

## Eismo su mobiliaisiais blokuojamaisiais ruožais optimalaus papildymo algoritmai

**A. Doroševienė, S. Bartkevičius**

*Teorinės elektrotechnikos katedra, Kauno technologijos universitetas,  
Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lietuva tel. +370 37 300267, el. p. kat0107@eaf.ktu.lt*

**V. Bagdonas**

*Valdymo technologijų katedra, Kauno technologijos universitetas,  
Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lietuva tel. +370 37 300291, el. p. Vaclovas.Bagdonas@ktu.lt*

### Įvadas

Viena svarbiausių dabarties Europos Sąjungos (ES) transporto politikos nuostatų - sklandus ir saugus traukinių eismas visame Bendrijos tinkle, maksimaliai tenkinant vežėjų poreikius. Šiam tikslui numatyta sukurti bendras ES greitųjų ir paprastųjų geležinkelių sistemas, pasiekti visišką šių sistemų visų posistemų suderinamumą, suvienodinti infrastruktūros pajėgumų paskirstymo tvarką ir t. t.

Šiam uždaviniui spręsti Europos Sąjungoje daug kas jau padaryta: priimti svarbūs politiniai sprendimai (direktyvos 91/440/EEB, 2001/14/EB, 2001/16 EB ir kt.), atliekami plataus masto tyrimo ir projektavimo darbai kuriant ERTMS/ETCS sistemą. Įgyvendinus ERTMS projektą OPTIRAILS, bus sudaryta organizacinė struktūra ir informacinė bazė traukinių eismo grafikams derinti ir koreguoti visos Europos Sąjungos mastu. OPTIRAILS [1] numato taip pat eismo grafikų papildymo galimybes („paskutinės minutės“ prašymų aptarnavimo procedūros).

Direktyvoje 2001/14/EB nurodyta, kad „Infrastruktūros valdytojas į „paskutinės minutės“ prašymus skirti individualias traukinio linijas atsiliepia kiek galėdamas greičiau, bet ne vėliau kaip per penkias darbo dienas“ [2]. Deja, penkių darbo dienų terminas vežėjui (pareiškėjui) gali būti per ilgas, ypač jeigu po to gaunamas neigiamas atsakymas.

Be to, dabartinė „paskutinės minutės“ prašymų aptarnavimo procedūra tokia, kad vežėjui (pareiškėjui) iš neaišku, kaip formuluoti prašymą, kad būtų maksimaliai patenkinti jo interesai ir kartu kad prašymas nebūtų atmestas dėl kokių nors detalių.

OPTIRAILS sistemos duomenų bazė vežėjui (pareiškėjui) tiesiogiai neprieinama, nors direktyvoje 2001/14/EB deklaruojama „galimybė susipažinti su informacija apie esamus neužimtus pajėgumus visiems šiais pajėgumais norintiems pasinaudoti pareiškėjams“ [2].

Nagrinėjama galimybė vežėjui (pareiškėjui) pasirinkti jam geriausią potencialią traukinio liniją dar prieš pateikiant „paskutinės minutės“ paraišką. Iš principo įmanoma ir automatizuota eismo grafikų koregavimo

procedūra: „paskutinės minutės“ traukinio liniją vežėjas galėtų pasirinkti pats pagal infrastruktūros valdytojų nustatytas taisykles, bet tiesiogiai jiems (infrastruktūros valdytojams) nedalyvaujant.

Toliau nagrinėjamas eismo grafiko optimalaus papildymo algoritmas pasižymi tuo, kad jis draudžia koreguoti jau paskirtas traukinio linijas (patvirtintą eismo grafiką). Tuo šis algoritmas skiriasi nuo literatūroje [3–6] pateiktų analogiškos paskirties algoritmų, kuriuose tokia (koregavimo) galimybė numatyta. Publikacijose [3, 4] nagrinėjami eismo grafiko optimalaus koregavimo metodai ir algoritmai linijoje su pusiau automatinė blokuote, tariant, kad eismo grafiko laikomasi netiksliai. Dėl to galimi neplanuoti tiek įterpiamojo traukinio, tiek paskui jį važiuojančių traukinių stabdymai.

