

KÖZLEKEDÉSSZERVEZÉS ÉS AZ INFORMÁCIÓÁTVITELI PONTOSSÁG

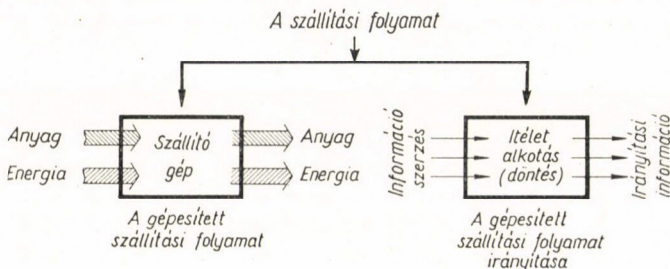
Bevezetés

A népgazdasági termelő tevékenység felfutása egyre nagyobb szállítási igényeket támaszt a közlekedési vállalatok teljesítőképességével szemben. Ezek kielégítése érdekében egyrészt a közlekedési apparátus bővítését, másrészt a meglévő közlekedési szervezetek hatékonyságának emelését szokásos előmozdítani. Tekintve, hogy beruházásokat az igények felfutása szerinti ütemben nem feltétlen célszerű megvalósítani, állandóan figyelemmel kell kísérni azokat az egyébirányú lehetőségeket, amelyekkel a közlekedési vállalatok alkalmassá tehetők a fokozott feladatok megoldására. Ilyen értelemben foglalkoznunk kell azokkal az eszközökkel, amelyeket a legújabb időkben a kibernetika köréből előnyösen használnak fel a kiterjedt szervezetek hatékonyságának megjavítására.

1. Az információ és a közlekedési üzemek szervezése

A közlekedési szervezeteken belül a teljes szállítási folyamatban két alapvető szervezeti elemtípus vesz részt. Az egyik a gép, amely azzal jellemezhető, hogy a szállítással kapcsolatos energiafolyamatokat valósítja meg, lényegében az élő munkát iktatja ki. A másik szervezeti elemtípus a szállítással kapcsolatos energiafolyamatok irányítását valósítja meg. Ehhez a művelthez ismét és ismét információkat szerez, azok felhasználásával ítéleteket alkot, melyeknek eredményeként a szállítási folyamatot irányító rendelkezéseket ad ki ugyancsak információk formájában (lásd az 1. ábrán).

Az információról *három aspektusban kell* fogalmat alkotnunk [9].



1. ábra

a) Az információ legáltalánosabb fogalmát Wiener adta meg. Szerinte információt képez minden jel vagy jelzés, amelyet a szervezet saját cselekvésének irányítására alkalmazni képes. Következésképpen *a szállítási folyamatok irányítása megoldhatatlan megfelelő információk nélkül*, mert nincs biztósítva a dinamikus működés.

b) A közlekedési rendszerek szervezése szempontjából az információ más fontos ismérvvvel is rendelkezik. Nevezetesen a rendszer egyes elemei úgy kapcsolódnak egymáshoz, hogy jelek segítségével meghatározott információkat küldenek egymásnak azokról a folyamatokról, amelyek saját magukon belül lezajlanak. *Az információ tehát összekapcsolja a szállítási folyamatban részes valamennyi összetevőt.* A közlekedési szervezet szétesik, dinamikus feladatait nem képes megoldani a szervezetébe tartozó elemek között kiépített optimális információs kapcsolat nélkül. A szervezetben az információs kapcsolatok információátviteli eszközök (emberi, gépi) segítségével valósulnak meg. Ilyen okból a közlekedési vállalatok szervezésének alapvető eszköze az információs kapcsolatok szervezése.

c) Az információ a már említettek értelmében jelentős a szervezetben levő összetevők működési irányának kialakulása szempontjából is. Az információ valamely ténnyt vagy eseményt követ nyomon, amely eszerint ezt a jellemzőt mintegy magán hordja. A közlekedési szervezet egyes összetevői csak akkor vehetik fel helyes cselekvési irányukat, ha az információk tartalmuk szerint pontosan úgy érkeznek, mint ahogyan azok más összetevőkkel kapcsolatos tények vagy események bekövetkeztekor létrejöttek. A közlekedési szervezet helyes funkcionálásához ezért az összetevők között megvalósított információátviteli kapcsolat csak szükséges, de nem elégséges feltétel.

Az információátviteli kapcsolattal szemben a kapacitás (mennyiségi) jellegű követelményekhez minőségi követelmények csatlakoznak. A közlekedési szervezetek irányítása szempontjából *akkor járunk el helyesen, ha a szervezetben belül levő információátvitel nem torzít (pontatlan) a szervezet által elviselhető mértéknél erősebben. Ellenkező esetben a közlekedési szervezetben levő egységek működése között megbomlik az összhang, ami egyértelmű a szervezettelenség fogalmával.*

A kibernetika mind az élő, mind a gépi szervezetekben lejátszódó információs folyamatokkal foglalkozik. Számos eszközt kínál felhasználásra az említett valamennyi, információval kapcsolatos szervezési jellegű probléma megoldására. Az adott keretek nem engedik meg valamennyinek a bemutatását, ezért itt csak az átviteli pontosság kérdésével foglalkozhatunk.

2. Információátviteli pontosság és fokozásának fő irányai

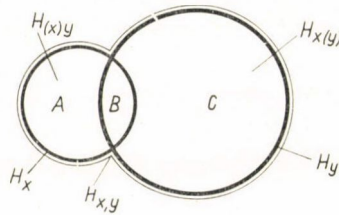
A közlekedésen belül elhelyezkedő rendszerelemek között az információk pontos átvitelét számos tényező befolyásolja. Ezek között elsődlegesen a zavarok, amelyek egyrészt új információkat kevernek az átviendő információk közé, másrészt megakadályozzák azt, hogy valamennyi átviendő információ átvitelre kerüljön.

