

Модел на железопътна гара Бургас чрез двупосочни обобщени мрежи

Тончо Боюков¹ и Красимир Атанасов^{1,2}

¹ Университет “Проф. д-р Асен Златаров”,
Бургас-8010, ул. Проф. Якимов, № 10

² Секция по биоинформатика и математическо моделиране
Институт по биофизика и биомедицинско инженерство
Българска академия на науките
София-1113, ул. Акад. Г. Бончев, блок 105
имейли: toncho_b@abv.bg, krat@bas.bg

Резюме Дава се дефиниция на едно от разширенията на Обобщените Мрежи (ОМ) - Двупосочна ОМ (ДОМ). Чрез ДОМ се описва железопътна гара Бургас като пример за приложение на този вид ОМ.

Ключови думи: Двупосочна обобщена мрежа, Железопътна гара, Обобщена мрежа.
AMS: 68Q85

1 Въведение

В серия статии [5, 6, 7, 8], авторите описват чрез Обобщени Мрежи (ОМ, вж. [1, 3]) модели на ж.п. линиите в България. Всяка ж.п. гара в тези модели е представена чрез преход, но без да се влиза в детайли за вида на жп линиите в гарата.

Тук за пръв път се описва модел на ж.п. гара, като за пример се използва жп гара Бургас. Моделът е направен чрез едно от разширенията на обобщените мрежи, наречено ”Двупосочна ОМ” (ДОМ, [2, 4]).

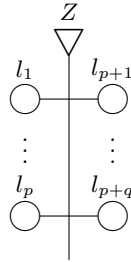
В секция 2 се дава дефиниция на ДОМ, като в дефиницията от [4] се правят корекции, с цел подобрието ѝ.

В секция 3 се дават основни сведения за организацията на движението на влакове в железопътна гара.

В секция 4 се описва подробен ДОМ-модел на жп гара Бургас, а в секция 5 се посочват възможни приложения на модела.

2 Дефиниция на двупосочна обобщена мрежа

ДОМ, подобно на стандартната ОМ, е изградена от преходи, но при тях липсват стрелки от входните към изходните позиции (вж. Фиг.1).



Фигура 1: Преход на ДОМ

Формално всеки преход на ДОМ се описва чрез наредената шесторка

$$Z = \langle L, t_1, t_2, r, M, \square \rangle,$$

където:

(а) L е крайно непразно множества от позиции (едновременно входове и изходи на прехода); за прехода от фиг. 1.1.2 те са

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_p, l_{p+1}, l_{p+2}, \dots, l_{p+q}\};$$

(б) t_1 е текущият момент от време, в който преходът може да се активира;

(в) t_2 е текущата продължителност на активното състояние на прехода;

(г) r е ИМ, която задава *условията* на прехода и има вида:

	l_1	\dots	l_p	l_{p+1}	\dots	l_{p+q}
l_1	<i>false</i>	\dots	<i>false</i>	$r_{1,p+1}$	\dots	$r_{1,p+q}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
l_p	<i>false</i>	\dots	<i>false</i>	$r_{p,p+1}$	\dots	$r_{p,p+q}$
l_{p+1}	$r_{p+1,1}$	\dots	$r_{p+1,p}$	<i>false</i>	\dots	<i>false</i>
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
l_{p+q}	$r_{p+q,1}$	\dots	$r_{p+q,p}$	<i>false</i>	\dots	<i>false</i>

където $r_{i,j}$ е предикатът, който ако в текущия момент има вярковна стойност истина, разрешава ядро от i -тата позиция да премине в j -тата позиция, докато в противен случай това е невъзможно;

(д) M е ИМ на капацитетите на дъгите на прехода и

$$M = \begin{array}{c|cccccc} & l_1 & \dots & l_p & l_{p+1} & \dots & l_{p+q} \\ \hline l_1 & 0 & \dots & 0 & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ l_p & 0 & \dots & 0 & 1 & \dots & 1 \\ l_{p+1} & 1 & \dots & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ l_{p+q} & 1 & \dots & 1 & 0 & \dots & 0 \end{array} ;$$

(е) \square е типът на прехода – булев израз, чиито аргументи са идентификаторите на всички позиции на прехода, свързани с логическите функции \wedge и \vee ; например:

$$\begin{array}{ll} \wedge(l_{i_1}, l_{i_2}, \dots, l_{i_u}) & \text{означава, че всяка позиция } l_{i_1}, l_{i_2}, \dots, l_{i_u} \\ & \text{съдържа поне едно ядро,} \\ \vee(l_{i_1}, l_{i_2}, \dots, l_{i_u}) & \text{означава, че има поне едно ядро в} \\ & \text{множество от позиции } l_{i_1}, l_{i_2}, \dots, l_{i_u}, \\ & \text{където } \{l_{i_1}, l_{i_2}, \dots, l_{i_u}\} \subset L'. \end{array}$$

Когато е настъпил моментът за активиране на прехода и вярностната стойност на булевия израз е истина, преходът се активира, а в противен случай – не.

Съществената разлика между ОМ и ДОМ се състои в това, че сега всяка позиция може да бъде *едновременно* и входна и изходна.

Наредената четворка

$$E = \langle \langle A, \pi_A, \pi_L, c, f, \theta_1, \theta_2 \rangle, \langle K, \pi_K, \theta_K \rangle, \langle T, t^0, t^* \rangle, \langle X, \Phi, b \rangle \rangle$$

се нарича *двупосочна обобщена мрежа*, ако:

- (а) A е множеството на преходите на ОМ;
- (б) π_A е функция, която задава приоритетите на преходите, т.е. $\pi_A : A \rightarrow \mathcal{N}$;
- (в) π_L е функция, която задава приоритетите на позициите, т.е. $\pi_L : L \rightarrow \mathcal{N}$, където

$$L = \text{pr}_1 A \cup \text{pr}_2 A$$

и L е множеството на всички позиции на ОМ;

(г) c е функция, която задава капацитетите на позициите, т.е. $c : L \rightarrow \mathcal{N}$;

(д) f е функция, която изчислява вярностната стойност на предикатите на условията на преходите в ОМ; за стандартна ДОМ, функцията f получава стойности *false* (*лъжа*) или *true* (*истина*), или елементи на множеството $\{0, 1\}$;

(е) θ_1 е функция, която задава следващия момент от време, в който даден преход Z може да се активира, т.е. $\theta_1(t) = t'$, където $\text{pr}_3 Z = t, t' \in [T, T + t^*]$ и $t < t'$; стойността на тази функция се изчислява в момента на активиране на ОМ, а след това във всеки момент, в който преходът престава да бъде активен;

(ж) θ_2 е функция, която задава продължителността на активното състояние на даден преход Z , т.е. $\theta_2(t) = t'$, където $\text{pr}_3 Z = t \in [T, T + t^*]$ и $t' > 0$; стойността на тази функция се изчислява в момента t , в който преходът се активира;

(з) K е множеството на всички ядра на ОМ;

(и) π_K е функция, която задава приоритетите на ядрата, т.е. $\pi_K : K \rightarrow \mathcal{N}$;

(й) θ_K е функция, която задава момента от време, в който дадено ядро може да влезе в ОМ, т.е. $\theta_K(\alpha) = t$, където $\alpha \in K$ и $t \in [T, T + t^*]$;

(к) T е моментът от време, определен по фиксирана времева скала, в който ОМ започва да функционира;

(л) t^0 е елементарната времева стъпка, с която нараства времето във фиксираната времева скала;

(м) t^* е продължителността на функциониране на ОМ;

(н) X е функция, която задава началната характеристика на всяко ядро α , което предстои да влезе в ОМ; удобно е да се означава с x_0^α ;

(о) Φ е характеристична функция, която задава на всяко ядро, влязло в някоя позиция на ОМ, следващата му характеристика; удобно е текущата характеристика на ядрото α да се означава с x_{cu}^α ;

(п) b е функция, която задава максималния брой характеристики, които дадено ядро може да получи, т.е. $b : K \rightarrow \mathcal{N}$; например, ако $b(\alpha) = 1$ за някое ядро α , то това ядро ще влезе в ОМ с начална характеристика (означена като негова нулева характеристика) и във всеки следващ момент то ще има само една (текуща) характеристика; когато $b(\alpha) = \infty$, ядрото α ще получи и съхрани всичките си характеристики; когато $b(\alpha) = k < \infty$, ядрото освен началната си характеристика ще пази и последните k характеристики, които е получило.

