ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989
Seria: TRANSPORT z. 13 Nr kol. 1034

Stanisław Krawiec

OPIS FORMALNY MODELU RUCHU POCIĄGÓW

Streszczenie. W artykule przedstawiono szczegółowy opis formalny modelu ruchu pociągów, który został zrealizowany dla potrzeb regulacji ruchu. Opis formalny modelu składa się ze struktury statycznej oraz struktury dynamicznej. Struktura statyczna zawiera ciąg zbiorów ustrukturyzowanych (skoordynowanych), w których zawarto formalny opis wszytkich elementów i zmiennych opisowych modelu wraz z ich zakresami i funkcjami przydziału.

Struktura dynamiczna modelu przedstawiona jest w konwencji Złożonego Systemu dyskretnych zdarzeń. Zawiera ona lokalne funkcje przejścia, funkcje wejścia i funkcje wyjścia wszytkich elementów aktywnych modelu oraz elementów im podległych. w ramach tej struktury zdefiniowano także funkcję postępu czasu oraz funkcję decydującą o kolejności występowania zdarzeń w przypadku, gdy powinny wystąpić równocześnie. Opis formalny modelu ruchu pociągów umożliwił realizację oprogramowania modelu w języku LOGLAN.

Artykuł kończy alfabetyczny spis oznaczeń.

1. Struktura statyczna modelu ruchu pociągów

Struktura Statyczna Modelu Ruchu Pociągów (SSMRP) dla potrzeb regulacji ruchu składa się z szeregu przedstawionych poniżej zbiorów ustrukturyzowanych :

$$SSMRP = \{ \mathcal{A}_{POCIĄGI}, \mathcal{B}_{STEROWANIA}, \mathcal{M}_{STEROWANIASBL}, \mathcal{N}_{GENERATOR_DECYZJI}, \mathcal{L}_{ANULATOR_DECYZJI}, \mathcal{T}_{GENERATOR_POCIĄGÓW}, \mathcal{Z}_{SYGNALIZATORY}, \mathcal{P}_{POŁĄCZENIA}, \mathcal{J}_{KOLEJKI_POCIĄGÓW}, \mathcal{K}_{KOLEJKI_ZEWNĘTRZNE}, \mathcal{V}_{RELACJE}, \mathcal{U}_{DECYZJE}, \mathcal{X}_{KOLEJKI_DECYZJI}, \mathcal{Y}_{MAKROPOŁĄCZENIA}, \mathcal{Q}_{PARAMETRY} \}$$

1.1. Ustrukturyzowany zbiór POCIĄGI

$$\mathcal{A}_{POCIĄGI} = \langle Z1, D1, \langle Z1_{a1} : a1 \in D1 \rangle, j1 \rangle$$

gdzie :

$$Z1 = \{ POCIĄG1, \ldots, POCIĄG1, \ldots, POCIĄGLPOC \}$$

$$D1 = \{ sp_i, \acute{o}p_i, gmp_i, gnp_i, gdp_i, xp_i, lpp_i, lkp_i, npp_i, wsp_i, lnz_i, ao_i,$$
$$tpo_i, tre_i, OBSTEP_i, ma_i, dl_i, tr_i, rod_i, kat_i, rpp_i, mp_i, ppr_i, pph_i,$$
$$nwj_i, nwy_i, nk_i, rj_i, srj_i : i=1, \ldots, LPOC \}$$

$$Z1_{sp_i} = \langle 0,1,2,3 \rangle$$

$$Z1_{\acute{o}p_i} = \mathcal{R}$$

$$Z1_{gmp_i} = \langle -1, \ldots, -LPZ, 1, \ldots, LGŁOW \rangle$$

$$Z1_{gnp_i} = \langle -1, \ldots, -LPZ, 1, \ldots, LGŁOW \rangle$$

$$Z1_{gdp_i} = \langle -1, \ldots, -LPZ, 1, \ldots, LGŁOW \rangle$$

$$Z1_{xp_i} = \langle 1, \ldots, LSYGN \rangle$$

$$Z1_{lpp_i} = \langle 1, \ldots, LPOL \rangle$$

$$Z1_{lkp_i} = \langle 1, \ldots, LPOL \rangle$$

$$Z1_{npp_i} = \langle 1, \ldots, LPOC \rangle$$

$$Z1_{wsp_i} = \langle 1, \ldots, n \rangle$$

$$Z1_{lnz_i} = \mathcal{C}_o^+$$

$$Z1_{ao_i} = \mathcal{R}_o^+$$

$$Z1_{tpo_i} = \mathcal{R}_{o,\infty}^+$$

$$Z1_{tre_i} = \mathcal{R}_{o,\infty}^+$$

$$Z1_{OBSTEP_i} = [0, \ldots, 50]$$

$$Z1_{ma_i} = \mathcal{R}^+$$

$$Z1_{dl_i} = \mathcal{R}^+$$

$$Z1_{tr_i} = \langle 1,2,3,4,5 \rangle$$

$$Z1_{rod_i} = \langle 1, \ldots, 22 \rangle$$

$$Z1_{kat_i} = \langle 1, \ldots, 22 \rangle$$

$$Z1_{rpp_i} = \langle 0, \ldots, 100 \rangle$$

$$Z1_{mp_i} = \langle 0, \ldots, 300 \rangle$$

$$Z1_{ppr_i} = [0.02, 1]$$

$$Z1_{pph_i} = [0.05, 1]$$

$$Z1_{nwj_i} = \langle 1, \ldots, LPZ \rangle$$

$$Z1_{nwy_i} = \langle 1, \ldots, LPZ \rangle$$

$$Z1_{nk_i} = \langle 0, 1, \ldots, 9, A, \ldots, Z, (,), / \rangle^*$$

$$Z1_{rj_i} = (\langle 1,\ldots,LPOL \rangle^* \times \mathcal{R}_0^+)$$

$$Z1_{srj_i} = (\langle 1,\ldots,LPOL \rangle^* \times \mathcal{R}^+)$$

$$j1 : Z1 \rightarrow Z1_{sp_i} \times Z1_{\delta p_i} \times Z1_{gmp_i} \times Z1_{gnp_i} \times Z1_{gdp_i} \times Z1_{xp_i} \times Z1_{lpp_i} \times$$
$$\times Z1_{lkp_i} \times Z1_{npp_i} \times Z1_{wsp_i} \times Z1_{lnz_i} \times Z1_{ao_i} \times Z1_{tpo_i} \times$$
$$Z1_{tre_i} \times Z1_{ODSTEP_i} \times Z1_{ma_i} \times Z1_{dl_i} \times Z1_{tr_i} \times Z1_{rod_i} \times$$
$$\times Z1_{kat_i} \times Z1_{rpp_i} \times Z1_{mp_i} \times Z1_{ppr_i} \times Z1_{pph_i} \times Z1_{nwj_i} \times$$
$$\times Z1_{nwy_i} \times Z1_{nk_i} \times Z1_{rj_i} \times Z1_{srj_i}$$

