

## ОБОБЩЕНОМРЕЖОВ МОДЕЛ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНАТА МРЕЖА НА БЪЛГАРИЯ

Тончо Боюков<sup>1</sup> и Красимир Атанасов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Университет “Проф. д-р Асен Златаров”,  
Бургас-8010, ул. Проф. Якимов, № 10  
e-mail: toncho\_b@abv.bg

<sup>2</sup> Секция по биоинформатика и математическо моделиране  
Институт по биофизика и биомедицинско инженерство  
Българска академия на науките  
София-1113, ул. “Акад. Г. Бончев”, блок 105  
e-mail: krat@bas.bg

**Резюме:** В статията е описан подробен обобщеномрежов модел на цялата железопътна мрежа на България. Преходите в модела съответстват на гарите в страната, от които има разклонения в поне две посоки, докато гарите, от които няма разклонения са пропуснати. Дискутирани са възможните приложения на създадения модел за оптимизиране на железопътната транспортна мрежа на България и на движението на влаковете в нея.

**Ключови думи:** Железопътен транспорт, Модел, Обобщена мрежа.

### 1 Увод

Мрежите на Петри (*Petri Nets*, [3, 4]) са признати като мощни инструменти за моделиране и анализ за железопътни транспортни системи. Обобщените мрежи (ОМ, *Generalized Nets* (*GN*), [1, 2]) са инструмент за моделиране на паралелни процеси, включително като частни случаи, стандартните мрежи на Петри и всички техни модификации и разширения.

Значението на системите за обществен транспорт продължава да расте ([5–11]). Тези системи трябва да отговорят на нарастващото търсене на мобилност на населението и смущенията в трафика. Железопътните транспортни мрежи могат да се разглеждат като системи за дискретни събития с ограничения във времето. Времевият фактор е критичен параметър, тъй като той включва дати и часове, които трябва да се спазват, за да се избегнат припокривания, закъснения и сблъсъци между влаковете.

Смущенията в тези системи включват железопътната инфраструктура, управлението на трафика и смущения като например времето, препятствия по релсите, натоварване на трафика, катастрофи, бедствия и др.

Тази статия е посветена на моделирането и изследването на железопътната транспортна схема на България (вж. Фигура 1), като целта е да се изгради подробен ОМ-модел на цялата железопътна мрежа на България, разделена на четири съставни части: Западна България (Фигура 3), Северна Централна България (Фигура 4), Южна Централна България (Фигура 5) и Източна България (Фигура 6).



Фигура 1. Обща схема на железопътната мрежа на България, [5]

## 2 Обобщеномрежов модел

По-долу ще опишем подробно преходите на обобщената мрежа, състояща се от общо 57 прехода и 197 позиции.

Преходите от  $Z_1$  до  $Z_{20}$ , визуализирани на Фигура 3, описват железопътната транспортна схема в Западна България.

Преходите  $Z_{21}$ ,  $Z_{22}$ ,  $Z_{26}$ ,  $Z_{27}$ ,  $Z_{32}$ ,  $Z_{33}$ ,  $Z_{37}$  до  $Z_{40}$  и  $Z_{43}$ , визуализирани на Фигура 4, описват железопътната транспортна схема в Северна Централна България. Връзката между частта от обобщената мрежа на Фигура 3 и Фигура 4 се осъществява посредством позиции  $l_{58}$  и  $l_{69}$ .

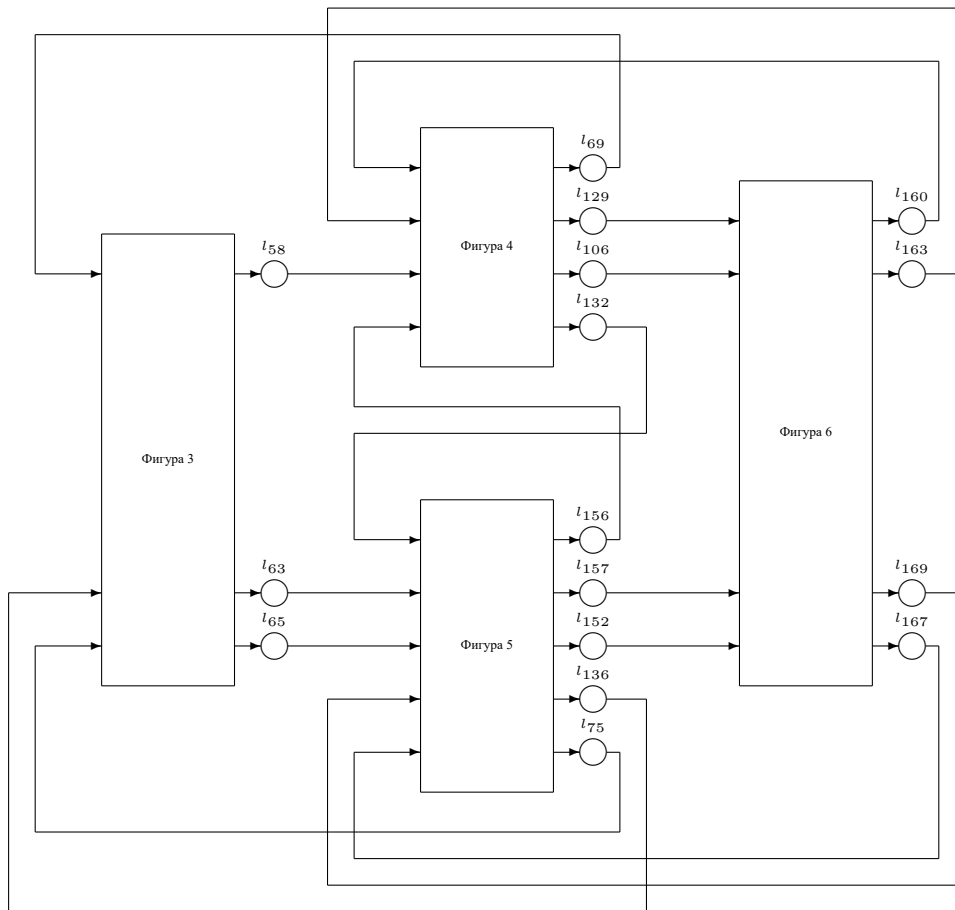
Преходите  $Z_{23}$  до  $Z_{25}$ ,  $Z_{28}$  до  $Z_{31}$ ,  $Z_{34}$  до  $Z_{36}$ ,  $Z_{41}$ ,  $Z_{42}$  и  $Z_{44}$  до  $Z_{46}$ , визуализирани на Фигура 5, описват железопътната транспортна схема в Южна Централна България. Връзката между частите от обобщената мрежа, показани на Фигура 3 и Фигура 5 (Западна-Южна България), се осъществява посредством позиции  $l_{63}$ ,  $l_{65}$ ,  $l_{75}$  и  $l_{136}$ .

Връзката между частите от обобщената мрежа, показани на Фигура 4 и Фигура 5 (Северна–Южна България), се осъществява посредством позиции  $l_{132}$  и  $l_{156}$ .

Преходите от  $Z_{47}$  до  $Z_{57}$ , визуализирани на Фигура 6, описват железопътната транспортна схема в Източна България. Връзката между частта от обобщената мрежа на Фигура 4 и Фигура 6 (Северна–Източна България) се осъществява посредством позиции  $l_{106}$ ,  $l_{129}$ ,  $l_{160}$  и  $l_{163}$ . Връзката между частта от обобщената мрежа на Фигура 5 и Фигура 6 (Южна–Източна България) се осъществява посредством позиции  $l_{152}$ ,  $l_{157}$ ,  $l_{167}$  и  $l_{169}$ .

