

ОБОБЩЕНОМРЕЖОВ МОДЕЛ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ГРАДСКИЯ ТРАНСПОРТ

Иван Вълков¹, Красимир Атанасов²

¹ ул. “Ангел Димитров” № 31, кв. Сарафово, Бургас
E-mail: ivalkovv@abv.bg

² ИБФБМИ, Българска академия на науките
ул. “Акад. Г. Бончев”, бл. 105, София
e-mail: krat@bas.bg

Абстракт: Описва се обобщеномрежов модел на обществения транспорт в град Бургас.

Ключови думи: Обобщена мрежа, Градски транспорт.

1 Въведение

Настоящата статия съдържа описание на ОбобщеноМрежов Модел (ОММ) отразяващ автобусните линии в град Бургас. Той включва основни приложения, характеристики и цели на интегрирания градски транспорт на града и се явява като примерна методика и модел за решения, които могат да се използват при подготовката на подобни проекти за повишаване ефективността на градския обществен транспорт и в други градове. ОММ дава възможност за детайлно моделиране на реалните процеси, протичащи по време на движението на автобусите по отделните линии, така че да могат да се изследват най-общите им свойства и характеристики.

Проучването включва преглед и анализ на съществуващите (към края на 2015 г.) график и потребности на действащата транспортна схема. Този критичен преглед на съществуващата мрежа представлява основата, на която ще се разработва моделът и неговата приложимост в сравнение с другите налични възможности. Това ще ни даде възможност за подробно техническо, икономическо и финансово проучване, както и екологичен анализ, на базата на които да се направят точни и ефективни промени за осъществяването на интегриран градски транспорт.

Чрез подобряване на дейността на интегрирания градски транспорт ще се постигнат следните ефекти:

- повишаване на атрактивността на обществения транспорт чрез подобряване на предлаганите условия;

- подкрепа на метрополисните функции на града за подобряване безопасността на придвижване;
- намаляване на задръстванията по улиците и булевардите на града;
- повишаване на капацитета на системата за обществен транспорт;
- подобряване на екологичната ситуация посредством намаляване на вредните емисии с въвеждане на оптимизация на тролейбусните и автобусни линии.

За постигане на по-рационален и висококачествен обществен транспорт сме анализирали градските линии и главния транспортен коридор на гр. Бургас в посока север-юг. Общата автобусна мрежа се състои от 19 автобусни линии, като в това число са включени и 2 тролейбусни линии.

За постигането на тези цели, в следващо изследване ще използваме и метода на интеркритериалния анализ [2].

След обработване на информацията за линиите на градския обществен транспорт ежедневно през 2015 г. се забелязват определени зависимости между някои линии. Основните групи пътници, които се определят, са:

- пътници от жилищните комплекси Изгрев и Славейков, пътуващи към Северна промишлена зона и обратно.
- пътници от жилищните комплекси Изгрев, Славейков и Меден рудник, пътуващи към Северна и Южна промишлени зони по основния транспортен коридор север-юг на града.
- работници от кварталите Лозово, Долно Езерово и ж.к. Меден рудник, работещи в промишлените зони.

При тези групи става преливане на пътници, с прекачване от една на друга линия.

За изследванията е използвана информация за интегрирания градски транспорт и данните за пътниците, ползващи обществен транспорт в гр. Бургас, от следните източници:

- Основен доклад от предпроектни проучвания на Проект за интегриран градски транспорт на гр. Бургас (ноември 2010 г.);
- Статистически данни за пътниците, ползващи обществен транспорт в гр. Бургас на Общинска фирма по транспорт – „Бургасбус“ЕООД за 2015 г.

2 Описание на обобщеномрежовия модел

В настоящата статия използваме апарата и означенията от теорията на Обобщените Мрежи (ОМ, [1]).

Поради своята значителна големина и сложност, ОМ моделът е разделен на четири части, съответстващи на четирите основни зони на гр. Бургас – северна (нейните преходи и позиции ще бъдат означени, съответно, с N и n), западна (W и w), централна (C и c) и

южна (E и e). Преходите на ОММ (общо 44) съответстват на отделните автобусни спирки, а позициите и дъгите – на автобусните линии, свързващи тези спирки.

В ОММ са включени само такива спирки, които са начални/крайни или са междинни, но през тях преминават автобуси от различни посоки. Тези преходи съответстват на следните спирки.

| | | | |
|----------|------------------------|----------|--|
| N_1 | Автостанция к-с Изгрев | C_1 | сп. МБАЛ |
| N_2 | кв. Сарафово | C_2 | сп. Бл. 104 |
| N_3 | кв. Банево | C_3 | сп. Механотехникум |
| N_4 | кв. Рудник | C_4 | сп. БСУ |
| N_5 | супермаркет Изгрев | C_5 | сп. Христо Ботев |
| N_6 | МОЛ Плаза | C_6 | сп. Бл. 1 |
| N_7 | сп. надлез Никола | C_7 | сп. ЖП Фондови |
| | Петков | | жилища |
| N_8 | сп. 2 РПУ | C_8 | сп. Централна поща/ Областна управа |
| N_9 | сп. Пикадили | C_9 | сп. Иван Вазов |
| N_{10} | сп. Зала Младост | C_{10} | Автогара Юг/ сп. Централна ЖП гара |
| W_1 | сп. ВХТИ | E_1 | сп. Стадион Черноморец |
| W_2 | кв. Лозово | E_2 | сп. Кораборемонтен завод |
| W_3 | кв. Долно Езерово | E_3 | кв. Горно Езерово |
| W_4 | сп. Блок 37 | E_4 | сп. Победа |
| W_5 | сп. Кроношпан | E_5 | кв. Крайморие |
| W_6 | Автостанция к-с | E_6 | сп. Бриколаж |
| | Славейков | E_7 | сп. Капче |
| W_7 | сп. Пиргос плод | E_8 | сп. Бл. 415 |
| W_8 | сп. Товарна гара | E_9 | сп. Бл. 410 |
| W_9 | сп. Елкабел | E_{10} | мс Върли бряг |
| W_{10} | сп. Трапезица | E_{11} | Автостанция к-с |
| W_{11} | Автостанция Запад | | Меден рудник |

Автобусните спирки, до които пристигат автобуси само от една предишна спирка и от които отиват автобуси само до една следваща спирка, са пропуснати от модела.