Az átvitelre kerülő információk az elmondottak szerint a zavarok következtében bizonyos mértékig eltorzítják az információtartalmat is, amit számszerűen az entrópia fejez ki. A torzítás miatt a szervezet információt vevő eleme tehát információtartalom veszteséggel kapja meg a szervezetbe tartozó

más elemekről származó információkat, amit a 2. ábra alapján a következő módon fejezhetünk ki [6].

Az átviteli rendszerbe (az információt adó szervnél) beadott információk entropiáját jelöljük H_x -el.

$$H_x = - \sum_{x=1}^k p_x \lg p_x.$$



2. ábra

Az átviteli rendszerből (az információt vevő szervnél) nyert információk entropiáját jelöljük H_y -al.

$$H_y = - \sum_{y=1}^k p_y \lg p_y$$

Az adott és vett információk együttes entropiája

$$H_{x,y} = - \sum_{x=1}^k \sum_{y=1}^k p_{x,y} \lg p_{x,y}.$$

A 2. ábrán halmazokkal ábrázoltuk az említett entropiákat, amikor H_x hírtartalmat az $A + B$, a H_y -t a $C + B$ felület jelképezi, a $H_{x,y}$ -t pedig az $A + B + C$ felület.

Az információátvitel pontosságára nézve a B rész nagysága mérvadó, mert ez jelenti az adott és vett információkban meglévő közös részt. Ezt a részt helyesen átvitt információnak vagy *transzinformációnak* (R) szokás nevezni és az alábbi módon nyerjük szimmetrikus vizsgálat esetén:

$$R = H_x + H_y - H_{x,y}$$

A közlekedési rendszer elemeinek helyes tevékenysége szempontjából számunkra annak a megállapítása fontos, hogy a közlekedési szervezet egyes elemi mozgása által létrehozott információk milyen arányban állnak azzal az információval, amely ebből eljut más elemekhez. Ezt az arányt az információ-elméleti hatások fejezi ki.

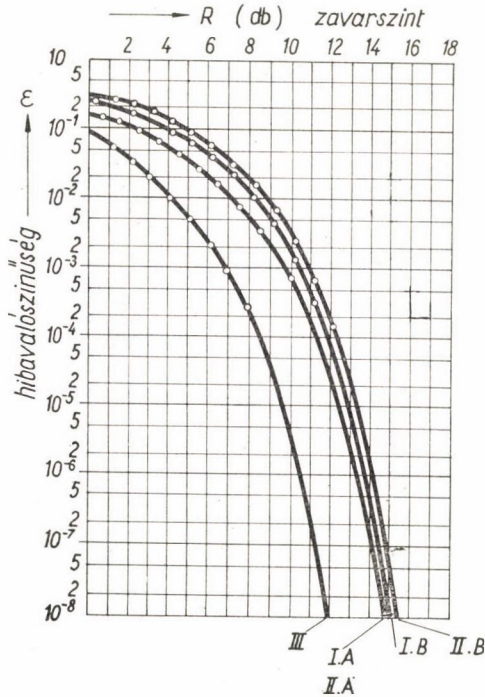
$$\eta_i = \frac{H_x + H_y - H_{x,y}}{H_x} = \frac{R}{H_x}$$

Minél nagyobb az η_i értéke, annál jobb a szervezetben az információátvitel, tehát annál pontosabban képes a szervezet egyik eleme felvenni a mozgásának irányát a szervezet másik eleménél bekövetkezett mozgáskor termelt információ hatására.

A közlekedési szervezet irányítási színvonalának emelése általában egyre több információátvitelt kíván meg a szervezet elemei között, ami által az infor-

mációelméleti hatásfok kérdése is egyre fontosabbá válik a meddő irányítási tevékenység kiküszöbölése szempontjából.

A korszerű közlekedési szervezetben a nagytávolságú hálózati információátvitel szempontjából elsődlegesen a diszkrét információk átvitelének technikai eszközei jönnek számításba, ezért a továbbiakban ezekre korlátozzuk az információátvitel pontosságára vonatkozó vizsgálódásainkat.



3. ábra

Az említett technikai eszközök esetén az információátviteli pontosság két fő szempont szerint elemezhető. Az egyik szempont az, hogy hogyan függ össze az információátvitel pontossága a különféle rendszerű átviteli csatornatípusokkal. A másik szempont azzal függ össze, hogy milyen lehetőségeket kínál a kódtechnika a diszkrét információk átviteli pontosságának fokozására. Az előbbi kérdéscsoport részletesebben ismert, ezért itt elegendő Reiger kísérleteire és számításaira hivatkozni, amelyeknek eredményét a 3. ábra foglalja össze [11]. Az ábrán levő görbék, amelyek a különféle átviteli módokat jellemzik, az alábbi azonosításnak felelnek meg.

- I A amplitúdomoduláció (szinkron demodulátorral)
- II B amplitúdomoduláció (spec. mod.)
- III A frekvenciamoduláció (szinkron demodulátorral)
- II B frekvenciamoduláció (spec. mod.)
- III fázismoduláció

A görbék relatív helyzete szerint a fázismoduláció biztosítja a legpontosabb átvitelt és itt jegyezhető meg, hogy az egyenáramú átviteli rendszer valamennyi az ábrán feltüntetett átviteli rendszernél kedvezőtlenebb pontossági tulajdonsággal bír.

