkolatának megerősítése, az út fejlesztése; emellett pedig a 8-as és a 72-es út kereszteződésében külön szintű csomópontot alakítanak ki.

A 86-os út

A Magyarország nyugati részén húzódó észak-dél irányú főút közlekedési és kereskedelmi szempontból egyaránt fontos mind a térség, mind pedig az ország számára. Mára az út fejlesztése halaszthatatlanná vált, így a 86-os út átépítése a legfontosabb nyugat-dunántúli útfejlesztés, ami nemcsak gazdaságfejlesztési, hanem közlekedésbiztonsági szempontból is fontos: egy korszerűbb, nagyobb áteresztő képességgel rendelkező úton jelentősen csökkenthető a balesetek száma.

A 86-os út összességében 85 kilométeres 2008-ig megkezdődő fejlesztése érinti Szombathely térségét, valamint a Szombathely-Vát közötti szakaszt; az út burkolatának Körmen-d-Rédics közötti szakaszát 38 kilométer hosszán, a Győr-Moson-Sopron megyei szakaszát pedig 36 kilométer hosszán erősítik meg; emellett pedig megvalósul a 86-os út szelestei elkerülő szakasza is.

Az M43-as gyorsforgalmi út fejlesztése

Románia és Bulgária uniós csatlakozása óta a teherforgalom háromszorosára növekedett a 43-as úton, a személyforgalom másfélszerese a korábbinak, és a németországi szabadságolások idején ez a sokszorosára ugrik. Az út állapota rendkívül rossz, a magyar szabályozás szerint a kamionok okozta nyomvályúk mélysége nem haladhatná meg a 10 millimétert, ennek ellenére van, ahol 10 centiméteresre gyűrődött fel az aszfalt. Rendkívül rossz az út zajterhelése is, ami nemcsak élehetlenné teszi az itteni településeket, de az egészségre is rendkívül káros. Az M43-as Szeged és Makó közötti 31 kilométert érintő fejlesztése ezért mára halaszthatatlanná vált.

Az M7 Balatonkeresztúr-Nagykanizsa közötti szakasza

A Balatonkeresztúr-Nagykanizsa közötti pályaszakasz elkészültével az M7-es hossza eléri a 245 kilométert. Az út nemcsak Magyarország keleti és nyugati felének összekötését szolgálja majd, hanem a Trieszt-Kijev/Helsinki folyosó részét is képezi majd, és gyors összeköttetést biztosít az

Adria felé minden arra utazó honfitársunknak.

Projektlista egyes kiemelt jelentőségű út- és közlekedésfejlesztésekről

Villamos-fejlesztés:

- 1-3 villamos.

Útfejlesztés:

- M7 Balatonkeresztúr-Nagykanizsa közötti szakasza;
- M9 gyorsforgalmi út, 51. sz. főút és 54. sz. főút közti szakaszának kivitelezése;
- M43 gyorsforgalmi út Szeged – Makó közötti szakasz kivitelezése;
- 5. sz. főút Szeged elkerülő, III. ütem vasúti felüljáróval;
- 47. sz. főút Békés megyei szakasz, Békéscsaba elkerülő-Orosháza elkerülőig.
- 8-as út:
 - 8. sz. főút 11,5 tonnás megerősítés, fejlesztés Székesfehérvár-Veszprém között (9+020-11+766 km);
 - 8. sz. főút Márkó-Ajka között (3 szakasz);
 - 8. sz. főút Ajka-Veszprém megyehatár;
 - 8. sz. főút Veszprém-Várpalota, burkolatmegerősítés (32+000-57+100 km között).

- 86-os út:
 - 86. sz. főút 11,5 tonnás burkolat-megerősítés, Körmend-Rédics (oh) között;
 - 86. sz. főút burkolat-megerősítése és négy nyomúsítása (77+800-79+000 km között, Szombathely térsége)
 - 86. sz. főút Szombathely-Vát szakasz (80+775-89+980 km között);
 - 86. sz. főút Szeleste elkerülő szakasz;
 - 86. sz. főút Győr-Moson-Sopron megyei szakasz 11,5 tonnás burkolat erősítése, fejlesztése.
- 26-os út:
 - M30-26. sz. főút Miskolc északi elkerülő;
 - 26. sz. főút Sajószentpéter elkerülő;
 - 26. sz. Sajószentpéter és Kazincbarcika közös elkerülő II. ütem.