Europinės eismo valdymo sistemos ERTMS/ETCS įgalina operatyviai valdyti traukinių eismą ir šitaip sumažinti grafiko realizavimo nuokrypas iki nereikšmingų dydžių. Dėl to publikacijose [5, 6], kuriose nagrinėjami eismo grafikų optimalaus koregavimo algoritmai linijose su automatinė blokuote arba mobiliaisiais blokuojamaisiais ruožais, atsitiktinumo faktorius nebevertinamas ir tariama, kad traukiniai planinių tvarkaraščių laikosi tiksliai.

[5, 6] numatyta galimybė tikslingai koreguoti jau patvirtintus eismo grafikus yra, deja, sunkiai praktiškai įgyvendinama.

### Uždavinio sprendimo bendroji schema ir reikalingi duomenys

Vežėjo (pareiškėjo) tikslas – gauti traukinio liniją iš pradinės stoties P į galinę stotį G vienam reisui (arba keletui reisų), kuris toliau žymimas simboliu U. Traukinio linija turi būti optimali pagal bendrąsias ekonomines sąnaudas  $W_U$ . Atvykimo į stotį G terminas  $t_{ug}^{plan}$  žinomas. Iš pradinės stoties P pageidaujama išvykti kaip galima vėliau, bet išvykimo laikas  $t_{up}^i$  nenurodomas (jis nustatomas sprendžiant optimizavimo uždavinį).

Uždavinio sprendimo procese galima nurodyti kelis etapus:

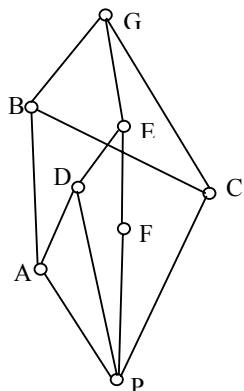
1. Vežėjas (pareiškėjas) pasirenka geležinkelių poligoną, kuriame bus ieškoma optimalaus maršruto iš stoties P į stotį G.

Poligonas aprašomas nurodant jo perimetrines stotis.

Nedidelio poligono pavyzdys pateiktas 1 paveiksle. Perimetrinės stotys šiuo atveju yra A, B ir C (prie perimetrinių taip pat priskiriama pradinė stotis P ir galinė stotis G). Stotys D, E, F yra poligono vidinės stotys.

2. Pasirinktame geležinkelių poligone sudaromas galimų maršrutų iš stoties P į stotį G sąrašas  $M = \{M_z\}$ . Pavyzdžiui,  $M_1 = P-A-D-E-G$ ,  $M_2 = P-D-E-G$  ir t.t.

Maršrutų sąrašas  $M$  sudaromas naudojant bet kokį kelių tarp dviejų grafo viršūnių sąrašo sudarymo algoritmą.



1 pav. Geležinkelių poligono pavyzdys

3. Kiekvienam maršrutui  $M_z \in M$  iš OPTIRAILS duomenų bazės gaunamas planinis eismo grafikas:

$$G = (T^i, T^a, L); \quad (1)$$

$T^i$  – išvykimo iš stočių matrica;

$T^a$  – atvykimų į stotis matrica;

$$T^i = \|t_{ji}^i\|, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, k};$$

$$T^a = \|t_{ji}^a\|, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, k};$$

$$L = \|l_i\|;$$

$i$  – stoties (tarpstočio) indeksas;  $i$  – asis tarpstotis jungia  $i$ -ąją ir  $(i+1)$ -ąją stotis;

$j$  – traukinio indeksas;

$k$  – traukinių skaičius planiniame eismo grafike;

$n$  – stočių skaičius maršrute  $M_z$ ;

$t_{ji}^a$  ir  $t_{ji}^i$  –  $j$ -ojo traukinio atvykimo į  $i$ -ąją stotį ir išvykimo iš šios stoties laikas;

$l_i$  –  $i$ -ojo tarpstočio ilgis.