1.2. Ustrukturyzowany zbiór : STEROWANIA

$$\mathcal{B}_{STEROWANIA} = \langle Z2, D2, \langle Z2_{a2} : a2 \in D2 \rangle, j2 \rangle$$

gdzie :

$$Z2 = \langle STEROWANIE1,\ldots,STEROWANIEs,\ldots,STEROWANIELSTER \rangle$$

$$D2 = \langle sst_s, \delta st_s, nds_s : s=1,\ldots,LSTER \rangle$$

$$Z2_{sst_s} = \langle 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 \rangle$$

$$Z2_{\delta st_s} = \mathcal{R}$$

$$Z2_{nds_s} = \langle 1,\ldots,LDEC \rangle$$

$$j2 : Z2 \rightarrow Z2_{sst_s} \times Z2_{\delta st_s} \times Z2_{nds_s}$$

1.3. Ustrukturyzowany zbiór STEROWANIASBL

$$\mathcal{M}_{STEROWANIE} = \langle Z3, D3, \langle Z3_{a3} : a3 \in D3 \rangle, j3 \rangle$$

gdzie :

$$Z3 = \langle STERSSBL1,\ldots,STERSSBLw,\ldots,STERSSBLLSBL \rangle$$

$$D3 = \langle ssb_v, \delta sb_v, nss_v, nrr_v, nsp_v : w=1,\ldots,LSBL \rangle$$

$$Z3_{ssb_v} = \langle 0,1,2,3 \rangle$$

$$Z3_{\delta sb_v} = \mathcal{R}_{0,\infty}^+$$

$$Z3_{nss_v} = \langle 1,\ldots,LSYGN \rangle$$

$$Z3_{nrr_v} = \langle 1,\ldots,LREL \rangle$$

$$Z3_{nsp_v} = \langle 0,1,\ldots,LSBL \rangle$$

$$j3 : Z3 \rightarrow Z3_{ssb_v} \times Z3_{\delta sb_v} \times Z3_{nss_v} \times Z3_{nrr_v} \times Z3_{nsp_v}$$

1.4. Ustrukturyzowany zbiór : GENERATOR_DECYZJI

$$\mathcal{N}_{\text{GENERATOR_DECYZJI}} = \langle Z4, D4, \{Z4_{a4} : a4 \in D4\}, j4 \rangle$$

gdzie :

$Z4 = \{$ GENERATOR_DECYZJI $\}$

$D4 = \{ sgd, \delta gd, nrd, nkd \}$

$Z4_{sgd} = \{ 0,1 \}$

$Z4_{\delta gd} = \mathcal{R}_0^+$

$Z4_{nrd} = \{ 1,\ldots,LDEC \}$

$Z4_{nkd} = \{ 1,\ldots,LGŁOW \}$

$j4 : Z4 \longrightarrow Z4_{sgd} \times Z4_{\delta gd} \times Z4_{nrd} \times Z4_{nkd}$

1.5. Ustrukturyzowany zbiór : ANULATOR_DECYZJI

$$\mathcal{L}_{\text{ANULATOR_DECYZJI}} = \langle Z5, D5, \{Z5_{a5} : a5 \in D5\}, j5 \rangle$$

gdzie :

$Z5 = \{$ ANULATOR_DECYZJI $\}$

$D5 = \{ sad, \delta ad, ndec \}$

$Z5_{sad} = \{ 0,1 \}$

$Z5_{\delta ad} = \mathcal{R}_{0,\infty}^+$

$Z5_{ndec} = \{ 1,\ldots,LDEC \}$

$j5 : Z5 \longrightarrow Z5_{sad} \times Z5_{\delta ad} \times Z5_{ndec}$

1.6. Ustrukturyzowany zbiór : GENERATOR_POCIĄGÓW

$$\mathcal{T}_{\text{GENERATOR_POCIĄGÓW}} = \langle Z6, D6, \{Z6_{a6} : a6 \in D6\}, j6 \rangle$$

gdzie :

$Z6 = \{$ GENERATOR_POCIĄGÓW $\}$

$D6 = \{ sgp, \delta gp, nwp, cwp \}$

$Z6_{sgp} = \{ 0,1 \}$

$Z6_{\delta gp} = \mathcal{R}_{0,\infty}^+$

$Z6_{nwp} = \{ 1,\ldots,LPOC \}$

$Z6_{cwp} = \mathcal{R}_0^+$

$j6 : Z6 \longrightarrow Z6_{sgp} \times Z6_{\delta gp} \times Z6_{nwp} \times Z6_{cwp}$

1.7. Ustrukturyzowany zbiór : SYGNALIZATORY

$$\mathcal{Z}_{\text{SYGNALIZATORY}} = \langle Z7, D7, \{Z7_{a7} : a7 \in D7\}, j7 \rangle$$

gdzie :

$Z7 = \{ SYGNALIZATOR1, \ldots, SYGNALIZATORj, \ldots, SYGNALIZATORLSYGN \}$

$D7 = \{ ss_j, nrs_j, rs_j, ng_j, rb_j, kn_j : j=1, \ldots, LSYGN \}$

$Z7_{ss_j} = \{ 1,2,3,4,5,6,7,8 \}^*$

$Z7_{nrs_j} = \{ 1, \ldots, LREL \}$

$Z7_{rs_j} = \{ 1, \ldots, 11 \}$

$Z7_{ng_j} = \{ 1, \ldots, LGŁOW \}$

$Z7_{rb_j} = \{ 1,2,3,4 \}$

$Z7_{kn_j} = \{ 0,1, \ldots, 9, A, \ldots, z, (,), / \}^*$

$j7 : Z7 \rightarrow Z7_{ss_j} \times Z7_{nrs_j} \times Z7_{rs_j} \times Z7_{ng_j} \times Z7_{rb_j} \times Z7_{kn_j}$

1.8. Ustrukturyzowany zbiór : POŁĄCZENIA

$$\mathcal{P}_{\text{POŁĄCZENIA}} = \langle Z8, D8, \{ Z8_{a8} : a8 \in D8 \}, j8 \rangle$$

gdzie :

$Z8 = \{ POŁĄCZENIE1, \ldots, POŁĄCZENIEk, \ldots, POŁĄCZENIELPOL \}$

$D8 = \{ spo_k, gp_k, gk_k, da_k, db_k, sa_k, sb_k, dp_k, tp_k, rr_k, rp_k, dnj_k, ca_k, cb_k : k=1, \ldots, LPOL \}$