A diszkrét információk átvitele szempontjából legkedvezőbb eljárást választva is az információátviteli eszközök mindig létrehoznak valamilyen torzítást az átvitel folyamán. Az átvitel pontatlanságát kifejező ε hibavalószínűségi érték csupán a lehetséges technikai eszközök megválasztásával nem csökkenthető tetszőlegesen alacsony értékig és ezért igen nagy jelentősége van az átvitel pontosságának fokozásában a kódtechnikai eszközök felhasználásának. Napjainkban a különféle közlekedési szervezeteken belül egyre inkább gépi információátvitellel rekonstruálásra kerülő élőszervezeti információátviteli kapcsolatok szempontjából a kódtechnika területén több olyan újszerű ismeret került előtérbe, amelyeket a közlekedési rendszerek szervezésében kiterjedten hasznosíthatunk és amelyek néhány fontos megállapítását a következőkben mutatjuk be.

3. Kódtechnikai eljárások a diszkrét információk átviteli pontosságának fokozására

3.1. Ismételt adással történő hibajavítás

A legegyszerűbb, de egyben kevésbé hatékony mód az átviteli hibák csökkentésére az ismétléses adással történő információátvitel. Ennek során az információk különféle mennyiségét egymásután kétszer, esetleg többször viszik át, s az így átvitt információkat a vétel oldalán egymáshoz hasonlítják, egyeztetik. Ha az átvitel optimális kóddal történt, akkor maguk a kódok nem adnak lehetőséget a hibák közvetlen javítására. A hibák javítását a valószínűség alapján lehet a vétel oldalon eszközölni az ismételt adás megvalósítása után [2].

3.1.1. Kétszeres adás

Kétszeres információátvitel esetén a vételi oldalon minden átvinni kívánt információról két információt nyerünk. Ha a két vett információ egymással megegyezik, igen nagy a valószínűsége, hogy az átvitel helyes volt. Ennek ellenére mégis bizonytalanság áll elő, mert előfordulhat, hogy a két vett információ egyformán hibás. Ezt a lehetőséget azonban nem áll már módunkban feltárni. Ezért kénytelenek vagyunk megalkudni, s a vett két azonos jelet hibátlanak tekintjük. A valószínűségszámítást alkalmazva tájékozódhatunk, hogy ezzel a módszerrel mekkora hibavalószínűség marad az átviteli rendszerünkben. Az információelmélet a binomiális eloszláson alapuló valószínűségi függvényből kiindulva kimondja, hogy binér kódoláskor az m szimbólumból (jelből) álló információblokkban az S -szeres hiba tetszőleges elrendezés mellett való fellépésének valószínűsége ($W_m(S)$), az egyes jelek ε eredeti hiba valószínűsége mellett:

$$W_m(S) = \binom{m}{S} (1 - \varepsilon)^{m-s} \cdot \varepsilon^s,$$

ahol:

$$S \leq m \text{ és } \binom{m}{S} = \frac{m!}{S!(m-S)!}.$$

A függvénykapcsolatot felhasználva a hibátlan ($S = 0$), egyszeres hibák ($S = 1$) és kétszeres hibák ($S = 2$) átvitelének valószínűségei az alábbi módon alakulnak [2]:

$$W_2(0) = (1 - \varepsilon) \approx 1 - 2\varepsilon$$

$$W_2(1) = 2(1 - \varepsilon) \varepsilon \approx 2\varepsilon$$

$$W_2(2) = \varepsilon^2$$

A kétszeres adás esetén az ε^2 valószínűséggel fellépő hibát semmi módon nem tudjuk felfedni és javítani. Az eljárás lényege értelmében azonban a 2ε valószínűségű hibát a vételoldalon fel lehet fedni és az adóoldal valamilyen ismételt felkeresésével javítani lehet. A vételi oldal egymaga csak az egyszeres hibák 2ε mértékének felfedésére képes.

3.12. Háromszoros adás

A kétszeres adásnál hivatkozott hiba valószínűségi függvények a háromszoros adásnál a következő értékeket veszik fel.

$$W_3(0) = (1 - \varepsilon)^3 \approx 1 - 3\varepsilon$$

$$W_3(1) = 3(1 - \varepsilon)^2 \varepsilon \approx 3\varepsilon$$

$$W_3(2) = 3(1 - \varepsilon) \varepsilon^2 \approx 3\varepsilon^2$$

$$W_3(3) = \varepsilon^3$$

A háromszoros hiba fellépte a háromszoros átvitel esetén nem fedhető fel a vétel oldalon. Ez a hiba tehát mindenképpen benne marad a rendszerben. Elég kicsi ε érték esetén úgy vehetjük, hogy ugyanazon adott jel háromszor vett értékei közül kettő egyezésekor e kétszeri előfordulásnak megfelelő átvitel a helyes, vele szemben az egyedül maradt átviteli példány a hibás. Ekkor a három jel közül a kettő egyezésének esetén egyszeres hibának értékeljük és javítani is tudjuk. Ezáltal a vételoldal az egyszeres hibákat (3ε) az adó oldal ismételt igénybevétele nélkül javítani tudja. Ilyen eljárással csak minden kétszeres és háromszoros hiba ($3\varepsilon^2 + \varepsilon^3$) marad felfedetlenül, ill. javíthatatlanul.

