

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪРХУ ПОКРИТИЕТО НА ЦСМП ПО БРОЙ И МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ СПОРЕД ОПРЕДЕЛЕНИТЕ СТАНДАРТИ ЗА СПЕШНОСТ

Петя Стоянова, Кирил Карагъзов
petia_8@abv.bg, kkaragyzov@yahoo.com

**ВТУ „Тодор Каблешков“, гр. София, ул. Гео Милев 158,
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: задача на покритието; местоположение на център; спешна медицинска помощ

Резюме: Определяне на броя центрове за извънболнична спешна медицинска помощ и тяхното покритие по площ и население според времевата рамка от определените стандарти. Целта е да се намери минималния брой и конкретната локация на спешните медицински центрове, които да осигурят максимално обслужване (покритие), както на населението така и на територията на града при зададено максимално време и/или разстояние. За да се определи покритието по райони в гр. София е необходимо прилагането на известни математически модели за избор на местоположение на центрове, като в настоящия доклад се използва задачата за покритие (*set covering problem*), която е задача на смесено целочислено и линейно програмиране. Целевата функция и ограниченията и бинарните променливи са дефинирани в *Solver Add-in*.

Територията на гр. София се обслужва с отчитане на Евклидова метрика на разстоянията между две точки, коригирани с коефициент отчитащ уличната мрежа, а времепътването е получено при приета средна скорост на придвижване в града на линейките.

В резултат на решаване на задачата при вариращ брой центрове (2,3,4,5) се получава тяхното местоположение и степента на покритие (обслужено население) със зададените предварително времеви стандарти по медицински триаж (код червено- 8 мин, код оранжев -20 мин и код зелен до 120 мин.)

1. ВЪВЕДЕНИЕ

С урбанизацията нараства броя на жителите (постоянно и временно пребиваващи) във всички райони на гр. София. Досегашното местоположение на ЦСМП-1 пл. Сточна гара и ЦСМП-2 УМБАЛ „Св. Анна“, както и филиалите в район Баня и гр. Нови Искър работят с пълния си капацитет, но все още основния проблем е ненавремененно обслужване на населението. Спешна медицинска помощ е система, осигуряваща доболничната медицинска помощ на пациенти, които се нуждаят от бърза лекарска реакция. Един от начините на оставянето на пациенти в опашката за обслужване е разработеният медицински триаж [1], където са утвърдени стандартите за

„Спешна медицина“. Критичен спешен пациент (код червено)-пациента е с животозастрашаващи признаци и симптоми или увреждане с висока вероятност от летален изход. Нестабилен /потенциално нестабилен/ спешен пациент (код жълто) – относителна спешност - пациентът е с потенциална опасност за живота. Стабилен спешен пациент (код зелено) - минимална спешност – налични са симптоми, вследствие на заболяване с нисък риск от настъпване на тежки последствия.

Ако вземем например случай, при който линейката бърза да достигне до човек с опасност за живота т.е. код червено, въпреки че движението на линейката е в специален режим регламентиран в [2], до някои райони разстоянията са по-големи и те не могат да бъдат достигнати до 8 мин. Съгласно Закона за движение по пътищата, автомобилите на Спешна медицинска помощ са със специален режим на движение и ползват предимство на пътя. Това на практика означава, че линейките преминават кръстовища с включена звукова и светлинна сигнализация, когато изпълняват сигнал до човек с опасност за живота или транспортират пациент в критично състояние до лечебно заведение, оказващо спешна медицинска помощ.

Затова е необходимо да бъдат разположени още един или няколко центрове, които покриват нуждата на жителите. Местоположението на тези центрове е от решаващо значение, за да помогне на много пациенти поради факта, че пострадалото лице е силно засегнато от всяко забавяне. Следователно, тези центрове трябва да осигурят максимално „покрытие“ за ограничено време на населението от всички райони.

В [3] се разглежда проблемът за максималния брой и местоположението на центрoвете за спешна медицинска помощ (ЦСМП) формулиран като версия на проблема с местоположението относно максималното покритие (maximal covering location problem), разглеждан в [4]. Разработените в [5] стратегии за подобряване на ефективността на спешната медицинска помощ в системи при реални условия са в два основни аспекта: многочленно диспечерско устройство и стратегии за разпределение.