Статичната структура на дадена ДОМ се определя от позициите \acute{y} , ИМ на капацитетите на дъгите и типа на всеки преход на ДОМ. Динамичната природа на ДОМ се обуславя от нейните ядра и от условията на преходите \acute{y} . Времевата същност на ДОМ се изявява чрез времевите компоненти T, t^0, t^* и от функциите, определящи началните моменти на активиране на преходите и продължителностите на активните им състояния. Накрая, компонентите Φ, X и b играят ролята на памет на ОМ. Функциите π_A, π_L, c са свързани със статичната структура на ОМ, f, π_K – с динамичните \acute{y} елементи; θ_1, θ_2 и θ_K – с времевите \acute{y} компоненти.

Виждаме, че дефинициите на ДОМ и на стандартната ОМ се различават в трите точки: (г) – (е) от определението за преход, както и в това, че дъгите в ДОМ не са ориентирани, докато в ОМ са ориентирани.

Тук, за пръв път ще предложим дефиниции на четири разширения на ДОМ: Интуиционистки размита ДОМ от първи, втори, трети и четвърти вид – ИРДОМ1, ИРДОМ2, ИРДОМ3, ИРДОМ4:

- ИРДОМ1 е ДОМ, чиито предикати се изчисляват чрез интуиционистки размити оценки, т.е., като наредени двойки $\langle a, b \rangle$, където $a, b, a + b \in [0, 1]$. Числата a и b съответстват на степените на вярност и невярност на съответния предикат. След като дадено ядро премине от една позиция към друга, то получава освен характеристиката, която би получило в стандартна ДОМ, но и двете си оценки.

- ИРДОМ2 е ДОМ, чиито ядра са ”течности”, които протичат от позиция в позиция, предикатите са както в ИРДОМ1, но сега позициите получаваха характеристики, вместо ядрата. Тези характеристики, както и при ИРДОМ1, съдържат интуиционистки размитите оценки на предикатите, които са разрешили протичането.
- ИРДОМ3 е разширение на ИРДОМ1, при което и получените характеристики на ядрата имат в добавка интуиционистки размитите оценки.
- ИРДОМ4 е разширение на ИРДОМ2, при което и получените характеристики на позициите имат в добавка интуиционистки размитите оценки.

За всяко едно от тези разширения може да се докаже, че е консервативно разширение на стандартната ОМ, т.е., че за всяко $i = 1, 2, 3, 4$, за всяка ИРДОМ i съществува стандартна ОМ, която описва функционирането и резултатът от работата на дадената ИРДОМ i .

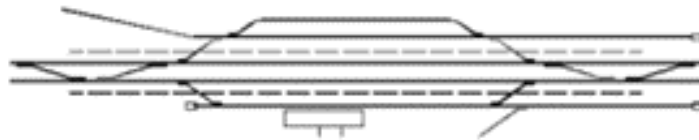
Доказателството е аналогично на това за [4].

3 Организиране на движението в железопътна гара

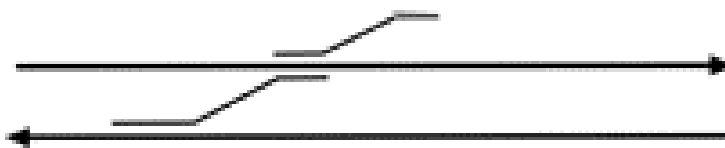
България е възприела немската философия за организиране на движението в железниците. Железния път е ясно разделен на два основни вида - път в гара и открит път (междугарие). В гарата се извършват всички дейности по организиране на железопътния трафик чрез съвкупност от коловози и съпътстващи съоръжения (вж. [9, 10]). Районът на гарата по отношение на железния път се ограничава от входните светофори, (показани на фиг.2), чрез които на пристигащите влакове се разрешава да влязат в гарата и се указва с каква скорост могат да влязат. Някои коловози в гарите не са оборудвани с изходни светофори. От тези коловози не могат да заминават влакове и те се използват само при маневрената дейност. Някои коловози имат изходни светофори и от тях могат да заминават влакове, но не могат да се приемат, защото в осигурителната техника на гарата не е създадена такава възможност. Най-разпространени са приемноотправните коловози, на които могат както да се приемат, така и да се изпращат влакове. В гарата почти винаги има коловоз, който е прав по отношение на междугарието (преминава по правия клон на всички стрелки). Той се нарича главен коловоз и по него влаковете могат да преминават с максимална скорост. В гари, където се пресичат няколко ЖП линии или в гари на двойни и двупътни линии може да има няколко главни коловоза.

Големите гари се разделят на обособени части, наречени паркове (показани на фиг.3), които създават удобство и увеличават възможностите за обслужване на по-натоварен трафик. Всеки парк има свои изходни светофори, като светофорите, сочещи към съседния парк се явяват междинни и разрешават движение не към междугарието, а към следващия парк.

Парковете имат специализирани функции и обединяват еднотипните дейности в големите гари. Най-често се обособява пътнически парк с перони за пътническите влакове и товарен парк, където се обработват само товарни влакове. В големите разпределителни гари има разпределителен парк, където се събират, групират и разпределят вагоните и един или два приемноотправни парка, където влаковете се приготвят, заминават и пристигат.



Фигура 2: Входни и изходни светофори



Фигура 3: Паркове в гари

Разделният пост е особен пункт в междугарието, който няма коловозно развитие, но има отношение към осигуряване на движението. Можем да различим два типа разделни постове:

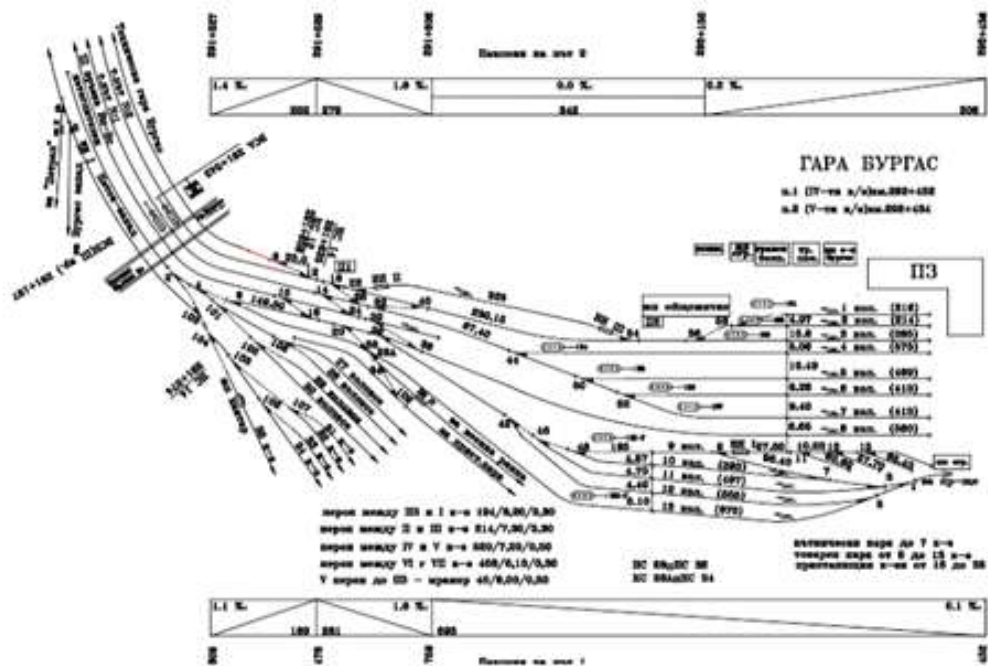
1. Разделен пост, разделящ междугарието на две части с цел увеличаване на пропускателната способност и
2. Разделен пост, обслужващ отклоняваща се линия. В този случай разделният пост има една или повече стрелки и преминаващите влакове могат да се насочват в различни направления.