Пряка, неопосредствена връзка между частите от ОМ-модела, визуализирани на Фигура 3 и Фигура 6 (Западна–Източна България), няма.

На Фигура 2 се вижда връзката между четирите части на ОМ-модела показани на Фигура 3 до Фигура 6.



Фигура 2. Връзки между отделните части на ОМ-модела на ЖП мрежата в България, визуализирани на Фигури 3–6.

## 2.1 ОМ-модела на ЖП мрежата в Западна България

Преходите от  $Z_1$  до  $Z_{20}$ , визуализирани на Фигура 3, описват железопътната транспортна схема в Западна България.

$$Z_1 = \langle \{l_1, l_5, l_{15}\}, \{l_3, l_4, l_5\}, \begin{array}{c|ccc} & l_3 & l_4 & l_5 \\ \hline l_1 & false & false & true \\ l_5 & W_{5,3} & W_{5,4} & W_{5,5} \\ l_{15} & false & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{5,3}$  = “влакът е за гара Брусарци”,

$W_{5,4}$  = “влакът е за гара Калафат (Румъния)”,

$W_{5,5}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Видин”.

$$Z_2 = \langle \{l_2, l_8, l_{19}\}, \{l_6, l_7, l_8\}, \begin{array}{c|ccc} & l_6 & l_7 & l_8 \\ \hline l_2 & false & false & true \\ l_8 & W_{8,6} & W_{8,7} & W_{8,8} \\ l_{19} & false & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{8,6}$  = “влакът е за гара Волюяк”,

$W_{8,7}$  = “влакът е за гара Димитровград (Сърбия)”,

$W_{8,8}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Калотина”.

$$Z_3 = \langle \{l_{10}, l_{22}\}, \{l_9, l_{10}\}, \begin{array}{c|cc} & l_9 & l_{10} \\ \hline l_{10} & W_{10,9} & W_{10,10} \\ l_{22} & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{10,9}$  = “влакът е за гара Волюяк”,

$W_{10,10}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Банкя”.

$$Z_4 = \langle \{l_{12}, l_{24}\}, \{l_{11}, l_{12}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{11} & l_{12} \\ \hline l_{12} & W_{12,11} & W_{12,12} \\ l_{24} & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{12,11}$  = “влакът е за гара Радомир”,

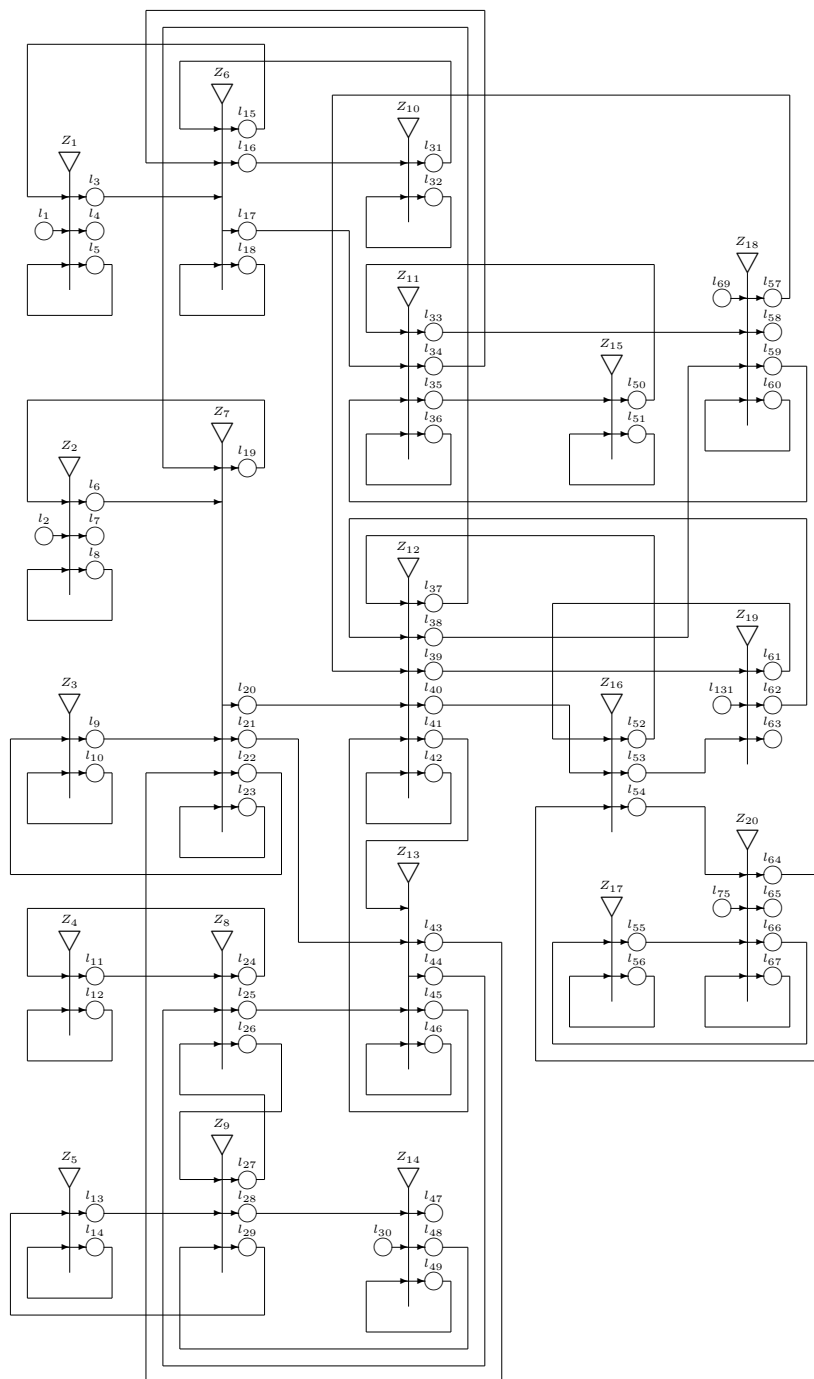
$W_{12,12}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Кюстендил”.

$$Z_5 = \langle \{l_{14}, l_{29}\}, \{l_{13}, l_{14}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{13} & l_{14} \\ \hline l_{14} & W_{14,13} & W_{14,14} \\ l_{29} & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{14,13}$  = “влакът е за гара Генерал Тодоров”,

$W_{14,14}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Петрич”.