2. ПОСТАНОВКА НА ПРОБЛЕМА

В настоящия доклад се разглежда подобрена версия на модела представен в [6], където се дефинира задачата за избор на центрове и локация с цел на максимално покритие при ограничения: броя на населението, включени в рамките на определено разстояние. Използването на бинарни променливи и логически ограничения са основните начини за решаване на всеки модел за местоположение.

Конкретният казус се отнася за определяне на броя и локацията на спешните центрове в София-град, като целта е да се определи минималният брой, който да покрие всички райони.

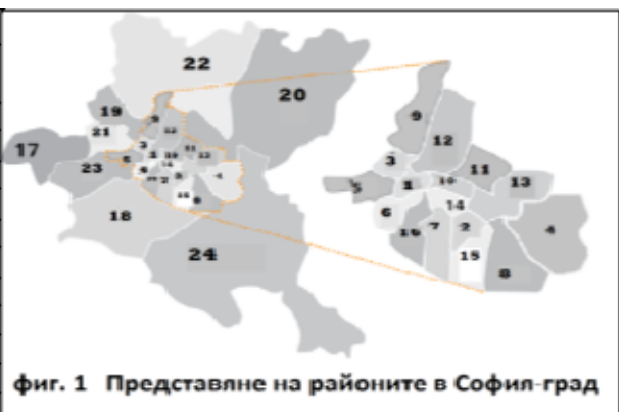
За приложение на задачата предварително се районира гр. София по административно деление, като всеки район е съставен от един и повече квартала, както следва на фиг. 1. В таблица 1 са дадени имената, номерата и обозначенията на районите в София и двата основни установени спешни центъра.

Разстоянията по транспортната мрежа са определени, като се използва матрица на евклидовите разстояния между всички райони, умножени с коефициента на неправолинейност, който за София град е изчислен на 1,36. В таблица 2 в колоната най-вдясно се вписва населението по райони. На фиксирания вече ЦСМП-1 пл. Сточна гара и ЦСМП-2 УМБАЛ „Св. Анна“ за население е нанесена стойност „0“.

Райони в гр. София

Таблица 1

№	РАЙОН	ОБОЗН.	№	РАЙОН	ОБОЗН.
1	Възраждане	VA	14	Средец	SR
2	Изгрев	IZ	15	Студентски град	SG
3	Илинден	IL	16	Тринадница	TR
4	Искър	IS	17	Банкя	BA
5	Красна поляна	KP	18	Витоша	VI
6	Красно село	KS	19	Връбница	VR
7	Лозенец	LO	20	Кремиковци	KRE
8	Младост	ML	21	Люлин	LU
9	Надежда	NA	22	Нови Искър	NI
10	Оборище	OB	23	Овча купел	OK
11	Подуяне	PO	24	Панчарево	PA
12	Сардара	SE	25	Ст.гара	ST-1
13	Слатина	SL	26	Св.Ана	ST-2



