

Optimalizálási feladatok megoldása biztosítóberendezések tervezése során – 1. rész

Boldis Bálint, Farkas Balázs, Székely Béla

1. Bevezető

A vasúti biztosítóberendezések tervezése során a függőségi táblázatok, tervek előállítása hagyományosan manuális módszerekkel történik, ami bonyolultabb vágányhálózati topológiák esetében meglehetősen időigényes, és sok hibalehetőséget rejt magában. Emiatt felmerült az igény a tervezés automatizálását célzó eszközök rendszeresítésére. Ilyen tervezőeszköz a Bi-Logik Kft. „FEDIT” nevű programja is, amely számos kézi tervezési lépést kiváltva, a vágányhálózatot leképező objektum-kapcsolatrendszerből képes a különböző táblázatos és grafikus függőségi tervek előállításra.

A tervezéshez kapcsolódóan több optimalizálási feladatot is el kell végezni az infrastruktúra jobb kihasználása és a forgalom hatékonyabb lebonyolítása érdekében. Ezeket az optimumkeresési lépéseket – a FEDIT tervezőeszköz használata esetén is – a tervező manuális módszerekkel hajtja végre. Ennek oka, hogy sem egységes módszertan, sem egységes szempontrendszer nem áll rendelkezésre e feladatok megoldásához. Az optimalizálási problémák közül kiemelkedik a következő két témakör: az alapvágányutak és kerülővágányutak meghatározása, valamint a megcsúszások optimalizálása.

Cikkünkben e két probléma lehetséges megoldásait ismertetjük a témában született diplomaterv alapján. [1] A nevezett két feladat kapcsán bemutatjuk a figyelembeveendő optimum-szempontrendszert, és javaslatot teszünk az optimalizálási feladatok megoldására alkalmas algoritmusokra. A dolgozatban kidolgozásra kerültek az ehhez kapcsolódó főbb folyamatábrák is, ezek részletes ismertetésére a cikkben nem kerül sor, azok a hivatkozott diplomaterv mellékleteként elérhetők. Cikkünk első részében az alap- és kerülővágányutak problémakörét járjuk körbe. A bevezető után a 2. fejezetben ismertetünk egy elérhető tervezőeszközt, és azon keresztül a jelenlegi tervezési gyakorlatot. A 3. fejezetben felsoroljuk a tervezés során felmerülő szempontokat, majd a 4. fejezetben ezek alapján két eltérő megközelítéssel megoldási javaslatot adunk a vágányútvaltozatok rangsorolására. Az utolsó, 5. fejezetben további három kiegészítő vizsgálatot mutatunk be.

2. A FEDIT tervezőeszköz

A FEDIT egy, a Bi-Logik Kft. által fejlesztett tervezőeszköz, melynek elsődleges célja a függőségi tervek automatizált, egységes rendszerben történő előállítás. A program alapja egy objektumalapú szerkesztő, melyben a megfelelő objektumok és azok adatainak felvételével az állomások torz helyszínrajzát lehet elkészíteni.

A tervezőeszköz a torz helyszínrajzként megjelenő objektum-kapcsolatrendszerből gráfmotor segítségével állítja elő a táblázatos és grafikus függőségi terveket. Ehhez minden objektum függőségi szempontból releváns tulajdonságát projektálni lehet.

Más megközelítésben a program tulajdonképpen úgy viselkedik, mint egy virtuális nyomvonalelves biztosítóberendezés. A nyomvonalelves berendezésekhez hasonlóan modulárisan felépíthető, az egyes projektálási eseteket az objektumokhoz rendelve egyszerűen programozható. Azaz a nyomvonalelves logika előnyeit a tervezési fázisba átültetve biztosítható az egyszerű felépítésű, de nehezen átlátható táblázatos rendszerű berendezések gyors, pontos és kényelmes tervezése.

Már kevésbé összetett vágányhálózatok esetén is jellemző, hogy adott startponttól adott célpontig nem egyértelmű a bejárando út vonal, több lehetséges vágányút is elképzelhető. A vágányhálózat növekedésével, a váltókörtetek bonyolultságának fokozódásával a hasonló, nem egyértelmű start-cél hozzárendelések megsokszorozódnak.

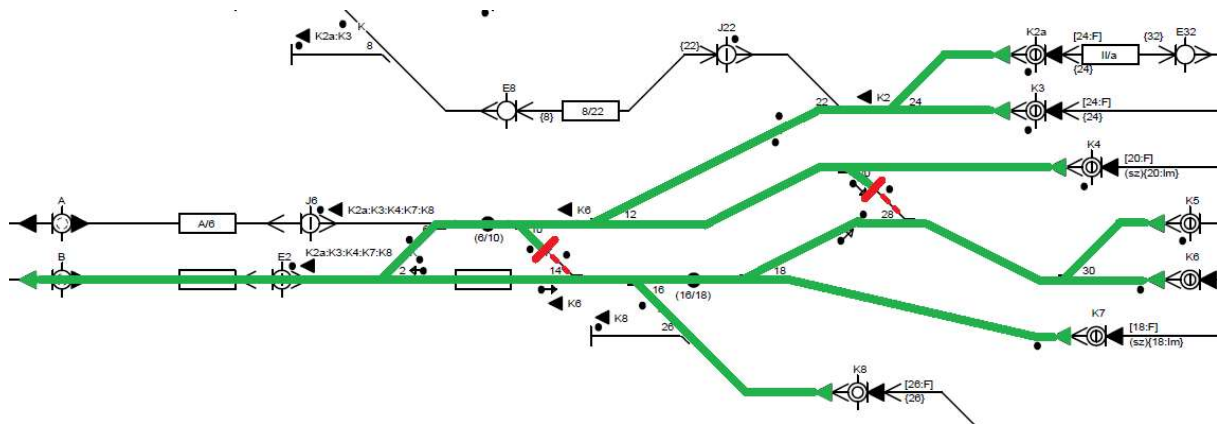
Követelmény, hogy valamennyi lehetséges startjelző-céljelző kombinációhoz tartozzon egy olyan vágányút, amely minden esetben, alapértelmezettként beáll. Amennyiben tehát a kezelő értelmes (összetartozó) start-cél kijelölést végez, és semmilyen egyéb beavatkozást nem hajt végre, mindig ez az ún. alap- vagy kitüntetett vágányút fog felépülni. Az adott start-cél relációban felépíthető egyéb lehetséges útvonalak a kerülő- vagy változati vágányutak.