Ieškoma optimalaus (pagal bendrųjų sąnaudų kriterijų  $W_U$  [6]) šio grafiko papildymo, įterpian traukinio liniją U.

Gaunamas sprendinys  $\Gamma_{M_z}$ , kurio realizavimo bendrosios sąnaudos  $W_z$ .

4. Optimaliu laikomas eismo grafikas

$$(\Gamma_0, W_0) \rightarrow \min_{W_z} (\Gamma_{M_z}, W_z). \quad (2)$$

Bendrųjų sąnaudų kriterijus  $W$ , pagal kurį atliekamas optimizavimas, apima:

1) energijos sąnaudas  $W^E$  maršrutui (nuvažiuoti);

2) sąnaudas  $W^L$ , susijusias su kelionėje sugaištu laiku: riedmenų nuoma, personalo darbo užmokestis ir kt.;

3) mokesčių už naudojimąsi tarpstočių infrastruktūra  $W^{IT}$ ;

4) mokesčius už naudojimąsi stočių infrastruktūra:

$W^{IS}$  – už pravažiamą per stotis,

$V^{IS} t$  – už stotyse prastovėtą laiką  $t$ ;

5) papildomus nuostolius  $W^{SS}$ , susijusius su priverstiniais (tik eismo sąlygotais) U-ojo traukinio stabdymais:

$$W = W^E + W^L + W^{IT} + W^{IS} + V^{IS} t + W^{SS}. \quad (3)$$

Sąnaudos  $W^E$  priklauso nuo traukinio svorio  $Q$ , jo važiavimo greičio  $v$ , tarpstočių ilgių  $l$ , reljefo, aplinkos temperatūros ir lokomotyvo charakteristikų.

Sąnaudų  $W^E$  skaičiavimo teorinius pagrindus galima rasti literatūroje. [3]. Jais remiantis, galima sudaryti formulę energijai, kurios reikia nuvažiuoti  $i$ -ąją tarpstotį, apskaičiuoti:

$$W_i^E = k_{rr} k_{ti} \left( G + \left( M + \frac{N}{Q_U} \right) \right) w_{0i} \frac{Q_U l_i}{3440}, \quad [\text{kWh}]. \quad (4)$$

Čia  $G$ ,  $M$  ir  $N$  – lokomotyvo parametrai, pateikiami jo dokumentacijoje;

$Q_U$  – U-ojo traukinio svoris, t;

$l_i$  –  $i$ -ojo tarpstočio ilgis, km;

$k_{ri} = 1 + (0,705 - 0,00452 v_i) i_e$  – kelio profilio koeficientas;

$v_i$  – traukinio greitis  $i$ -ajame tarpstotyje, km/h;

$i_e$  – kelio ekvivalentinis nuolydis, ‰;

$k_{ti} = 1 + (0,0022(t^\circ + 15) - 0,0072)(t^\circ - 15)$  – temperatūros koeficientas;

$t^\circ$  – aplinkos temperatūra, °C;

$w_{0i}$  – pasipriešinimo traukinio judėjimui koeficientas

$$w_{0i} = 1,04 \frac{Q_L w_{0i}^L + Q_V w_{0i}^V}{Q_U = Q_L + Q_V}, \quad (5)$$

$$w_{0i}^L = 1,9 + 0,008 v_i + 0,00025 v_i^2,$$

$$w_{0i}^V = 0,7 + \frac{3 + 0,09 v_i + 0,002 v_i^2}{17,5}.$$

(4) ir (5) formulėse laisvasis (paties vežėjo pasirenkamas) kintamasis yra tik U-ojo traukinio greitis  $i$ -ajame tarpstotyje  $v_i$ .

Sąnaudos, susijusios su laiku, reikalingu nuvažiuoti  $i$ -ajam tarpstočiui,

$$W_i^{LT} = w_L (t_{i+1}^i - t_i^a); \quad (6a)$$

sąnaudos, susijusios su laiku, kai stovima  $i$ -ojoje stotyje, –

$$W_i^{LS} = w_L (t_i^a - t_i^i); \quad (6b)$$

čia  $w_L$  – riedmenų valandinių įkainių ir personalo valandinių atlygių suma.