Фигура 3. OM модел на ЖП мрежата в Западна България

$$Z_6 = \langle \{l_3, l_{18}, l_{31}, l_{34}\}, \{l_{15}, l_{16}, l_{17}, l_{18}\},$$

	$l_{15}$	$l_{16}$	$l_{17}$	$l_{18}$
$l_3$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{18}$	$W_{18,15}$	$W_{18,16}$	$W_{18,17}$	$W_{18,18}$
$l_{31}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{34}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{18,15}$  = “влакът е за гара Лом”,

$W_{18,16}$  = “влакът е за гара Бойчиновци”,

$W_{18,17}$  = “влакът е за гара Видин”,

$W_{18,18}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Брусарци”.

$$Z_7 = \langle \{l_6, l_9, l_{23}, l_{37}, l_{43}\}, \{l_{19}, l_{20}, l_{21}, l_{22}, l_{23}\},$$

	$l_{19}$	$l_{20}$	$l_{21}$	$l_{22}$	$l_{23}$	
$l_6$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>	
$l_9$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>	
$l_{23}$	$W_{23,19}$	$W_{23,20}$	$W_{23,21}$	$W_{23,22}$	$W_{23,27}$	$W_{23,23}$
$l_{37}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>	
$l_{43}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>	

където

$W_{23,19}$  = “влакът е за гара Калотина,

$W_{23,20}$  = “влакът е за гара София”,

$W_{23,21}$  = “влакът е за гара Перник”,

$W_{23,22}$  = “влакът е за гара Банкя”,

$W_{23,23}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Волюяк”.

$$Z_8 = \langle \{l_{11}, l_{27}, l_{44}\}, \{l_{24}, l_{25}, l_{26}\},$$

	$l_{24}$	$l_{25}$	$l_{26}$
$l_{11}$	<i>false</i>	<i>true</i>	<i>false</i>
$l_{27}$	<i>false</i>	<i>true</i>	<i>false</i>
$l_{44}$	$W_{44,24}$	<i>false</i>	$W_{44,26}$

където

$W_{44,24}$  = “влакът е за гара Кюстендил”,

$W_{44,26}$  = “влакът е за гара Генерал Тодоров”.

$$Z_9 = \langle \{l_{13}, l_{26}, l_{48}\}, \{l_{27}, l_{28}, l_{29}\},$$

	$l_{27}$	$l_{28}$	$l_{29}$
$l_{13}$	<i>true</i>	<i>false</i>	<i>false</i>
$l_{26}$	<i>false</i>	$W_{26,28}$	$W_{26,29}$
$l_{48}$	<i>true</i>	<i>false</i>	<i>false</i>

където

$W_{26,28}$  = “влакът е за гара Кулата”,

$W_{26,29}$  = “влакът е за гара Петрич”.

$$Z_{10} = \langle \{l_{16}, l_{32}\}, \{l_{31}, l_{32}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{31} & l_{32} \\ \hline l_{16} & false & true \\ l_{32} & W_{32,31} & W_{32,32} \end{array} \rangle,$$

където

$W_{32,31}$  = “влакът е за гара Брусарци”,

$W_{32,32}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Лом”.

$$Z_{11} = \langle \{l_{17}, l_{36}, l_{50}, l_{59}\}, \{l_{33}, l_{34}, l_{35}, l_{36}\},$$

	$l_{33}$	$l_{34}$	$l_{35}$	$l_{36}$
$l_{17}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{36}$	$W_{36,33}$	$W_{36,34}$	$W_{36,35}$	$W_{36,36}$
$l_{50}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{59}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{36,33}$  = “влакът е за гара Мездра”,

$W_{36,34}$  = “влакът е за гара Брусарци”,

$W_{36,35}$  = “влакът е за гара Берковица”,

$W_{36,36}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Бойчиновци”.

$$Z_{12} = \langle \{l_{20}, l_{42}, l_{45}, l_{52}, l_{57}, l_{62}\}, \{l_{37}, l_{38}, l_{39}, l_{40}, l_{41}, l_{42}\},$$

	$l_{37}$	$l_{38}$	$l_{39}$	$l_{40}$	$l_{41}$	$l_{42}$
$l_{20}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{42}$	$W_{42,37}$	$W_{42,38}$	$W_{42,39}$	$W_{42,40}$	$W_{42,41}$	$W_{42,42}$
$l_{45}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{52}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{57}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{62}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{42,37}$  = “влакът е за гара Волюяк”,

$W_{42,38}$  = “влакът е за гара Мездра”,

$W_{42,39}$  = “влакът е за гара Карлово”,

$W_{42,40}$  = “влакът е за гара Септември”,

$W_{42,41}$  = “влакът е за гара Перник”,

$W_{42,42}$  = “влакът трябва да маневрира на гара София”.

$$Z_{13} = \langle \{l_{21}, l_{25}, l_{41}, l_{46}\}, \{l_{43}, l_{44}, l_{45}, l_{46}\}, \begin{array}{c|cccc} & l_{43} & l_{44} & l_{45} & l_{46} \\ \hline l_{21} & false & false & false & true \\ l_{25} & false & false & false & true \\ l_{41} & false & false & false & true \\ l_{46} & W_{46,43} & W_{46,44} & W_{46,45} & W_{46,46} \end{array} \rangle,$$

където

$W_{46,43}$  = “влакът е за гара Волюяк”,

$W_{46,44}$  = “влакът е за гара Радомир”,

$W_{46,45}$  = “влакът е за гара София”,

$W_{46,46}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Перник”.

$$Z_{14} = \langle \{l_{28}, l_{30}, l_{49}\}, \{l_{47}, l_{48}, l_{49}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{47} & l_{48} & l_{49} \\ \hline l_{28} & false & false & true \\ l_{30} & false & false & true \\ l_{49} & W_{49,47} & W_{49,48} & W_{49,49} \end{array} \rangle,$$

където

$W_{49,47}$  = “влакът е за гара Промахон (Гърция)”,

$W_{30,48}$  = “влакът е за гара Генерал Тодоров”,

$W_{49,49}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Кулата”.

$$Z_{15} = \langle \{l_{35}, l_{51}\}, \{l_{50}, l_{51}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{50} & l_{51} \\ \hline l_{50} & false & true \\ l_{51} & W_{51,50} & W_{51,51} \end{array} \rangle,$$

където

$W_{51,50}$  = “влакът е за гара Бойчиновци”,

$W_{51,51}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Берковица”.

$$Z_{16} = \langle \{l_{40}, l_{61}, l_{64}\}, \{l_{52}, l_{53}, l_{54}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{52} & l_{53} & l_{54} \\ \hline l_{40} & false & W_{40,53} & W_{40,54} \\ l_{61} & W_{61,52} & false & W_{61,54} \\ l_{64} & true & false & false \end{array} \rangle,$$

където

$W_{40,53}$  = “влакът е за гара Яна”,

$W_{40,54}$  = “влакът е за гара Септември”,

$W_{61,52}$  = “влакът е за гара София”,

$W_{61,54}$  = “влакът е за гара Септември”.

Този преход съответства на разклонението след гара Казичене.

$$Z_{17} = \langle \{l_{56}, l_{66}\}, \{l_{55}, l_{56}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{55} & l_{56} \\ \hline l_{56} & W_{56,55} & W_{56,56} \\ l_{66} & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{56,55}$  = “влакът е за гара Септември”,

$W_{56,56}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Добринище”.



$$Z_{18} = \langle \{l_{33}, l_{38}, l_{60}, l_{69}\}, \{l_{57}, l_{58}, l_{59}, l_{60}\}, \begin{array}{c|cccc} & l_{57} & l_{58} & l_{59} & l_{60} \\ \hline l_{33} & false & false & false & true \\ l_{38} & false & false & false & true \\ l_{60} & W_{60,57} & W_{60,58} & W_{60,59} & W_{60,60} \\ l_{69} & false & false & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{60,57}$  = “влакът е за гара София”,

$W_{60,58}$  = “влакът е за гара Плевен”,

$W_{60,59}$  = “влакът е за гара Бойчиновци”,

$W_{60,60}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Мездра”.

$$Z_{19} = \langle \{l_{39}, l_{53}, l_{136}\}, \{l_{61}, l_{62}, l_{63}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{61} & l_{62} & l_{63} \\ \hline l_{39} & false & false & true \\ l_{53} & false & false & true \\ l_{136} & W_{136,61} & W_{136,62} & false \end{array} \rangle,$$

където

$W_{131,61}$  = “влакът е (директно) за гара София”,

$W_{131,62}$  = “влакът е за гара Казичене”.