3.2. Hibaellenőrzés keresztösszegekkel, hibafelfedő és hibajavító kódolási eljárások

A hibafelfedő kódokat az jellemzi, hogy a vételoldalon alkalmasak a hibásan vett jelek kimutatására, de e hibás jelek kijavításához újból összeköttetést kell teremteni az adó és vételoldal között. A hibajavító kódok ezzel szemben a vett hibás jeleknek a kijavítását az adóoldallal való ismételt kapcsolat nélkül, automatikusan teszik lehetővé.

Az ismételt adás hatékonysága nem minden szempontból egyértelmű, jóllehet kiterjedt lehetőséget nyújt a hibák felfedésére. Az ismételt adás terén szerzett tapasztalatok egyrészt megmutatták a hibák felfedésének és javításának a lehetőségét, másrészt olyan kódrendszerek megalkotására inspiráltak, amelyek gazdaságosabbak a hírátvitel egésze tekintetében az ismételt adásnál. A vonatkozó sokoldalú kutatások eredményeként számos összefüggést, ill. kódrendszert kutattak ki. Az ún. kódblokk-távolság függvényében — ami két azonos mennyiségű bináris elemi jelből álló információon belül azoknak az elemi

jeleknek, biteknek a száma, amelyeknél egymástól eltérnek — megállapítható a felfedhető illetőleg javítható, vagy a felfedhető és javítható hibák száma. Erre utal az 1. táblázat [2]. Az optimális kódolás esetén a biner kódrendszert figyelembe véve $m = ld N$ elemi jel szükséges az N tagú halmaz kódolásához.

1. táblázat

Adott kódblokk-távolság esetén javítható és felfedhető „ s ”-szeres hiba

Minimális kód- blokk-távolság	s -szeres javítható és megállapítható, valamint kiegészítésként felfedhető hibák		
	s_k	s_f	s_{fz}
D_{\min}			
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	1	0
vagy	0	2	2
4	1	2	1
vagy	0	3	3
5	2	2	0
vagy	1	3	2
vagy	0	4	4

s_k = javítható;
 s_{fz} = javítható és felfedhető;
 s_f = felfedhető

A hibák felfedése végett az optimális kódot redundánssá kell tenni. Ez az eljárás már az ismételt adásnál is formát ölt. Láttuk azonban, hogy ezen említett eljárás esetén nagy redundanciával érhetünk csak el bizonyos eredményeket. Ezért inkább azt a gyakorlatot követik, hogy már az átvitel előtt, előre meghatározott rendben ún. ellenőrző (kiegészítő) jeleket (k) tesznek hozzá a tulajdonképpen információt hordozó jelekhez (m). Így a kód-blokk eredő hossza

$$n = m + k.$$

Az ellenőrző jelek száma a hivatkozott kutatások szerint

$$m = 2^k - k - 1$$

egyenletnek megfelelően korlátozza a ténylegesen információközvetítésre felhasználható binér jelek számát. Ezért az első egyenletbe behelyettesítve:

$$n = 2^k - 1$$

egyenlet adja meg az összes átvendő jelek számát az ellenőrző jelek számának függvényében.

$D_{\min} = 3$ esetén a minden egyszeres hibát javító kódnál az összetartó m, k, n értékeket a 2. táblázat foglalja magába. $D_{\min} = 4$ esetén a minden egyes hibát javító és minden kétszeres hibát felfedő kódot választva m, k, n értékeket a 3. táblázat mutatja [3]. Ha például a táv gépiró kód 5 eredeti információhordozó bitjét kell kiegészíteni az összes egyszeres hibát javító kódra, akkor az 1. táblázat szerint $k = 4$ kiegészítő ellenőrzőhely szükséges.

A minden egyszeres hibát javító kód esetén, az előre adott ellenőrzőhelyek számához tartozó, információit hordozó helyek maximális száma, ha $D_{\min} = 3$ (Hamming szerint)

k	m_{\max}	n
1	0	1
2	1	3
3	4	7
4	11	15
5	26	31
6	57	63
7	120	127

A minden egyszeres hibát javító és minden kétszeres hibát felfedő kód esetén, az előre adott ellenőrzőhelyek számához tartozó, információkat hordozó helyek maximális száma, ha $D_{\min} = 4$ (Hamming szerint)

k	m_{\max}	n
2	0	2
3	1	4
4	4	8
5	11	16
6	26	32
7	57	64
8	120	128

A $k = 3$ esetén a tényleges információt szállítani képes bitek száma 4, ami csak $2^4 = 16$ kódblokk alkotására ad lehetőséget. Ezért az úgynevezett 9-ből 5 kódot kell alkalmazni a kítűzött cél elérésére. Ebben a kifejezésben a 9 az összes, az 5 pedig az információk tényleges átvitelére szánt biteket jelenti.

Az ellenőrző bitek azáltal fejtik ki hatásukat, hogy a tényleges információt hordozó biteknek páros, ill. páratlan összegét adják meg ellenőrző egyenlet segítségével, a moduló 2 szerinti összeadás szabályát felhasználva. Az ellenőrző egyenletekbe meghatározott szabály szerint kell a tényleges információt hordozó biteket beírni. Az ellenőrző egyenlethez egy ellenőrző bitet kell hozzárendelni. Az ellenőrző bit értéke 1, ha az illető ellenőrző egyenletbe bevont eredeti bitek 1-es állapotának a száma páratlan. A moduló kettős összeadás szabálya szerint, ha minden bit az ellenőrző egyenlet bal oldalán van, akkor az ellenőrző egyenlet jobb oldalára 0 kerül. Az adó oldalon ilyen elrendezésben leadott jelek csak akkor mutatnak egyszeres hibát, ha a vételoldalon az ellenőrző egyenlet jobboldalán a megvalósított ellenőrzés eredménye nem 0, hanem 1 lesz. A 4. táblázat a minden egyszeres hiba ellenőrzésére alkalmas egyenletrendszer elemeit foglalja össze [3]. Az egyes sorok arra utalnak, hogy hányadik ellenőrző egyenletbe, az n tagú kódblokkoknak hányadik bitjeit kell bevonni. A táblázatból az is megállapítható, hogy hány ellenőrző bit (k) illetőleg hány

ellenőrző egyenlet szükséges a különféle kódblokkhosszúságok (n) mellett. A derékszögű határolóvonalak jelzik, hogy hány ellenőrző egyenlettel mekkora n értékig lehet dolgozni.