Матрица на разстоянията (времената) между районите и населението по райони

Таблица 2

▲	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	
1	Матрица на разстояния (времетраевания) между районите																												
2	таблица 2																												
3	<i>1,36</i>	VA	IZ	IL	IS	KP	KS	LO	ML	NA	OB	PO	SE	SL	SR	SG	TR	BA	VI	VR	KRE	LU	NI	OK	PA	ST_1	SA_2	Popi	
4	VA	0,0	6,2	3,0	13,4	6,6	4,2	4,1	11,3	5,1	3,5	5,2	4,0	8,0	2,4	8,3	3,4	14,9	8,4	5,9	24,8	6,4	12,2	7,8	19,3	2,2	10,1	49 906	
5	IZ	6,2	0,0	9,2	7,9	11,8	7,2	2,6	5,1	11,0	4,1	3,5	7,7	3,7	3,9	2,7	4,5	20,2	4,3	12,0	24,2	17,0	15,3	11,9	13,2	8,4	5,2	36 878	
6	IL	3,0	9,2	0,0	16,2	4,9	5,2	7,0	14,3	3,1	6,2	7,9	4,3	10,7	5,3	11,2	5,8	12,5	10,3	3,2	25,7	13,5	11,8	6,9	22,2	6,8	14,1	36 847	
7	IS	13,4	7,9	16,2	0,0	19,6	15,1	10,4	5,4	17,0	10,0	8,4	13,4	5,5	11,0	8,1	12,4	28,0	18,7	18,5	20,4	24,7	17,6	19,8	9,9	12,5	8,1	70 202	
8	KP	6,6	11,8	4,9	19,6	0,0	5,0	9,3	16,5	7,3	10,1	11,8	9,3	14,4	8,7	13,0	7,4	8,4	12,0	6,3	30,6	2,5	21,7	2,7	23,9	11,7	18,3	65 861	
9	KS	4,2	7,2	5,2	15,1	5,0	0,0	4,7	11,6	8,4	6,8	8,2	8,2	10,3	5,1	8,1	2,7	13,2	7,0	8,3	28,8	10,3	22,9	4,7	18,9	8,4	14,8	90 485	
10	LO	4,1	2,6	7,0	10,4	9,3	4,7	0,0	7,4	9,2	3,6	4,2	7,1	5,7	2,4	4,2	2,0	17,7	4,5	10,1	25,4	10,1	15,0	3,5	15,2	8,0	8,8	56 539	
11	ML	11,3	5,1	14,3	5,4	16,5	11,6	7,4	0,0	16,0	8,9	7,8	13,0	5,8	9,0	3,6	9,2	24,8	5,4	17,1	25,2	17,4	26,7	16,1	8,1	11,8	3,8	115 697	
12	NA	5,1	11,0	3,1	17,0	7,3	8,4	9,2	16,0	0,0	7,2	8,7	3,7	11,6	7,1	13,3	8,4	13,7	13,6	1,7	23,7	5,3	15,1	9,7	24,1	6,5	15,5	78 135	
13	OB	3,5	4,1	6,2	10,0	10,1	6,8	3,6	8,9	7,2	0,0	1,7	4,1	4,6	1,8	6,8	4,6	18,4	7,8	8,5	22,1	9,9	18,9	11,1	17,0	2,0	8,2	37 929	
14	PO	5,2	3,5	7,9	8,4	11,8	8,2	4,2	7,8	8,7	1,7	0,0	5,3	3,8	3,1	6,2	5,7	20,1	7,7	10,1	21,2	11,7	19,0	12,6	15,8	3,7	6,6	84 453	
15	SE	4,0	7,7	4,3	13,4	9,3	8,2	7,1	13,0	3,7	4,1	5,3	0,0	8,1	4,7	10,7	7,1	16,8	11,5	5,3	21,3	8,1	15,5	9,4	21,0	5,3	12,8	51 298	
16	SL	8,0	3,7	10,7	5,5	14,4	10,3	5,7	5,8	11,6	4,6	3,8	8,1	0,0	5,7	5,6	7,6	22,8	7,7	13,0	20,7	14,4	21,1	14,9	13,4	6,9	5,4	73 312	
17	SR	2,4	3,9	5,3	11,0	8,7	5,1	2,4	9,0	7,1	1,8	3,1	4,7	5,7	0,0	6,2	2,9	17,1	6,8	8,1	23,9	8,8	12,7	9,4	17,1	3,4	8,3	73 939	
18	SG	8,3	2,7	11,2	8,1	13,0	8,1	4,2	3,6	13,3	6,8	6,2	10,7	5,6	6,2	0	5,7	21,2	2,3	14,2	26,2	14,0	25,3	12,5	11,1	10,9	5,6	33 391	
19	TR	3,4	4,5	5,8	12,4	7,4	2,7	2,0	9,2	8,4	4,6	5,7	7,1	7,6	2,9	5,7	0	15,7	7,3	9,0	26,7	8,3	22,4	7,4	16,8	6,7	11,2	77 824	
20	BA	14,9	20,2	12,5	28,0	8,4	13,2	17,7	24,8	13,7	18,4	20,1	16,8	22,8	17,1	21,2	15,7	0,0	12,5	12,0	37,3	9,4	21,9	8,8	31,9	26,1	32,2	21 707	
21	VI	8,4	4,3	10,3	18,7	12,0	7,0	4,5	5,4	13,6	7,8	7,7	11,5	7,7	6,8	2,3	7,3	12,5	0,0	14,2	28,3	13,8	19,3	11,1	11,9	12,2	22,2	65 138	
22	VR	5,9	12,0	3,2	18,5	6,3	8,3	10,1	17,1	1,7	8,5	10,1	5,3	13,0	8,1	14,2	9,0	12,0	14,2	0,0	25,3	15,2	10,3	8,8	25,2	8,0	17,5	57 590	
23	KRE	24,8	24,2	25,7	20,4	30,6	28,8	25,4	25,2	23,7	22,1	21,2	21,3	20,7	23,9	26,2	26,7	37,3	28,3	25,3	0,0	28,9	15,6	32,4	29,8	26,1	35,9	24 575	
24	LU	6,4	17,0	13,5	24,7	2,5	10,3	10,1	17,4	5,3	9,9	11,7	8,1	14,4	8,8	14,0	8,3	9,4	13,8	15,2	28,9	0,0	19,2	5,3	25,1	12,9	17,0	126 407	
25	NI	12,2	15,3	11,8	17,6	21,7	22,9	15,0	26,7	15,1	18,9	19,0	15,5	21,1	12,7	25,3	22,4	21,9	19,3	10,3	15,6	19,2	0,0	24,9	34,5	20,8	43,9	15 660	
26	OK	7,8	11,9	6,9	19,8	2,7	4,7	3,5	16,1	9,7	11,1	12,6	9,4	14,9	9,4	12,5	7,4	8,8	11,1	8,8	32,4	5,3	24,9	0,0	23,0	14,0	23,5	55 437	
27	PA	19,3	13,2	22,2	9,9	23,9	18,9	15,2	8,1	24,1	17,0	15,8	21,0	13,4	17,1	11,1	16,8	31,9	11,9	25,2	29,8	25,1	34,5	23,0	0,0	34,7	13,0	26 176	
28	ST_1	2,2	8,4	6,8	12,5	11,7	8,4	8,0	11,8	6,5	2,0	3,7	5,3	6,9	3,4	10,9	6,7	26,1	12,2	8,0	26,1	12,9	20,8	14,0	34,7	1	14	0	
29	SA_2	10,1	5,2	14,1	8,1	18,3	14,8	8,8	3,8	15,5	8,2	6,6	12,8	5,4	8,3	5,6	11,2	32,2	22,2	17,5	35,9	17,0	43,9	23,5	13,0	14	1	0	
30	Nus	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	8
31																													P= 8