A kerülővágányutak beállításának lehetősége, illetve módja berendezéstípusonként eltérő lehet. A korszerű elektronikus berendezésekkel szemben elvárás valamennyi változati vágányút beállításának lehetővé tétele, amit a vonatkozó feltétfűzet is előír. [2]

A FEDIT eszköz, amennyiben egy start-cél relációban több vágányútváltozat is felépíthető, alapértelmezetten a (menetirány szerinti) jobb szélső ágat veszi figyelembe. Lehetőség van azonban a tervező által kerülőként definiált vágányútváltozatok „kizárására”. A kizárások hozzáadása mindig egy potenciális célpontban történik. Ehhez meg kell keresni valamennyi olyan váltót, ahol a vizsgált célhoz tartó útvonalak elágaznak (azaz a megelőző vágányhálózat „teknőinek” elágazási váltóit), és meghatározni az alárendelt (azaz kerülő) irányhoz tartozó szárat. A nem kívánt szárat (illetve a kereső algoritmus sajátosságai miatt az azt követő topológiai elemet) kell hozzáadni a cél kizáráslistájához, ezzel megadható, hogy egy tetszőleges megelőző ponttól a cél milyen útvonalon érhető el alapértelmezetten (1. ábra). Az összetett vágányutak meghatározása az alapvágányutak projektálásához nagyon hasonló, csupán a kizáráslistát a teljes állomási vágányhálózatra kiterjesztve kell megadni.

Az eszköz lehetőséget ad a kerülővágányutak projektálására is, amihez kerülőgomb-objektumok állnak rendelkezésre. Elhelyezésüknél arra kell ügyelni, hogy valamennyi „teknő” kerülőágán legyen legalább egy gomb. A kerülőgomb-objektumok közbenső célként viselkednek, a korábban említett azonos kizáráslistát lehet bennük meghatározni, ha a megelőző vágányhálózat további kerülési lehetőségeket tartalmaz.

A tervezés ebben az esetben is alapvetően manuálisan történik. Célonként minden lehetséges elágazási váltó (azaz vágányútváltozat) meghatározása, illetve az alapirány kiválasztása a már bemutatott szempontok szerint a tervezőre van bízva, ami esetenként jelentős ráfordítást igényel a részéről. Emiatt indokolt, hogy az alapvágányutak meghatározása a lehető legnagyobb mértékben automatizálva, egységes elvek mentén történjen. Nagyobb állomások, szolgálati helyek tervezése ezáltal hatékonyabban, pontosabban elvégezhetővé válik.



1. ábra: Adott célponthoz vezető útvonalnyaláb

3. Az alapirány-meghatározás általános szempontjai

Annak meghatározása, hogy melyik lehetséges útvonal legyen az alapvágányút – a forgalom által támasztott igényeknek megfelelően – a tervező feladata. Összetettebb vágányhálózatok esetén valamennyi vágányútváltozat megtalálása önmagában is nehézkes lehet, azonban ezek rangsorolására sincsenek egyértelmű irányelvek. Jelenleg a következő jellemző optimalizálási célok mentén történik az alapvágányutak manuális tervezése:

- a vágányúton alkalmazható legnagyobb sebesség;
- a lehető legkevesebb idegen menet kizárása;
- az egyenes irány legkorábbi elérése.

Az egyes szempontok olykor ellentmondanak egymásnak, egyértelmű hierarchia nincs közöttük. Gyakran az sem egyértelmű, hogy az egyes szempontok alatt különböző esetekben pontosan milyen tartalmat kell vagy szokás érteni.

A vágányútban alkalmazható maximális sebességet hagyományosan a legkorlátozóbb objektum (tipikusan kitérő irányú váltó) határozza meg, ugyanis a jelzési rendszer sajátosságai miatt a

teljes váltóköri körzetben ez a megengedett. A vonatbefolyásoló rendszerek fejlődése azonban lehetővé teszi akár a tényleges sebességprofilnak megfelelő közlekedést, azaz a sebességnek ténylegesen csak a kritikus szakaszokon, csak a kellő mértékben történő csökkentését. Az ETCS (és CBTC) rendszerek várható elterjedésére tekintettel célszerű az optimalizálás során a valós sebességviszonyokat is figyelembe venni.

A kizárt vágányutak számának vizsgálatára jellemzően akkor kerül sor, ha a járható sebesség alapján az egyes útvonalváltozatok között nem lehet különbséget tenni. Azonban az ellenséges vágányutak számának meghatározása sem egyértelmű. Első közelítésben figyelembe lehet venni kizárólag az érintett objektumok számát (feltételezve, hogy ha egy vágányútban több elem érintett, akkor több másik vágányutat zár ki), részletesebb vizsgálat esetén a felépíthető idegen útvonalszakaszokat, és a ténylegesen kizárt vágányutakat is. Utóbbi esetén további kérdések, hogy elegendő-e csak az alapvágányutakat vizsgálni, továbbá a megcsúszások általi kizárások hogyan kezelendők.

További szempont az egyenes irány (azaz a célvágány) elérésének ideje. Egyéb pozitív forgalmi vonatok mellett azért is szokás ezt alkalmazni, mert az utolsó kitérő irányban érintett váltótól a sebesség már növelhető.

Előfordulhat azonban, hogy a fenti szempontok alapján sem lehet egyértelműen megállapítani az alapirányt. Ilyenkor egy egységes, semleges szempont mentén kell meghatározni az alapvágányutat, pl. mindig a jobb vagy bal „szélső” változatot kell kijelölni.