4. táblázat

A minden egyszeres hibát javító kódhoz tartozó ellenőrző helyek (Hamming szerint)

ellen- őrzések	ellenőrzendő helyek														
	1.	3.	5.	7.	9.	11.	13.	15.	17.	19.	21.	23.	25.	27.	29.
1.	1.	3.	5.	7.	9.	11.	13.	15.	17.	19.	21.	23.	25.	27.	29.
2.	2.	3.	6.	7.	10.	11.	14.	15.	18.	19.	22.	23.	26.	27.	30.
3.	4.	5.	6.	7.	12.	13.	14.	15.	20.	21.	22.	23.	28.	29.	30.
4.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	24.	25.	26.	27.	31.	32.	33.

Az ismertett összefüggéseket hétből-három kód bemutatásával szemléltetjük. [3] Ha a tíz decimális számjegyet leképező négy bináris jelet három ellenőrző kóddal egészítjük ki, akkor az egyszeres hibáknak nemcsak felfedése, hanem a vételoldali azonnali javítása is lehetséges. A kódrendszert a 5. táblázat mutatja be, segítségével megadható, hogy melyik bit volt hibás a vételnél, ennek inverzét képezve a helyes jel állítható elő. Mint látható az $A-D$ bináris jelek a 10 decimális szám leképezéséhez szükségesek. Az $E-F$ jelek ellenőrző jelek.

5. táblázat

Decimális számjegyek kódolása hétből három kóddal

decimális számok	bináris számok						
	információs bitek				ellenőrző bitek		
	A	B	C	D	E	F	G
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1	1
2	0	0	1	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	0
4	0	1	0	0	1	1	0
5	0	1	0	1	1	0	1
6	0	1	1	0	0	1	1
7	0	1	1	1	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1
9	1	0	0	1	1	0	0

Az E jel akkor 1, ha az ABC helyi értékeken levő 1-esek száma páratlan
 Az F jel akkor 1, ha az ABD helyi értékeken levő 1-esek száma páratlan
 Az G jel akkor 1, ha az ACD helyi értékeken levő 1-esek száma páratlan
 A javításhoz egy alkalmas szerkezet az alábbi részösszegeket képezi minden 7 jelből álló csoportra nézve.

$$\begin{aligned}
 A + B + C + E &= S_1 \\
 A + B + D + F &= S_2 \\
 A + C + D + G &= S_3
 \end{aligned}$$

a) Hibamentes átvitel esetén mindhárom összeg páros, hiszen a páratlan számú egyes értékű jelhez még egy egyes értéket adtunk hozzá (*B*-t, vagy *F*-et, vagy *G*-t).

b) Ha a három ellenőrző összeg közül csak egy hibás, akkor a hiba abban az ellenőrző helyi értékben van, amely csak ebben az ellenőrző összegben szerepel.

S_1 esetén tehát *E* helyen

S_2 esetén tehát *F* helyen

S_3 esetén tehát *G* helyen

c) Ha egyidejűleg két ellenőrző összeg hibás, akkor a hiba abban a helyi értékben van, amely a két összegben közös, de nem fordul elő a harmadik összegben. Azaz, ha

S_1 és S_2 egyidejűleg hibás, akkor a hiba a *B* jelnél van

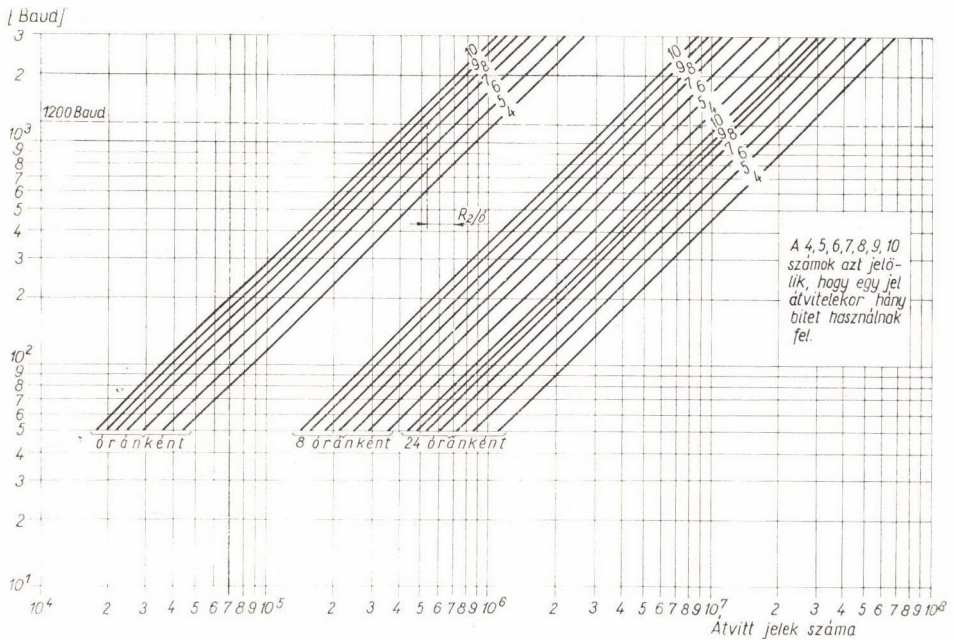
S_1 és S_3 egyidejűleg hibás, akkor a hiba a *C* jelnél van

S_2 és S_3 egyidejűleg hibás, akkor a hiba a *D* jelnél van

d) Ha mindhárom ellenőrző összeg egyidejűleg hibás, akkor a hiba az *A* helyen van.