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

- За да се разработи модел на смесено линейно и целочислено програмиране, проблема се формулира математически с целева функция и ограничения.
- Да се реализира модел на смесено линейно и целочислено програмиране с бинарни променливи, за да се определи минималния брой центрове, които могат да покрият населението на всички райони.
- Целевата функция на модела максимализира общият брой на населението по райони, покрито от фиксирането на целочислените променливи, определящи локацията и броя на центрoвете, при ограничения на общия брой центрове и стандарта от време за обслужване.

3. МАТЕМАТИЧЕСКА ФОРМУЛИРОВКА НА ЗАДАЧАТА

Обозначения

I -множество от районите генериращи спешни повиквания;

J -множество от районите с допълнителни потенциални центрове;
генериращи спешни повиквания;

T -времетрайване (разстояние), до което районите може да се считат покрити;

$x_j = (0,1)$, $j \in J$. Когато $x_j = 1$, то j -ти потенциален допълнителен център е открит, а при $x_j = 0$ не е открит;

Nd - множество на предварително избраните центрове;

$x_j = 1$ за $j \in Nd$

$Pe = |Nd|$ - брой на предварително избраните центрове;

$Nused = J \cup Nd$ - множество на всички центрове-постоянни и допълнителни;

$Ni = \{j \in Nused \mid t_{ij} \leq T\}$ - множествата от центрове (постоянни и допълнителни), $i \in I$, които „покриват“ съответния район i , т.е. с времетрайване по-малко от зададеното T .

Pop_i - население в район $i \in I$

Модифицираната задача за максималното покритие на районите с зададен брой допълнителни центрове Pd , при съществуващи $Pe = |Nd|$, т.е при зададен общ брой центрове $P = Pd + Pe$, като Nd е множеството от предварително избрани центрове, се дефинира по следния начин:

Целевата функция

$$(1) \quad \text{Max } Z = \sum_{i \in I} Pop_i y_i$$

при ограничения

$$(2) \quad \sum_{j \in Ni} x_j \geq y_i \quad \text{за } \forall i \in I$$

$$(3) \quad \sum_{j \in Nused} x_j = P$$

$$(4) \quad x_j = \{0,1\} \quad \text{за } \forall j \in J$$

$$(5) \quad y_i = \{0,1\} \quad \text{за } \forall i \in I$$

Променливите, които се изменят в модела са съответно x_j и y_i .