4. Vágányútváltozatok rangsorolásának javasolt módszertana

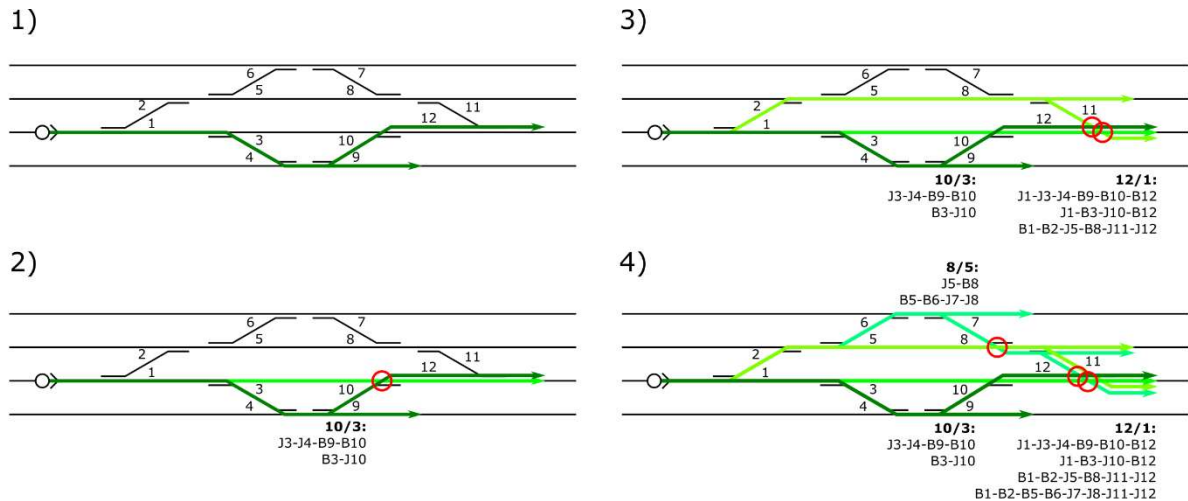
A bemutatott optimalizálási szempontok alapján több lehetőség is adódik a vágányútváltozatok közötti hierarchia felállítására, az alapvágányút kiválasztására. Ebben a fejezetben két eltérő megközelítést mutatunk be.

Az első módszer alapelvét az a megfontolás képezi, hogy a vágányhálózat két adott pontja között minden esetben definiálható egy optimális útvonal, függetlenül attól, hogy azt milyen vágányút veszi igénybe. Ehhez először is a vágányhálózat minden részén meg kell határozni azokat a relációkat, melyek között több útvonal is lehetséges. Ha minden elképzelhető kerülési lehetőséget („teknőt”) megtaláltunk, azok között egyesével, az optimalizációt alkalmazva meghatározható az alapirány.

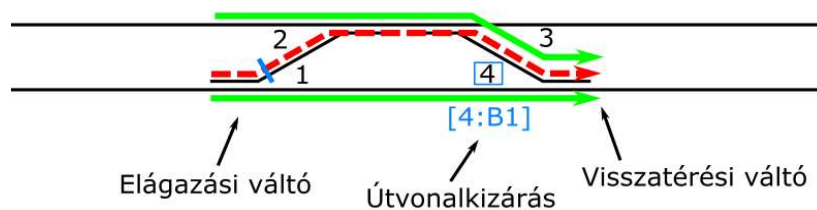
Ez a módszer nem csak teljes vágányutakban, azaz start-cél relációkban határozza meg az alapirányt, hanem a vágányhálózat tetszőleges pontjai között is. A lépcsőzetes felépítés hátránya azonban, hogy az eljárás nem feltétlenül a globális optimumot eredményezi.

A módszer alkalmas arra is, hogy egyértelmű sorrend legyen felállítható az egyes kerülővágányutak között. Így egymásra épülő kerülési lehetőségek esetén mindig egyértelmű, hogy egy pontból a start/cél milyen útvonalon érhető el elsődlegesen.

Az algoritmus első lépésben az összes kerülési lehetőséget megkeresi, a „teknők” azonosítása az elágazási-visszatérési váltópár alapján történik (2. ábra). A módszer lényege, hogy az ilyen „teknők” egy-egy szárára páronként elvégezve az optimalizálást meghatározható a kitüntetett irány. Az alapirány definiálása a kerülőútvonal kizárásával történik, az elágazási váltó nem kívánt szárának a visszatérési váltóhoz, útvonalkizárásként való hozzárendelésével (3. ábra).

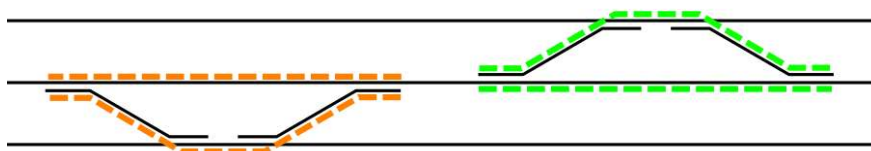


2. ábra: Teknőkeresés logikája



3. ábra: Útvonalkizárás alapján megengedett és kizárt útvonalak elemi teknőben

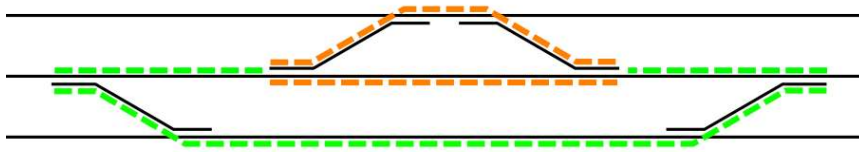
Ha minden, váltópárok között értelmezett kerülési lehetőség megtalálásra került, az optimalizálást valamennyi „teknőre” el lehetne végezni tetszőleges sorrendben, abban az esetben, ha azok egymástól függetlenül kezelhetőek lennének. Két teknőt függetlennek lehet tekinteni, ha a második teknő elágazási pontja az első visszatérési pontja után van (4. ábra).