$Z8_{spo_k} = \{ 0,1 \}$

$Z8_{gp_k} = \{ 1, \ldots, LGŁOW \}$

$Z8_{gk_k} = \{ -1, \ldots, -LPZ, 1, \ldots, LGŁOW \}$

$Z8_{da_k} = \mathcal{R}^+$

$Z8_{db_k} = \mathcal{R}^+$

$Z8_{sa_k} = \{ 0,1, \ldots, LSYGN \}$

$Z8_{sb_k} = \{ 0,1, \ldots, LSYGN \}$

$Z8_{dp_k} = \{ 0, \ldots, 160 \}$

$Z8_{tp_k} = \{ 0,1 \}$

$Z8_{rr_k} = \{ 0,1,2 \}$

$Z8_{rp_k} = \{ 1, \ldots, 8 \}$

$Z8_{dnj_k} = \mathcal{R}^+$

$Z8_{ca_k} = \mathcal{R}_0^+$

$Z8_{cb_k} = \mathcal{R}_0^+$

$j8 : Z8 \rightarrow Z8_{spo_k} \times Z8_{gp_k} \times Z8_{gk_k} \times Z8_{da_k} \times Z8_{db_k} \times Z8_{sa_k} \times$
$\times Z8_{sb_k} \times Z8_{dp_k} \times Z8_{tp_k} \times Z8_{rr_k} \times Z8_{rp_k} \times Z8_{dnj_k} \times$

$$\times\ Z8_{ca_k} \times Z8_{ch_k}$$

1.9. Ustrukturyzowany zbiór KOLEJKI_POCIĄGÓW

$$\mathcal{Y}_{KOLEJKI_POCIĄGÓW} = \langle\ Z9, D9, \langle\ Z9_{a9} : a9 \in D9\ \rangle, j9\ \rangle$$

gdzie :

$Z9 = \langle$ KOLEJKA1,....,KOLEJKAl,....,KOLEJKALPOL $\rangle$

$D9 = \langle\ sk_l : l=1,....,LPOL\ \rangle$

$Z9_{sk_l} = \langle\ 0,1,....,LPOC\ \rangle^*$

$j9 : Z9 \longrightarrow Z9_{sk_l}$

1.10. Ustrukturyzowany zbiór :KOLEJKI_ZEWNĘTRZNE

$$\mathcal{K}_{KOLEJKI_ZEWNĘTRZNE} = \langle\ Z10, D10, \langle\ Z10_{a10} : a10 \in D10\ \rangle, j10\ \rangle$$

gdzie :

$Z10 = \langle$ KOLWE1,....,KOLWEa,....,KOLWELPZ $\rangle$

$D10 = \langle\ sw_a : a=1,....,LPZ\ \rangle$

$Z10_{sw_a} = \langle\ 0,1,....,LPOC\ \rangle^*$

$j10 : Z10 \longrightarrow Z10_{sw_a}$

1.11. Ustrukturyzowany zbiór :RELACJE

$$\mathcal{W}_{RELACJE} = \langle\ Z11, D11, \langle\ Z11_{a11} : a11 \in D11\ \rangle, j11\ \rangle$$

gdzie :

$Z11 = \langle$ RELACJA1,....,RELACJAm,....,RELACJALREL $\rangle$

$D11 = \langle\ sr_m, glr_m, ur_m, npr_m, nkr_m, nsr_m, rr_m, krr_m, osr_m, opr_m, otr_m,$
$onr_m, mpr_m, trr_m, cur_m, crr_m, czr_m, cza_m : m=1,....,LREL\ \rangle$

$Z11_{sr_m} = \langle\ 0,1\ \rangle$

$Z11_{glr_m} = \langle\ 1,....,LGŁOW\ \rangle$

$Z11_{ur_m} = \langle\ 1,....,8\ \rangle$

$Z11_{npr_m} = \langle\ 1,....,LPOL, zp_1,....,zp_e\ \rangle$

$Z11_{nkr_m} = \langle\ 1,....,LPOL, zp_1,....,zp_e\ \rangle$

$Z11_{nsr_m} = \langle\ 1,....,LSYGN\ \rangle$

$Z11_{rr_m} = \langle\ 1,2,3,4,\ \rangle$

$Z11_{krr_m} = \langle\ 1,....,LREL\ \rangle^*$

$Z11_{osr_m} = \mathcal{R}_0^+$

$Z11_{opr_m} = \mathcal{R}_0^+$

$Z11_{otr_m} = \mathcal{R}_0^+$

$Z11_{onr_m} = \mathcal{R}^+$

$Z11_{mpr_m} = \langle 0,\ldots,180 \rangle$

$Z11_{trr_m} = \langle 0,1 \rangle$

$Z11_{cur_m} = \mathcal{R}_0^+$

$Z11_{crr_m} = \mathcal{R}_0^+$

$Z11_{czr_m} = \mathcal{R}_0^+$

$Z11_{cza_m} = \mathcal{R}_0^+$

$j11 : Z11 \longrightarrow Z11_{sr_m} \times Z11_{glr_m} \times Z11_{ur_m} \times Z11_{npr_m} \times Z11_{nkr_m} \times$
$\times Z11_{nsr_m} \times Z11_{rr_m} \times Z11_{krr_m} \times Z11_{osr_m} \times Z11_{opr_m} \times Z11_{otr_m} \times$
$\times Z11_{onr_m} \times Z11_{mpr_m} \times Z11_{trr_m} \times Z11_{cur_m} \times Z11_{crr_m} \times Z11_{czr_m} \times$
$\times Z11_{cza_m}$

1.12. Ustrukturyzowany zbiór : DECYZJE

$\mathcal{U}_{DECYZJE} = \langle Z12, D12, \langle Z12_{a12} : a12 \in D12 \rangle, j12 \rangle$

gdzie :

$Z12 = \langle DECYZJA1,\ldots,DECYZJAp,\ldots,DECYZJALDEC \rangle$

$D12 = \langle sd_p, czr_p, nzp_p, nzr_p, nsg_p, nss_p : p=1,\ldots,LDEC \rangle$

$Z12_{sd_p} = \langle 0,1,2,3,4 \rangle$

$Z12_{czr_p} = \mathcal{R}_0^+$

$Z12_{nzp_p} = \langle 1,\ldots,LPOL, zp_1,\ldots,zp_\omega \rangle$

$Z12_{nzr_p} = \langle 1,\ldots,LREL \rangle$

$Z12_{nsg_p} = \langle 1,\ldots,LSYGN \rangle$

$Z12_{nss_p} = \langle 2,3,4,5,6 \rangle$

$j12 : Z12 \longrightarrow Z12_{sd_p} \times Z12_{czr_p} \times Z12_{nzp_p} \times Z12_{nzr_p} \times Z12_{nsg_p} \times$
$\times Z12_{nss_p}$

1.13. Ustrukturyzowany zbiór : KOLEJKI_DECYZJI

$\mathcal{X}_{KOLEJKI_DECYZJI} = \langle Z13, D13, \langle Z13_{a13} : a13 \in D13 \rangle, j13 \rangle$

gdzie :