4. РЕАЛИЗАЦИЯ НА МОДЕЛ В MS EXCEL C SOVER ADD-IN

Разработване на алтернативи, които могат да отговарят на следните изисквания:

Предвид информацията в табл.2 се решава колко центрове са необходими, така че жителите на всички райони да са обхванати в рамките на 8 минути от центъра на търгване на линейките (при приета средна скорост на движение 60 км/ч, матрицата на разстоянията е идентична по стойности с матрицата на времетрайванията). Като се използва приложението Solver Add-in в табл.2 и се промени времетрайването от 8 на 20 мин. се забелязва промяна в общия брой на необходимите центрове и тяхното местоположение.

Ако центъра е с оперативно изчерпан капацитет (т.е. в даден момент няма свободна линейка с реанимационен екип) за осигуряване на стандарта от 8 минути е необходимо повикването да бъде обслужено от друг център. Ако това е така, колко центрове са необходими и къде трябва да бъдат разположени, за да се гарантира, че обслужването на населението на всички райони, да се реализира в рамките на 8 мин. от

два и повече центрове. Като се има предвид населението на всеки район и времената за обслужване от съществуващите и потенциалните центрове, дадени в табл.2, е необходимо да се открият допълнителни центрове със съответната им локация, които могат да осигурят обслужване в рамките на 8 мин.

Разгледани са: 1) базов вариант 1, със два основни центъра и два съществуващи филиала, като допълнително се откриват от 1 до 4-ри центъра. Анализирано е покритието с от 1 до 4-ри допълнителни центъра при $T=20$ мин. 2) Вариант 2 - с открити само два основни центъра и от 1 до 6 допълнителни при стандарт за спешност $T=8$ мин.

ОПИСАНИЕ НА ЗАДАЧАТА В MS EXCEL, ДЕФИНИРАНА И РЕШЕНА В ПРИЛОЖЕНИЕТО SOLVER ADD-IN. ИЗИСКВАНИЯ И РЕЗУЛТАТИ

Входни данни:

Въвежда се граница от $T=8$ мин. в клетка B2. След това се въвежда действителното разстояние (времетрайване) между районите от табл.2 с коригиращия коефициент на неправолинейност. В матрицата дадена в табл.3 се определят по редове множествата N_i . Ако j -ти център, може да „покрие“ i -ти район то елемента (i,j) е 1, иначе -0. Матрицата се реализира в областта (B38:AA63), с IF функции. Формулата в клетка B38 ще бъде = IF (B4 <= \$B\$2, 1, 0), след това се копира към останалата част от областта B38 до AA63. Резултатът е показан в табл. 3.

Целевата функция е да се максимизира общото покрито население в клетка E99, =SUMPRODUCT(AB4:AB29;E72:E97), Ако района е покрит се сумира принадлежащото му население.

Променливи: $x_j = \{0,1\}$, $j \in J$ в диапазона (B30:AA30). При решението на задачата, стойностите на променливите с 1 съответстват на избраните центрове. За останалите стойностите са 0. **Променливите** $y_i = \{0,1\}$, $i \in I$ са дефинирани в областта (E72:E97).

Ограничения:

- (1) Областта от центрове е необходимо да са бинарни (B30: AA30).
- (2) Общия брой на центровете в клетка AB31, да е равен на зададения брой центрове в AB31. При зададен брой центрове в клетка AB31 се определя общия брой на фиксираните плюс допълнително откритие центрове в клетка AB30, като се използва формулата: =SUM (B30:AA30).
- (3) Променливите y_i определящи покритието на районите (E72: E97) се дефинират като бинарни E72: E97=binary.
- (4) Броя на откритите центровете, които покриват даден район да е по- голям или равен на y_i , $i \in I$ т. е C72:C97>= E72:E97.

Предварително откритите центрове се фиксират, като техните стойности на променливите x_j се приравняват на 1.