Позициите, които са свързващи за два прехода от две различни части на града, имат идентични означения. Затова в моделите, съответстващи на четирите зони, има позиции от други зони, указващи връзката с преходите от другите модели.

Видът на преходите, съответстващи на спирките от Северната зона, е следният.

$$N_1 = \langle \{n_3, n_{11}, n_{12}\}, \{n_1, n_2, n_3\} \rangle,$$

| | | | |
|----------|--------------|--------------|-------------|
| | n_1 | n_2 | n_3 |
| n_3 | $P_{3,1}$ | $P_{3,2}$ | $P_{3,3}$ |
| n_{11} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |
| n_{12} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |

където

$P_{3,1}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_5 ”,

$P_{3,2}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_6 ”,

$P_{3,3}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$N_2 = \langle \{n_5, n_{14}\}, \{n_4, n_5\},$$

| | | |
|----------|--------------|-------------|
| | n_4 | n_5 |
| n_5 | $P_{5,4}$ | $P_{5,5}$ |
| n_{14} | <i>false</i> | <i>true</i> |

където

$P_{5,4}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_6 ”,

$P_{5,5}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$N_3 = \langle \{n_7, n_{22}\}, \{n_6, n_7\},$$

| | | |
|----------|--------------|-------------|
| | n_6 | n_7 |
| n_7 | $P_{7,6}$ | $P_{7,7}$ |
| n_{22} | <i>false</i> | <i>true</i> |

където

$P_{7,6}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_8 ”,

$P_{7,7}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$N_4 = \langle \{n_9, n_{15}\}, \{n_8, n_9\},$$

| | | |
|----------|--------------|-------------|
| | n_8 | n_9 |
| n_9 | $P_{9,8}$ | $P_{9,8}$ |
| n_{15} | <i>false</i> | <i>true</i> |

където

$P_{9,8}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_7 ”,

$P_{9,9}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$N_5 = \langle \{n_1, n_{18}, n_{25}\}, \{n_{10}, n_{11}\},$$

| | | |
|----------|--------------|--------------|
| | n_{10} | n_{11} |
| n_1 | $P_{1,10}$ | <i>false</i> |
| n_{18} | <i>false</i> | $P_{18,11}$ |
| n_{25} | <i>false</i> | $P_{25,11}$ |

където

$P_{1,10}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_7 ”,

$P_{18,11} = P_{25,11}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_1 ”.

$$N_6 = \langle \{n_2, n_4, n_{19}\}, \{n_{12}, n_{13}, n_{14}\},$$

| | n_{12} | n_{13} | n_{14} | |
|----------|--------------|-------------|--------------|----|
| n_2 | <i>false</i> | <i>true</i> | <i>false</i> |), |
| n_4 | <i>false</i> | <i>true</i> | <i>false</i> | |
| n_{19} | $P_{19,12}$ | $P_{19,13}$ | $P_{19,14}$ | |

където

$P_{19,12}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_1 ”,

$P_{19,13}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_8 ”,

$P_{19,14}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_2 ”.

$$N_7 = \langle \{c_8, c_{36}, n_8, n_{10}, n_{26}\}, \{n_{15}, n_{16}, n_{17}, n_{18}\},$$

| | n_{15} | n_{16} | n_{17} | n_{18} | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| c_8 | <i>true</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> |), |
| c_{36} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> | |
| n_8 | <i>false</i> | <i>true</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | |
| n_{10} | <i>false</i> | $P_{10,16}$ | $P_{10,17}$ | <i>false</i> | |
| n_{26} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> | |

където

$P_{10,16}$ = “автобусът ще се движи към спирка C_2 ”,

$P_{10,17}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_9 ”.

$$N_8 = \langle \{n_6, n_{13}, n_{28}, w_1\}, \{n_{19}, n_{20}, n_{21}, n_{22}\},$$

| | n_{19} | n_{20} | n_{21} | n_{22} | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| n_6 | <i>false</i> | <i>true</i> | <i>false</i> | <i>false</i> |), |
| n_{12} | <i>false</i> | $P_{12,20}$ | $P_{12,21}$ | <i>false</i> | |
| n_{28} | $P_{28,19}$ | <i>false</i> | $P_{28,21}$ | <i>false</i> | |
| w_1 | $P_{1,19}$ | $P_{1,20}$ | <i>false</i> | <i>true</i> | |

където

$P_{12,20}$ = $P_{1,20}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_6 ”,

$P_{12,21}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_{10} ”,

$P_{28,19}$ = $P_{1,19}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_1 ”,

$P_{28,21}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_3 ”.