$Z13 = \langle KOLDEC1, \ldots, KOLDECt, \ldots, KOLDECLGŁOW \rangle$

$D13 = \langle sk_t : t=1, \ldots, LGŁOW \rangle$

$Z13_{sk_j} = \langle 0, 1, \ldots, LDEC \rangle^*$

$j13 : Z13 \rightarrow Z13_{sk_t}$

1.14. Ustrukturyzowany zbiór : MAKROPOŁĄCZENIA

$\mathcal{Y}_{MAKROPOŁĄCZENIA} = \langle Z14, D14, \langle Z14_{a14} : a14 \in D14 \rangle, j14 \rangle$

gdzie :

$Z14 = \langle MAKROPOL1, \ldots, MAKROPOLe, \ldots, MAKROPOLLMP \rangle$

$D14 = \langle zp_e : e=1, \ldots, LMP \rangle$

$Z14_{zp_e} = \langle 1, \ldots, LPOL \rangle^*$

$j14 : Z14 \rightarrow Z14_{zp_e}$

1.15. Ustrukturyzowany zbiór : PARAMETRY

$Q_{PARAMETRY} = \langle Z15, D15, \langle Z15_{a15} : a15 \in D15 \rangle, j15 \rangle$

gdzie :

$Z15 = \langle$ CZAS_JAZDY, WSPÓŁCZYNNIK_NIEDYSPOZYCJI, CZAS_REAKCJI_POCIĄGU, WSPÓŁCZYNNIK_WPŁYWU_ZMIANY_SYGNAŁU_NA_ZEZWALAJĄCY, WSPÓŁCZYNNIK_WPŁYWU_AWARYJNEJ_ZMIANY_SYGNAŁU_NA_STÓJ $\rangle$

$D15 = \langle$ CZAS_JAZDY, WSPÓŁCZYNNIK, CZAS_REAKCJI, PROCENT1, PROCENT2 $\rangle$

$Z15_{CZAS_JAZDY} = \mathcal{R}_0^+$

$Z15_{WSPÓŁCZYNNIK} = \mathcal{R}_0^+$

$Z15_{CZAS_REAKCJI} = \mathcal{R}_0^+$

$Z15_{PROCENT1} = [\ 0.8, 1\ ]$

$Z15_{PROCENT2} = [\ 1, 2\ ]$

$j15 : Z15 \rightarrow Z15_{CZAS_JAZDY} \times Z15_{WSPÓŁCZYNNIK} \times Z15_{CZAS_REAKCJI} \times Z15_{PROCENT1} \times Z15_{PROCENT2}$

2. Struktura dynamiczna modelu ruchu .

Struktura Dynamiczna Modelu Ruchu Pociągów (SDMRP) dla potrzeb regulacji ruchu przedstawiona zostanie jako złożony System Dyskret-

-nych Zdarzeń .

$$SDMRP = \langle \mathbf{WEJŚCIA_MRP}, \mathbf{STANY_MRP}, \mathbf{WYJŚCIA_MRP}, \{ \delta^{x}_{\phi} : x \in D_x \}, \{ \delta^{y}_{z} : y \in D_y \}, \{ \delta^{v}_{WY} : v \in D_v \}, \hat{t}, \mathbf{WYBÓR} \rangle$$

gdzie :

$$\mathbf{WEJŚCIA_MRP} = \{ \hat{W} : \hat{W} = ((nwp, cwp), (nrd, cgd), (ndec, cad)) \}$$

$$\mathbf{STANY_MRP} = \{ \hat{S} : \hat{S} = ((sp_1, \delta p_1, wsp_1), \ldots, (sp_i, \delta p_i, wsp_i), \ldots, (sp_{LPOC}, \delta p_{LPOC}, wsp_{LPOC}), (sst_1, \delta st_1), \ldots, (sst_s, \delta st_s), \ldots, (sst_{LSTER}, \delta st_{LSTER}), (ssb_1, \delta sb_1), \ldots, (ssb_v, \delta sb_v), \ldots, (ssb_{LSBL}, \delta sb_{LSBL}), (ss_1, nrs_1), \ldots, (ss_j, nrs_j), \ldots, (ss_{LSYON}, nrs_{LSYON}), (spo_1), \ldots, (spo_k), \ldots, (spo_{LPOL}), (sk_1), \ldots, (sk_l), \ldots, (sk_{LPOL}), (sw_1), \ldots, (sw_a), \ldots, (sw_{LPZ}), (sr_1), \ldots, (sr_m), \ldots, (sr_{LREL}), (sd_1), \ldots, (sd_p), \ldots, (sd_{LDEC}), (sk_1), \ldots, (sk_i), \ldots, (sk_{LGLOW})) \}$$

$$\mathbf{WYJŚCIA_MRP} = \{ \hat{V} : \hat{V} = ((lpp_1, lkp_1, npp_1, gmp_1, gnp_1, gdp_1, xp_1, lnz_1, tpo_1, tre_1, ao_1, \mathbf{ODSTEP}_1), \ldots, (lpp_i, lkp_i, npp_i, gmp_i, gnp_i, gdp_i, xp_i, lnz_i, tpo_i, tre_i, ao_i, \mathbf{ODSTEP}_i), \ldots, (lpp_{LPOC}, lkp_{LPOC}, npp_{LPOC}, gmp_{LPOC}, gnp_{LPOC}, gdp_{LPOC}, xp_{LPOC}, lnz_{LPOC}, tpo_{LPOC}, tre_{LPOC}, ao_{LPOC}, \mathbf{ODSTEP}_{LPOC}), (nds_1), \ldots, (nds_s), \ldots, (nds_{LSTER})) \}$$

δ^{x}_{ϕ} - rodzina lokalnych funkcji przejścia dla elementów aktywnych $x \in D_x$ oraz elementów im podległych

D_x - { POCIĄG1, ..., POCIĄGi, ..., POCIĄGLPOC, STEROWANIE1, ..., STEROWANIEs, ..., STEROWANIELSTER, STERSSBL1, ..., STERSSBLw, STERSSBLLSBL }

δ^{y}_{z} - rodzina zewnętrznych funkcji przejścia dla elementów aktywnych $y \in D_y$; $D_y \subseteq D_x$

D_y - { POCIĄG1, ..., POCIĄGi, ..., POCIĄGLPOC }

δ^{v}_{WY} - rodzina funkcji wyjścia dla elementów aktywnych $v \in D_v$; $D_v \subseteq D_x$

D_v - { POCIĄG1, ..., POCIĄGi, ..., POCIĄGLPOC, STEROWANIE1, ..., STEROWANIEs, ..., STEROWANIELSTER }

Funkcja postępu czasu

$\hat{t} : \mathbf{STANY_MRP} \times \mathbf{WEJŚCIA_MRP} \longrightarrow \mathcal{R}^{+}_{0,\infty}$

jest zdefiniowana następująco :

$$\hat{t}(\hat{s} \times \hat{w}) = \min(\delta p_1, \ldots, \delta p_i, \ldots, \delta p_{LPOC}, \delta st_1, \ldots, \delta st_s, \ldots, \delta st_{LSTER}, \delta sb_1, \ldots, \delta sb_v, \ldots, \delta sb_{LSBL}, cwp, cgd, cad)$$

Funkcja WYBÓR wybiera ze zdarzeń zaplanowanych na tę samą chwilę czasu time+$\hat{t}$ takie zdarzenie ,które będzie zrealizowane jako pierwsze :

WYBÓR(D') =

1. ANULATOR_DECYZJI jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∈ D'
2. GENERATOR_DECYZJI jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ GENERATOR_DECYZJI ∈ D'
3. STEROWANIE1 jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ STEROWANIE1 ∈ D'

...