4 ДОМ-модел на железопътна гара Бургас

ДОМ-моделът на железопътна гара Бургас е показана на Фиг.4. Той съдържа множество от преходи, за които в началото t_1 е моментът на преминаване на първия влак през съответния преход, след което този компонент получава чрез функция θ_1 последователните моменти от време, в които ще преминават следващите влакове, като t_2 в началото е продължителността на времето за преминаване на първия влак, а след това чрез функция θ_2 този компонент последователно получава като стойност времената за преминаване на следващите влакове.

Всяко ядро на ДОМ описва конкретен влак и има начална характеристика:

“идентификационен номер на влака, изминати километри, име на машинистите,
брой вагони, брой на пътниците и т.н.”.



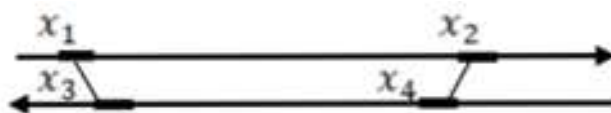
Фигура 4: Железопътна гара Бургас

Приемаме, че всеки влак пристига в точно определен момент, стои на гарата точно определено време, преминава през всеки преход в точно определено време, и продължава своя път в предварително зададен момент (съгласно някакво разписание).

Множеството на ядрата на ДОМ съдържа всички влакове, които могат да влязат, излязат или престоят на гара Бургас.

Ако няколко влака трябва да преминат през един преход, като показания на Фиг. 5, ще трябва да дефинираме функция c , която за всяка позиция да задава капацитет 1. Характеристичната функция Φ може да бъде дефинирана така, че да дава в резултат например:

“време на преминаване на влака през текущата позиция”.



Фигура 5: Преходи в гара

Глобалните времеви компоненти на модела могат да бъдат например $T = 0 : 00$ ч. за определен ден, $t^0 = 1$ мин, $t^* = 24$ ч., като пример за това е даден в Таблица 1.

Таблица 1. Компоненти на преминаване

Преход	Дължина на влака [m]	Брой влакове за 24 часа	Време на престой [min]	Ускоряване $[\frac{m}{s^2}]$	Скорост [км/ч]
X_1	200	10	2.0	0.15	30
X_2	100	10	3.0	0.15	30
X_3	200	15	1.0	0.20	30
X_4	50	18	1.0	0.10	30

В този модел приоритетите на ядрата могат да бъдат свързани с моментите на пристигането на влаковете на прехода, а функция θ_K ще определя тези моменти.

Например, ако $TIME$ е текущият момент от време и в него пристигне влак, който идва със закъснение спрямо разписанието си, т.е. $t_1 < TIME$, където t_1 е моментът на пристигане според разписанието, и ако $TIME < t_1 + \tau$, където τ е времето, предвидено за престой на влака на перона, или времето през което трябва да премине през прехода, то функция θ_2 може да бъде дефинирана така, че в момент $TIME$ ядрото да получи стойност $t_1 + \tau - TIME$.

По долу са описани подробно преходите на обобщената мрежа, състояща се от общо 43 прехода и 79 позиции.

Преходите описват железопътната транспортна схема на ж.п. гара Бургас.

На Фиг. 6 е визуализиран модел с трите подмрежи G_1, G_2 и G_3 на като са показани връзките между частите от обобщената мрежа, които се осъществяват посредством позиции $l_{14}, l_{43}, l_{44}, l_{45}, l_{24}$. На Фиг. 7, 8 и 9 са визуализирани ОМ моделите на подмрежите G_1, G_2 и G_3 .

$$Z_1 = \left\langle \{l_1, l_3, l_4\}, \begin{array}{c|ccc} & l_1 & l_3 & l_4 \\ \hline l_1 & false & W_{1,3} & W_{1,4} \\ l_3 & true & false & false \\ l_4 & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

където

$W_{1,3}$ = “влакът е за точки T2, T3, ..., T7”

$W_{1,4}$ = “влакът е за точка T1”.

Ядрото от позиция l_1 влиза в позиция l_3 с характеристика

“влакът се движи към точки T2, ..., T7 в (час, минута)”

и в позиция l_4 с характеристика

“влакът пристига в точка T1 в (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_3 и l_4 влизат в позиция l_1 с характеристика

“влакът тръгва по направление П1 в (час, минута)”.

$$Z_2 = \left\langle \{l_2, l_7, l_8\}, \begin{array}{c|ccc} & l_2 & l_7 & l_8 \\ \hline l_2 & false & W_{2,7} & W_{2,8} \\ l_7 & true & false & false \\ l_8 & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{2,7}$ = “влакът е за точки Т8, ..., Т15”,

$W_{2,8}$ = “влакът е за точки Т3, ..., Т7”.

Ядрото от позиция l_2 влиза в позиция l_7 с характеристика

“влакът се движи към точки Т8, ..., Т15 в (час, минута)”

и в позиция l_8 с характеристика

“влакът се движи към точки Т3, ..., Т7 в (час, минута)”

Ядрата от позиции l_7 и l_8 влизат в позиция l_2 с характеристика

“влакът тръгва по направление П2 в (час, минута)”.

$$Z_3 = \left\langle \{l_3, l_9, l_{10}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_3 & l_9 & l_{10} \\ \hline l_3 & false & W_{3,9} & W_{3,10} \\ l_9 & true & false & false \\ l_{10} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{3,9}$ = “влакът е за точки Т3, ..., Т7”,

$W_{3,10}$ = “влакът е за точка Т2”.

Ядрото от позиция l_3 влиза в позиция l_9 с характеристика

“влакът се движи към точки Т3, ..., Т7 в (час, минута)”

и в позиция l_{10} с характеристика

“влакът пристига в точка Т1 в (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_9 и l_{10} влизат в позиция l_3 с характеристика

“влакът тръгва по направление П1 в (час, минута)”.

$$Z_4 = \left\langle \{l_5, l_6, l_{11}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_5 & l_6 & l_{11} \\ \hline l_5 & false & false & true \\ l_6 & false & false & true \\ l_{11} & W_{11,5} & W_{11,6} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{11,5}$ = “влакът е за направление П6”,

$W_{11,6}$ = “влакът е за направление П5”.

Ядрата от позиции l_5 и l_6 влизат в позиция l_{11} с характеристика

“влакът се движи към точки Т17, ..., Т22 в (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{11} влиза в позиция l_5 с характеристика

“влакът се движи по направление П6 в (час, минута)”

и в позиция l_6 с характеристика

“влакът се движи по направление П5 в (час, минута)”.

$$Z_5 = \left\langle \{l_7, l_{14}, l_{15}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_7 & l_{14} & l_{15} \\ \hline l_7 & false & W_{7,14} & W_{7,15} \\ l_{14} & true & false & false \\ l_{15} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{7,14}$ = “влакът е за точки Т12, ..., Т15”,

$W_{7,15}$ = “влакът е за точки Т8, ..., Т11”.

Ядрото от позиция l_7 влиза в позиция l_{14} с характеристика

“влакът се движи към точки Т12, ..., Т15 в (час, минута)”

и в позиция l_{15} с характеристика

“влакът се движи към точки Т8, ..., Т11 в (час, минута)”

Ядрата от позиции l_{14} и l_{15} влизат в позиция l_7 с характеристика

“влакът тръгва по направление П2 в (час, минута)”.

$$Z_6 = \left\langle \{l_8, l_9, l_{16}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_8 & l_9 & l_{16} \\ \hline l_8 & false & false & true \\ l_9 & false & false & true \\ l_{16} & W_{16,8} & W_{16,9} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{16,8}$ = “влакът е за направление П2”,

$W_{16,9}$ = “влакът е за направление П1”.