4. ábra: Független teknők

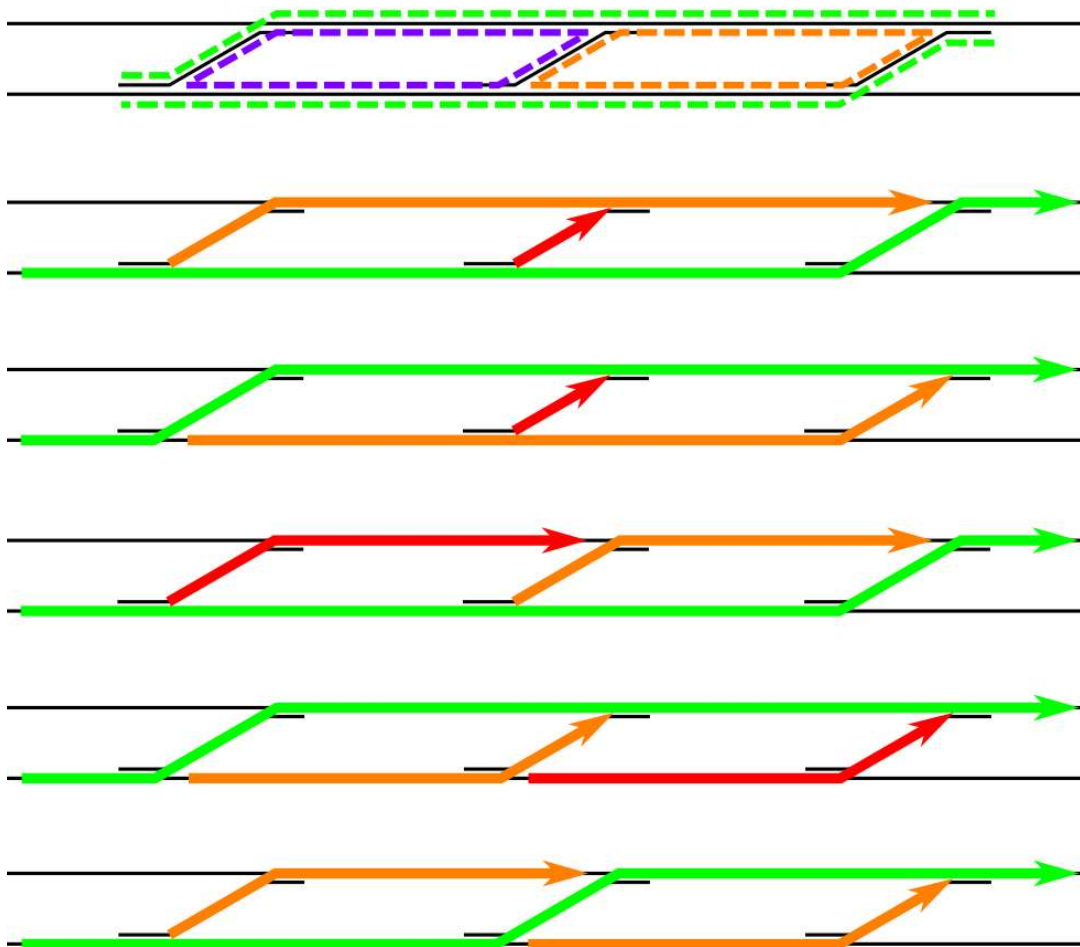
Előfordul azonban, hogy egy teknő további teknőket tartalmaz. Ennek két alapvető formája van: egy teknő teljes egészében tartalmaz egy másikat, azaz az egyik teknő elágazási pontja a másiké

előtt van, visszatérési pontja pedig utána (5. ábra); a teknők átlapoltak, azaz az egyik teknő elágazási és visszatérési pontja is a másik megfelelő pontja után van (6. ábra).



5. ábra: Egymást tartalmazó teknők

Első esetben a kisebb „teknővel” kezdve az optimalizálást, a nagyobb „teknő” mindkét szárán egyértelmű lesz az útvonal, így az optimalizálás azzal folytatható. Második esetben az optimalizálás csak körülményesebben végezhető el. A nehézséget az adja, hogy a legegyszerűbb esetben, három egymást követő egyszerű vágánykapcsolat esetén is három kerülési lehetőség, így 2^3 , azaz nyolc változat lenne elképzelhető, azonban a valóságban csak öt független eset van (6. ábra).



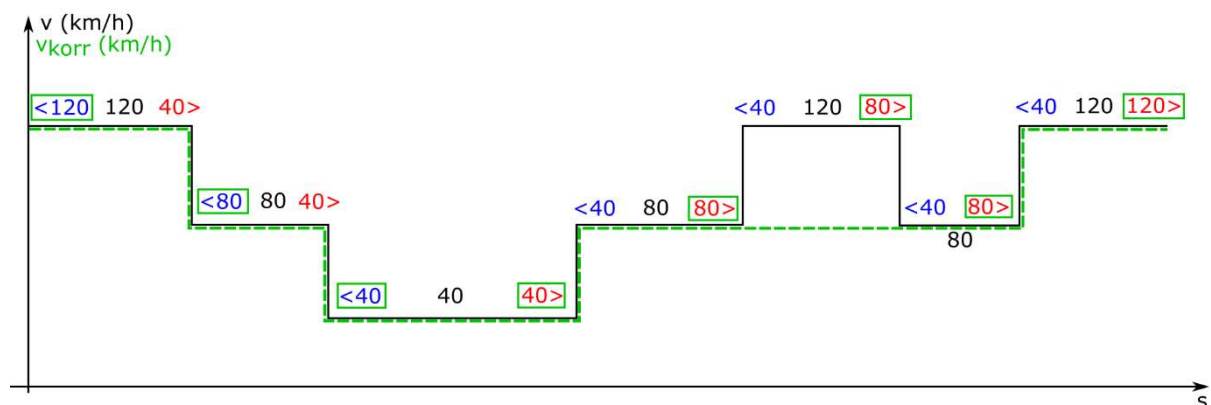
6. ábra: Három átlapoló teknő, és az öt független eset (zöld: alapirány; narancs: 1. kerülési lehetőség; vörös: 2. kerülési lehetőség)

A nem független teknők problémáját az optimalizálás megfelelő sorrendiségével kezeltük. Ehhez vagy külön sorrendbe kell állítani az egyes váltókat a pozíciójuk szerint, vagy abban az esetben, ha (mint pl. a FEDIT programban is) megadható a váltó(csúcs) pontos szelvénszáma, ettől el lehet tekinteni. Az algoritmus az optimalizálást adott irányból mindig az első visszatérési ponttól kezdve végzi.