Korábban már eldöntött PPP konstrukciójú fejlesztések:

- M3 Nyíregyháza- Vásárosnamény (gyorsforgalmi út);
- M6 Dunaújváros-Szekszárd (gyorsforgalmi út);
- M6 Szekszárd-Bóly (gyorsforgalmi út);
- M60 Pécsi bekötés (Pécs-Bóly, gyorsforgalmi út).



Sajtóközlemény

Üzembe helyezte a MÁV a felvonót a Nyugati pályaudvaron

2004. október 4-én, csütörtökön használatba veheti az utazóközönség a Budapest-Nyugati pályaudvaron található liftet. A felvonó az aluljáró és a peronszint között könnyíti meg a közlekedést.

A MÁV Zrt. tovább bővítette esélyegyenlőségi programját, és beüzemelte a Nyugati pályaudvar 3. vágányával szemben (Váci út felőli oldal) található felvonót, ami jelentősen megkönnyíti az eljutást az aluljáróba, illetve vissza a peronszintre. A lift forgalma előreláthatólag nagy lesz, hiszen a közeli vágányokra érkeznek be a szobi, veresegyházi és esztergomi elővárosi vonatok, valamint a közelben található egy bevásárlóközpont is.

A műszaki átadás és az üzembe helyezés az Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Kft. (ÉMI) engedélyével a mai napon megtörtént, az utasok holnap reggeltől használhatják a liftet. A 2,8 millió forint értékű beruházást a MÁV Ingatlankezelő Kft. megbízásából az OTIS Felvonó Kft. végezte el.

A vasúttársaság bíz abban, hogy a négyszemélyes, panorámaablakos hidraulikus liftet az utasok is örömmel fogadják, és a mozgáskorlátozottak, kismamák, idősek mellett sokak közlekedését megkönnyíti, és egyben meggyorsítja majd.

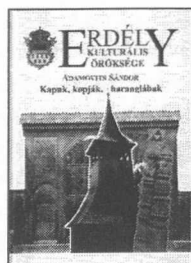
Budapest, 2007. október 3., szerda

MÁV Zrt. – Kommunikációs Igazgatóság

A KÖZLEKEDÉSI DOKUMENTÁCIÓS KFT.

az alábbi szolgáltatásokat ajánlja:

Logo tervezés, arculattervezés, számítógépes szövegszerkesztés, nyomdai előkészítés;
Névjegyek, szórólapok, periodikák színes és fekete-fehér munkák.
Digitális nyomdai háttérrel vállaljuk kispéldányszámú könyvek jó minőségben,
elfogadható áron, rövid határidővel történő kivitelezését.



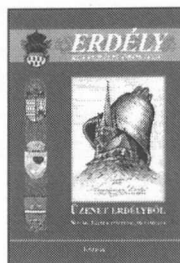
ERDÉLY KULTURÁLIS ÖRÖKSÉGE
Kapuk, kopják, haranglábak
(fotóalbum) A/4

Fogyasztói ár: 2000.-



LOBOGÓ JEGENYÉK
Váci Mihály ismeretlen naplója
1956 októberéből
versei és vallomásai

Fogyasztói ár: 1890.-



ERDÉLY KULTURÁLIS ÖRÖKSÉGE
Üzenet erdélyből
(történelmi címerek)

A/4; 3500.-



ÖTVENHAT
Pomogáts Béla
Ötvenhat írás ötvenhatról
és utóéletéről

Fogyasztói ár: 1470.-



MÉLYSÉGISZONY
Aniszi Kálmán
Esszé gyűjtemény

Fogyasztói ár: 1470.-

A fenti kiadványok és a cég további kiadványai megrendelhetők,
illetve részletes információ kérhető: **322-2240** telefonszámon, vagy a helyszínen:
Budapest, VII.ker Dob u. 110.

A folyóiratban megjelenő cikkekben szereplő megállapítások és adatok a szerzők véleményét és ismereteit fejezik ki, amelyek nem feltétlenül azonosak a szerkesztőbizottság, illetőleg a szerkesztőség véleményével és ismereteivel.