Ядрата от позиции l_8 и l_9 влизат в позиция l_{16} с характеристика

“влакът се движи към точки Т7, ..., Т7 в (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{16} влиза в позиция l_8 с характеристика

“влакът се движи по направление П2 в (час, минута)”

и в позиция l_9 с характеристика

“влакът се движи по направление П1 в (час, минута)”.

$$Z_7 = \left\langle \{l_{11}, l_{17}, l_{18}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{11} & l_{17} & l_{18} \\ \hline l_{11} & false & W_{11,17} & W_{11,18} \\ l_{17} & true & false & false \\ l_{18} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{11,17}$ = “влакът е за точка Т21 или Т22”,

$W_{11,18}$ = “влакът е за точки Т17, ..., Т20 или към точки Т21 и Т22, ако директният път към тях е зает”.

Ядрото от позиция l_{11} влиза в позиция l_{17} с характеристика

“влакът се движи към точки Т21 или Т22 в (час, минута)”

и в позиция l_{18} с характеристика

“влакът се движи към точки Т17, ..., Т20 или към точки Т21 и Т22, ако директният път към тях е зает (час, минута).”

Ядрата от позиции l_{17} и l_{18} влизат в позиция l_{11} с характеристика

“влакът се движи по направление П5 или П6 (час, минута)”.

$$Z_8 = \left\langle \{l_{12}, l_{19}, l_{20}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{12} & l_{19} & l_{20} \\ \hline l_{12} & false & W_{12,19} & W_{12,20} \\ l_{19} & true & false & false \\ l_{20} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{12,19}$ = “влакът е за точки Т17, ... Т22”,

$W_{12,20}$ = “влакът е за точка Т15 или Т16”.

Ядрото от позиция l_{12} влиза в позиция l_{19} с характеристика

“влакът се движи към точки Т17, ..., Т22 в (час, минута)”

и в позиция l_{20} с характеристика

“влакът се движи към точка T15 или T16 (час, минута).”

Ядрата от позиции l_{19} и l_{20} влизат в позиция l_{12} с характеристика

“влакът се движи по направление П4 (час, минута)”.

$$Z_9 = \left\langle \{l_{13}, l_{21}, l_{22}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{13} & l_{21} & l_{22} \\ \hline l_{13} & false & W_{13,21} & W_{13,22} \\ l_{21} & true & false & false \\ l_{22} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{13,21}$ = “влакът е за точка T15 или T16”,

$W_{13,22}$ = “влакът е за точки T12, ... T15”,

Ядрото от позиция l_{13} влиза в позиция l_{21} с характеристика

“влакът се движи към точки T17,..., T22 в (час, минута)”

и в позиция l_{20} с характеристика

“влакът се движи към точка T15 или T16 (час, минута).”

Ядрата от позиции l_{21} и l_{22} влизат в позиция l_{13} с характеристика

“влакът се движи по направление П3 (час, минута)”.

$$Z_{10} = \left\langle \{l_{14}, l_{23}, l_{24}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{14} & l_{23} & l_{24} \\ \hline l_{14} & false & W_{14,23} & W_{14,24} \\ l_{23} & true & false & false \\ l_{24} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{14,23}$ = “влакът е за точки T12, ..., T14, ако директният път към тях е зает или към точка T15”,

$W_{14,24}$ = “влакът е за точки T12, ..., T14”.

Ядрото от позиция l_{14} влиза в позиция l_{23} с характеристика

“влакът се движи към точки T12, ..., T14, ако директният път към тях е зает или
към точка T15 в (час, минута)”

и в позиция l_{24} с характеристика

“влакът се движи към точки T12, ..., T14 (час, минута).”

Ядрата от позиции l_{23} и l_{24} влизат в позиция l_{14} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 (час, минута)”.

$$Z_{11} = \left\langle \{l_{15}, l_{25}, l_{26}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{15} & l_{25} & l_{26} \\ \hline l_{15} & false & W_{15,25} & W_{15,26} \\ l_{25} & true & false & false \\ l_{26} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{15,25}$ = “влакът е за точка Т10 или Т11”,

$W_{15,26}$ = “влакът е за точка Т8 или Т9”.

Ядрото от позиция l_{15} влиза в позиция l_{25} с характеристика

“влакът се движи към точка Т10 или Т11 (час, минута)”

и в позиция l_{26} с характеристика

“влакът се движи към точка Т8 или Т9 (час, минута).”

Ядрата от позиции l_{25} и l_{26} влизат в позиция l_{15} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 (час, минута)”.

$$Z_{12} = \left\langle \{l_{16}, l_{27}, l_{28}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{16} & l_{27} & l_{28} \\ \hline l_{16} & false & W_{16,27} & W_{16,28} \\ l_{27} & true & false & false \\ l_{28} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{16,27}$ = “влакът е за точки Т4, ..., Т7”,

$W_{16,28}$ = “влакът е за точка Т13”.

Ядрото от позиция l_{16} влиза в позиция l_{27} с характеристика

“влакът се движи към точки Т4, ..., Т7 (час, минута)”

и в позиция l_{28} с характеристика

“влакът пристига в точка Т3 (час, минута).”

Ядрата от позиции l_{27} и l_{28} влизат в позиция l_{16} с характеристика

“влакът се движи по направление П1 или П2 (час, минута)”.

$$Z_{13} = \left\langle \{l_{17}, l_{29}, l_{30}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{17} & l_{29} & l_{30} \\ \hline l_{17} & false & W_{17,29} & W_{17,30} \\ l_{29} & true & false & false \\ l_{30} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{17,29}$ = “влакът е за точка T21 или T22”,

$W_{17,30}$ = “влакът е за точка T21 или T22, ако директният път към тях е зает”.

Ядрото от позиция l_{17} влиза в позиция l_{29} с характеристика

“влакът се движи към точки T21 или T22 (час, минута)”

и в позиция l_{28} с характеристика

“влакът се движи към точки T21 или T22, ако директният път към тях е зает (час, минута).”

Ядрата от позиции l_{29} и l_{30} влизат в позиция l_{17} с характеристика

“влакът се движи по направление П5 или П6 (час, минута)”.

$$Z_{14} = \left\langle \{l_{18}, l_{19}, l_{31}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{18} & l_{19} & l_{31} \\ \hline l_{18} & false & false & true \\ l_{19} & false & false & true \\ l_{31} & W_{31,18} & W_{31,19} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{31,18}$ = “влакът е за направление П5 или П6”,

$W_{31,19}$ = “влакът е за направление П4”.

Ядрата от позиции l_{18} и l_{19} влизат в позиция l_{31} с характеристика

“влакът се движи към точки T17, ..., T22 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{31} влиза в позиция l_{18} с характеристика

“влакът се движи по направление П5 или П6 (час, минута)”

и в позиция l_{19} с характеристика

“влакът се движи по направление П4 (час, минута)”.

$$Z_{15} = \left\langle \{l_{20}, l_{21}, l_{32}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{20} & l_{21} & l_{32} \\ \hline l_{20} & false & false & true \\ l_{21} & false & false & true \\ l_{32} & W_{32,20} & W_{32,21} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{32,20}$ = “влакът е за направление П4”,

$W_{32,21}$ = “влакът е за направление П3”.

Ядрата от позиции l_{20} и l_{21} влизат в позиция l_{32} с характеристика

“влакът се движи към точки Т14 или Т15 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{32} влиза в позиция l_{20} с характеристика

“влакът се движи по направление П4 (час, минута)”

и в позиция l_{21} с характеристика

“влакът се движи по направление П3 (час, минута)”.

$$Z_{16} = \left\langle \{l_{22}, l_{23}, l_{33}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{22} & l_{23} & l_{33} \\ \hline l_{22} & false & false & true \\ l_{23} & false & false & true \\ l_{33} & W_{33,22} & W_{33,23} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{33,22}$ = “влакът е за направление П3”,

$W_{33,23}$ = “влакът е за направление П2”.