Ugyan esetenként több útvonal is felépíthető lenne, azaz az elágazási-visszatérési pontpárhoz rendelt útvonalszakasz-lista kettőnél több tagból állhat, mivel azonban a megelőző visszatérési pontokon már végre kellett hajtani az optimalizációt, így legfeljebb 1-1 olyan útvonal lesz a visszatérési pont szárain, amely a már beépített útvonal-kizárások miatt megengedhető. Emellett előfordulhat olyan eset, hogy korábbi optimalizálási lépések során beépített útvonal-kizárások csak a „teknő” egyik szárát, vagy egyiket sem engedik meg. Ilyenkor az algoritmus tovább lép a következő „teknő” vizsgálatára.

Az optimalizációs algoritmust a bemutatott optimum-szemponthoz figyelembe véve alkottuk meg. Az optimalizáció mindig útvonalváltó-páronkénti kiválasztást jelent, és az útvonal-kizárás beépítésével végződik az alárendelt ágon.

Előzetes rangsorolási lehetőségként az algoritmus megvizsgálja az egyes útvonalváltókon érvényes minimumsebességeket. Ha ez alapján egyértelműen megadható a nagyobb sebességgel járható irány, az optimalizáció itt véget is ér. Ha ez nem vezet eredményre, a tényleges sebességprofil alapján további rangsorolás is lehetséges. A járművek hosszát és menetdinamikai tulajdonságait figyelembe véve megállapítható, hogy nincs lehetőség a sebességprofilban található köztes sebességszűcsök kihasználására. Az ebből fakadó aránytalanságok kiküszöbölésére egy módosított sebességprofil használatát fejlesztettük ki: az algoritmus megvizsgálja az adott objektumok előtt és mögött található minimumsebességeket (a sajátját is beleértve), és ez alapján korrigálja a figyelembeveendő sebességértékeket, tulajdonképpen egy V-alakú sebességábrát eredményezve (7. ábra).



7. ábra: Eredeti (fekete) és korrigált (zöld) sebességprofil (zöld)

Az algoritmus ezen felül képes a kizárt vágányutak száma alapján történő összehasonlításra. Minden, a vágányútváltóiban érintett objektumon megvizsgálásra kerül, hogy milyen idegen

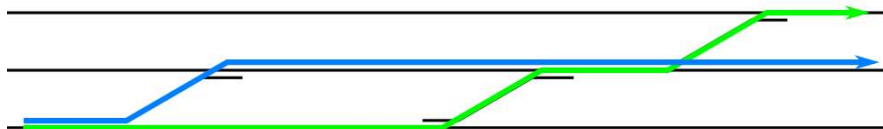
menetek veszik igénybe. Amennyiben egy ilyen idegen vágányút több objektumot is igénybe vesz, az is csak egyszer kerül beszámításra. Az összehasonlítás az így meghatározott menetek száma alapján történik.

Utolsó szempontként történik az egyenesirány-elérés idejének vizsgálata. Mivel az útvonalváltozatok a visszatérési pontban futnak össze, ami mindig egy kitérő, azt az egyik változat így kitérőben fogja érinteni. Ez alapján könnyen eldönthető, hogy melyik változat érte el korábban az egyenes irányt. Mivel az egyenes és kitérő szár megadása nem mindig lehetséges, olyan eljárást dolgoztunk ki, amely a szárakon projektált sebességeket veszi figyelembe.

Valamennyi teknő kioptimalizálása és az útvonalkizárások beépítése után, utolsó lépésként történik a vágányútváltozatok rangsorolása. Ennek alapja, hogy az egyes, már start- és célpontok között felépített vágányútváltozatok hány útvonalkizárást sértenek meg. Az aktuálisan vizsgálthoz képest következő szintre mindig azok a vágányútváltozatok kerülnek, melyek valamely, az adott vágányútban szereplő visszatérési ponthoz tartozó valamennyi útvonalkizárást törölésével felépíthetők.

A bemutatott módszeren felül megvizsgáltuk egy más megközelítésű optimalizációs eljárás alkalmazásának lehetőségét is. Ez az elsőtől abban tér el, hogy valamennyi, az adott startjelző és céljelző között felépíthető útvonal-változatot egyszerre vizsgálja. A figyelembe vett optimalizálási szempontok és azok értékelési mechanizmusa az első módszerével lényegében megegyeznek, csupán nem páronként, hanem adott esetben több változat figyelembevételével történik az optimalizáció. Az egyenes irány elérésének meghatározása esetén kell csupán módosítani módszereket: az összehasonlítás alapját ez esetben az adja, hogy minden útvonalváltozatra a célponttól visszafelé haladva meg kell keresni, hogy hányadik objektumként érintett először kitérő irányú váltót.

A rangsorolás tehát ebben az esetben nem útvonalkizárások segítségével történik, hanem az optimalizáció során egyből adódik. Mivel a második módszer csak start- és céljelzők között működik, tetszőleges pontok között nem adja meg az alapirányt, és az egyes, ugyanazon cél- vagy startjelzőhöz tartozó alapirányok keresztezhetnek is egymást (8. ábra). A módszer előnye azonban, hogy az eljárás a globális optimumot adja, és kevésbé komplex logikát igényel.



8. ábra: Egymást metsző alapirány-útvonalak

5. Kiegészítő vizsgálatok

A vágányúváltozatok rangsorolásához kapcsolódóan több kiegészítő vizsgálatot is végeztünk. Megvizsgáltuk az algoritmus alkalmazásának lehetőségét összetett vágányutak tervezése esetén, számba vettük a tolatóvágányutas berendezések tervezéséhez kapcsoló sajátosságokat, illetve javaslatot tettünk a kerülőgombok elhelyezésének optimalizálási módszertanára is.