A 7-ből 3 kóddal tehát a vevőoldalon nemcsak fel lehet fedni az egyszerű hibákat, hanem automatikusan, az adóoldal ismételt bekapcsolása nélkül javítani is lehet.

A kereszt-összegekkel történő átvitel esetén az átvitt jelek száma attól függően csökken, hogy mennyi a kiegészítő bitek száma, amit a 4. ábrán levő nomogram szemléltet.



4. ábra

3.3. Longitudinális hibaellenőrzés

Amikor a tényleges információt átvivő binér jelek mellé ellenőrző biteket rendeltünk és ezek segítségével végeztünk hibaellenőrzéskor hibafelfedést, vagy hibajavitást, akkor jelenkinti ún. keresztösszegekkel képzett eljárásról volt szó. Valamely információsoportban azonban a jelek egymás után kerülnek átvitelre és így nemcsak jelenkinti, hanem több egymásután adottjeltől álló ún. hosszanti kódblokk ellenőrzése is lehetséges. Ezt az eljárást longitudinális ellenőrzésnek mondják [1]. A lényege az, hogy az adóoldalon is és a vevőoldalon is külön-külön nemcsak keresztösszegeket képeznek, hanem moduló kettő szerinti összegezéssel mindig az egymásutáni jeleket lekódoló kódblokkok egyes helyiértékein levő biteket is összeadják göngyöltve. A hiba kimutatása végett azután egy előre optimálisnak számított longitudinális blokk átvitele után, a longitudinális ellenőrzéshez képezett összegeket visszaviszik az adóoldalra és ott egyeztetik. Ha ekkor az adóoldali és a vevőoldali longitudinális összeg nem egyezik, akkor az illető longitudinális blokkot újra átvisszik a vételi oldalra. Az eljárás lényegét a 6. táblázat mutatja.

Longitudinális hibaellenőrzés

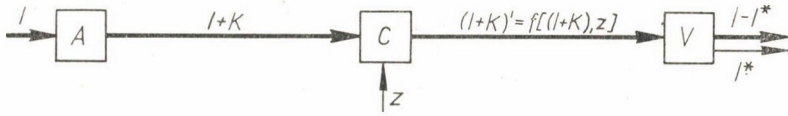
6. táblázat

		adó oldal		csatorna	vevő oldal	
		jel	keresztblokk		keresztblokk	jel
l n o á	I		1 0 0 1 0 1 1 0	→	1 0 0 1 0 1 1 0	I
	B		+0 1 0 0 1 1 1 0	→	+0 1 0 0 1 1 1 0	B
			-----		-----	
n l g i			1 1 0 1 1 0 0 0		1 1 0 1 1 0 0 0	
i s	M		+0 0 1 0 1 0 1 1	→	+0 0 1 0 1 0 1 1	M
t			1 1 1 1 0 0 1 1 = ?	←	1 1 1 1 0 0 1 1	
u b d l i			a longitudinális ellenőrző összeg egyezik-e			
			} ↑			
			} ↓			

3.4. A hibafelfedéssel és hibajavitással kapcsolatos hírviteli rendszerek elvi felépítése

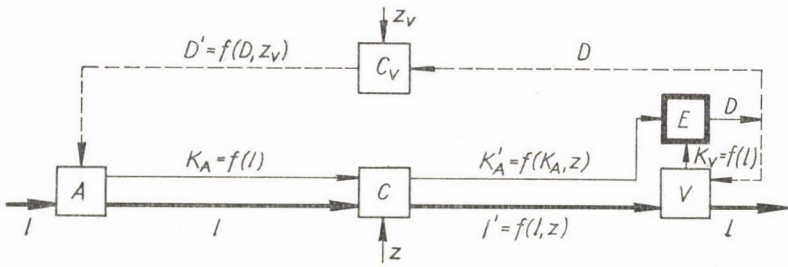
A hibajavitó kódolás esetén az átvitt jelek a vevőoldalon, a kódrendszer-től függő pontossággal, automatikusan javíthatók. Az adóoldal az automatikus hibajavitásba nem folyik már bele. Ezért az átviteli berendezés csak az információt ténylegesen hordozó (I) és az ellenőrző (K) jeleket viszi át egy irányban. Az adóoldalra visszacsatolás nem lévén, visszacsatoló csatornára nincsen szükség. Az átvitel tehát, csak az adócsatornára épül fel. Az információáramlatot az 5. ábra mutatja. Amint a hibafelfedő kódoknál láttuk, a vételi oldalon először automatikusan megtörténik a hibák felfedése. Ezután, minthogy az ilyen kódrendszer magában nem rendelkezik elég redundanciával, vissza kell csatolni az adóoldalra a javításhoz szükséges redundancia előállításának érdekében. Leggyakoribb formája az adott, de hibásan vett kódblokk ismételt átvitele. Az ismételt átvitel útján előállt redundancia felhasználásával, vagy a vételi

oldalon (6. ábra), vagy az adóoldalon (7. ábra) történik meg a hibák javítása. Az ábrák felirataik alapján világossá teszik az egyes technikai rendszerekben a különféle információk áramlását, illetőleg a rendszerek elvi technikai felépítését. Az eddigi gyakorlat a háromféle átviteli rendszer közül csaknem kizárólag a vételoldali hibaellenőrzést alkalmazza [10].