Kad galėtų įvertinti mokesčius už naudojimąsi stočių ir tarpstočių infrastruktūra, vežėjas (pareiškėjas) iš geležinkelių duomenų bazės turi gauti  $W_i^{IT}$ ,  $W_i^{IS}$  ir  $V_i^{IS}$  vertes ( $i = \overline{1, n}$ ).

Papildomi nuostoliai  $W_i^{SS}$ , susiję su U-ojo traukinio sustabdymu  $i$ -ajame tarpstotyje (įskaitant  $(i+1)$ -ąją stotį), išreiškiami formulėmis, gaunamomis iš literatūroje [3] pateiktų priklausomybių:

$$W_i^{SS} = 1,17 \times 10^{-7} v_i^2 Q_U \left[ 102(1 + \gamma) - \frac{w_{0i}}{a_T} \right], \text{ [kWh]}; \quad (7a)$$

$$W_i^{SS} = 0,515 \times 10^{-7} v_i^2 Q_U \left[ 102(1 + \gamma) - \frac{w_{0i}}{a_T} \right], \text{ [kg]}; \quad (7b)$$

$\gamma$  – besisukančių masių inercijos koeficientas;

$a_T$  – stabdymo pagreitis,  $m/s^2$ ;

$w_{0i}$  išreiškiama (5)formule.

(7a) formulė taikoma elektrinės traukos atveju, (7b) formulė – šiluminės traukos atveju.

### Eismo grafiko optimalaus papildymo algoritmas

Bendrosios sąnaudos U-ajam traukiniui įveikiant (nuvažiuojant)  $i$ -ąjį tarpstotį  $W_i$  išreiškiamos važiavimo sąnaudų ( $W_{Ei}$ ) ir stovėjimo stotyje sąnaudų ( $W_{Ti}$ ) suma:

$$W_i = W_{Ei} + W_{Ti}, \quad (8)$$

$$W_{Ei} = W_i^E + W_i^{LT} + W_i^{IT} + W_i^{IS}, \quad (9)$$

$$W_{Ti} = W_i^{LS} + V_i^{IS} (t_i^i - t_i^a) + W_i^{SS} a_i. \quad (10)$$

$$a_i = \begin{cases} 1, & \text{jeigu U-asis traukinys } i\text{-ojoje} \\ & \text{stotyje priverstinai stabdomas;} \\ 0 & \text{– priešingu atveju.} \end{cases} \quad (11)$$

Tarkim, yra fiksuotas planinis maršruto U atvykimo į galinę stotį laikas  $t_{ug}^{plan}$  (žr. 2 pav.). Traukinys U vėluoti negali, bet gali atvykti anksčiau laiku  $t_{ug}^{fakt} = t_{un}^a$ . Sakykim, traukinys U į galinę stotį planuoja atvykti po  $j$ -ojo maršruto.

Taigi

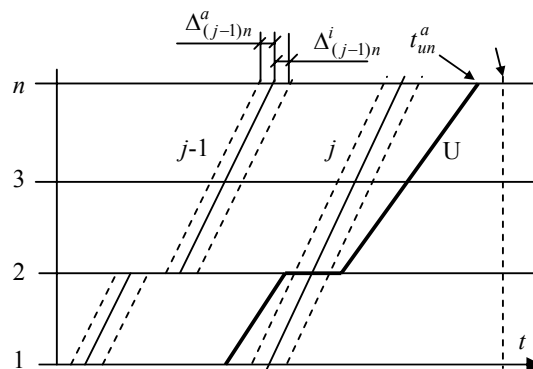
$$t_{un}^a \leq t_{ug}^{plan}, \quad t_{un}^a > t_{jn}^a. \quad (12)$$