Този преход съответства на разклонението след гара Яна.

$$Z_{20} = \langle \{l_{54}, l_{55}, l_{67}, l_{75}\}, \{l_{64}, l_{65}, l_{66}, l_{67}\},$$

$$\begin{array}{c|cccc} & l_{64} & l_{65} & l_{66} & l_{67} \\ \hline l_{54} & false & false & false & true \\ l_{55} & false & false & false & true \\ l_{67} & W_{67,64} & W_{67,65} & W_{67,66} & W_{67,67} \\ l_{75} & false & false & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{67,64}$  = “влакът е за гара Казичене”,

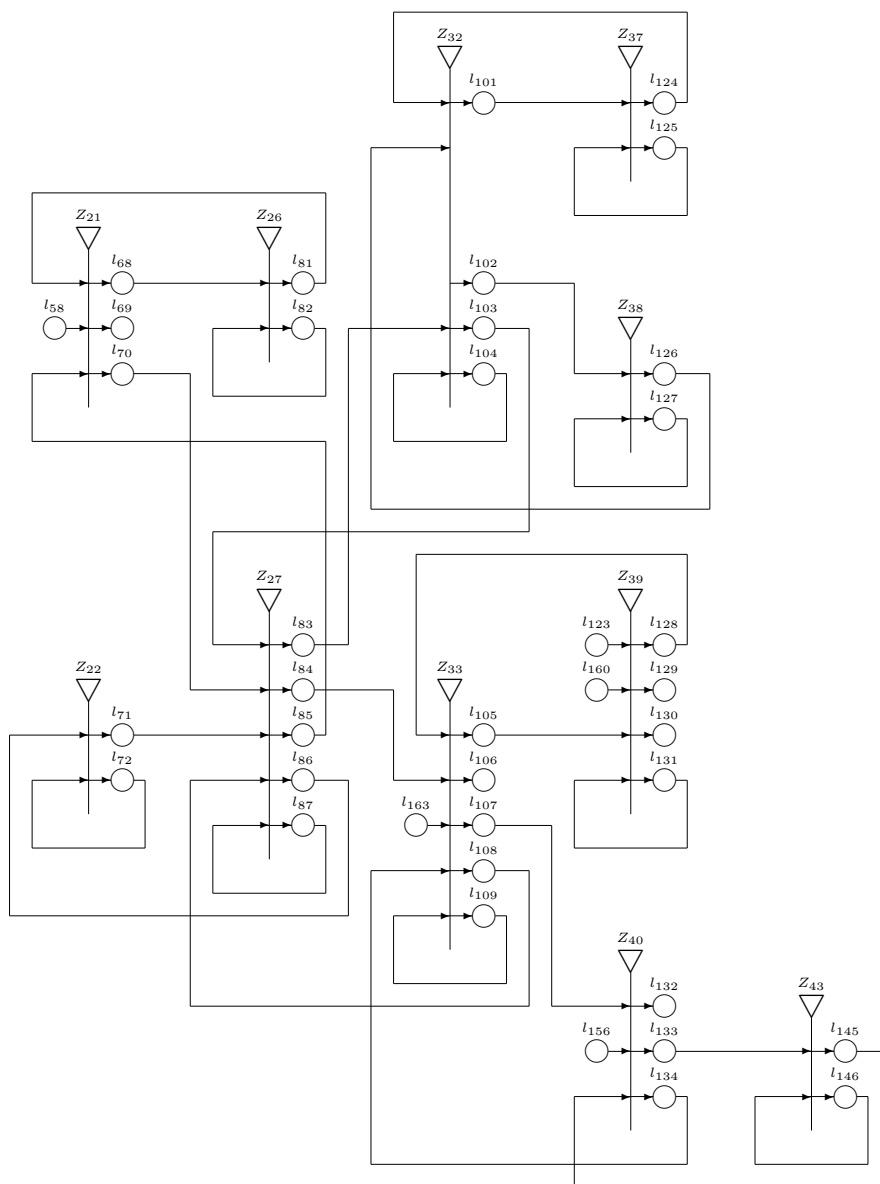
$W_{67,65}$  = “влакът е за гара Стамболийски”,

$W_{67,66}$  = “влакът е за гара Добринище”,

$W_{67,67}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Септември”.

## 2.2 ОМ-модела на ЖП мрежата в Северна Централна България

Преходите  $Z_{21}$ ,  $Z_{22}$ ,  $Z_{26}$ ,  $Z_{27}$ ,  $Z_{32}$ ,  $Z_{33}$ ,  $Z_{37}$  до  $Z_{40}$  и  $Z_{43}$ , визуализирани на Фигура 4, описват железопътната транспортна схема в Северна Централна България.



Фигура 4. OM модел на ЖП мрежата в Северна Централна България

$$Z_{21} = \langle \{l_{58}, l_{81}, l_{85}\}, \{l_{68}, l_{69}, l_{70}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{68} & l_{69} & l_{70} \\ \hline l_{58} & false & false & true \\ l_{81} & false & false & true \\ l_{85} & W_{85,68} & W_{85,69} & false \end{array} \rangle,$$

където

$W_{85,68}$  = “влакът е за гара Черковица”,

$W_{85,69}$  = “влакът е за гара Мездра”.

Този преход съответства на разклонението преди гара Плевен.

$$Z_{22} = \langle \{l_{86}, l_{72}\}, \{l_{71}, l_{72}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{71} & l_{72} \\ \hline l_{72} & W_{72,71} & W_{72,72} \\ l_{86} & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{72,71}$  = “влакът е за гара Левски”,

$W_{72,72}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Троян”.

$$Z_{26} = \langle \{l_{68}, l_{82}\}, \{l_{81}, l_{82}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{81} & l_{82} \\ \hline l_{68} & false & true \\ l_{82} & W_{82,81} & W_{82,82} \end{array} \rangle,$$

където

$W_{82,81}$  = “влакът е за гара Плевен (направление гара Левски)”,

$W_{82,82}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Черковица”.

$$Z_{27} = \langle \{l_{70}, l_{71}, l_{87}, l_{103}, l_{108}\}, \{l_{83}, l_{84}, l_{85}, l_{86}, l_{87}\}, \begin{array}{c|ccccc} & l_{83} & l_{84} & l_{85} & l_{86} & l_{87} \\ \hline l_{70} & false & false & false & false & true \\ l_{71} & false & false & false & false & true \\ l_{87} & W_{87,83} & W_{87,84} & W_{87,85} & W_{87,86} & W_{87,87} \\ l_{103} & false & false & false & false & true \\ l_{108} & false & false & false & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{87,83}$  = “влакът е за гара Ореш,

$W_{87,84}$  = “влакът е за гара Горна Оряховица”,

$W_{87,85}$  = “влакът е за гара Плевен (направление гара Мездра)”,

$W_{87,86}$  = “влакът е за гара Троян”,

$W_{87,87}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Левски”.

$$Z_{32} = \langle \{l_{83}, l_{104}, l_{124}, l_{126}\}, \{l_{101}, l_{102}, l_{103}, l_{104}\}, \begin{array}{c|cccc} & l_{101} & l_{102} & l_{103} & l_{104} \\ \hline l_{83} & false & false & false & true \\ l_{104} & W_{104,101} & W_{104,102} & W_{104,103} & W_{104,104} \\ l_{124} & false & false & false & true \\ l_{126} & false & false & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{104,101}$  = “влакът е за гара Белене”,

$W_{104,102}$  = “влакът е за гара Свищов”,

$W_{104,103}$  = “влакът е за гара Левски”,

$W_{104,104}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Ореш”.