- (5) Фиксира се център Ст.гара (ST_1) Z30=1.
- (6) Фиксира се център Св.Ана (SA_2) AA30=1.
- (7) Фиксира се център R30=1. съществуващ филиал Банкя (BA).
- (8) Фиксира се център W30=1, съществуващ филиал Нови Искър (NI).

Броят на откритите центрове, които покриват даден район в областта (C72:C97) се определят за всеки район. Например за район VA в клетка C72 =SUMPRODUCT(\$B\$30:\$AA\$30;B38:AA38). За останалите райони формулата се копира в областта C73:C97.

Така дефинираната задача се решава с Solver Add-in. след като се отбележи опция Simplex LP и бутон Solve.

	VA	IZ	IL	IS	KP	KS	LO	ML	NA	OB	PO	SE	SL	SR	SG	TR	BA	VI	VR	KRE	LU	NI	OK	PA	ST_1	SA_2	
34	Ni - по редове са множествата от центрове, които „покриват“ съответния район i, с времепътуване по-малко T																										
35	Таблица 3																										
36																											
37																											
38	VA	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
39	IZ	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
40	IL	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	
41	IS	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
42	KP	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	
43	KS	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
44	LO	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
45	ML	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
46	NA	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	
47	OB	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
48	PO	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	
49	SE	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
50	SL	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
51	SR	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
52	SG	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
53	TR	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	
54	BA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
55	VI	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
56	VR	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
57	KRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
58	LU	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
59	NI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
60	OK	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
61	PA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
62	ST_1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
63	SA_2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
64	Общо	17	15	14	4	9	11	15	9	10	15	15	12	14	15	11	16	1	11	6	1	5	1	8	1	10	6

Райони	Брой центрове	Yi - "Покрит"?	Обслужени Рорі	Необслужени Рорі			
71							
72	VA	3	≥	1	49 906	0	
73	IZ	3	≥	1	36 878	0	
74	IL	2	≥	1	36 847	0	
75	IS	1	≥	1	70 202	0	
76	KP	1	≥	1	65 861	0	
77	KS	2	≥	1	90 485	0	
78	LO	2	≥	1	56 539	0	
79	ML	2	≥	1	115 697	0	
80	NA	2	≥	1	78 135	0	
81	OB	3	≥	1	37 929	0	
82	PO	4	≥	1	84 453	0	
83	SE	3	≥	1	51 298	0	
84	SL	4	≥	1	73 312	0	
85	SR	3	≥	1	73 939	0	
86	SG	2	≥	1	33 391	0	
87	TR	3	≥	1	77 824	0	
88	BA	1	≥	1	21 707	0	
89	VI	1	≥	1	65 138	0	
90	VR	1	≥	1	57 590	0	
91	KRE	1	≥	1	24 575	0	
92	LU	1	≥	1	126 407	0	
93	NI	1	≥	1	15 660	0	
94	OK	1	≥	1	55 437	0	
95	PA	1	≥	1	26 176	0	
96	ST_1	2	≥	0	0	0	
97	SA_2	2	≥	0	0	0	
98							
99	Население				1425386	1 425 386	0

Solver Parameters

Set Objective:

To: Max Min Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

- \$AA\$30 = 1
- \$AB\$31 = \$AB\$30
- \$B\$30:\$AA\$30 = binary
- \$C\$72:\$C\$97 >= \$E\$72:\$E\$97
- \$E\$72:\$E\$97 = binary
- \$R\$30 = 1
- \$W\$30 = 1
- \$Z\$30 = 1

Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method
Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Buttons: Add, Change, Delete, Reset All, Load/Save, Options, Help, Solve, Close

Фиг. 2 Solver Parameters в Excel за броя центрове

След решението на задачата:

Базов Вариант 1 (до 8 мин.)

Минималния брой и конкретното местоположение на спешните медицински центрове, които осигуряват максимално обслужване на населението. Като резултат са получени 8 броя центрове. Това са ЦСМП-1 пл. Сточна гара и ЦСМП-2 УМБАЛ „Св. Анна“, както и филиалите фиксирани в район Банкя и гр. Нови Искър, и други четири допълнителни в районите - Възраждане, Изгрев, Кремиковци и Панчарево. В табл. 5 са систематизирани получените резултати при откриване от 1 до 4 допълнителни центрове Pd от 3 до 8. Pd=2, е с предварително фиксирани филиали Банкя и Нови Искър, а в таблица 6 са резултатите при фиксирани само двата основни центъра.