Bendroju atveju:

$$t_{ug}^{plan} \geq t_{un}^a > t_{jn}^a + \Delta_{jn}^i.$$

$$t_{(j-r+1)}^a - \Delta_{(j-r+1)}^a > t_{un}^a > t_{(j-r)n}^a + \Delta_{(j-r)}^i, \quad (13)$$

$$r = 1, 2, \dots, k.$$



2 pav. Ilustracija eismo grafiko optimalaus papildymo algoritmui paaiškinti

Su laiku susiję nuostoliai laukiant galinėje stotyje

$$W_n = W_{Tn} = W_n^{IS} + V_n^{IS} (t_{ug}^{plan} - t_{un}^a). \quad (14)$$

Sąnaudos paskutiniam (tai yra  $(n-1)$ -ajam) tarpstočiui įveikti

$$W_{n-1} = W_{E(n-1)} + W_{T(n-1)}; \quad (15)$$

čia  $W_{E(n-1)}$  – suminės sąnaudos tarpstočiui nuvažiuoti;

$W_{T(n-1)}$  – sąnaudos, susijusios su  $(n-1)$ -ojoje stotyje prastovėtu laiku.

$$W_{E(n-1)} = W_{n-1}^E + W_{n-1}^{LT} + W_{n-1}^{IT} + W_{n-1}^{IS}. \quad (16)$$

Čia  $W_{n-1}^{IT}$  ir  $W_{n-1}^{IS}$  nepriklauso nuo greičio;

$W_{n-1}^E$  išreiškiama (4)formule;

$W_{n-1}^{LT}$  išreiškiama (6a)formule:

$$W_{n-1}^{LT} = w_L (t_{un}^a - t_{u(n-1)}^i), \quad (17)$$

$$t_{u(n-1)}^i = t_{un}^a - v_{u(n-1)} l_{n-1}. \quad (18)$$

$$W_{T(n-1)} = \{V_{n-1}^{IS} (t_{u(n-1)}^i - t_{u(n-1)}^a) + W_{u(n-1)}^{SS}\} b_i, \quad (19)$$

$$b_i = \begin{cases} 0, & \text{jeigu } t_{u(n-1)}^i > t_{j(n-1)}^i + \Delta_{j(n-1)}^i; \\ 1 & \text{– priešingu atveju;} \end{cases} \quad (20)$$

$$t_{u(n-1)}^a = t_{u(n-1)}^i, \text{ jeigu } t_{u(n-1)}^i > t_{j(n-1)}^i + \Delta_{j(n-1)}^i; (21)$$

priešingu atveju

$$t_{u(n-1)}^a = t_{j(n-1)}^a - \Delta_{j(n-1)}^a. (22)$$

(20–22) formulėse  $\Delta_{j(n-1)}^a$  bei  $\Delta_{j(n-1)}^i$  yra atitinkamai  $j$ -ojo traukinio įvažiavimo į  $(n-1)$ -ąją stotį (nuo įleidžiamojo šviesoforo iki stoties ašinės linijos) ir išvažiavimo iš jos laikai (žr. 2 pav.).

Nesunku pastebėti, kad esant konkrečioms  $t_{un}^a$  ir  $v_{u(n-1)}$  vertėms gaunamos konkrečios sąnaudų  $W_n$ ,  $W_{n-1}$  bei laiko  $t_{u(n-1)}^a$  vertės. Žinant  $t_{u(n-1)}^a$  ir pasirinkus  $v_{u(n-2)}$  vertę, galima apskaičiuoti  $W_{n-2}$  ir  $t_{u(n-2)}^a$  vertes.

Bet kuriam ( $i$ -ajam) tarpstočiui (išskyrus pradinį,  $i = 1$ ) galioja (15)–(22) formulės, tik indeksą  $n-1$  reikia pakeisti indeksu  $i$ .

Pradiniam tarpstočiui

$$\begin{cases} W_1 = W_{E1} + W_{T1}, \\ W_{E1} = W_1^E + W_1^{LT} + W_1^{IT}, \\ W_{T1} = 0. \end{cases} (23)$$

( $W_1^{IS} = 0$ , kadangi laikoma, kad pradinėje stotyje sąstatas nestovi).