$$Z_{33} = \langle \{l_{84}, l_{109}, l_{128}, l_{134}, l_{163}\}, \{l_{105}, l_{106}, l_{107}, l_{108}, l_{109}\},$$

	$l_{105}$	$l_{106}$	$l_{107}$	$l_{108}$	$l_{109}$
$l_{84}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{109}$	$W_{109,105}$	$W_{109,106}$	$W_{109,107}$	$W_{109,108}$	$W_{109,109}$
$l_{128}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{134}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{163}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{109,105}$  = “влакът е за гара Русе,

$W_{109,106}$  = “влакът е за гара Шумен”,

$W_{109,107}$  = “влакът е за гара Плевен (направление гара Дряново)”,

$W_{109,108}$  = “влакът е за гара Габрово”,

$W_{109,109}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Горна Оряховица”.

$$Z_{37} = \langle \{l_{101}, l_{125}\}, \{l_{121}, l_{125}\},$$

	$l_{121}$	$l_{125}$
$l_{101}$	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{125}$	$W_{125,121}$	$W_{125,125}$

където

$W_{125,121}$  = “влакът е за гара Ореш”,

$W_{125,125}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Белене”.

$$Z_{38} = \langle \{l_{102}, l_{127}\}, \{l_{126}, l_{127}\},$$

	$l_{126}$	$l_{127}$
$l_{102}$	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{127}$	$W_{127,126}$	$W_{127,127}$

където

$W_{127,126}$  = “влакът е за гара Свищов”,

$W_{127,127}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Свищов”.

$$Z_{39} = \langle \{l_{105}, l_{123}, l_{131}, l_{163}\}, \{l_{128}, l_{129}, l_{130}, l_{131}\},$$

	$l_{128}$	$l_{129}$	$l_{130}$	$l_{131}$
$l_{105}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{123}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{131}$	$W_{131,128}$	$W_{131,129}$	$W_{131,130}$	$W_{131,131}$
$l_{163}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{131,128}$  = “влакът е за гара Горна Оряховица”,

$W_{131,129}$  = “влакът е за гара Самуил”,  
 $W_{131,130}$  = “влакът е за гара Гюргево (Румъния)”,  
 $W_{131,131}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Русе”.

$$Z_{40} = \langle \{l_{107}, l_{145}, l_{156}\}, \{l_{132}, l_{133}, l_{134}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{132} & l_{133} & l_{134} \\ \hline l_{107} & W_{107,132} & W_{107,133} & false \\ l_{145} & false & false & true \\ l_{156} & false & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{107,132}$  = “влакът е за гара Дулово”,  
 $W_{107,133}$  = “влакът е за гара Габрово”.

Този преход съответства на разклонението след гара Дряново (в южна посока).

$$Z_{43} = \langle \{l_{133}, l_{146}\}, \{l_{145}, l_{146}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{145} & l_{146} \\ \hline l_{146} & W_{146,145} & W_{146,146} \\ l_{133} & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{146,145}$  = “влакът е за гара Горна Оряховица (направление гара Дряново)”,  
 $W_{146,146}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Габрово”.

### 2.3 ОМ-модела на ЖП мрежата в Южна Централна България

Преходите  $Z_{23}$  до  $Z_{25}$ ,  $Z_{28}$  до  $Z_{31}$ ,  $Z_{34}$  до  $Z_{36}$ ,  $Z_{41}$ ,  $Z_{42}$  и  $Z_{44}$  до  $Z_{46}$ , визуализирани на Фигура 5, описват железопътната транспортна схема в Южна Централна България.

$$Z_{23} = \langle \{l_{90}, l_{74}\}, \{l_{73}, l_{74}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{73} & l_{74} \\ \hline l_{74} & W_{74,73} & W_{74,74} \\ l_{90} & false & true \end{array} \rangle,$$

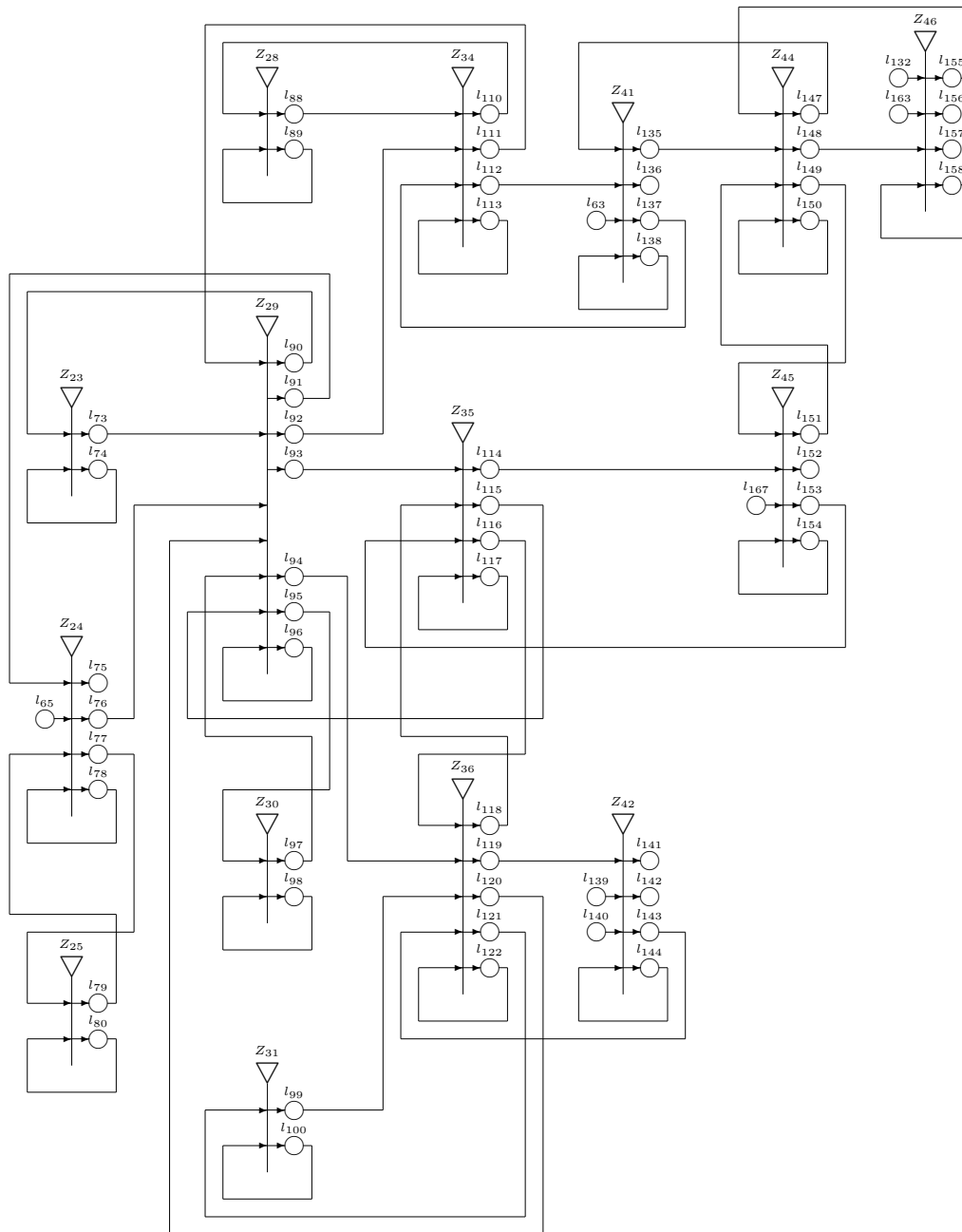
където

$W_{74,73}$  = “влакът е за гара Пловдив”,  
 $W_{74,74}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Панагюрище”.

$$Z_{24} = \langle \{l_{65}, l_{78}, l_{79}, l_{89}\}, \{l_{75}, l_{76}, l_{77}, l_{78}\}, \begin{array}{c|cccc} & l_{75} & l_{76} & l_{77} & l_{78} \\ \hline l_{65} & false & false & false & true \\ l_{78} & W_{78,75} & W_{78,76} & W_{78,77} & W_{78,78} \\ l_{79} & false & false & false & true \\ l_{89} & false & false & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{78,75}$  = “влакът е за гара Септември”,  
 $W_{78,76}$  = “влакът е за гара Пловдив”,  
 $W_{78,77}$  = “влакът е за гара Пещера”,  
 $W_{78,78}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Стамболийски”.