STEROWANIEs jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ STEROWANIE1 ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STEROWANIEs ∈ D'

...

STEROWANIELSTER jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ STEROWANIE1 ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STEROWANIEs ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STEROWANIELSTER ∈ D'

4. STERSSBL1 jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ STEROWANIE1 ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STEROWANIEs ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STEROWANIELSTER ∉ D' ∧ STERSSBL1 ∈ D'

STERSSBLv jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ STEROWANIE1 ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STEROWANIEs ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STEROWANIELSTER ∉ D' ∧ STERSSBL1 ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STERSSBLv ∈ D'

STERSSBLLSBL jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D' ∧ ∧ STEROWANIE1 ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STEROWANIEs ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STEROWANIELSTER ∉ D' ∧ STERSSBL1 ∉ D' ∧ ∧ ... ∧ STERSSBLv ∉ D' ∧

WYBÓR(D') =

```
                                ∧ ... ∧ STERSSBLLSBL ∈ D'
5. POCIĄG1 jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D'∧
                        ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D'∧
                        ∧ STEROWANIE1 ∉ D' ∧
                        ∧ ... ∧ STEROWANIEs ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STEROWANIELSTER ∉ D'
                        ∧ STERSSBL1 ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STERSSBLv ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STERSSBLLSBL ∉ D'∧
                        ∧ POCIĄG1 ∉ D'
  ...
  POCIĄGi jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D'∧
                        ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D'∧
                        ∧ STEROWANIE1 ∉ D' ∧
                        ∧ ... ∧ STEROWANIEs ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STEROWANIELSTER ∉ D'
                        ∧ STERSSBL1 ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STERSSBLv ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STERSSBLLSBL ∉ D'∧
                        ∧ POCIĄG1 ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ POCIĄGi ∈ D'
  ...

  POCIĄGLPOC jeżeli ANULATOR_DECYZJI ∉ D'∧
                        ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D'∧
                        ∧ STEROWANIE1 ∉ D' ∧
                        ∧ ... ∧ STEROWANIEs ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STEROWANIELSTER ∉ D'
                        ∧ STERSSBL1 ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STERSSBLv ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STERSSBLLSBL ∉ D'∧
                        ∧ POCIĄG1 ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ POCIĄGi ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ POCIĄGLPOC ∈ D'
6. GENERATOR_POCIĄGÓW jeżeli
                        ANULATOR_DECYZJI ∉ D'∧
                        ∧ GENERATOR_DECYZJI ∉ D'∧
                        ∧ STEROWANIE1 ∉ D' ∧
                        ∧ ... ∧ STEROWANIEs ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STEROWANIELSTER ∉ D'
                        ∧ STERSSBL1 ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STERSSBLv ∉ D'∧
                        ∧ ... ∧ STERSSBLLSBL ∉ D'∧
                        ∧ POCIĄG1 ∉ D'∧
```

$$\wedge \ldots \wedge \text{POCIĄGL} \notin D' \wedge$$
$$\wedge \ldots \wedge \text{POCIĄGLPOC} \notin D' \wedge$$
$$\wedge \text{GENERATOR_POCIĄGÓW} \in D'$$

gdzie :

time - czas bieżący ;

D' - podzbiór elementów typu aktywnego zaplanowanych do zmiany stanu w czasie następnego zdarzenia w chwili $time+\hat{t}$;

$$D' = \{ \langle POCIĄG1, \ldots, POCIĄGi, \ldots, POCIĄGLPOC, STEROWANIE1, \ldots, STEROWANIEs, \ldots, STEROWANIELSTER, STERSSBL1, \ldots, STERSSBLw, \ldots, STERSSBLLSBL, GENERATOR_DECYZJI, ANULATOR-DECYZJI, GENERATOR_POCIĄGÓW \rangle : \langle \delta p_1, \ldots, \delta p_i, \ldots, \delta p_{LPOC}, \delta st_1, \ldots, \delta st_s, \ldots, \delta st_{LSTER}, \delta sb_1, \ldots, \delta sb_w, \ldots, \delta sb_{LSBL}, \delta gd, \delta ad, \delta gp \rangle = \hat{t} \}$$

3. Funkcje przejścia elementów aktywnych

3.1. Element aktywny POCIĄGi (i=1,...,LPOC)

Zewnętrzna funkcja przejścia elementu POCIĄGi

$$\delta_z^{POCIĄGi}(D6, D1) = (sp'_i, \delta p'_i, wsp'_i, lpp'_i, lkp'_i, npp'_i, gmp'_i, gnp'_i, gdp'_i, xp'_i, lnz'_i, tpo'_i, tre'_i, ao'_i, ODSTEP'_i, sw'_c)$$

Lokalna funkcja przejścia elementu POCIĄGi oraz jego elementów podległych .

$$\delta_\phi^{POCIĄGi}(D1, D2, D3, D7, D9, D10, D15) = (sp'_i, \delta p'_i, wsp'_i, ss'_j, nrs'_j, sk'_i, sw'_c, sst'_s, \delta st'_s, ssb'_w, \delta sb'_w)$$

Funkcja wyjścia elementu POCIĄGi

$$\delta_{\omega y}^{POCIĄGi}(D1, D2, D3, D7, D9, D10, D15) = (lpp'_i, lkp'_i, npp'_i, gmp'_i, gnp'_i, gdp'_i, xp'_i, lnz'_i, tpo'_i, tre'_i, ao'_i, ODSTEP'_i)$$

3.2. Element aktywny STEROWANIEs (s=1,...,LSTER)

Lokalna funkcja przejścia elementu STEROWANIEs oraz jego elementów podległych

$$\delta_{\phi}^{STEROWANIEs}(D1,D2,D3,D5,D7,D8,D9,D11,D12,D13,D14,D15) = (sst'_a, \delta st'_a, ss'_j, nrs'_j, sd'_p, spo'_k, sr'_m, sp'_i, \delta p'_i, wsp'_i, ssb'_w, \delta sb'_w)$$

Funkcja wyjścia elementu STEROWANIEs

$$\delta_{\phi}^{STEROWANIEs}(D1,D2,D3,D5,D7,D8,D9,D11,D12,D13,D14,D15) = (nds'_a)$$

3.3. Element aktywny STERSSBLw (w=1,...,LSBL)

Lokalna funkcja przejścia elementu STERSSBLw oraz jego elementów podległych

$$\delta_{\phi}^{STERSSBLw}(D1,D2,D3,D7,D8,D9,D11,D15) = (ssb'_w, \delta sb'_w, spo'_k, sr'_m, ss'_j, nrs'_j, sp'_i, \delta p'_i, wsp'_i)$$

4. Uwagi końcowe

Szczegółowa specyfikacja lokalnych funkcji przejścia elementów modelu ruchu pociągów przedstawiona została w pracy [KRA'89]. Na podstawie opisu formalnego modelu ruchu pociągów zrealizowano program symulacyjny w języku LOGLAN, który spełnia rolę symulatora ruchu pociągów.