Bendrosios sąnaudos  $U$ -ajam traukiniui įveikiant maršrutą  $M_z \in M$ :

$$\begin{aligned} W_{uz} \left( t_{un}^a, v_{u1}, v_{u2}, \dots, v_{u(n-1)} \right) = & \\ = W_n \left( t_{un}^a \right) + W_{n-1} \left( t_{un}^a, v_{u(n-1)} \right) + & \\ + W_{n-2} \left( t_{un}^a, v_{u(n-1)}, v_{u(n-2)} \right) + \dots + & \\ + W_1 \left( t_{un}^a, v_{u(n-1)}, v_{u(n-2)}, \dots, v_{u1} \right). & \end{aligned} (24)$$

Maršruto optimizavimas reiškia, kad reikia parinkti tokias kintamųjų  $t_{un}^a$ ,  $v_{u1}$ ,  $v_{u2}$ , ...,  $v_{u(n-1)}$  vertes, kad  $W_{uz} \left( t_{un}^a, v_{u1}, v_{u2}, \dots, v_{u(n-1)} \right)$  įgytų minimalią vertę, kuri žymima  $W_z$ .

$t_{un}^a$  verčių kitimo sritis aprašoma (12) formulėmis, o greičiai kiekviename tarpstotyje –

$$v_{ui}^{\min} \leq v_{ui} \leq v_{ui}^{\max}, \quad i = 1, 2, \dots, n-1. (25)$$

Suradus  $W_z$  visiems galimiems maršrutams, iš (2) formulės randamas optimalus esamo eismo grafiko papildymas ( $\Gamma_0$ ,  $W_0$ ).

Kadangi funkcija  $W_{uz} \left( t_{un}^a, v_{u1}, v_{u2}, \dots, v_{u(n-1)} \right)$  yra nediferencijuojama, minimalios vertės  $W_z$  paieškai nepavyksta pritaikyti klasikinių ekstremumo paieškos procedūrų. Lieka tik skaitmeniniai ekstremumo paieškos metodai, pagrįsti kintamųjų diskretizuotų verčių

perrinkimu arba stochastinės paieškos metodai (Monte Karlo metodas, evoliuciniai algoritmai).

Beje pakankamas laiko diskretizavimo žingsnis yra 30 s, o greičio diskretizavimo žingsnis – 0,1 km/h (tiksliau traukinių eismo grafikų laikytis nepavyksta).

## Išvados

1. Siekiant Europos Sąjungos geležinkelių tinkleose geriau patenkinti „paskutinės minutės“ prašymus, tikslinga sudaryti galimybę vežėjui (pareiškėjui) pačiam pasirinkti jam geriausią potencialią traukinio liniją.

2. Kad vežėjas (pareiškėjas) galėtų pasirinkti optimalią traukinio liniją, viešojoje geležinkelių duomenų bazėje turėtų būti informacija apie planinius eismo grafikus, tarpstočių ilgį, tarpstočių vertikalius profilius, traukinių įvažiavimo į stotis ir išvažiavimo iš jų laikus.

3. Eismo grafiko optimalaus papildymo uždavinį tikslinga spręsti taikant bendrųjų sąnaudų kriterijų.

4. Eismo grafiko optimalaus papildymo uždavinys sprendžiamas ieškant optimalios traukinio linijos kiekviename iš potencialių (konkuruojančių) maršrutų. Uždavinio sprendinys yra to maršruto optimali linija, kur bendrosios sąnaudos yra mažiausios.

5. Eismo grafiko optimalaus papildymo uždavinys sprendžiamas skaitmeniniais metodais (visų kintamųjų diskretinių verčių kombinacijų perrinkimu arba taikant stochastinės paieškos metodus)