Фигура 5. OM модел на ЖП мрежата в Южна Централна България

$$Z_{25} = \langle \{l_{77}, l_{80}\}, \{l_{79}, l_{80}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{79} & l_{80} \\ l_{77} & false & true \\ l_{80} & W_{80,79} & W_{80,80} \end{array} \rangle,$$

където

$W_{80,79}$  = “влакът е за гара Стамболийски”,

$W_{80,80}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Пещера”.

$$Z_{28} = \langle \{l_{89}, l_{110}\}, \{l_{88}, l_{89}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{88} & l_{89} \\ l_{89} & W_{89,88} & W_{89,89} \\ l_{110} & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{89,88}$  = “влакът е за гара Долна махала”,

$W_{89,89}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Хисаря”.

$$Z_{29} = \langle \{l_{73}, l_{76}, l_{96}, l_{97}, l_{111}, l_{115}, l_{120}\}, \{l_{90}, l_{91}, l_{92}, l_{93}, l_{94}, l_{95}, l_{96}\}, \begin{array}{c|cccccccc} & l_{90} & l_{91} & l_{92} & l_{93} & l_{94} & l_{95} & l_{96} \\ l_{73} & false & false & false & false & false & false & true \\ l_{76} & false & false & false & false & false & false & true \\ l_{96} & W_{96,90} & W_{96,91} & W_{96,92} & W_{96,93} & W_{96,94} & W_{96,95} & W_{96,96} \\ l_{97} & false & false & false & false & false & false & true \\ l_{111} & false & false & false & false & false & false & true \\ l_{115} & false & false & false & false & false & false & true \\ l_{120} & false & false & false & false & false & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{96,90}$  = “влакът е за гара Панагюрище”,

$W_{96,91}$  = “влакът е за гара Долна махала”,

$W_{96,92}$  = “влакът е за гара Самуилово”,

$W_{96,93}$  = “влакът е за гара Димитровград”,

$W_{96,94}$  = “влакът е за гара Стамболийски”,

$W_{96,96}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Пловдив”.

$$Z_{30} = \langle \{l_{95}, l_{98}\}, \{l_{97}, l_{98}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{97} & l_{98} \\ l_{95} & false & true \\ l_{98} & W_{98,97} & W_{98,98} \end{array} \rangle,$$

където

$W_{98,97}$  = “влакът е за гара Стамболийски”,

$W_{98,98}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Пещера”.

$$Z_{31} = \langle \{l_{100}, l_{121}\}, \{l_{99}, l_{100}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{99} & l_{100} \\ l_{100} & W_{100,99} & W_{100,100} \\ l_{121} & false & true \end{array} \rangle,$$

където

$W_{100,99}$  = “влакът е за гара Димитровград”,

$W_{100,100}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Подкова”.

$$Z_{34} = \langle \{l_{88}, l_{92}, l_{113}, l_{137}\}, \{l_{110}, l_{111}, l_{112}, l_{113}\},$$

	$l_{110}$	$l_{111}$	$l_{112}$	$l_{113}$
$l_{88}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{92}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{113}$	$W_{113,110}$	$W_{113,111}$	$W_{113,112}$	$W_{113,113}$
$l_{137}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{113,110}$  = “влакът е за гара Хисаря”,

$W_{113,111}$  = “влакът е за гара Пловдив”,

$W_{113,112}$  = “влакът е за гара Карлово”,

$W_{113,113}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Долна махала”.

$$Z_{35} = \langle \{l_{93}, l_{117}, l_{118}, l_{153}\}, \{l_{114}, l_{115}, l_{116}, l_{117}\},$$

	$l_{114}$	$l_{115}$	$l_{116}$	$l_{117}$
$l_{93}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{117}$	$W_{117,114}$	$W_{117,115}$	$W_{117,116}$	$W_{117,117}$
$l_{118}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{153}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{117,114}$  = “влакът е за гара Стара Загора”,

$W_{117,115}$  = “влакът е за гара Пловдив”,

$W_{117,116}$  = “влакът е за гара Димитровград”,

$W_{117,117}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Самуилово”.

$$Z_{36} = \langle \{l_{94}, l_{99}, l_{116}, l_{122}, l_{143}\}, \{l_{118}, l_{119}, l_{120}, l_{121}, l_{122}\},$$

	$l_{118}$	$l_{119}$	$l_{120}$	$l_{121}$	$l_{122}$
$l_{94}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{99}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{116}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{122}$	$W_{122,118}$	$W_{122,119}$	$W_{122,120}$	$W_{122,143}$	$W_{122,122}$
$l_{143}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{122,118}$  = “влакът е за гара Самуилово”,

$W_{122,119}$  = “влакът е за гара Пловдив”,

$W_{122,120}$  = “влакът е за гара Свиленград”,

$W_{122,121}$  = “влакът е за гара Подкова”,

$W_{122,122}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Димитровград”.

$$Z_{41} = \langle \{l_{63}, l_{112}, l_{138}, l_{147}\}, \{l_{135}, l_{136}, l_{137}, l_{138}\},$$



	$l_{135}$	$l_{136}$	$l_{137}$	$l_{138}$
$l_{63}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{112}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{138}$	$W_{138,135}$	$W_{138,136}$	$W_{138,137}$	$W_{138,138}$
$l_{147}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{138,135}$  = “влакът е за гара Тулово”,

$W_{138,136}$  = “влакът е за гара Яна”,

$W_{138,137}$  = “влакът е за гара Долна Махала”,

$W_{138,138}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Карлово”.

$$Z_{42} = \langle \{l_{119}, l_{139}, l_{140}, l_{144}\}, \{l_{141}, l_{142}, l_{143}, l_{144}\},$$

	$l_{141}$	$l_{142}$	$l_{143}$	$l_{144}$
$l_{117}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{139}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{140}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{144}$	$W_{144,141}$	$W_{144,142}$	$W_{144,143}$	$W_{144,144}$

където

$W_{144,141}$  = “влакът е за гара Олменион (Гърция)”,

$W_{144,142}$  = “влакът е за гара Капъкуле (Турция)”,

$W_{144,143}$  = “влакът е за гара Димитровград”,

$W_{144,144}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Свиленград”.

$$Z_{44} = \langle \{l_{135}, l_{150}, l_{151}, l_{155}\}, \{l_{147}, l_{148}, l_{149}, l_{150}\},$$

	$l_{147}$	$l_{148}$	$l_{149}$	$l_{150}$
$l_{135}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{150}$	$W_{150,147}$	$W_{150,148}$	$W_{150,149}$	$W_{150,150}$
$l_{151}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{155}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{150,147}$  = “влакът е за гара Карлово”,

$W_{150,148}$  = “влакът е за гара Дулово”,

$W_{150,149}$  = “влакът е за гара Стара Загора”,

$W_{150,150}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Тулово”.