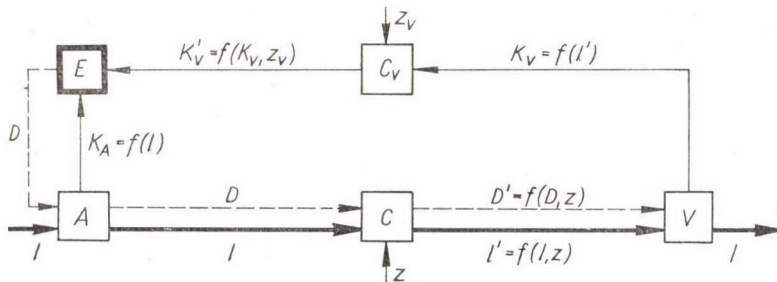
A = adóoldali berendezés I = ellenőrző blokkonkénti információk
 V = vevőoldali " K = ellenőrző " z = zavarhatások az átviteli úton
 C = átviteli " I* = nem ellenőrizhető információk

5. ábra



C_V = visszcsatorna K_A = adóoldalon képzett ellenőrző információ
 Z_V = zavarhatás a visszcsatornában D = a javításhoz szükséges vezérlő információk
 E = ellenőrző szerv

6. ábra

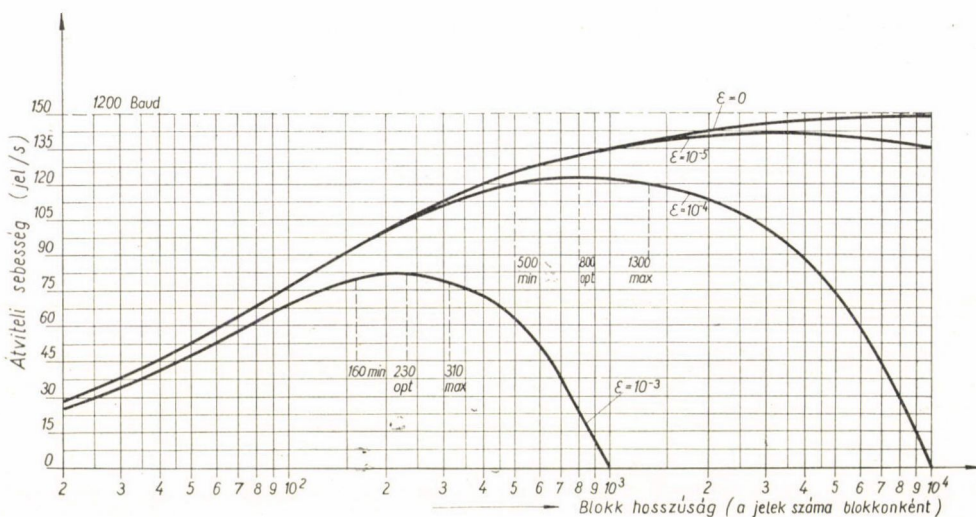


K_V = vevőoldalon képzett ellenőrző információ

7. ábra

3.5. A kódblokkok optimális hossza

Mind a longitudinális ellenőrzés során, mind az összes eddig említett kódolási eljárásnál igen fontos kérdés, hogy mekkora legyen az egy hosszmenti egységben átvitelre kerülő jelek száma, azaz a longitudinális blokk. Ha ezek hossza túl nagy, akkor a felfedett hibák javítása végett igen sok információt kell újra átvinni. Ha rövidek a blokkok, akkor számos longitudinális ellenőrzés szakítja meg a tényleges információátvitelt. Az átviteli biztonság természetesen csak az átvitt értékes jelek számának csökkenésével növelhető. Minél gyakoribb a vezetéseken a hibafellépés, annál többször kell a hibás blokkokat



8. ábra

ismételni javítás végett. Az ismétlés viszont annál tovább tart, minél hosszabb a blokk. Következésképpen a gyakorlatilag időegység alatt átvihető értékes információk száma a csatorna hibagyakoriságának és a kódblokk hosszúságának a függvénye. A különböző hibavalószínűségekhez számítással hozzárendelhető az optimális kódblokkhosszúság. A gyakorlat szempontjából azonban csak a felhasználni kívánt átviteli csatornán végzett hibavalószínűségi mérés alapján jelölhetjük ki, hogy a mérés eredményeként kapott csatornahibavalószínűség esetén a számítás szerint mekkora az optimális kódblokkhosszúság. A 8. ábrán levő diagram azt mutatja, hogy hogyan változik az optimális kódblokkhosszúság jelekben mérve, ha 1200 Baudos csatornát kívánunk felhasználni, amelynek $\epsilon = 0$, $\epsilon = 10^{-5}$, $\epsilon = 10^{-4}$ és $\epsilon = 10^{-3}$ hibavalószínűsége jöhet szóba. Mint látjuk az $\epsilon = 10^{-4}$ hibavalószínűség esetén a diagramon függőleges szaggatott vonalakkal meghatározott intervallumon belül (500—1300 jel) nyerjük a kedvező blokkhosszúságokat, amelyek közül az optimális a 800 jeles hosszúság [1].