Spis oznaczeń

a - wskaźnik kolejnego elementu typu KOLWE ;

ao_i - aktualne opóźnienie pociągu i ;

cad - moment anulowania decyzji ;

ca_k - moment zajmowania połączenia k ;

cb_k - czas porozumienia się na temat połączenia k ;

cgd - moment generowania decyzji nrd ;

crr_m - moment rozwiązania drogi przebiegu dla relacji m ;

cur_m - moment ustawienia drogi przebiegu dla relacji m ;

cwp - moment wygenerowania pociągu ;

cza_m - czas od momentu podjęcia decyzji o awaryjnym anulowaniu sygnału zezwalającego przez sterującego ruchem do momentu, gdy można rozpocząć rozwiązywanie drogi przebiegu relacji m ;

czr_m - czas od zajęcia relacji m do podania sygnału zezwalającego na sygnalizatorze ;

czr_p - moment planowego rozpoczęcia realizacji decyzji p ;

da_k - długość połączenia k od głowicy gp_k do głowicy gk_k ;

db_k - długość połączenia k od głowicy gk_k do głowicy gp_k ;

dl_i - długość pociągu i ,

dnj_k - dopuszczalny nacisk jednostkowy osi na szynę ;

dp_k - dopuszczalna prędkość na połączeniu k ;

e - wskaźnik kolejnego parametru ogólnego typu MAKROPOL ;

gdp_i - numer głowicy dalszej pociągu i ;

gk_k - numer głowicy ograniczającej połączenie k z jednej ze stron ;

glr_m - głowica na której znajduje się relacja m ;

gmp_i - numer głowicy , którą minął pociąg i ;

gnp_i - numer głowicy następnej dla pociągu i ;

gp_k - numer głowicy ograniczającej połączenie k z jednej ze stron ;

i - wskaźnik kolejnego elementu typu POCIĄG ;

i1 - wskaźnik pomocniczy ;

ilość- funkcja obliczająca ilość elementów w kolejce typu FIFO ;

j - wskaźnik kolejnego elementu tupu SYGNALZATOR ;

j1,j2,... - funkcje przydziału ;

k - wskaźnik kolejnego elementu typu POŁĄCZENIE ;

kat_i - kategoria pociągu i ;

kn_j - kolejowa nazwa sygnalizatora j ;

krr_m - numery relacji kolizyjnych do relacji m ;

l - wskaźnik kolejnego elementu typu KOLEJKA ;

lkp_i - lokalizacja końca pociągu i ;

lnz_i - liczba nieplanowych zatrzymań pociągu i ;

lpp_i - lokalizacja początku pociągu i ;

m - wskaźnik kolejnego elementu typu RELACJA ;

ma_i - masa pociągu i ;

mp_i - maksymalna prędkość pociągu i ;

mpr_m – dopuszczalna prędkość na relacji m ;

n – ilość połączeń znajdujących się na planowanej trasie przejazdu przez rejon sieci pociągu i ;

ndec – numer anulowanej decyzji ;

nds_s – numer decyzji realizowanej przez sterowanie s ;

ng_j – numer głowicy za sygnalizatorem j ;

nkd – numer kolejki decyzji, w której umieszczona zostanie decyzja nrd ;

nk_i – numer kolejowy pociągu i ;

nkr_m – numer połączenia końcowego relacji m ;

npp_i – numer pociągu i w kolejce na połączeniu ;

npr_m – numer połączenia początkowego relacji m ;

nrd – numer decyzji wygenerowanej przez generator decyzji ;

nrr_v – numer relacji zajmowanej przez sterowanie STERSSBLv ;

nrs_j – numer relacji za sygnalizatorem j ;

nsg_p – numer sygnalizatora podany w decyzji p, na który będzie podany sygnał zezwalający ;

nsp_v – numer poprzedniego sterowania STERSSBLv ;

nsr_m – numer sygnalizatora relacji m ;

nss_p – numer stanu sygnalizatora, jaki ma zostać podany na sygnalizatorze nsg_p ;

nss_v – numer sygnalizatora sterowanego przez sterowanie STERSSBLv ;

nwj_i – numer wjazdu pociągu i do rejonu sieci ;

nwp – numer wygenerowanego pociągu ;

nwy_i – numer wyjazdu pociągu i z rejonu sieci ;

nzp_p – numer zajmowanego połączenia w decyzji p ;

nzr_p – numer zajmowanej relacji w decyzji p ;

onr_m – odległość od sygnalizatora wjazdowego na relację do miejsca ustawienia następnego sygnalizatora ;

opr_m – odległość od sygnalizatora wjazdowego na relację do przebiegowego miejsca końca pociągu ;

osr_m – odległość od sygnalizatora wjazdowego na relację do sygnałowego miejsca końca pociągu ;

otr_m – odległość od sygnalizatora wjazdowego na relację do miejsca ustawienia tarczy ostrzegawczej następnego sygnalizatora ;

p – wskaźnik kolejnego elementu typu DECYZJA ;

pph_i – opóźnienie hamowania pociągu i ;

ppr_i – przyśpieszenie przy rozruchu pociągu i ;

rb_j – rodzaj blokady samoczynnej sygnalizatora j ;

reszta – funkcja usuwająca z kolejki typu FIFO element pierwszy;

rj_i – rozkład jazdy pociągu i ;

rod_i – rodzaj pociągu i ;