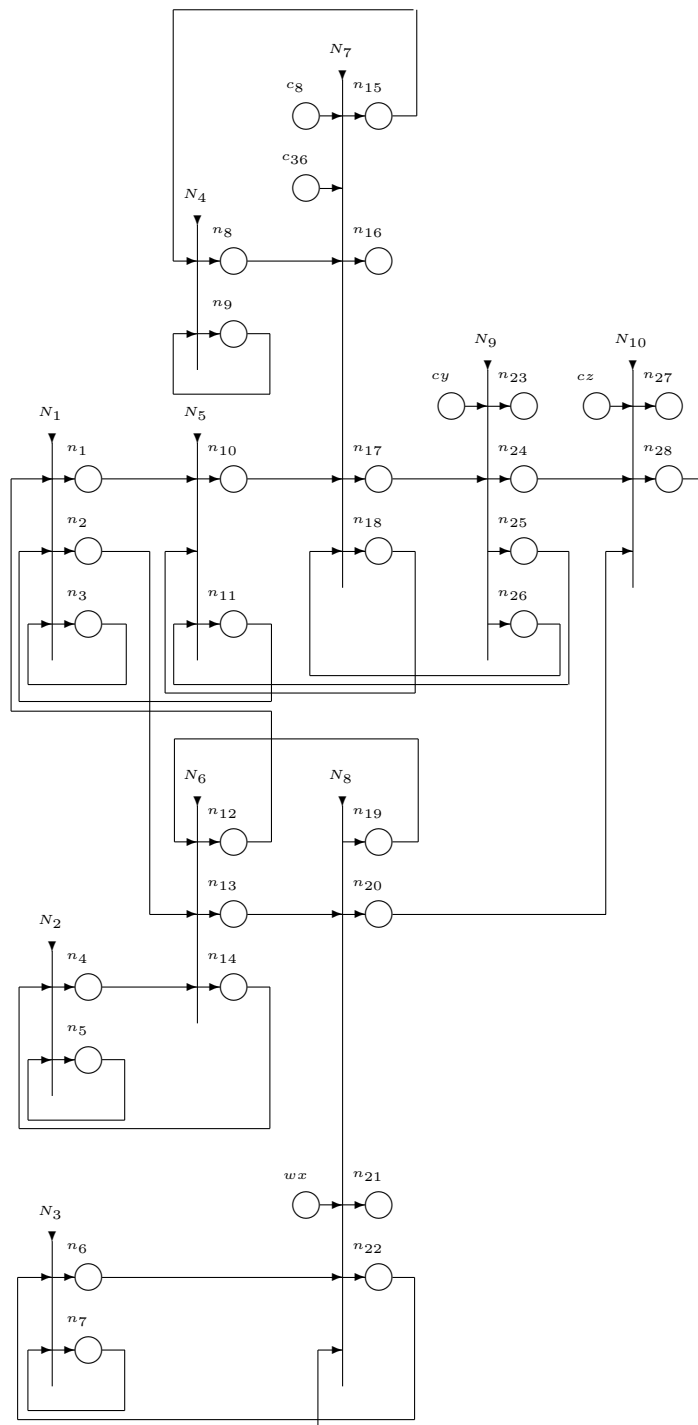
$$N_9 = \langle \{c_3, n_{17}\}, \{n_{23}, n_{24}, n_{25}, n_{26}\},$$

| | n_{23} | n_{24} | n_{25} | n_{26} | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| c_3 | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{3,25}$ | $P_{3,26}$ |), |
| n_{17} | $P_{17,23}$ | $P_{17,24}$ | <i>false</i> | <i>false</i> | |

където

$P_{17,23}$ = “автобусът ще се движи към спирка C_1 ”,

$P_{13,24}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_{10} ”,



$P_{3,25}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_5 ”,
 $P_{3,26}$ = “автобусът ще се движи към спирка N_7 ”.

$$N_{10} = \langle \{c_2, n_{24}\}, \{n_{27}, n_{28}\},$$

| | | |
|----------|--------------|--------------|
| | n_{27} | n_{28} |
| c_2 | <i>false</i> | <i>true</i> |
| n_{17} | <i>true</i> | <i>false</i> |

$$\rangle.$$

Видът на преходите, съответстващи на спирките от Западната зона, е следният.

$$W_1 = \langle \{n_{20}, w_9\}, \{w_1, w_2\},$$

| | | |
|----------|--------------|--------------|
| | w_1 | w_2 |
| n_{20} | <i>false</i> | <i>true</i> |
| w_9 | <i>true</i> | <i>false</i> |

$$\rangle.$$

$$W_2 = \langle \{w_4, w_{10}\}, \{w_3, w_4\},$$

| | | |
|----------|--------------|-------------|
| | w_3 | w_4 |
| w_4 | $P_{4,3}$ | $P_{4,4}$ |
| w_{10} | <i>false</i> | <i>true</i> |

$$\rangle,$$

където

$P_{4,3}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_6 ”,
 $P_{4,4}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$W_3 = \langle \{w_6, w_{12}\}, \{w_5, w_6\},$$

| | | |
|----------|--------------|-------------|
| | w_5 | w_6 |
| w_6 | $P_{6,5}$ | $P_{6,6}$ |
| w_{10} | <i>false</i> | <i>true</i> |

$$\rangle,$$

където

$P_{6,5}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_6 ”,
 $P_{6,6}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$W_4 = \langle \{w_2, w_{15}\}, \{w_7, w_8, w_9\},$$

| | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| | w_7 | w_8 | w_9 |
| w_2 | $P_{2,7}$ | $P_{2,8}$ | <i>false</i> |
| w_{15} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |

$$\rangle,$$

където

$P_{2,7}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_7 ”,
 $P_{2,8}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_6 ”.

$$W_5 = \langle \{w_3, w_5, w_{23}\}, \{w_{10}, w_{11}, w_{12}\},$$

| | w_{10} | w_{11} | w_{12} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| w_3 | <i>false</i> | <i>true</i> | <i>false</i> |
| w_5 | <i>false</i> | <i>true</i> | <i>false</i> |
| w_{23} | $P_{23,10}$ | <i>false</i> | $P_{23,12}$ |

където

$P_{23,10}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_2 ”,

$P_{23,12}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_3 ”.

$$W_6 = \langle \{w_8, w_{16}, w_{20}, w_{19}\}, \{w_{13}, w_{14}, w_{15}, w_{16}\}, \rangle$$

| | w_{13} | w_{14} | w_{15} | w_{16} |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| w_8 | $P_{8,13}$ | $P_{8,14}$ | <i>false</i> | $P_{8,16}$ |
| w_{16} | $P_{16,13}$ | $P_{16,14}$ | $P_{16,15}$ | $P_{16,16}$ |
| w_{19} | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{19,15}$ | $P_{19,16}$ |
| w_{20} | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{20,15}$ | $P_{20,16}$ |

където

$P_{8,13} = P_{16,13}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_7 ”,

$P_{8,14} = P_{16,14}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_8 ”,

$P_{8,15} = P_{16,15} = P_{19,15} = P_{20,15}$ “автобусът ще се движи към спирка W_4 ”,