4. Egymásután kapcsolt átviteli rendszerek biztonsága

Gyakran előfordul, hogy az információkat nem egy, hanem több egymásután kapcsolt átviteli rendszeren keresztül kényszerülünk szállítani. Az egymásután kapcsolt rendszeren át megvalósuló hírátvitelnek szintén befolyása van az átvitt információk pontosságára. Az egyes átviteli rendszerben fellépő hibahányad ilyenkor összeadódik. Abban az esetben, ha például az információt három átviteli rendszeren keresztül kell eljuttatnunk a felhasználóhoz és ezeknek külön-külön $3 \cdot 10^{-5}$ a hibahányaduk, akkor $3 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 10^{-5} = 9 \cdot 10^{-5}$ lesz az együttes rendszer eredő hibahányada. Az információátvitel egymásután kapcsolt átviteli rendszerek szokásos számát figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy általában az egymásután kapcsolt hírátviteli rendszerek egy nagyságrenddel rontják a hibahányadot.

5. A közlekedési üzem által megkívánt hírátviteli pontosság

A hazai közlekedés kibernetikai eszközökkel történő irányításához szükséges információátviteli pontosság mértéke még nem nyert elegendő mélységű elemzést ahhoz, hogy egyértelműen és számszerűen meg lehessen adni. A vonatkozó adatnak a jelenlegi igényeket, valamint az igények növekedésének a dinamikáját is figyelembe vevő kimutatásához még szintén hosszabb időre lesz szükség. Néhány tájékoztató adat azonban eligazít bennünket az e pillanatban legszükségesebb mértékig.

A szovjet közlekedéskibernetikai szakemberek az egyes vasútüzemi munkafolyamatoknál a következő pontossági értékeket tartják szükségesnek [5]

könyvelési adatok és egyes összesített információk	10^{-6}
kocsiparkra vonatkozó adatok kis része	10^{-4}
a fennmaradó információkkal kapcsolatban pl. be- és kirakás	10^{-5} .

Ennek a pontossági adatsornak az alapján a 10^{-6} hibahányaddal dolgozó átviteli rendszert tartják kielégítőnek a vasúti közlekedésben [4].

Nem vasúti adatok szerint [10] a csekkszolgáltatnál és az adatfeldolgozó folyamatoknál $10^8 - 10^{10}$ jelbiztonságot követelnek meg. A távvezérléshez és telemechanikához megkívánt jelbiztonság pedig 10^{10} értéket érte el. Mind-ezen adatokból azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a vasúti üzem kibernetizálásának kifejlesztési időszakában az alkalmazott számítógép és hírátviteli apparátus relatíve gyors elévülését is figyelembe véve a 10^8 jelbiztonsági értéket a szükséges pontosság legfelső értékének tekinthetjük, de általában kielégítő lesz a $10^{-6} - 10^{-7}$ hibahányadnál nem rosszabb érték is [7, 8]. A távlatokat tekintve tudatában kell lennünk, hogy az információfeldolgozás gépesítésének előrehaladásával megkívánt pontosság feltétlenül emelkedni fog.

Befejezésül meg kell említeni, hogy akár az információ, akár átvitelének pontossága nem öncélú a közlekedési szervezeten belül. A velük kapcsolatos követelmények felállítása alá van rendelve a teljes közlekedési rendszer optimalizálási követelményének. Az információátvitellel kapcsolatos feladatok megoldása tehát össze van kapcsolva az egész közlekedési szervezet rend-

szerének megtervezésével, amely során a benne levő elemeket vagy részeket úgy kell illeszteni, kombinálni egymással, egy oszthatatlan egésszé, hogy abból az egész rendszer és egyes kritikus összetevőinek optimális működése adódjék.

Az említett kutatások jelenleg e megadott irányban koncentráltan folynak. A feladat nagy, de a módszertani elvek lefektetése után most a számszerűségek kimunkálása folyik. Ennek eredménye mennyiségi és minőségi tervezési alapot szolgáltat majd a hazai közlekedési vállalatok korszerű gépi információs rendszerének kialakításához.

IRODALOM

- [1] *Adolphi*: Datenfernverarbeitung (IBM Nachrichten H. 158. 1962.)
- [2] *Fey P.*: Informationstheorie (Akademie V. Berlin. 1963.)
- [3] *Hamming R. W.*: Error Detecting and Error Correcting Codes (BSTJ 1950. 26.)
- [4] *Haupt*: Ein Beitrag für die unerlässlichen Voraussetzungen zur Netzgestaltung von Datenübertragungsnetzen im Verkehrswesen. (Kibernetik im Verkehrswesen, Konferenzmaterial des Ministeriums für Verkehrswesen 1964. Berlin.)
- [5] *Katajev*: Az operatív tervezés automatizálása és gépesítése a vasútüzemben. (Zselez-nodorozsnüj transzport. 1962. 1. sz.)
- [6] *Meyer—Eppler*: Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie. (Springer-Verlag, Berlin, 1959.)
- [7] *Petrov*: Das System der Rechenzentralen der Eisenbahnen mit Fernübertragung der Angaben. (Kybernetik und Elektronik bei den Eisenbahnen 1964. 9. sz.)
- [8] *Petrov*: Az adatszolgáltató helyekkel közvetlen összeköttetésben levő számológéppontok rendszerének kiépítése a vasúton. (Vesztnyik 1961. 6. sz.)
- [9] *Poletajev*: Kybernetik (Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin. 1964.)
- [10] *Steinbuch K.*: Nachrichtenverarbeitung (Springer V. 1962.)
- [11] *Reiger*: Error probabilities of Binary Data Transmission System in the Presence of Random Noise (Conv. Rec. I. R. E. 1953. Part B.)