$$Z_{45} = \langle \{l_{114}, l_{149}, l_{154}, l_{167}\}, \{l_{151}, l_{152}, l_{153}, l_{154}\},$$

	$l_{151}$	$l_{152}$	$l_{153}$	$l_{154}$
$l_{114}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{149}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{154}$	$W_{154,151}$	$W_{154,152}$	$W_{154,153}$	$W_{154,154}$
$l_{167}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{154,151}$  = “влакът е за гара Тулово”,

$W_{154,152}$  = “влакът е за гара Зимница”,

$W_{154,153}$  = “влакът е за гара Самуилово”,

$W_{154,154}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Стара Загора”.

$$Z_{46} = \langle \{l_{132}, l_{148}, l_{158}, l_{169}\}, \{l_{155}, l_{156}, l_{157}, l_{158}\},$$

	$l_{155}$	$l_{156}$	$l_{157}$	$l_{158}$
$l_{132}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{148}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{158}$	$W_{158,155}$	$W_{158,156}$	$W_{158,157}$	$W_{158,158}$
$l_{169}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{158,155}$  = “влакът е за гара Тулово”,

$W_{158,156}$  = “влакът е за гара Дряново”,

$W_{158,157}$  = “влакът е за гара Зимница”,

$W_{158,158}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Дулово”.

## 2.4 ОМ-модела на ЖП мрежата в Източна България

Преходите от  $Z_{47}$  до  $Z_{57}$ , визуализирани на Фигура 6, описват железопътната транспортна схема в Източна България.

$$Z_{47} = \langle \{l_{129}, l_{162}, l_{171}, l_{174}\}, \{l_{159}, l_{160}, l_{161}, l_{162}\},$$

	$l_{159}$	$l_{160}$	$l_{161}$	$l_{162}$
$l_{129}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{162}$	$W_{162,159}$	$W_{162,160}$	$W_{162,161}$	$W_{162,162}$
$l_{171}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{174}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{162,159}$  = “влакът е за гара Русе”,

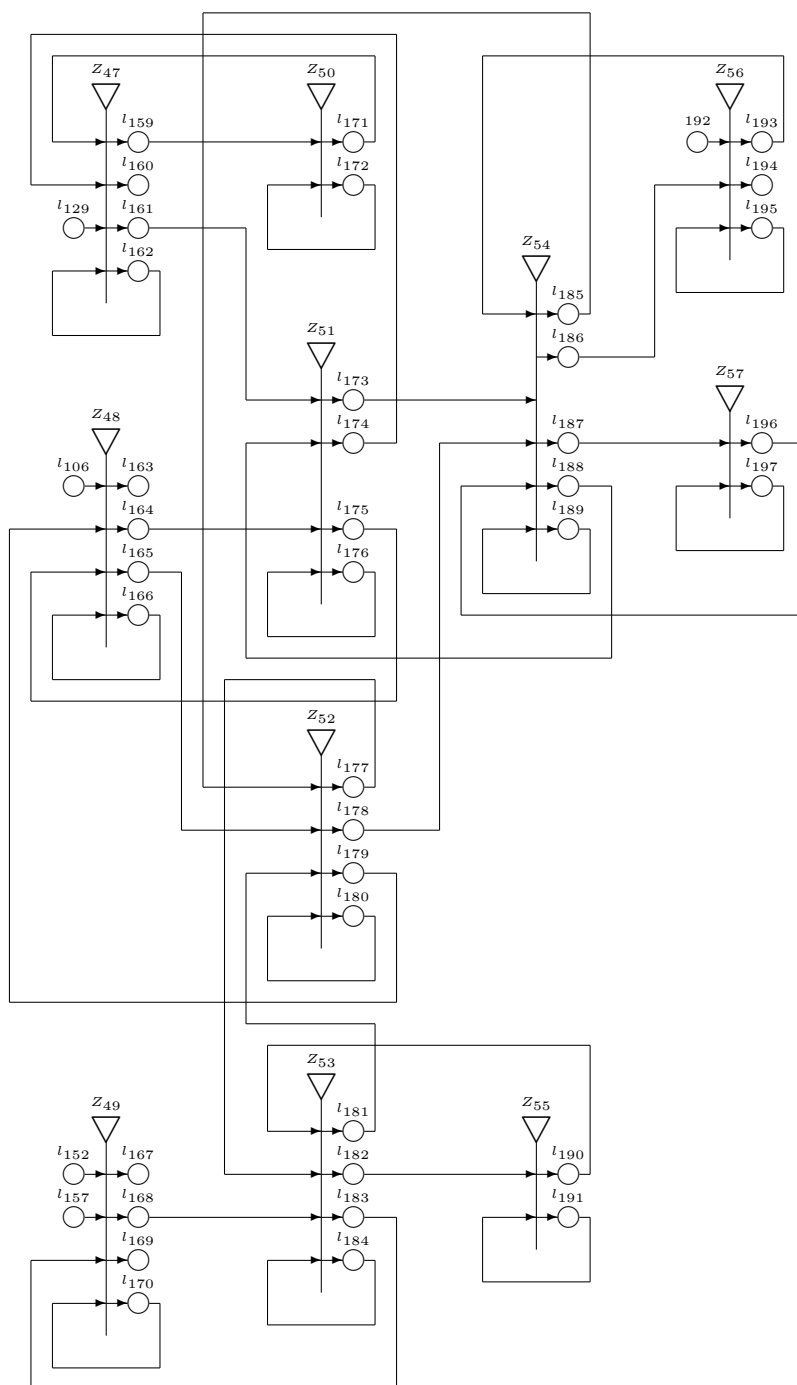
$W_{162,160}$  = “влакът е за гара Силистра”,

$W_{162,161}$  = “влакът е за гара Каспичан”,

$W_{162,162}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Самуил”.

$$Z_{48} = \langle \{l_{106}, l_{166}, l_{175}, l_{179}\}, \{l_{163}, l_{164}, l_{165}, l_{166}\},$$

	$l_{163}$	$l_{164}$	$l_{165}$	$l_{166}$
$l_{106}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{166}$	$W_{166,163}$	$W_{166,164}$	$W_{166,165}$	$W_{166,166}$
$l_{175}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{179}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>



Фигура 6. OM модел на ЖП мрежата в Източна България

където

$W_{166,163}$  = “влакът е за гара Горна Оряховица”,

$W_{166,164}$  = “влакът е за гара Каспичан”,

$W_{166,165}$  = “влакът е за гара Комунари”,

$W_{166,166}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Шумен”.

$$Z_{49} = \langle \{l_{152}, l_{157}, l_{170}, l_{183}\}, \{l_{167}, l_{168}, l_{169}, l_{170}\},$$

	$l_{167}$	$l_{168}$	$l_{169}$	$l_{170}$
$l_{152}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{157}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{170}$	$W_{170,167}$	$W_{170,168}$	$W_{170,169}$	$W_{170,170}$
$l_{183}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

$$\rangle,$$

където

$W_{170,167}$  = “влакът е за гара Дулово”,

$W_{170,168}$  = “влакът е за гара Каспичан”,

$W_{170,169}$  = “влакът е за гара Карнобат”,

$W_{170,170}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Зимница”.

$$Z_{50} = \langle \{l_{159}, l_{172}\}, \{l_{171}, l_{172}\},$$

	$l_{171}$	$l_{172}$
$l_{159}$	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{172}$	$W_{172,171}$	$W_{172,172}$

$$\rangle,$$

където

$W_{172,171}$  = “влакът е за гара Самуил”,

$W_{172,172}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Силистра”.