$P_{8,16} = P_{19,16} = P_{20,16}$ “автобусът е за крайната спирка”, $P_{16,16}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$W_7 = \langle \{c_1, w_7, w_{13}\}, \{w_{17}, w_{18}, w_{19}\}, \rangle$$

| | w_{17} | w_{18} | w_{19} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| c_1 | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{1,19}$ |
| w_7 | $P_{7,17}$ | $P_{7,18}$ | <i>false</i> |
| w_{13} | $P_{13,17}$ | $P_{13,18}$ | <i>false</i> |

където

$P_{1,19}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_6 ”,

$P_{7,17} = P_{13,17}$ = “автобусът ще се движи към спирка C_1 ”,

$P_{7,18} = P_{13,18}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_{10} ”.

$$W_8 = \langle \{w_{11}, w_{14}, w_{26}\}, \{w_{20}, w_{21}, w_{22}, w_{23}\}, \rangle$$

| | w_{20} | w_{21} | w_{22} | w_{23} |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| w_{11} | $P_{11,20}$ | $P_{11,21}$ | $P_{11,22}$ | <i>false</i> |
| w_{14} | <i>false</i> | $P_{14,21}$ | $P_{14,22}$ | <i>false</i> |
| w_{26} | $P_{26,20}$ | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{26,23}$ |

където

$P_{11,20} = P_{26,20}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_6 ”,

$P_{11,21} = P_{14,21}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_9 ”,

$P_{11,22} = P_{14,22}$ = “автобусът ще се движи към спирка C_5 ”,

$P_{26,20} = P_{26,23}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_5 ”.

$$W_9 = \langle \{w_{21}, w_{30}, w_{34}\}, \{w_{24}, w_{25}, w_{26}\},$$

| | w_{24} | w_{25} | w_{26} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| w_{21} | $P_{21,24}$ | $P_{21,25}$ | <i>false</i> |
| w_{30} | <i>false</i> | $P_{30,25}$ | $P_{30,26}$ |
| w_{34} | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{34,26}$ |

където

$P_{21,24}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_{10} ”,

$P_{21,25} = P_{30,25}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_{11} ”,

$P_{30,26} = P_{34,26}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_8 ”.

$$W_{10} = \langle \{c_6, c_{18}, w_{18}, w_{24}, w_{31}, w_{32}\}, \{w_{27}, w_{28}, w_{29}, w_{30}, w_{31}\},$$

| | w_{27} | w_{28} | w_{29} | w_{30} | w_{31} |
|----------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| c_6 | $P_{6,27}$ | $P_{6,28}$ | $P_{6,29}$ | <i>false</i> | $P_{6,31}$ |
| c_{18} | $P_{18^*,27}$ | $P_{18^*,28}$ | $P_{18^*,29}$ | <i>false</i> | $P_{18^*,31}$ |
| w_{18} | $P_{18,27}$ | $P_{18,28}$ | $P_{18,29}$ | <i>false</i> | $P_{18,31}$ |
| w_{24} | $P_{24,27}$ | $P_{24,28}$ | $P_{24,29}$ | <i>false</i> | $P_{24,31}$ |
| w_{31} | $P_{31,27}$ | $P_{31,28}$ | $P_{31,29}$ | $P_{31,30}$ | $P_{31,31}$ |
| w_{32} | $P_{32,27}$ | $P_{32,28}$ | $P_{32,29}$ | <i>false</i> | $P_{32,31}$ |

където

$P_{6,27} = P_{18^*,27} = P_{18,27} = P_{24,27} = P_{31,27} = P_{32,27}$ = “автобусът ще се движи към спирка C_1 ”,

$P_{6,28} = P_{18^*,28} = P_{18,28} = P_{24,28} = P_{31,28} = P_{32,28}$ = “автобусът ще се движи към спирка C_5 ”,

$P_{6,29} = P_{18^*,29} = P_{18,29} = P_{24,29} = P_{31,29} = P_{32,29}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_1 ”,

$P_{6,31} = P_{18^*,31} = P_{18,31} = P_{24,31} = P_{31,31} = P_{32,31}$ = “автобусът е за крайната спирка”,

$P_{31,30}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_9 ”,

$P_{31,31}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$W_{11} = \langle \{c_{21}, w_{25}, w_{35}\}, \{w_{32}, w_{33}, w_{34}, w_{35}\},$$

| | w_{32} | w_{33} | w_{34} | w_{35} |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| c_{21} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |
| w_{25} | <i>false</i> | $P_{25,33}$ | <i>false</i> | $P_{25,35}$ |
| w_{35} | $P_{35,32}$ | $P_{35,33}$ | $P_{35,34}$ | $P_{35,35}$ |

където

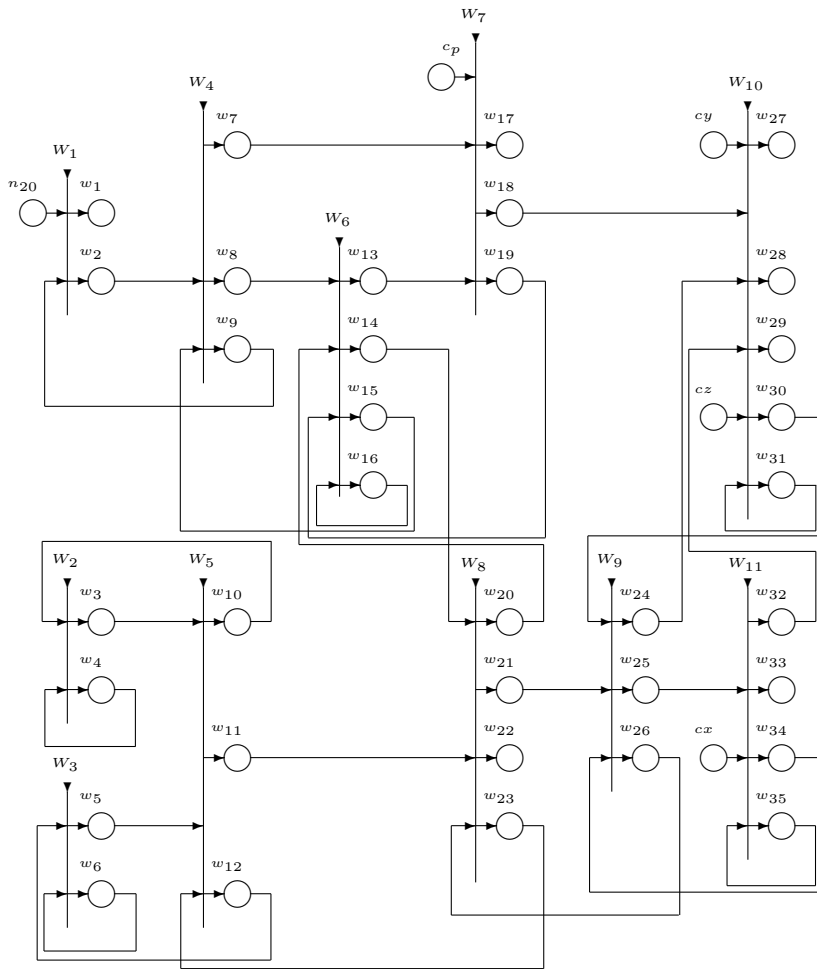
$P_{25,35}$ = “автобусът е за крайната спирка”,