Szerkesztőbizottság

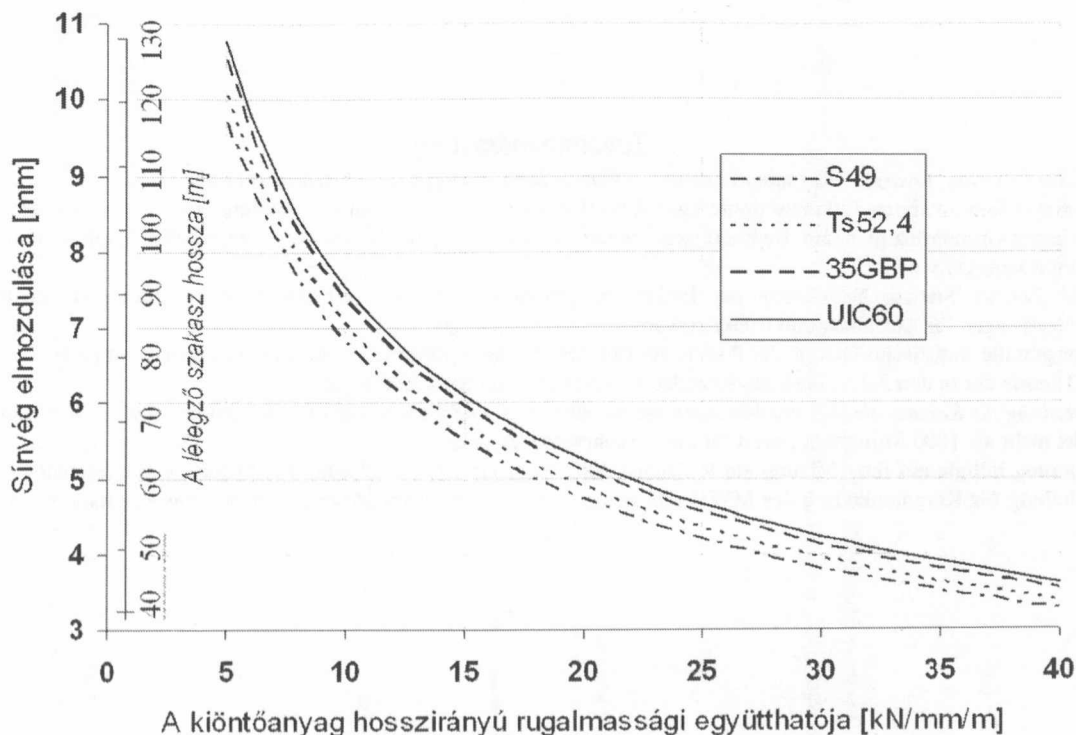
Hibajavító

Lapunk 2007-9. számában Dr. Kormos Gyula tanulmányában a 353. oldal harmadik hasábjában a 19. és a 31. sorban a hosszirányú rugalmassági együttható jelölése technikai hiba miatt görög kis q helyett, latin r betűvel jelent meg.

A 354. oldalon a 3. ábrán a lélegző szakasz hosszának számadatai lemaradtak. Az adatokat is tartalmazó ábrát mellékelten közöljük.

A technikai hibáért tisztelt olvasóinktól és a szerzőtől elnézést kérünk.

Kiadó-szerkesztőség



3. ábra

Rugalmas anyagba ágyazott különféle sínek legnagyobb sínvégmozgásai és lélegző szakasz hosszai $\Delta t=53^\circ\text{C}$ hőmérséklet változásnál a hosszirányú rugalmassági együttható függvényében

Resume

- Viktor Borza – György István – László Kormányos . Béla Vincze: Un horaire intégré programmé (Partie I).....402*
 Les auteurs pressentent dans une article à trois parts, l'histoire du développement de l'horaire intégré programmé en détails, les principes fondamentales de l'horaire mentionné et ses conditions, et ensuite les résultats de l'implémentation nationale atteinte jusqu'à présent et le projet-pilote ferroviaire.
- Dr. Ferenc Oláh: Les radars mesurant les paramètres des véhicules et la théorie statistique des radars proche, éloigné, latéral et le radar de manœuvre des voitures automobiles.....417*
 L'auteur présente la théorie statistique des radars servant pour l'exploration les véhicules et ensuite il passe à une partie de la théorie des radars proche et éloigné utilisés dans les voitures automobiles.
- Ministère de l'Économies et de la Communication, Département de Communication: «Le plan de développement Nouvelle Hongrie» dépense plus que 1.000 milliards HUF pour le développement des transports436*
 Le Gouvernement a décidé d'un développement du réseau routier et de la communication avec une somme de plus que 1.000 milliards HUF au cour de la séance organisée le 9 août 2007. Le Département de Communication du Ministère de l'Économie et de la Communication [GKM] explique les dépenses consacrées pour les développements.