5.1. Összetett vágányutak sajátosságai

Az összetett vágányutak tervezése az alapvágányutak kereséséhez nagyon hasonló feladat. A cél ebben az esetben is egyfajta alapirány-meghatározás, ugyanis az összetett vágányút startja és célja között – hasonlóan az egyszerű vágányutaknál értelmezett alapvágányutakhoz – minden esetben egy előre megadott útvonal kell hogy felépüljön. A feladat tehát annak meghatározása, hogy – amennyiben több lehetőség is elképzelhető – az összetett vágányút milyen közbenső cél(ok)on keresztül és két egymást követő jelző között milyen útvonalon haladjon.

Az összetett vágányutak tervezési szempontjai gyakorlatilag megegyeznek az alapvágányút-kereséssel, legfeljebb prioritásbeli különbségek vannak. Az összetett vágányutak tervezéséhez az alapvágányút-keresés logikája így felhasználható. A váltókörceteket és „teknőiket” általánosítva a keresés kiterjeszhető egy teljes állomás vágányhálózatára.

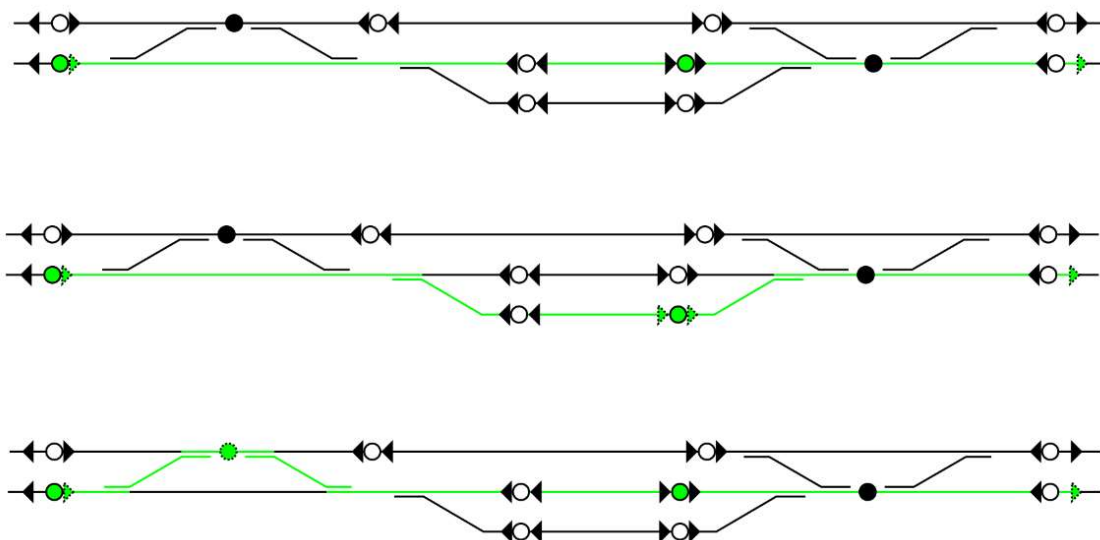
Az összetett vágányutak működésére a következő alapelvek vonatkoznak:

- adott start-cél relációt kiválasztva beálló vágányút alapértelmezés szerint (további kezelés nélkül) mindig egy előre megadott útvonalon, meghatározott közbenső céljelző(kö)n keresztül épülhet fel;
- az útvonal részét képező egyszerű vágányutak alapértelmezés szerint mindig csak alapvágányútként állhatnak be. (9. ábra, felső eset)

Ennek alapján az összetett vágányutak esetén kétféle alapvető kerülési lehetőség is adódik:

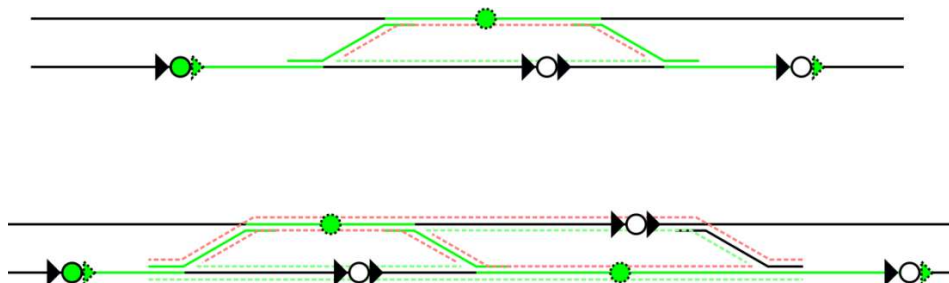
- az összetett vágányút az előre meghatározottól eltérő közbenső céljelző(kö)n át áll be, de részenként alapvágányutakból felépítve („kerülő összetett vágányút”) (9. ábra, középső eset);
- az összetett vágányút az előre meghatározott közbenső céljelző(kö)n át áll be, de részenként kerülővágányutakból is felépítve („összetett kerülővágányút”) (9. ábra, alsó eset).

A fentiek kombinációjaként nem alapértelmezett közbenső cél(ok)on át felépített, részenként kerülővágányutakat is tartalmazó útvonal is elképzelhető.



9. ábra: Összetett vágányút, és alapvető kerülési lehetőségei

A teljes vágányhálózatra kiterjesztett alapirány-meghatározás következménye, hogy ha két jelző között létezik ugyan közvetlen (közbenső célt nem érintő) kapcsolat, de az alapirány egy közbenső jelzón át vezet, az összetett vágányút kell beálljon (10. ábra, felső eset). A közvetlenül felépíthető kerülővágányút – noha a kívánt start-cél reláció alapkezelés szerint összetettként áll be – nem tekinthető összetettnek, hiszen közbenső céljelzőt nem érint. Lehetséges, hogy az útvonalkizárások miatt a kerülőgombbal kiválasztott ág is összetett lenne, és másodlagos (vagy további) kerülési lehetőségként állítható csak be a közvetlen vágányút (10. ábra, alsó eset).