## Literatūra

1. **OPTIRAILS II**. Work Package 4. SRS for Subsystem and Interfaces. Volume 7/12. System Requirements Specification (Final Version). Option 3/4. 2002. <http://www.optirails.gr>
2. **Directive** 2001/14/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 // Official Journal of the European Communities. – Volume 4, L75. 15.3.2001.
3. **Taurienė V., Švėgžda O., Juraška M.** Traukinių eismo grafiko optimizavimas pagal kompleksinį kriterijų // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2001. – Nr.6 (35). -P.58–62.
4. **Stadalius R., Bagdonas V.** The application of a fuzzy algorithm for the determination of the shortest chain to correct disorganized train traffic // Transport / Vilnius Gediminas Technical University, Lithuanian Academy of Sciences. ISSN 1648-4142. – 2003, Vol. XVIII, no. 3.– P.103–107.
5. **Doroševienė A., Bartkevičius S., Bagdonas V.** Eismo grafiko optimalaus papildymo uždavinys // Elektronika ir elektrotechnika.– Kaunas: Technologija, 2004.– Nr. 6 (55), P. 66–70.
6. **Bagdonas V., Mačerauskas V.** Methodology and Algorithms for Optimisation of Train Traffic Schedules // Proceedings of Symposium “Formal Methods for Automation and Safety in Railway and Automotive Systems”.– Braunschweig, Germany, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> December, 2004.– P.269–274
7. **Mandrikov M. E. et al.** The Expenses for Freight Transportation per Railway Net Lines.–Moscow: Transport, 1991.

**A. Doroševienė, S. Bartkevičius, V. Bagdonas. Eismo su mobiliaisiais blokuojamaisiais ruožais optimalaus papildymo algoritmai // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005.– Nr. 5(61).– P. 84–88.**

Nagrinėjama lanksčių eismo grafikų formavimo problema. „Paskutinės minutės“ prašymai turi būti pateikiami, įterpiant į sudarytus eismo grafikus papildomą (anksčiau neplanuotą) maršrutą. Specialiųjų prašymų tenkinimo svarba akcentuojama ES direktyvoje 2001/14/EB. Analizuojamas papildomo traukinio maršruto optimalaus įterpimo į jau sudarytą tvarkaraštį uždavinys: jo formuluotė ir galimi sprendimo būdai. Optimizuojama taikant mažiausių bendrųjų nuostolių kriterijų. Į bendruosius nuostolius įskaičiuojamos energijos sąnaudos, reikalingos maršrutui įveikti, bei sąnaudos, susijusios su maršruto įveikimo trukme ir priklausančios nuo riedmenų naudojimo valandinių įkainių ir traukinio brigadų darbo valandinių įkainių. Uždavinį siūloma spręsti Monte Karlo, genetinių algoritmų arba variantų perrinkimo metodais. Visi šie metodai yra vienodai tikslūs ir šiuolaikiniais kompiuteriais įgyvendinami gana mažomis laiko sąnaudomis. Il. 2, bibl.4 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

**A. Doroševienė, S. Bartkevičius, V. Bagdonas. Optimal Addition's Algorithms of the Traffic Schedule for Railways with Mobile Blocking Sections // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 5(61).– P. 84–88.**

Article analyses formation problem of flexible traffic schedule. Ad hoc request must be submitted, inserting additional (not planned before) track into made traffic schedules. Handling importance of ad hoc requests is emphasized in EU directive 2001/14/EB. Task is to analyse optimal insertion of an additional (reserved) train track's into already made schedule: task formulation and possible ways of solution. Task also can be solved applying Monte-Carlo, genetic algorithm or variants re-selection methods. All these methods are equally exact and can be implemented with modern computers with quit short time costs. Ill. 2, bibl.4 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

**A. Доросевене, С. Баркявичюс, В. Багдонас. Алгоритмы оптимального дополнения движения с мобильными блокировочными участками // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. – № 5(61). – С. 84–88.**

Анализируется проблема формирования гибкого графика движения. Специальный запрос должен быть представлен, вставляя дополнительный (не запланированный прежде) маршрут в составленные графики движения. Важность обработки специальных запросов подчеркнута в директиве 2001/14/ЕВ ЕС. Задача анализирует оптимальную вставку дополнительного поезда в уже составленный график: формулировка задачи и возможные способы решения. Задача также может быть решена, применяя методы Монте Карло, генетический алгоритм или переборку вариантов. Все эти методы одинаково точны и могут быть реализованы с достаточно малыми затратами времени на современных компьютерах. Ил. 2, библи. 4 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

DOI: 10.5755/j02.eie.10435