Ядрата от позиции l_{22} и l_{23} влизат в позиция l_{33} с характеристика

“влакът се движи към точки Т12, ..., Т15 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{33} влиза в позиция l_{22} с характеристика

“влакът се движи по направление П3 (час, минута)”

и в позиция l_{23} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 (час, минута)”.

$$Z_{17} = \left\langle \{l_{25}, l_{34}, l_{35}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{25} & l_{34} & l_{35} \\ \hline l_{25} & false & W_{25,34} & W_{25,35} \\ l_{34} & true & false & false \\ l_{35} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{25,34}$ = “влакът е за точка Т10”,

$W_{25,35}$ = “влакът е за точка Т11”.

Ядрото от позиция l_{25} влиза в позиция l_{34} с характеристика

“влакът пристига в точка Т11 (час, минута)”

и в позиция l_{35} с характеристика

“влакът пристига в точка Т10 (час, минута)”

Ядрата от позиции l_{34} и l_{35} влизат в позиция l_{25} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 (час, минута)”

$$Z_{18} = \left\langle \{l_{26}, l_{36}, l_{37}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{26} & l_{36} & l_{37} \\ \hline l_{26} & false & W_{26,36} & W_{26,37} \\ l_{36} & true & false & false \\ l_{37} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{26,36}$ = “влакът е за точка Т9”

$W_{26,37}$ = “влакът е за точка Т8”

Ядрото от позиция l_{26} влиза в позиция l_{36} с характеристика

“влакът пристига в точка Т9 (час, минута)”

и в позиция l_{37} с характеристика

“влакът пристига в точка Т8 (час, минута)”

Ядрата от позиции l_{36} и l_{37} влизат в позиция l_{26} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 (час, минута)”

$$Z_{19} = \left\langle \{l_{27}, l_{38}, l_{39}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{27} & l_{38} & l_{39} \\ \hline l_{27} & false & W_{27,38} & W_{27,39} \\ l_{38} & true & false & false \\ l_{39} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{27,38}$ = “влакът е за точка Т6 или Т7”

$W_{27,39}$ = “влакът е за точка Т4 или Т5”

Ядрото от позиция l_{27} влиза в позиция l_{38} с характеристика

“влакът се движи към точка Т6 или Т7 (час, минута)”

и в позиция l_{39} с характеристика

“влакът се движи към точка Т4 или Т5 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{38} и l_{39} влизат в позиция l_{27} с характеристика

“влакът се движи по направление П1 или П2 (час, минута)”.

$$Z_{20} = \left\langle \{l_{31}, l_{40}, l_{41}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{31} & l_{40} & l_{41} \\ \hline l_{31} & false & W_{31,40} & W_{31,41} \\ l_{40} & true & false & false \\ l_{41} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{31,40}$ = “влакът е за точка Т21 или Т22”,

$W_{31,41}$ = “влакът е за точки Т17, ..., Т20”.

Ядрото от позиция l_{31} влиза в позиция l_{40} с характеристика

“влакът се движи към точка Т21 или Т22 (час, минута)”.

и в позиция l_{41} с характеристика

“влакът се движи към точки Т17, ..., Т20 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{40} и l_{41} влизат в позиция l_{31} с характеристика

“влакът се движи по направления П4, П5 или П6 (час, минута)”.

$$Z_{21} = \left\langle \{l_{32}, l_{42}, l_{43}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{32} & l_{42} & l_{43} \\ \hline l_{32} & false & W_{32,42} & W_{32,43} \\ l_{42} & true & false & false \\ l_{43} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{32,42}$ = “влакът е за точка Т13”,

$W_{32,43}$ = “влакът е за точка Т15”.

Ядрото от позиция l_{32} влиза в позиция l_{42} с характеристика

“влакът се движи към точка Т16 (час, минута)”.

и в позиция l_{43} с характеристика

“влакът се движи към точка Т15 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{42} и l_{43} влизат в позиция l_{32} с характеристика

“влакът се движи по направления П3 или П4 (час, минута)”.

$$Z_{22} = \left\langle \{l_{33}, l_{44}, l_{45}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{33} & l_{44} & l_{45} \\ \hline l_{33} & false & W_{33,44} & W_{33,45} \\ l_{44} & true & false & false \\ l_{45} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{33,44}$ = “влакът е за точка Т14 или Т15”

$W_{33,45}$ = “влакът е за точки Т12, Т13 или Т14”.

Ядрото от позиция l_{33} влиза в позиция l_{44} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14 или Т15 (час, минута)”.

и в позиция l_{45} с характеристика

“влакът се движи към точка Т12, Т13 или Т14 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{44} и l_{45} влизат в позиция l_{33} с характеристика

“влакът се движи по направления П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{23} = \left\langle \{l_{38}, l_{46}, l_{47}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{38} & l_{46} & l_{47} \\ \hline l_{38} & false & W_{38,46} & W_{38,47} \\ l_{46} & true & false & false \\ l_{47} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{38,46}$ = “влакът е за точки Т7”.

$W_{38,47}$ = “влакът е за точки Т6”.

Ядрото от позиция l_{38} влиза в позиция l_{46} с характеристика

“влакът се движи към точка Т17 (час, минута)”.

и в позиция l_{47} с характеристика

“влакът се движи към точка Т6 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{46} и l_{47} влизат в позиция l_{38} с характеристика

“влакът се движи по направления П1 или П2 (час, минута)”.

$$Z_{24} = \left\langle \{l_{39}, l_{48}, l_{49}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{39} & l_{48} & l_{49} \\ \hline l_{39} & false & W_{39,48} & W_{39,49} \\ l_{48} & true & false & false \\ l_{49} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{39,48}$ = “влакът е за точки Т5”

$W_{39,49}$ = “влакът е за точки Т4”.

влакът е за точки Т6”.

Ядрото от позиция l_{39} влиза в позиция l_{48} с характеристика

“влакът се движи към точка Т15 (час, минута)”,

и в позиция l_{49} с характеристика

“влакът се движи към точка Т4 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{48} и l_{49} влизат в позиция l_{39} с характеристика

“влакът се движи по направления П1 или П2 (час, минута)”.

$$Z_{25} = \left\langle \{l_{30}, l_{40}, l_{50}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{30} & l_{40} & l_{50} \\ \hline l_{30} & false & false & true \\ l_{40} & false & false & true \\ l_{50} & W_{50,30} & W_{50,40} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{50,30}$ = “влакът е за направление П5 или П6”

$W_{50,40}$ = “влакът е за направление П4, П5 или П6”.

Ядрата от позиции l_{30} и l_{40} влизат в позиция l_{30} с характеристика

“влакът се движи към точки Т21 или Т22 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{50} влиза в позиция l_{30} с характеристика

“влакът се движи по направление П5 или П6 (час, минута)”

и в позиция l_{40} с характеристика

“влакът се движи по направление П4, П5 или П6 (час, минута)”.

$$Z_{26} = \left\langle \{l_{41}, l_{51}, l_{52}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{41} & l_{51} & l_{52} \\ \hline l_{41} & false & W_{41,51} & W_{41,52} \\ l_{51} & true & false & false \\ l_{52} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{41,51}$ = “влакът е за точка Т20”,

$W_{41,52}$ = “влакът е за точки Т7, Т18 или Т19”.