Summary

- Viktor Borza – György István – László Kormányos – Béla Vincze: Integrated scheduled time table (Part I.)402*
 The authors present in the first part of an article series having three parts the history of the development of the scheduled time table, the most important principles of it and its conditions in details, further the results of the domestic implementation of it, achieved so far and the railway pilot project.
- Dr. Ferenc Oláh: Radar equipment measuring the parameters of the transport means and the statistical theory of the near, distant, lateral and reverse motion radar equipment of the passenger cars.....417*
 The author presents the statistical theory of the radar equipment serving for the exploration of the transport means and then he mentions a part of the theory of the near and distant radar equipment used in the passenger cars.
- Ministry for Economy and Transport, Communication Department: "The New Hungary Development Plan" has spent more than 1.000 billion HUF on the development of the transportation.....436*
 The Government decided on its session held on the 9 August 2007 about more than 1.000 billion HUF for the road network and transportation development. The Communication Department of the Ministry for Economy and Transport [GKM] explains, on what developments the sum mentioned will be spent.

Zusammenfassung

- Borza, Viktor – István, György – Kormányos, László – Vincze, Béla: Integrierter Taktfahrplan (Teil 1).....402*
 Die Autoren stellen im ersten Teil einer dreiteiligen Artikelserie die Geschichte der Entwicklung des integrierten Taktfahrplanes, die wichtigsten Grundprinzipien und Bedingungen, weiters die bisherigen Ergebnisse der einheimischen Implementation und das Eisenbahnpilotprojekt vor.
- Dr. Oláh, Ferenc: Statistische Theorie der Radars zur Messung der Parameter der Verkehrsmittel und der Radars der Personenkraftwagen für Abstands- und Rückfahrwarner.417*
 Der Autor gibt die statistische Theorie der Radars zur Entdeckung der Verkehrsmittel bekannt und behandelt darauf folgend einen Teil der Theorie der in den Fahrzeugen angewendeten Abstands- und Rückfahrwarner.
- Hauptabteilung für Kommunikation des Ministeriums für Wirtschaft und Verkehr (MWV): der „Neue Entwicklungsplan Ungarns“ verwendet mehr als 1000 Milliarden Forint für die Verkehrsentwicklung.....436*
 Die Regierung billigte auf ihrer Sitzung am 9. August 2007 mehr als 1000 Milliarden Forint für die Verkehrsentwicklung. Die Hauptabteilung für Kommunikation des MWV gibt bekannt, für welche Entwicklungsvorhaben diese Summe eingesetzt wird.

Felhívás a KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE jövő évi előfizetésére

Kérjük szíveskedjenek lapunkat a 2008. évre is előfizetni az elmúlt évek gyakorlatának megfelelő módon, vagy az alábbi két megrendelőlap egyikének a Magyar Postához, vagy a Közlekedési Dokumentációs Kft.-hez való megküldésével.

A kiválasztott megrendelőlapot kérjük kivágni és borítékban a következő címek egyikére elküldeni, legkésőbb 2007 december 20-ig.

KÖZLEKEDÉSI DOKUMENTÁCIÓS KFT.

Budapest, 1400 Pf.:87

HELÍR HÍRLAPELŐFIZETÉSI IRODA

Budapest 1900

Egyes szám ára: 460.- Ft, éves előfizetési díj: 5520.- Ft

Külföldi vevők részére az éves előfizetési díj: 16500.- Ft

Megrendelését köszönjük.

Szerkesztőbizottság

Megrendelőlap

Megrendeljük a Közlekedéstudományi Szemle című folyóiratot a 2008. évre példányban, az alábbi címre:

Megrendelő neve:

címe:

irányítószáma:

Telefon/fax:

A 2008. évi előfizetési díjat, Ft-ot a részünkre küldendő postautalványon a: Közlekedési Dokumentációs Kft. **10200940-21511392-00000000** számlájára 2007 december 20-ig befizetjük, vagy átutaljuk.

Kelt: év hó nap

.....
megrendelő aláírása

Megrendelőlap

Megrendeljük a Közlekedéstudományi Szemle című folyóiratot a 2008. évre példányban, az alábbi címre:

Megrendelő neve:

címe:

irányítószáma:

Telefon/fax:

A 2008. évi előfizetési díjat, Ft-ot a részünkre küldendő postautalványon a: Magyar Posta Rt. **HJ HELÍR 11991102-02102799** pénzforgalmi jelzőszámra 2007 december 20-ig befizetjük, vagy átutaljuk.

Kelt: év hó nap

.....
megrendelő aláírása

460,-Ft