$P_{25,33} = P_{35,33}$ = “автобусът ще се движи към спирка C_6 ”,

$P_{35,32}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_{10} ”,

$P_{35,34}$ = “автобусът ще се движи към спирка W_8 ”,

$P_{35,35}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.



Видът на преходите, съответстващи на спирките от Централната зона, е следният.

$$C_1 = \langle \{c_7, c_{12}, n_{23}, n_{27}, w_{18}, w_{26}\}, \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\},$$

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| c_7 | $P_{7,1}$ | $P_{7,2}$ | $P_{7,3}$ | false | false | false |
| c_{12} | $P_{12,1}$ | $P_{12,2}$ | $P_{12,3}$ | false | false | false |
| n_{23} | false | false | false | $P_{23,4}$ | $P_{23,5}$ | $P_{23,6}$ $\rangle,$ |
| n_{27} | false | false | false | $P_{27,4}$ | $P_{27,5}$ | $P_{27,6}$ |
| w_{18} | false | false | false | $P_{18,4}$ | $P_{18,5}$ | false |
| w_{26} | false | false | false | $P_{26,4}$ | $P_{26,5}$ | false |

където

$P_{7,1} = P_{12,1} =$ “автобусът ще се движи към спирка W_7 ”,

$P_{7,2} = P_{12,2} =$ “автобусът ще се движи към спирка N_{10} ”,

$P_{7,3} = P_{12,3} =$ “автобусът ще се движи към спирка N_9 ”,

$P_{23,4} = P_{27,4} = P_{18,4} = P_{26,4} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_2 ”,

$P_{23,5} = P_{27,5} = P_{18,5} = P_{26,5} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_3 ”,

$P_{23,6} = P_{27,6} =$ “автобусът ще се движи към спирка W_{10} ”.

$$C_2 = \langle \{c_4, c_{13}, c_{34}, n_{16}\}, \{c_7, c_8, c_9, c_{10}\},$$

| | c_7 | c_8 | c_9 | c_{10} |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| c_4 | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{4,9}$ | $P_{4,10}$ |
| c_{13} | $P_{13,7}$ | $P_{13,8}$ | <i>false</i> | <i>false</i> |
| c_{34} | $P_{34,7}$ | $P_{34,8}$ | <i>false</i> | <i>false</i> |
| n_{16} | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{16,9}$ | $P_{16,10}$ |

където

$P_{4,9} = P_{16,9} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_{10} ”,

$P_{4,10} = P_{16,10} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_4 ”,

$P_{13,7} = P_{34,7} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_1 ”,

$P_{13,8} = P_{34,8} =$ “автобусът ще се движи към спирка N_7 ”.

$$C_3 = \langle \{c_5, c_{15}\}, \{c_{11}, c_{12}\},$$

| | c_{11} | c_{12} |
|----------|--------------|--------------|
| c_5 | <i>true</i> | <i>false</i> |
| c_{15} | <i>false</i> | <i>true</i> |

$$C_4 = \langle \{c_{10}, c_{11}, c_{19}\}, \{c_{13}, c_{14}, c_{15}\},$$

| | c_{13} | c_{14} | c_{15} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| c_{10} | <i>false</i> | <i>true</i> | <i>false</i> |
| c_{11} | $P_{11,13}$ | $P_{11,14}$ | <i>false</i> |
| c_{19} | $P_{19,13}$ | <i>false</i> | $P_{19,15}$ |

където

$P_{11,13} = P_{19,13} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_2 ”,

$P_{11,14} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_5 ”,

$P_{19,15} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_3 ”.

$$C_5 = \langle \{c_{14}, c_{22}, c_{26}, w_{22}\}, \{c_{16}, c_{17}, c_{18}, c_{19}\},$$

| | c_{16} | c_{17} | c_{18} | c_{19} |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| c_{14} | $P_{14,16}$ | $P_{14,17}$ | <i>false</i> | <i>false</i> |
| c_{22} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{22,19}$ |
| c_{26} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{26,19}$ |
| w_{22} | $P_{22,16}$ | $P_{22,17}$ | $P_{22,18}$ | <i>false</i> |

където

- $P_{14,16} = P_{27,16} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_8 ”,
 $P_{14,17} = P_{27,17} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_6 ”,
 $P_{22,19} = P_{26,19} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_4 ”,
 $P_{22,18} =$ “автобусът ще се движи към спирка W_{10} ”.

$$C_6 = \langle \{c_{17}, c_{25}, w_{33}\}, \{c_{20}, c_{21}, c_{22}\},$$

| | c_{20} | c_{21} | c_{22} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| c_{17} | $P_{17,20}$ | $P_{17,21}$ | <i>false</i> |
| c_{25} | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{25,22}$ |
| w_{33} | $P_{33,20}$ | $P_{33,21}$ | <i>false</i> |

където

- $P_{17,20} = P_{33,20} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_7 ”,
 $P_{17,21} = P_{33,21} =$ “автобусът ще се движи към спирка W_{11} ”,
 $P_{25,22} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_5 ”.