Ядрото от позиция l_{41} влиза в позиция l_{51} с характеристика

“влакът се движи към точка Т12 (час, минута)”,

и в позиция l_{52} с характеристика

“влакът се движи към точки Т7, Т18 или Т19 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{51} и l_{52} влизат в позиция l_{41} с характеристика

“влакът се движи по направления П4, П5 или П6 (час, минута)”.

$$Z_{27} = \left\langle \{l_{44}, l_{53}, l_{54}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{44} & l_{53} & l_{54} \\ \hline l_{44} & false & W_{44,53} & W_{44,54} \\ l_{53} & true & false & false \\ l_{54} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{44,53}$ = “влакът е за точка Т15”,

$W_{44,54}$ = “влакът е за точка Т14”.

Ядрото от позиция l_{44} влиза в позиция l_{53} с характеристика

“влакът се движи към точка Т15 (час, минута)”,

и в позиция l_{54} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{53} и l_{54} влизат в позиция l_{44} с характеристика

“влакът се движи по направления П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{28} = \left\langle \{l_{24}, l_{45}, l_{55}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{24} & l_{45} & l_{55} \\ \hline l_{24} & false & false & true \\ l_{45} & false & false & true \\ l_{55} & W_{55,24} & W_{55,45} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{55,24}$ = “влакът е за направление П2”,

$W_{55,45}$ = “влакът е за направление П2 или П3”.

Ядрата от позиции l_{24} и l_{45} влизат в позиция l_{55} с характеристика

“влакът се движи към точки Т12, Т13 или Т14 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{55} влиза в позиция l_{24} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 (час, минута)”

и в позиция l_{45} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{29} = \left\langle \{l_{29}, l_{50}, l_{56}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{29} & l_{50} & l_{56} \\ \hline l_{29} & false & false & true \\ l_{50} & false & false & true \\ l_{56} & W_{56,29} & W_{56,50} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{56,29}$ = “влакът е за направление П5 или П6”.

$W_{56,50}$ = “влакът е за направление П4, П5 или П6, ако директният път е зает”.

Ядрата от позиции l_{29} и l_{50} влизат в позиция l_{56} с характеристика

“влакът се движи към точки Т21 или Т22 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{56} влиза в позиция l_{29} с характеристика

“влакът се движи по направление П5 или П6 (час, минута)”

и в позиция l_{50} с характеристика

“влакът се движи по направление П4, П5 или П6 (час, минута)”.

$$Z_{30} = \left\langle \{l_{52}, l_{57}, l_{58}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{52} & l_{57} & l_{58} \\ \hline l_{52} & false & W_{52,57} & W_{52,58} \\ l_{57} & true & false & false \\ l_{58} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{52,57}$ = “влакът е за точка Т19”

$W_{52,58}$ = “влакът е за точки Т17 или Т18”.

Ядрото от позиция l_{52} влиза в позиция l_{57} с характеристика

“влакът се движи към точка Т19 (час, минута)”.

и в позиция l_{58} с характеристика

“влакът се движи към точки Т17 или Т18 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{57} и l_{58} влизат в позиция l_{52} с характеристика

“влакът се движи по направления П4, П5 или П6 (час, минута)”.

$$Z_{31} = \left\langle \{l_{43}, l_{53}, l_{59}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{43} & l_{53} & l_{59} \\ \hline l_{43} & false & false & true \\ l_{53} & false & false & true \\ l_{59} & W_{59,43} & W_{59,53} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{59,43}$ = “влакът е за направление П3 или П4”

$W_{59,53}$ = “влакът е за направление П2 или П3”.

Ядрата от позиции l_{43} и l_{53} влизат в позиция l_{59} с характеристика

“влакът пристига в точки Т15 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{59} влиза в позиция l_{43} с характеристика

“влакът се движи по направление П3 или П4 (час, минута)”

и в позиция l_{53} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{32} = \left\langle \{l_{54}, l_{60}, l_{61}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{54} & l_{60} & l_{61} \\ \hline l_{54} & false & W_{54,60} & W_{54,61} \\ l_{60} & true & false & false \\ l_{61} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{54,60}$ = “влакът е за точка Т14”,

$W_{54,61}$ = “влакът е за точка Т14, ако директният път е зает”.

Ядрото от позиция l_{54} влиза в позиция l_{60} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14 (час, минута)”.

и в позиция l_{61} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14, защото директният път е зает (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{60} и l_{61} влизат в позиция l_{54} с характеристика

“влакът се движи по направления П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{33} = \left\langle \{l_{55}, l_{62}, l_{63}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{55} & l_{62} & l_{63} \\ \hline l_{55} & false & W_{55,62} & W_{55,63} \\ l_{62} & true & false & false \\ l_{63} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{55,62}$ = “влакът е за точка Т14”,

$W_{55,63}$ = “влакът е за точка Т12 или Т13”.

Ядрото от позиция l_{55} влиза в позиция l_{62} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14 (час, минута)”.

и в позиция l_{63} с характеристика

“влакът се движи към точка Т12 или Т13 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{62} и l_{63} влизат в позиция l_{55} с характеристика

“влакът се движи по направления П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{34} = \left\langle \{l_{56}, l_{64}, l_{65}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{56} & l_{64} & l_{65} \\ \hline l_{56} & false & W_{56,64} & W_{56,65} \\ l_{64} & true & false & false \\ l_{65} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{56,64}$ = “влакът е за точка Т22”,

$W_{56,65}$ = “влакът е за точка Т21”.

Ядрото от позиция l_{56} влиза в позиция l_{64} с характеристика

“влакът пристига в точка Т22 (час, минута)”.

и в позиция l_{65} с характеристика

“влакът пристига в точка Т21 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{64} и l_{65} влизат в позиция l_{56} с характеристика

“влакът се движи по направления П4, П5 или П6 (час, минута)”.

$$Z_{35} = \left\langle \{l_{58}, l_{66}, l_{67}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{58} & l_{66} & l_{67} \\ \hline l_{58} & false & W_{58,66} & W_{58,67} \\ l_{66} & true & false & false \\ l_{67} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{58,66}$ = “влакът е за точка Т18”,

$W_{58,67}$ = “влакът е за точка Т17”.

Ядрото от позиция l_{58} влиза в позиция l_{66} с характеристика

“влакът пристига в точка Т18 (час, минута)”,

и в позиция l_{63} с характеристика

“влакът пристига в точка Т17 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{66} и l_{67} влизат в позиция l_{58} с характеристика

“влакът се движи по направления П4, П5 или П6 (час, минута)”.

$$Z_{36} = \left\langle \{l_{60}, l_{68}, l_{69}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{60} & l_{68} & l_{69} \\ \hline l_{60} & false & W_{60,68} & W_{60,69} \\ l_{68} & true & false & false \\ l_{69} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{60,68}$ = “влакът е за точка Т14”

$W_{60,69}$ = “влакът е за точка Т14, ако директният път е зает”.

Ядрото от позиция l_{60} влиза в позиция l_{68} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14 (час, минута)”,

и в позиция l_{63} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14, защото директният път е зает (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{68} и l_{69} влизат в позиция l_{60} с характеристика

“влакът се движи по направления П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{37} = \left\langle \{l_{61}, l_{62}, l_{70}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{61} & l_{62} & l_{70} \\ \hline l_{61} & false & false & true \\ l_{62} & false & false & true \\ l_{70} & W_{70,61} & W_{70,62} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{70,61}$ = “влакът е за направление П2 или П3”,

$W_{70,62}$ = “влакът е за направление П2 или П3”.

Ядрата от позиции l_{61} и l_{62} влизат в позиция l_{70} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{70} влиза в позиция l_{61} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”

и в позиция l_{62} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{38} = \left\langle \{l_{63}, l_{71}, l_{72}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{63} & l_{71} & l_{72} \\ \hline l_{63} & false & W_{63,71} & W_{63,72} \\ l_{71} & true & false & false \\ l_{72} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{63,71}$ = “влакът е за точка Т13”,

$W_{63,72}$ = “влакът е за точка Т14”.

Ядрото от позиция l_{63} влиза в позиция l_{71} с характеристика

“влакът пристига в точка Т13 (час, минута)”

и в позиция l_{62} с характеристика

“влакът се движи към точка Т12 (час, минута)”.