$$Z_{51} = \langle \{l_{161}, l_{164}, l_{176}, l_{188}\}, \{l_{173}, l_{174}, l_{175}, l_{176}\},$$

	$l_{173}$	$l_{174}$	$l_{175}$	$l_{176}$
$l_{161}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{164}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{176}$	$W_{176,173}$	$W_{176,174}$	$W_{176,175}$	$W_{176,176}$
$l_{188}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

$$\rangle,$$

където

$W_{176,173}$  = “влакът е за гара Девня”,

$W_{176,174}$  = “влакът е за гара Самуил”,

$W_{176,175}$  = “влакът е за гара Шумен”,

$W_{176,176}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Каспичан”.

$$Z_{52} = \langle \{l_{165}, l_{180}, l_{181}, l_{185}\}, \{l_{177}, l_{178}, l_{179}, l_{180}\},$$

	$l_{177}$	$l_{178}$	$l_{179}$	$l_{180}$
$l_{165}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{180}$	$W_{180,177}$	$W_{180,178}$	$W_{180,179}$	$W_{180,180}$
$l_{181}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{185}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

$$\rangle,$$

където

$W_{180,177}$  = “влакът е за гара Карнобат”,

$W_{180,178}$  = “влакът е за гара Девня”,

$W_{180,179}$  = “влакът е за гара Шумен”,

$W_{180,180}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Комунари”.

$$Z_{53} = \langle \{l_{168}, l_{177}, l_{184}, l_{190}\}, \{l_{181}, l_{182}, l_{183}, l_{184}\},$$

	$l_{181}$	$l_{182}$	$l_{183}$	$l_{184}$
$l_{168}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{177}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{184}$	$W_{184,181}$	$W_{184,182}$	$W_{184,183}$	$W_{184,184}$
$l_{190}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{184,174}$  = “влакът е за гара Комунари”,

$W_{184,175}$  = “влакът е за гара Бургас”,

$W_{184,176}$  = “влакът е за гара Зимница”,

$W_{184,177}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Карнобат”.

$$Z_{54} = \langle \{l_{173}, l_{178}, l_{189}, l_{193}, l_{196}\}, \{l_{185}, l_{186}, l_{187}, l_{188}, l_{189}\},$$

	$l_{185}$	$l_{186}$	$l_{187}$	$l_{188}$	$l_{189}$
$l_{173}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{178}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{189}$	$W_{189,185}$	$W_{189,186}$	$W_{189,187}$	$W_{189,188}$	$W_{189,189}$
$l_{193}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{196}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>

където

$W_{189,185}$  = “влакът е за гара Комунари”,

$W_{189,186}$  = “влакът е за гара Кардам”,

$W_{189,187}$  = “влакът е за гара Варна”,

$W_{189,188}$  = “влакът е за гара Каспичан”,

$W_{189,189}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Девня”.

$$Z_{55} = \langle \{l_{182}, l_{191}\}, \{l_{190}, l_{191}\},$$

	$l_{190}$	$l_{191}$
$l_{182}$	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{191}$	$W_{191,190}$	$W_{191,191}$

където

$W_{188,187}$  = “влакът е за гара Карнобат”,

$W_{188,188}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Бургас”.

$$Z_{56} = \langle \{l_{186}, l_{192}, l_{195}\}, \{l_{193}, l_{194}, l_{195}\},$$

	$l_{193}$	$l_{194}$	$l_{195}$
$l_{186}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{192}$	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
$l_{195}$	$W_{195,193}$	$W_{195,194}$	$W_{195,195}$

където

$W_{195,193}$  = “влакът е за гара Девня”,

$W_{195,194}$  = “влакът е за гара Негро Водъ (Румъния)”,

$W_{195,195}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Кардам”.

$$Z_{57} = \langle \{l_{187}, l_{197}\}, \{l_{196}, l_{197}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{196} & l_{197} \\ l_{187} & false & true \\ l_{197} & W_{197,196} & W_{197,197} \end{array} \rangle,$$

където

$W_{194,193}$  = “влакът е за гара Девня”,

$W_{194,194}$  = “влакът трябва да маневрира на гара Варна”.

### 3 Заключение

В статията е описан подробен обобщеномрежов модел на цялата железопътна транспортна схема на България, състоящ се от общо 57 прехода и 197 позиции. При бъдеща програмна реализация на модела ще може да се отчита движението на отделните влакове от гара до гара по разписание, престоят им на гарите, да се отчитат закъсненията на влаковете, да се симулират различни ситуации с цел оптимизирането на схемата, а също и да се синхронизират разписанията между различните видове транспорт.

### Литература

- [1] Atanassov, K. (1991). *Generalized Nets*. World Scientific, Singapore.
- [2] Atanassov, K. (2007). *On Generalized Nets Theory*. “Prof. M. Drinov” Academic Publishing House, Sofia.
- [3] Petri, C.-A. (1962). *Kommunikation mit Automaten*, Ph.D.diss., Univ. of Bonn, 1962; *Schriften des Inst. fur Instrument. Math.*, No. 2, Bonn.
- [4] Starke, P. (1980). *Petri-Netze*. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- [5] Обща схема на железопътната мрежа в България. *TrueNorth.bg*. <https://www.bulgaria-rail-map-1.truenorth.bg/>
- [6] Стоянов, С. (2019). Схема на железопътната мрежа в България. *TrueNorth.bg*. <https://truenorth.bg/pages-94-shema-na-jelezopatnata-mreja-v-balgariia>
- [7] ДП “Национална компания “Железопътна инфраструктура”. (2019). *Референтен документ на железопътната мрежа 2018–2019 година. Версия 06/15.02.2019 г.* [https://www.rail-infra.bg/upload/1655/Referenten%20dokument\\_2018-2019\\_15022019.pdf](https://www.rail-infra.bg/upload/1655/Referenten%20dokument_2018-2019_15022019.pdf)

- [8] Министерство на транспорта, информационните технологии и съобщенията на Р. България (2017). *Интегрирана транспортна стратегия в периода до 2030 г.* [https://www.mtc.government.bg/sites/default/files/integrated\\_transport\\_strategy\\_2030\\_bg.pdf](https://www.mtc.government.bg/sites/default/files/integrated_transport_strategy_2030_bg.pdf)
- [9] Николова, Х. (2014). Развитие на транспортния сектор в България в контекста на стратегията за устойчиво развитие и икономическата криза в страната. *Научни трудове на УНСС*, София, Том 1, 163–204. [http://unwe-research-papers.org/uploads/ResearchPapers/Research%20Papers\\_vol1\\_2014\\_No5\\_H%20Nikolova.pdf](http://unwe-research-papers.org/uploads/ResearchPapers/Research%20Papers_vol1_2014_No5_H%20Nikolova.pdf)
- [10] Николова, Х. (2017). Приложение на интелигентните транспортни системи за устойчиво развитие на транспорта. *Научни трудове на УНСС*, София, Том 1, Кн. 1, 77–109. [http://unwe-research-papers.org/uploads/ResearchPapers/Research%20Papers\\_vol1\\_2017\\_No4\\_H%20Nikolova.pdf](http://unwe-research-papers.org/uploads/ResearchPapers/Research%20Papers_vol1_2017_No4_H%20Nikolova.pdf)
- [11] Бяла книга “Пътна карта за постигането на Единно европейско транспортно пространство – към конкурентоспособна транспортна система с ефективно използване на ресурсите” (2011). *EUR-Lex*, 52011DC0144 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX%3A52011DC0144>