rpp_i – rzeczywisty procent masy hamującej pociągu i ;
rp_k – rodzaj połączenia k ;
rr_k – rodzaj ruchu na połączeniu k ;
rr_m – rodzaj relacji m ;
rs_j – rodzaj sygnalizatora j ;
s – wskaźnik kolejnego elementu typu STEROWANIE ;
$\hat{s}$ – ogólny zapis chwilowego stanu modelu ruchu pociągów ;
sad – stan anulatora decyzji ;
sa_k – numer sygnalizatora ograniczającego wjazd z połączenia k na głowicę gk_k ;
sb_k – numer sygnalizatora ograniczającego wjazd z połączenia k na głowicę gp_k ;
sd_p – stan decyzji p ;
sgd – stan generatora decyzji ;
sgp – stan generatora pociągów ;
sk_l – zawartość kolejki pociągów na połączeniu l ;
sk_t – zawartość kolejki decyzji do realizacji na głowicy t ;
sp_i – stan pociągu i ;
spo_k – stan połączenia k ;
srj_i – skrócony rozkład jazdy pociągu i ;
sr_m – stan relacji m ;
ssb_v – stan sterowania typu STERSSBLv ;
ss_j – stan sygnalizatora j ;
sst_a – stan sterowania typu STEROWANIEa ;
sw_a – zawartość kolejki pociągów przy wjazdach do rejonu sieci ;
t – wskaźnik kolejnego elementu typu KOLDEC ;
$\hat{t}$ – funkcja postępu czasu ;
time – czas bieżący ;
tp_k – rodzaj trakcji na połączeniu k ;
tpo_i – planowany moment zwolnienia połączenia opuszczanego przez odjeżdżający pociąg i ;
tr_i – rodzaj trakcji pociągu i ;
tre_i – planowany moment zwolnienia relacji opuszczanej przez odjeżdżający pociąg ;
trr_m – rodzaj trakcji na relacji m ;
ur_m – rodzaj urządzeń srk na relacji m ;
$\hat{v}$ – ogólny zapis typowego wyjścia modelu ruchu pociągów ;
w – wskaźnik kolejnego elementu typu STERSSBL ;
$\hat{w}$ – ogólny zapis typowego wejścia modelu ruchu pociągów ;
wsp_i – aktualny wskaźnik pociągu i w rozkładzie jazdy ;
xp_i – numer sygnalizatora współpracującego aktualnie z pociągiem i ;
$y_{i1,i}$ – kolejne połączenie na trasie pociągu i ;

zp_e - zestaw połączeń makropołączenia e ;

δad - czas pozostawiania anulatora decyzji w aktualnym stanie ;

δgd - czas pozostawania generatora decyzji w aktualnym stanie ;

δgp - czas pozostawania generatora pociągów w aktualnym stanie ;

δp_i - czas pozostawania pociągu i w aktualnym stanie ;

δsb_w - czas pozostawania sterowania STERSSBLw w aktualnym stanie ;

δst_s - czas pozostawania sterowania STEROWANIEs w aktualnym stanie ;

$\tau_{ii,i}$ - planowe momenty wjazdu pociągu i na kolejne odstępy ;

$\eta_{ii,i}$ - minimalne czasy pobytu pociągu i na kolejnych odstępach ;

δ^x_ϕ - lokalna funkcja przejścia elementów aktywnych modelu ruchu pociągów ;

δ^y_z - zewnętrzna funkcja przejścia elementów aktywnych modelu ruchu pociągów ;

δ^v_{vy} - funkcja wyjścia ;

CZAS_JAZDY - czas jazdy pociągu między kolejnymi punktami to-pologicznymi istotnymi ze względu na zmianę stanu któregoś z elementów modelu ;

CZAS_KONTROLNY - kwant czasu, z jakim testowana jest wybrana zmienna elementu lub o jaki będzie opóźniona zmiana stanu elementu ;

CZAS_REAKCJI - funkcja losowa uwzględniająca czas reakcji sto-jącego pociągu na sygnał zezwalający ;

D1,D2,... - uporządkowane zbiory współrzędnych $a1_1, a1_2, a1_3, \ldots, a2_1, a2_2, a2_3, \ldots$ zbiorów Z1,Z2,... ;

D' - podzbiór elementów aktywnych zaplanowanych do zmiany stanu w czasie następnego zdarzenia ;

D_x, D_y, D_v - podzbiory elementów aktywnych ;

F1 - funkcja ustalająca kolejność wjazdu pociągów z kolejki KOLWEa do rejonu sieci ;

F2 - funkcja generująca liczby z zakresu [0,50] ;

LDEC - liczba decyzji potrzebna do przejazdu wszystkich pociągów przez rejon sieci ;

LGŁOW - liczba głowic w rejonie sieci ;

LMP - liczba makropołączeń w rejonie sieci ;

LODS - liczba odstępów w rejonie sieci ;

LPOC - liczba pociągów ;

LPOL - liczba połączeń w rejonie sieci ;

LPZ - liczba punktów granicznych rejonu sieci ;

LREL – liczba relacji w rejonie sieci ;

LSBL – liczba sygnalizatorów SBL w rejonie sieci ;

LST – maksymalna liczba możliwych jednocześnie do zrealizowania na danej głowicy niezależnych przebiegów pociągowych ;

LSTER – maksymalna liczba możliwych jednocześnie do zrealizowania w rejonie sieci niezależnych przebiegów pociągowych ;

LSYGN – liczba sygnalizatorów w rejonie sieci ;

MRP – model ruchu pociągów ;

PROCENT1 – zmienna losowa uwzględniająca wpływ zmiany sygnału ze STÓJ na sygnał zezwalający ;

PROCENT2 – zmienna losowa uwzględniająca wpływ awaryjnej zmiany sygnału z zezwalającego na STÓJ na pociąg ;

SDMRP – struktura dynamiczna modelu ruchu pociągów ;

SSMRP – struktura statyczna modelu ruchu pociągów ;

WSPÓŁCZYNNIK – funkcja losowa uwzględniająca czas tracony w wyniku niedyspozycji sterującego ruchem ;

$Z1, Z2, \ldots$ – zbiory obdarzone strukturą ;

$Z1_{a1}, Z2_{a2}, \ldots$ – zakresy elementu $a1, a2$ dla każdego $a1 \in D1, a2 \in D2, \ldots$;

$\mathcal{A}_{POCIĄGI}$ – ustrukturyzowany zbiór pociągów ;

$\mathcal{B}_{STEROWANIA}$ – ustrukturyzowany zbiór sterowań ;

$\mathcal{K}_{KOLEJKI_ZEWNĘTRZNE}$ – ustrukturyzowany zbiór kolejek pociągów na punktach granicznych ;

$\mathcal{L}_{ANULATOR_DECYZJI}$ – ustrukturyzowany zbiór anulatora decyzji ;

$\mathcal{M}_{STEROWANIE_SBL}$ – ustrukturyzowany zbiór sterowań sygnalizatorami SBL ;

$\mathcal{N}_{GENERATOR_DECYZJI}$ – ustrukturyzowany zbiór generatora decyzji ;

$\mathcal{P}_{POŁĄCZENIA}$ – ustrukturyzowany zbiór połączeń ;

$\mathcal{Q}_{PARAMETRY}$ – ustrukturyzowany zbiór parametrów ogólnych ;

$\mathcal{S}_{KOLEJKI_POCIĄGÓW}$ – ustrukturyzowany zbiór kolejek pociągów ;

$\mathcal{T}_{GENERATOR_POCIĄGÓW}$ – ustrukturyzowany zbiór generatora pociągów ;

$\mathcal{U}_{DECYZJE}$ – ustrukturyzowany zbiór decyzji ;

$\mathcal{V}_{RELACJE}$ – ustrukturyzowany zbiór relacji ;