Ядрата от позиции l_{71} и l_{72} влизат в позиция l_{63} с характеристика

“влакът се движи по направления П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{39} = \left\langle \{l_{68}, l_{74}, l_{75}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{68} & l_{74} & l_{75} \\ \hline l_{68} & false & W_{68,74} & W_{68,75} \\ l_{74} & true & false & false \\ l_{75} & true & false & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{68,74}$ = “влакът е за точка Т14”,

$W_{68,75}$ = “влакът е за точка Т14, защото директният път е зает”.

Ядрото от позиция l_{68} влиза в позиция l_{74} с характеристика

“влакът пристига в точка Т14 (час, минута)”

и в позиция l_{75} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14 (час, минута)”

Ядрата от позиции l_{74} и l_{75} влизат в позиция l_{68} с характеристика

“влакът се движи по направления П2 или П3 (час, минута)”

$$Z_{40} = \left\langle \{l_{69}, l_{70}, l_{76}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{69} & l_{70} & l_{76} \\ \hline l_{69} & false & false & true \\ l_{70} & false & false & true \\ l_{76} & W_{76,69} & W_{76,70} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{76,69}$ = “влакът е за направление П2 или П3”,

$W_{76,70}$ = “влакът е за направление П2 или П3”.

Ядрата от позиции l_{69} и l_{70} влизат в позиция l_{76} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14 (час, минута)”

Ядрото от позиция l_{76} влиза в позиция l_{69} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”

и в позиция l_{70} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”

$$Z_{41} = \left\langle \{l_{72}, l_{73}, l_{77}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{72} & l_{73} & l_{77} \\ \hline l_{72} & false & false & true \\ l_{73} & false & false & true \\ l_{77} & W_{77,72} & W_{77,73} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{77,72}$ = “влакът е за направление П2 или П3”,

$W_{77,73}$ = “влакът е за глуха точка”.

Ядрата от позиции l_{72} и l_{73} влизат в позиция l_{77} с характеристика

“влакът пристига в точка Т12 (час, минута)”

Ядрото от позиция l_{77} влиза в позиция l_{72} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”

и в позиция l_{73} с характеристика

“влакът спира в глуха линия (час, минута)”.

$$Z_{42} = \left\langle \{l_{75}, l_{76}, l_{78}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{75} & l_{76} & l_{78} \\ \hline l_{75} & false & false & true \\ l_{76} & false & false & true \\ l_{78} & W_{78,75} & W_{78,76} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{78,75}$ = “влакът е за направление П2 или П3”,

$W_{78,76}$ = “влакът е за направление П2 или П3”.

Ядрата от позиции l_{75} и l_{76} влизат в позиция l_{78} с характеристика

“влакът се движи към точка Т14 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{78} влиза в позиция l_{75} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”

и в позиция l_{76} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”.

$$Z_{43} = \left\langle \{l_{74}, l_{78}, l_{79}\}, \begin{array}{c|ccc} & l_{74} & l_{78} & l_{79} \\ \hline l_{74} & false & false & true \\ l_{78} & false & false & true \\ l_{79} & W_{79,74} & W_{79,78} & false \end{array} \right\rangle,$$

where

$W_{79,74}$ = “влакът е за направление П2 или П3”,

$W_{79,78}$ = “влакът е за направление П2 или П3”.

Ядрата от позиции l_{74} и l_{78} влизат в позиция l_{79} с характеристика

“влакът се пристига в точка Т14 (час, минута)”.

Ядрото от позиция l_{79} влиза в позиция l_{78} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”

и в позиция l_{74} с характеристика

“влакът се движи по направление П2 или П3 (час, минута)”.

Важно е да се отбележи, че когато в един преход предикатите са еднакви, вярностната стойност се определя от допълнителни фактори, например, в едната от двете посоки пътят е зает или движението в тази посока е спряно по някакви причини (например, ремонт).

5 Заключение

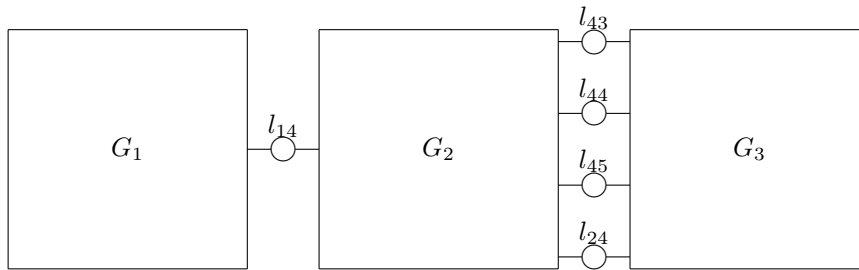
Така създаденият модел може да се използва са няколко цели:

- вземане на решения за посоките на движение на влаковете в зависимост от конкретната обстановка
- при наличие на необходимата техника, управление на движението в ЖП-гарата,
- вземане на решения за бъдещи примени в организацията на движението на влаковете, с цел оптимизиране.

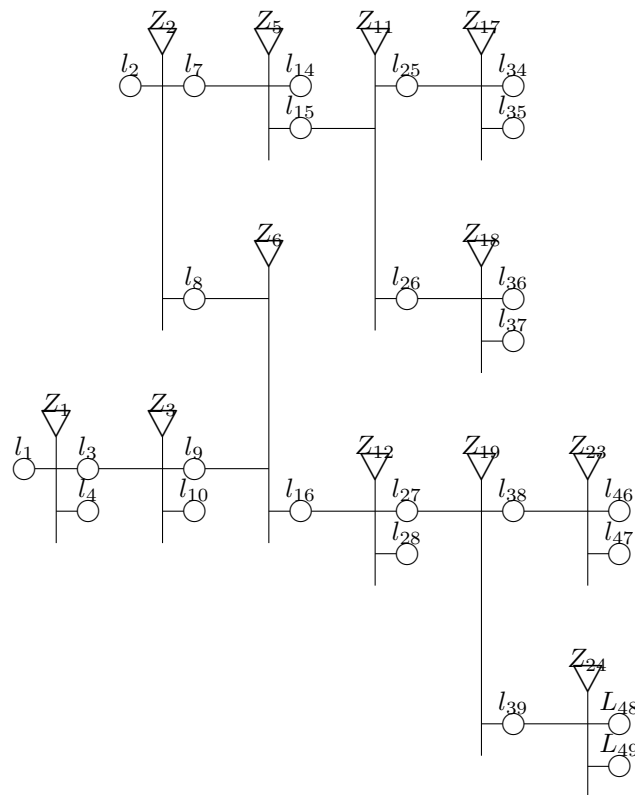
Ще отбележим, че настоящата ДОМ може да бъде разширявана в различни посоки. Например, можем да добавяме, или да премахваме преходи от горния вид, така че да опишем или да моделираме всички преходи на конкретна гара.