$$C_7 = \langle \{c_{20}, c_{32}, e_1\}, \{c_{23}, c_{24}, c_{25}\},$$

| | c_{23} | c_{24} | c_{25} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| c_{20} | $P_{20,23}$ | $P_{20,24}$ | <i>false</i> |
| c_{32} | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{32,25}$ |
| e_1 | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{1,25}$ |

където

- $P_{20,23} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_9 ”,
 $P_{20,24} =$ “автобусът ще се движи към спирка E_1 ”,
 $P_{32,25} = P_{1,25}$ “автобусът ще се движи към спирка C_6 ”.

$$C_8 = \langle \{c_{16}, c_{29}, c_{33}\}, \{c_{26}, c_{27}, c_{28}\},$$

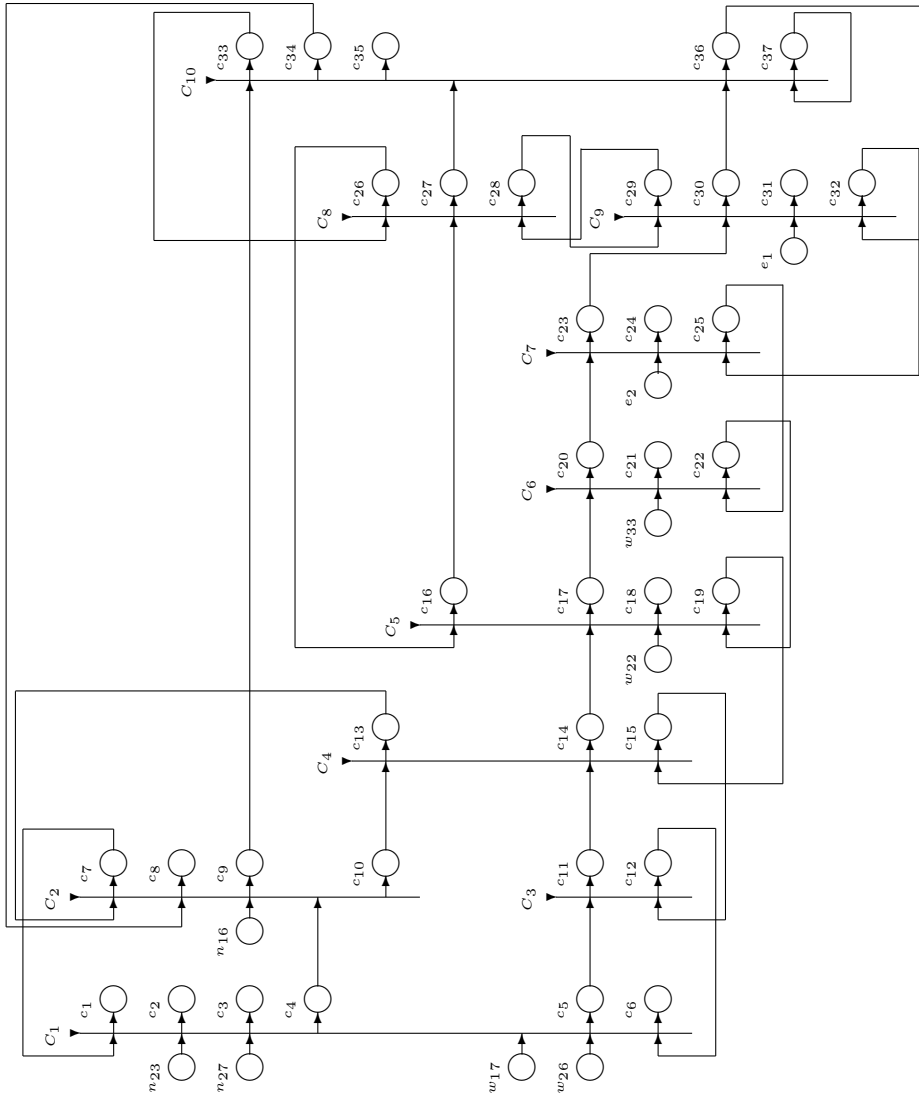
| | c_{26} | c_{27} | c_{28} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| c_{16} | <i>false</i> | $P_{16,27}$ | $P_{16,28}$ |
| c_{29} | $P_{29,26}$ | $P_{29,27}$ | <i>false</i> |
| c_{33} | $P_{33,26}$ | <i>false</i> | $P_{33,28}$ |

където

- $P_{16,27} = P_{29,27} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_{10} ”,
 $P_{16,28} = P_{33,28} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_9 ”,
 $P_{29,26} = P_{33,26}$ “автобусът ще се движи към спирка C_5 ”.

$$C_9 = \langle \{c_{23}, c_{28}, c_{36}, e_1\}, \{c_{29}, c_{30}, c_{31}, c_{32}\},$$

| | c_{29} | c_{30} | c_{31} | c_{32} |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| c_{23} | $P_{23,29}$ | $P_{23,30}$ | $P_{23,31}$ | <i>false</i> |
| c_{28} | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{28,31}$ | $P_{28,32}$ |
| c_{36} | $P_{36,29}$ | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{36,32}$ |
| e_1 | $P_{1,29}$ | <i>false</i> | <i>false</i> | $P_{1,32}$ |



където

$P_{23,29} = P_{36,29} = P_{1,29} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_{10} ”,

$P_{23,30} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_9 ”,

$P_{23,31} = P_{28,31} =$ “автобусът ще се движи към спирка E_1 ”,

$P_{28,32} = P_{36,32} = P_{1,32} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_7 ”.