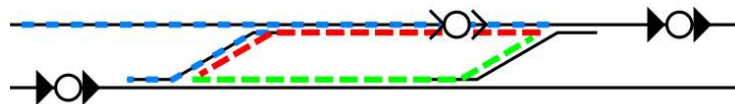
10. ábra: Kizárólag elsődleges (fent), valamint másodlagos (lent) kerülési lehetőségként beállítható közvetlen (egyszerű) vágányút

5.2. Tolatévágányutak sajátosságai

Tolatévágányutas berendezések tervezésekor további szempontokat is figyelembe kell venni. A tolatévágányutak sajátossága, hogy a tolatásjelzők elhelyezése a főjelzőkétől eltérően nem mindig követ egy általános sémát. Ezen okból tolatévágányutak alapirány-meghatározását összetett vágányutakra kiterjesztett módon érdemes végezni. Az összetett tolatévágányutak gyakran 2-3 közbenső célt is érintenek, azonban fontos korlátozás, hogy összetett tolatévágányút (tolatásjelzővel egyesített) főjelzón keresztül nem haladhat át.

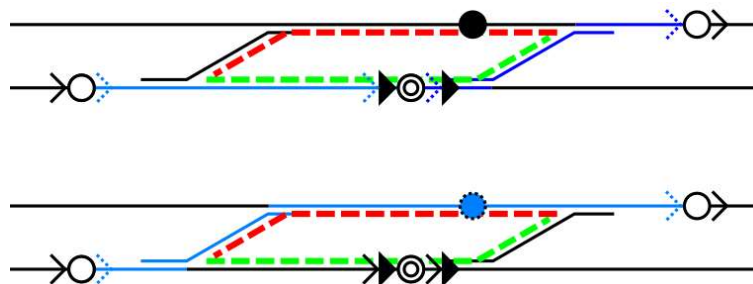
A tolató- és vonatvágányutak alapirány-meghatározása során az optimalizáció ellentmondásos eredményekre vezethet, ezért általános elv szerint a tolatóvágányutakat a vonatvágányutak alapirányai szerint kell tervezni. Ennek ellenére a vonatvágányutakra és a tolatóvágányutakra vonatkozó „teknők” keresését célszerű egymástól függetlenül, külön-külön elvégezni, mivel lehetnek olyan vágányszakaszok, amelyek csak tolatóvágányútban érinthetők, illetve az összetett tolatóvágányutak keresése főjelzőknél megáll, így eltérő „teknők” kerülhetnek megtalálásra.

Emiatt ha olyan „teknő” (elágazási-visszatérési váltópár) kerül megtalálásra, amelyik a vonatmeneteknél már kilistázásra és optimalizálásra került, a tolatóvágányutaknál már figyelmen kívül hagyható. Azonban ha az egyik ág csak tolatómenettel járható, míg a másik vonatmenettel is, a vonatvágányút folytonosságának biztosítása érdekében a vonattal járható ág kell legyen az alapirány, így optimalizáció ilyenkor sem szükséges (11. ábra). Ha mindkét ág csak tolatómenetben érinthető, optimalizálni kell. Ilyenkor az alkalmazható sebesség, mint szempont, figyelmen kívül hagyható (az egységesen megengedett 40 km/h miatt).



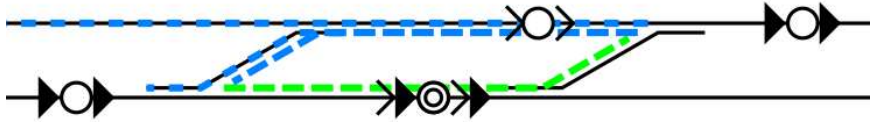
11. ábra: Alapirány csak tolatómenetben érinthető vágányút-változat (kék) esetén

Amiatt, hogy az összetett tolatóvágányutak keresése főjelzőknél megáll, ha a „teknő” egyik ágán főjelző áll, és vonatvágányutak számára ez az alapirány, a tolatóvágányút közvetlenül csak kerülőként állítható be (12. ábra).



12. ábra: Összetettként közvetlenül nem, csak kerülővágányútként beállítható tolatómenet

Ha a másik ág viszont csak tolatómenetben érinthető, a „teknő” sem vonat- sem tolatóvágányutak keresésekor nem kerül megtalálásra, hiszen mindkettő számára egyértelmű lesz az útvonal, azonban ezek különbözni fognak egymástól (13. ábra).



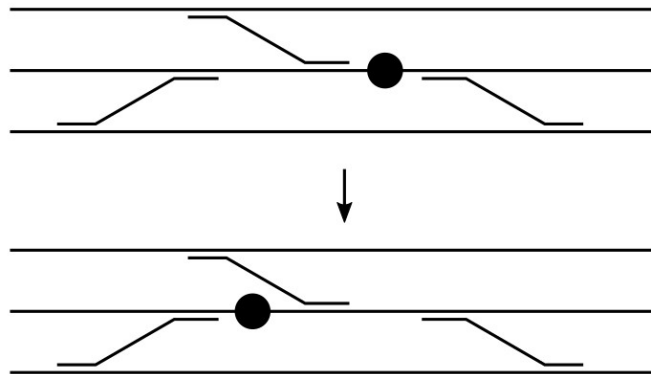
13. ábra: Egymástól független tolató- és vonatalapirány

5.3. Kerülőgombok elhelyezésének optimalizálása

Az alapirány-kereséshez kapcsolódóan javaslatot tettünk a kerülőgombok elhelyezésének optimalizálási módszertanára is. Habár a korszerű elektronikus biztosítóberendezések esetén a kerülővágányút-kiválasztás már jellemzően nem kerülőgombok segítségével történik, a grafikus függőségi terveken ennek ellenére az egységes rajztechnika érdekében továbbra is megszokás jelölni a kerülőgombok helyét – noha a valós kezelőfelületen ezek már nem jelennek meg.