Литература

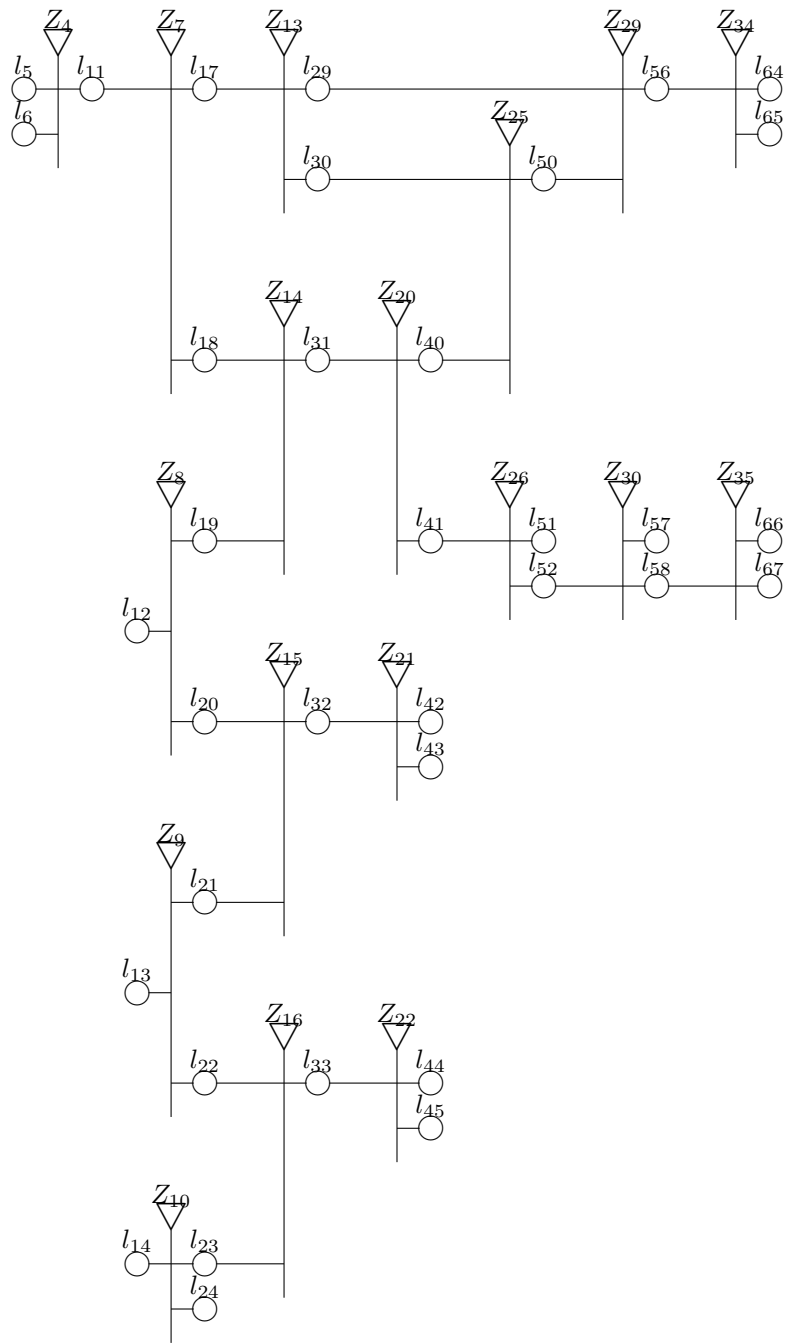
- [1] Atanassov, K. Generalized Nets. Singapore, World Scientific, 1991.
- [2] Atanassov K., Two-way generalized nets, Advances in Modelling & Analysis, AMSE Press, Vol. 19, 1994, No. 2, 29-39.
- [3] Atanassov, K. On Generalized Nets Theory. Sofia, "Prof. Marin Drinov" Publishing House, 2007.
- [4] Atanassov. K. On Two-Way Generalized Nets. In:- Advanced Computing in Industrial Mathematics (K. Georgiev, M. Todorov, I. Georgiev, Eds.), Studies in Computational Intelligence 793, Springer Nature, Cham, 2019, 51-62. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97277-0_5
- [5] Boyukov, T., V. Andonov, K. Atanassov. Generalized net model of the connections between different types of transport in Bulgaria. 2022 IEEE 11th International Conference on Intelligent Systems (IS) | 978-1-6654-5656-2/22/; DOI: 10.1109/IS57118.2022.10019720
- [6] Boyukov, T., K. Atanassov. Generalized nets as a tool for modelling of railway networks. Part 3. Proceedings of the Jangjeon Mathematical Society, Vol. 25 (2022), No. 3, 359 – 364.
- [7] Boyukov, T., K. Atanassov. Generalized nets as a tool for modelling of railway networks. Part 2. In:- Uncertainty and Imprecision in Decision Making and Decision Support: New Advances, Challenges, and Perspectives (K. Atanassov, V. Atanassova, J. Kasprzyk, et al., Eds.), Springer, Cham, 2022, 120-128.
- [8] Боюков, Т., К. Атанасов. Обобщеномрежов модел на железопътната мрежа на България. Годишник на секция "Информатика" СМБ, Том 11, 2021, 24-46.
- [9] НАРЕДБА No. 58 от 2.08.2006 г. за правилата за техническата експлоатация, движението на влаковете и сигнализацията в железопътния транспорт, чл.221, ал. (1)
- [10] НАРЕДБА No. 58 от 2.08.2006 г. за правилата за техническата експлоатация, движението на влаковете и сигнализацията в железопътния транспорт, чл. 221, ал. (2)



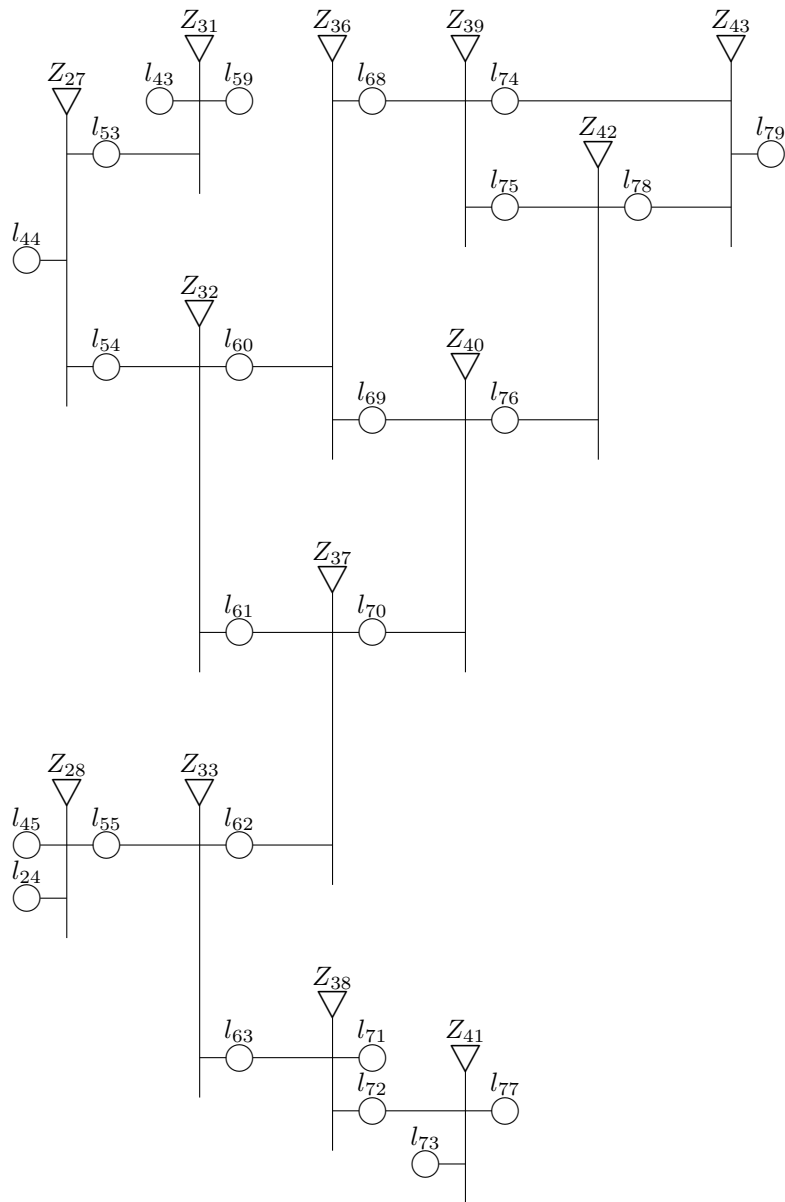
Фигура 6: OM-модел с три подмрежи G_1 , G_2 и G_3



Фигура 7: OM G_1



Фигура 8: OM G_2



Фигура 9: OM G_3