$$C_{10} = \langle \{c_9, c_{27}, c_{30}, c_{37}\}, \{c_{33}, c_{34}, c_{35}, c_{36}, c_{37}\},$$

| | c_{33} | c_{34} | c_{35} | c_{36} | c_{37} |
|----------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| c_9 | $P_{9,33}$ | <i>false</i> | $P_{9,35}$ | $P_{9,36}$ | $P_{9,37}$ |
| c_{27} | <i>false</i> | $P_{27,34}$ | $P_{27,35}$ | $P_{27,36}$ | <i>false</i> |
| c_{30} | <i>false</i> | $P_{30,34}$ | $P_{30,35}$ | <i>false</i> | <i>false</i> |
| c_{37} | $P_{37,33}$ | $P_{37,34}$ | $P_{37,35}$ | $P_{37,36}$ | $P_{37,37}$ |

където

$P_{9,33} = P_{37,33} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_8 ”,

$P_{9,35} = P_{27,35} = P_{30,35} = P_{37,35} =$ “автобусът ще се движи към спирка N_7 ”,

$P_{9,36} = P_{27,36} = P_{37,36} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_9 ”,

$P_{9,37} =$ “автобусът е за крайната спирка”,

$P_{37,37} =$ “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

Видът на преходите, съответстващи на спирките от Южната зона, е следният.

$$E_1 = \langle \{e_{10}, c_{31}, c_{24}, w_{33}\}, \{e_1, e_2, e_3, e_4\},$$

| | e_1 | e_2 | e_3 | e_4 |
|----------|--------------|------------|------------|--------------|
| e_{10} | $P_{10,1}$ | $P_{10,2}$ | $P_{10,3}$ | <i>false</i> |
| c_{31} | <i>false</i> | $P_{31,2}$ | $P_{31,3}$ | $P_{31,4}$ |
| c_{24} | <i>false</i> | $P_{24,2}$ | $P_{24,3}$ | $P_{24,4}$ |
| w_{33} | <i>false</i> | $P_{33,2}$ | $P_{33,3}$ | $P_{33,4}$ |

където

$P_{10,1} = P_{31,3} = P_{24,3} = P_{33,3} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_9 ”,

$P_{31,2} = P_{24,2} = P_{33,2} =$ “автобусът ще се движи към спирка C_7 ”,

$P_{31,4} = P_{24,4} = P_{33,4} =$ “автобусът ще се движи към спирка E_4 ”.

$$E_2 = \langle \{e_7, e_{13}, e_{17}\}, \{e_5, e_6, e_7\},$$

| | e_5 | e_6 | e_7 |
|----------|--------------|--------------|-------------|
| e_7 | $P_{7,5}$ | $P_{7,6}$ | $P_{7,7}$ |
| e_{13} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |
| e_{17} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |

където

$P_{7,5} =$ “автобусът ще се движи към спирка E_4 ”,

$P_{7,6} =$ “автобусът ще се движи към спирка E_6 ”,

$P_{7,7} =$ “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$E_3 = \langle \{e_9, e_{18}\}, \{e_8, e_9\},$$

| | e_8 | e_9 |
|----------|--------------|-------------|
| e_9 | $P_{9,8}$ | $P_{9,9}$ |
| e_{19} | <i>false</i> | <i>true</i> |

където

$P_{9,8}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_6 ”,

$P_{9,9}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.

$$E_4 = \langle \{e_4, e_5, e_{15}, e_{19}\}, \{e_{10}, e_{11}, e_{12}, e_{13}\} \rangle,$$

| | e_{10} | e_{11} | e_{12} | e_{13} |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| e_4 | <i>false</i> | $P_{4,11}$ | $P_{4,12}$ | $P_{4,13}$ |
| e_5 | <i>true</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> |
| e_{15} | <i>true</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> |
| e_{19} | <i>true</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> |

където

$P_{4,11}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_5 ”,

$P_{4,12}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_6 ”,

$P_{4,13}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_2 ”.

$$E_5 = \langle \{e_{11}, e_{14}\}, \{e_{14}, e_{15}\} \rangle,$$

| | e_{14} | e_{15} |
|----------|-------------|--------------|
| e_{11} | <i>true</i> | <i>false</i> |
| e_{14} | $P_{14,14}$ | $P_{14,15}$ |

където

$P_{14,14}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”,

$P_{14,15}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_4 ”.

$$E_6 = \langle \{e_6, e_8, e_{12}\}, \{e_{16}, e_{17}, e_{18}, e_{19}\} \rangle,$$

| | e_{16} | e_{17} | e_{18} | e_{19} |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| e_6 | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |
| e_8 | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |
| e_{12} | $P_{12,16}$ | $P_{12,17}$ | $P_{12,18}$ | <i>false</i> |

където

$P_{12,16}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_7 ”,

$P_{12,17}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_2 ”,

$P_{12,18}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_3 ”.

$$E_7 = \langle \{e_{16}, e_{25}\}, \{e_{20}, e_{21}, e_{22}\} \rangle,$$

| | e_{20} | e_{21} | e_{22} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| e_{16} | <i>false</i> | $P_{16,21}$ | $P_{16,22}$ |
| e_{25} | <i>true</i> | <i>false</i> | <i>false</i> |

където

$P_{16,21}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_9 ”,

$P_{16,22}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_8 ”.

$$E_8 = \langle \{e_{22}, e_{26}, e_{31}\}, \{e_{23}, e_{24}, e_{25}\},$$

| | e_{23} | e_{24} | e_{25} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| e_{22} | $P_{22,23}$ | $P_{22,24}$ | <i>false</i> |
| e_{26} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |
| e_{31} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |

където

$P_{22,23}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_9 ”,

$P_{22,24}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_{11} ”.

$$E_9 = \langle \{e_{23}, e_{30}, e_{32}\}, \{e_{26}, e_{27}, e_{28}\},$$

| | e_{26} | e_{27} | e_{28} |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| e_{23} | <i>false</i> | $P_{23,27}$ | $P_{23,28}$ |
| e_{30} | <i>true</i> | <i>false</i> | <i>false</i> |
| e_{32} | <i>true</i> | <i>false</i> | <i>false</i> |

където

$P_{23,27}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_{10} ”,

$P_{23,28}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_{11} ”.

$$E_{10} = \langle \{e_{27}, e_{29}\}, \{e_{29}, e_{30}\},$$

| | e_{29} | e_{30} |
|----------|-------------|--------------|
| e_{27} | <i>true</i> | <i>false</i> |
| e_{29} | $P_{29,29}$ | $P_{29,30}$ |