$\mathcal{X}_{KOLEJKI_DECYZJI}$ – ustrukturyzowany zbiór kolejek decyzji ;

$\mathcal{Y}_{MAKROPOŁĄCZENIA}$ – ustrukturyzowany zbiór makropołączeń ;

$\mathcal{Z}_{SYGNALIZATORY}$ – ustrukturyzowany zbiór sygnalizatorów ;

$\mathcal{C}_0^+$ – zbiór liczb całkowitych nieujemnych ;

$\mathcal{R}$ – zbiór liczb rzeczywistych ;

$\mathcal{R}_0^+$ – zbiór liczb rzeczywistych dodatnich wraz z zerem ;

$\mathcal{R}_{0,\infty}^+$ – zbiór liczb rzeczywistych dodatnich wraz z zerem i nieskończonością ;

[ ] – przedział liczb ;

{ } - zbiór ;

{ }* - zbiór wszystkich skończonych sekwencji zbioru { } ;

LITERATURA

[1] AHO A.V., HOPCROFT J.E., ULLMAN J.D.: Projektowanie i analiza programów komputerowych. PWN, Warszawa 1983.

[2] BUSLENKO N.P., KAŁASZNIKOW W.W., KOWALENKO I.N.: Teoria systemów złożonych. PWN, Warszawa 1979

[3] GORDON G.: Symulacja systemów. WNT, Warszawa 1974

[4] Instytut Transportu Politechniki Śląskiej (praca zbiorowa): Zasady projektowania i wdrażanie systemów sterowania ruchem ulicznym pod kątem minimalizacji energochłonności transportu Katowice 1985 (maszynopis pracy naukowo-badawczej, symbol PR-8 5.7.01.06.e1.)

[5] KONIECZNY Roman + zespół (praca zbiorowa): Opracowanie koncepcji makroskopowego modelu symulacyjnego ruchu pociągów - etap I zadania "Komputerowy makromodel ruchu pociągów" - Katowice 1986 (maszynopis pracy naukowo-badawczej NB-323/RT/86 programu RP.I.09)

[6] KONIECZNY Roman + zespół (praca zbiorowa): Zastosowanie języka LOGLAN do modelowania dużych systemów transportowych na przykładzie modelu ruchu pociągów - Katowice 1987 (maszynopis pracy naukowo-badawczej NB-277/RT/87 program RP.I.09)

[7] JARON J.: Cele systemu, ich przestrzeń i realizacja - Zeszyt Formalne opisy systemów i ich zastosowania, wyd. Politechnika Wrocławska 1978

[8] KONDRATOWICZ L.: Modelowanie symulacyjne systemów. WNT, Warszawa 1978

[9] KONIECZNY Roman, KRAWIEC Stanisław, WOJCIECHOWSKI Bogusław: Symulator ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną dla minikomputera MERA-400 - referat opublikowany w materiałach IV Konferencji Naukowej Instytutu Transportu Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1985.

[10] KONIECZNY Roman, KRAWIEC Stanisław, WOJCIECHOWSKI Bogusław: O pewnym modelu symulacyjnym do oceny jakości organizacji i sterowania ruchu drogowego - referat opublikowany w materiałach konferencji naukowej "Organizacja ruchu w śródmieściu" Kraków - Nowy Sącz, 1986

[11] KONIECZNY Roman, KRAWIEC Stanisław: Komputerowy model ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną - Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Transport nr 5/1987

[12] KORZAN B.: Wybrane zagadnienia teorii grafów i sieci - materiały konferencji szkoleniowej - Jabłonna 1978

[13] KRAWIEC Stanisław: Model symulacyjny przemieszczania pociągów dla potrzeb regulacji ruchu - Praca doktorska *(maszynopis)*.

[14] MESAROWICZ M.D.: Matematyczna teoria systemów ogólnych - tom Ogólna teoria systemów pod redakcją G.J.Klira, WNT Warszawa 1976

[15] PERKOWSKI P.: Technika Symulacji Cyfrowej. WNT, Warszawa 1980

[16] WYMORE A.W.: Spleciona teoria systemów - tom Ogólna teoria systemów pod red. G.J.Klira, WNT Warszawa 1976

[17] ZEIGLER B.P.: Teoria modelowania i symulacji. PWN, Warszawa 1984

FORMAL SPECIFICATION OF A TRAIN TRAFFIC MODEL

Summary

A detailed formal specification of a train traffic model, which had been realized for the traffic control needs, has been presented in the paper.

The formal specification of the model consists of static and dynamic struktures.

The static strukture comprises a sequence of co-ordinated files in which the formal specification of all elements and description variables together with their ranges and allocation functions has been included.

The dynamic strukture of the model is presented in a convention of the Complex System of Discrete Events. It comprises transition local functions, input and output functions of all active elements of the model and subordinate elements. Within this structure the time progression function and functions that determine the succesion of events occurence in case they should occure simultaneously have been defined too.

The train traffic model formal specification has enabled the model software realization in LOGLAN language.

FORMALE BESCHRIEBUNG DES ZUGVERKEHRSMODELLS

Zusammenfassung

Im Aufsatz wurde detaillierte formale Beschreibung des Zugverkehrsmodells vorgestellt, das für die Verkehrsregelung realisiert wurde. Formale Modellbeschriebung bestekt aus einer statischen und dynamischen Struktur.

Die statische struktur beinhalted eine Reihe von struktuzierten (Koordinierten) Mengen, in welchen die formale Beschriebung aller Elemente und Beschriebungsvariablen des Modells mit ihren Wertbereichen und Zugehörigkeitsfunktionen angegeben wurden.

Die dynamische Modellstruktur wurde in der Konvention des Komplexen Systems der Diskreter Ereignisse besekrieben. Sie beinhalted lokale Übergangsfunktionen, Eingangs- und Ausgangsfunktionen aller aktiven Elemente sowie ihren unterstellten Elementen. Im Rahmen dieser Struktur wurden auch Zeitfartschvittsfunktion sowie Funktion definiert, die über der Reihenfolge des Auftretkus der Ereignisse imm Falle, wenn sie gleichzeitig auftreten sollen, entscheidet.

Die formale beschriebung des Zugverkehrsmodells ermöglichte die Realisierung der Modellsoftware in der Sprache LOGLAN.

ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Резюме

В статье дано детальное описание формальной модели движения поездов которая была реализована для нужд управления движением.

Формальное описание модели состоит из статической и динамической структуры. Статическая структура состоит из ряда множеств координированных, в которых сосредоточено формальное описание всех моделей вместе с широтой и функциями действия. Динамическая структура модели представляется в конвенции Сложной Системы Дискретных Событый. Она состаит из локальных переходных функций, функций выхода и функций входа всех активных элементов модели и подчиненных им элементов. В рамках этой структуры дано определение прогресса времени а также функций решающей очередност выступания события в случае, когда они должны выступать одновременно. Формальное описание модели движения поездов дало возможность создать программное обеспечение модели на языке LOGLAN.