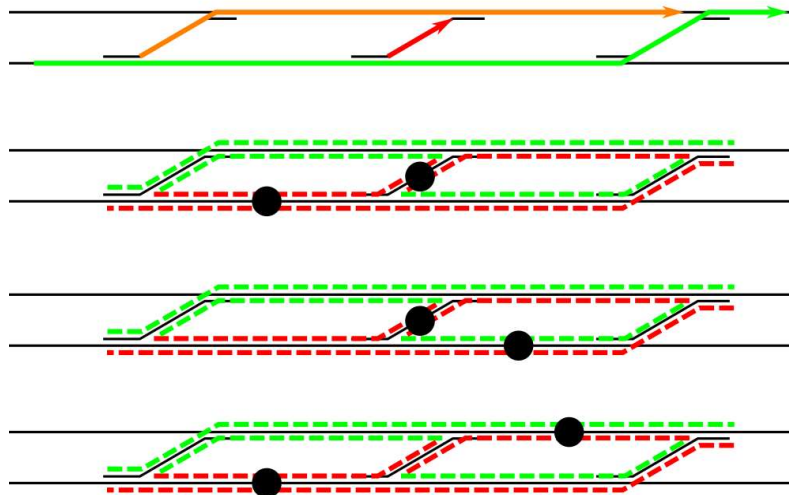
A kerülőgombok tervezésének figyelembe vett szempontjai – a manuális tervezésnél is alkalmazottak nyomán – a következők:

- lehető legkevesebb gombbal történő kialakításra való törekvés;
- vágánykapcsolatokban való elhelyezés lehetőség szerinti elkerülése;
- minél kevesebb alapvágányútban való érintettség (egyértelműség) (14. ábra).



14. ábra: Kerülőgomb egyértelmű elhelyezése

Amennyiben valamennyi kerülővágányút beállítását lehetővé kell tenni, a cél az, hogy valamennyi „teknőnek” legalább a kerülőként meghatározott ágán legyen legalább egy gomb (15. ábra). Amennyiben a vágányútváltozatok rangsorolása nem lépcsőzetes módszerrel történik, hanem utólagos optimalizációval, azaz a kerülőágak nem egyértelműek, azokat külön képezni kell, a felsőbbrendű vágányútváltozatoktól eltérő szakaszok figyelembevételével.



15. ábra: Kerülőágak (vörös) lefedésének lehetőségei kerülőgombokkal

A kerülőgombok elhelyezése szempontjából csak annak van jelentősége, hogy a gomb melyik két váltó között helyezkedik el, a pontos pozíciónak funkcionális jelentősége nincs. A kerülőágakat váltókapcsolatok listájává redukálva (azaz eltekintve a közben érintett objektumoktól, topológiai elemektől, pl.: B2-B4;E4-E6;J6-E8;J8-J10 formában) az egyes váltókapcsolatok és az azokat érintő kerülőágak mátrixszerűen összerendelhetők. Ebből a mátrixból a feladat a lehető legkevesebb váltókapcsolat kiválasztása olyan módon, hogy valamennyi kerülőág lefedhető legyen. Ezt a minimumkeresési problémát első megközelítésben egy szimplex lineáris programozási feladatként írtuk le, melynek megoldására számos módszer ismeretes. A váltókapcsolatokból a vágánykapcsolatokat kiiktatva a második optimalizálási szempontnak is meg lehet felelni. Amennyiben az első szempont szerinti optimalizáció (legkevesebb gomb) nem vezet eredményre, a harmadik szempont szerint figyelembe lehet venni az érintett alapvágányutakat a szimplex programozási feladat kismértékű módosításával.

A szimplex módszer viszonylagos bonyolultsága, erőforrásigénye miatt javaslatot tettünk egy egyszerűsített algoritmusra is. Ennek lényege, hogy a legtöbb kerülőágat lefedő váltókapcsolatban kerül elhelyezésre az első gomb, amelyeket a továbbiakban már nem kell figyelembe venni. Az így megmaradt kerülőágakat figyelembe véve szintén az aktuálisan legtöbbet lefedő váltókapcsolatot kell kiválasztani, és így tovább. Ha egy adott lépésben egyenlőség állna fenn, figyelembe lehet venni a harmadik optimalizálási szempont szerint az érintett alapvágányutak számát.

6. Felhasznált irodalom

- [1] *BOLDIS Bálint: Optimalizálási feladatok megoldása vasúti biztosítóberendezések tervezése során.* [diplomaterv] BME KJIT, 2018.
URL: <http://www.kjit.bme.hu/images/FMK/KJIT-2019-02-D.pdf>
- [2] *MÁV TEBK: Elektronikus állomási biztosítóberendezések feltétfüzete.* 1.03 verzió. 2002.

Német összefoglaló

Lösungen für Optimierungsaufgaben im Bereich des Planungsprozesses von Eisenbahnstellwerken – Teil 1

In unserem zweiteiligen Artikel stellen wir Möglichkeiten für die Algorithmisierung von verschiedenen Optimierungsaufgaben im Bereich der Planung von Stellwerken, die heutzutage durch manuelle Methode gelöst werden, vor. In unserer Arbeit haben wir das Ziel gesetzt, Verfahren zu entwickeln, durch ihr Einbauen in Planungstools diese Aufgaben automatisiert werden können.

Der erste Teil beschäftigt sich mit der Definierung von Regel- und Umfahrstraßen und mit dem Ordnen der Varianten nach verschiedenen Kriterien und Hinsichten. Der Artikel endet mit der Anpassung der Methode an mehrteilige und Rangierfahrstraßen, bzw. mit der optimalen Platzierung von Umfahrtasten.

Angol összefoglaló

Solving optimization tasks related to the planning of railway interlocking systems – 1st Part

In our article divided into two parts we present some opportunities for the algorithmisation of various optimization tasks related to the planning of railway interlocking systems, that are nowadays solved by manual methods. In our work we proposed to develop procedures which can be built in in planning tools and therefore these tasks can be automated.

The first part describes the specification of basic and alternative routes and the ranking of the route variants based on different criteria. At the of the paper we briefly show how these methods can be adopted for consecutive and shunting routes, and how buttons for alternative routes can be placed optimally.