където

$P_{29,29}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”,

$P_{29,30}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_9 ”.

$$E_{11} = \langle \{e_{24}, e_{28}, e_{33}\}, \{e_{31}, e_{32}, e_{33}\},$$

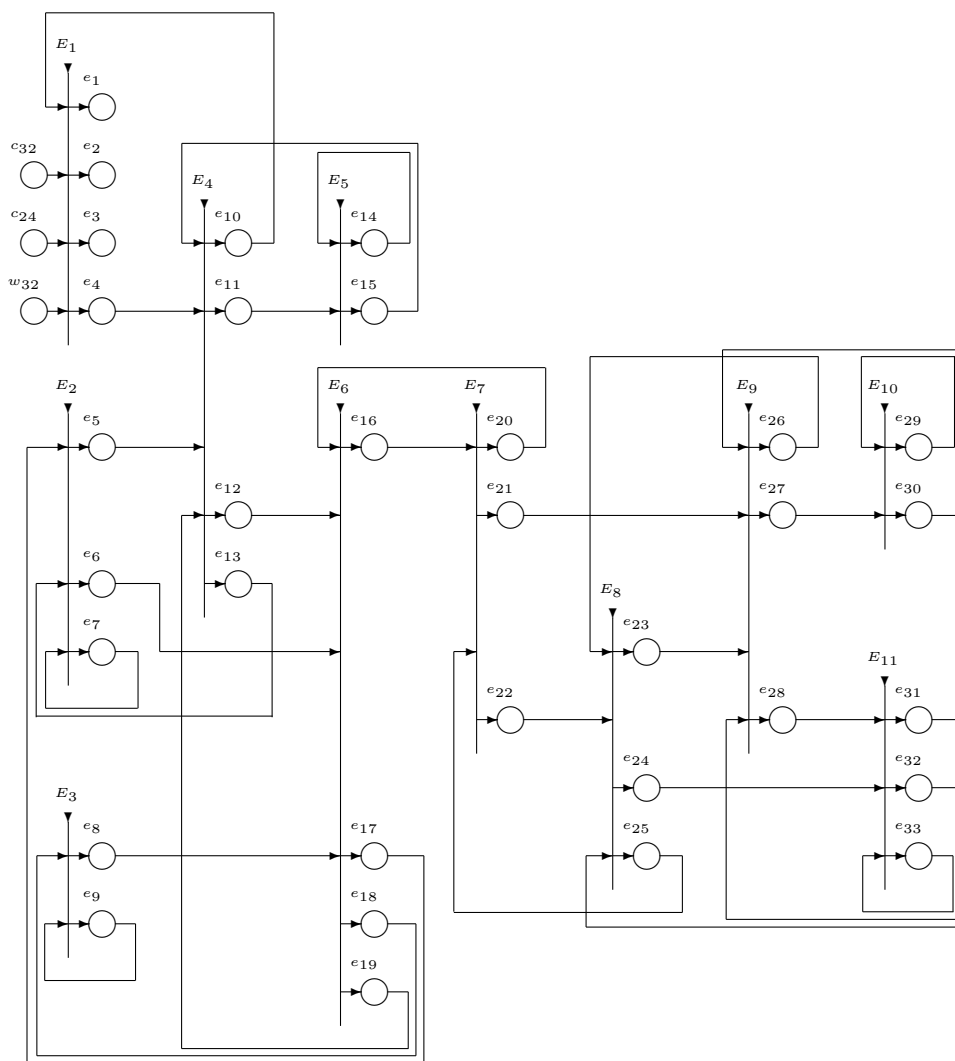
| | e_{31} | e_{32} | e_{33} |
|----------|--------------|--------------|-------------|
| e_{24} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |
| e_{28} | <i>false</i> | <i>false</i> | <i>true</i> |
| e_{33} | $P_{33,31}$ | $P_{33,32}$ | $P_{33,33}$ |

където

$P_{33,31}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_8 ”,

$P_{33,32}$ = “автобусът ще се движи към спирка E_9 ”,

$P_{33,33}$ = “не е настъпил моментът за тръгване на автобуса от началната спирка”.



3 Заключение

Анализът на обработената информация за пътниците ползващи обществен градски транспорт, ни дава възможност за следните изводи.

Тези линии, които се дублират и имат общи допирни точки, могат да бъдат коригирани и оптимизирани. Това ще доведе до редукция на автобусните линии. Така съответната транспортна схема може да стане по-рационална и ефективна.

Анализът на линии № 101 и 121 показва необходимостта от една основна линия, около която да се прилепят другите линии и това да стане по оста север-юг на града.

Ако тези две препоръки се въведат, ще се постигне значително оптимизиране на обществения градски транспорт на града, което ще доведе до конкретно намаляване на линиите и прекачванията и до значителни икономически ползи, като:

- икономия на време;
- ползи, свързани с повишаване на надеждността на услугата;
- оперативни разходи на автобусите;
- намаляване на вредните емисии;
- ползи, свързани с подобряване на качеството на услугата;
- ползи от намаляване на пътно-транспортните инциденти.

В следващо наше изследване, на базата на създадения ОММ ще бъде проведен интеркритериален анализ (вж. [2]) с цел да се потърси близост в поведението на пътничкопотока по отделните линии. Това ще помогне при бъдеща оптимизация на обществен транспорт в град Бургас.

Благодарности

Статията е изготвена в рамките на проект на Фонд “Научни изследвания”, №ДФНИ-И-02-5 “Интеркритериален анализ – нов подход за вземане на решения”.

References

- [1] Atanassov, K. *On Generalized Nets Theory*. Sofia, Prof. Marin Drinov Publishing House, 2007.
- [2] Atanassov K., D. Mavrov, V. Atanassova. *Intercriteria Decision Making: A New Approach for Multicriteria Decision Making, Based on Index Matrices and Intuitionistic Fuzzy Sets*. *Issues in Intuitionistic Fuzzy Sets and Generalized Nets*, Vol. 11, 2014, 1–8.