Базов вариант с два предварително избрани допълнителни центрове ВА,НИ табл. 5

Pd	Центрове	Обслужено население до T=8мин		Брой и % от районите, покрити от 0,1,2 и 3 центъра				Kcover ⁽¹⁾
		Брой	%	0	1	2	3	
2	ВА, NI	1 223 635	85,8%	5	9	8	2	31
				20,8%	37,5%	33,3%	8,3%	
3	ВА, NI, VA	1 239 295	86,9%	4	10	8	2	32
				25,0%	33,3%	33,3%	8,3%	
4	ВА, NI, VA, IZ	1 374 635	96,4%	2	8	6	6	46
				8,3%	33,3%	25,0%	25,0%	
5	ВА, NI,VA, IZ,PA	1 400 811	98,3%	1	9	6	6	47
				4,2%	37,5%	25,0%	25,0%	
6	ВА, NI,VA, IZ,PA,KRE	1 425 386	100,0%	0	10	6	6	48
				0,0%	41,7%	25,0%	25,0%	

(1) забележка. Kcover- среден брой центрове, които покриват обслужваните райони

Вариант 2- с два основни центъра и от 1 до 6 допълнителни табл. 6

Pd	Центрове	Обслужено население до T=8мин		Брой и % от районите, покрити от 0,1,2 и 3 центъра				Kcover ⁽¹⁾
		Брой	%	0	1	2	3	
0		749 609	52,6%	12	10	2	0	14
				50,0%	41,7%	8,3%	0,0%	
1	VA	1 201 928	84,3%	6	8	8	2	30
				25,0%	33,3%	33,3%	8,3%	
2	VA, IZ	1 337 268	93,8%	4	6	6	6	44
				16,7%	25,0%	25,0%	25,0%	
3	VA, IZ, PA	1 363 444	95,7%	3	7	6	6	45
				12,5%	29,2%	25,0%	25,0%	
4	VA, IZ, PA, KRE	1 388 019	97,4%	2	8	6	6	46
				8,3%	33,3%	25,0%	25,0%	
5	VA, IZ, PA, KRE, BA	1 409 726	98,9%	1	9	6	6	47
				4,2%	37,5%	25,0%	25,0%	
6	VA, IZ, PA, KRE, BA, NI	1 425 386	100,0%	0	10	6	6	48
				0,0%	41,7%	25,0%	25,0%	

(1) забележка. Kcover- среден брой центрове, които покриват обслужваните райони

Базов Вариант 1 (до 20 мин.)

Минималния брой и конкретното местоположение на спешните медицински центрове, които осигуряват максимално обслужване на населението. Като резултат са получени 5 броя центрове. Това са ЦСМП-1 пл. Сточна гара и ЦСМП-2 УМБАЛ „Св. Анна“, както и филиалите фиксирани в район Банкя и гр. Нови Искър и един допълнителен в район Възраждане.

В резултат от решението на задачата при вариращ брой допълнителни центрове (2,3,4,5) е получено тяхното местоположение (таблица 6), нанесени според степента на покритие със зададени времеви стандарти (код червено - 8 мин., код оранжев – 20 мин.).

Местоположение на допълнителните центрове по брой 2,3,4,5

Таблица 6

			Триадица
		Кремиковци	Кремиковци
	Панчарево	Панчарево	Панчарево
Изгрев	Изгрев	Изгрев	Изгрев
до 8 мин.	Възраждане	Възраждане	Възраждане

	Красна поляна			
	Искър	Искър		
	Илинден	Илинден	Илинден	
	Изгрев	Изгрев	Изгрев	Изгрев
	Възраждане	Възраждане	Възраждане	Възраждане
				до 20 мин.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният и реализиран модел на смесено линейно и целочислено програмиране с бинарни променливи определя минималния брой центрове, които могат да покриват всички райони при времевите рамки за Базов вариант 1 – 8 мин., за Базов вариант 1 – 20 мин. В разгледания Базов Вариант 1 местоположение на центрoвете, които обслужват населението на София-град са: фиксирани - ЦСМП-1 пл. Сточна гара и ЦСМП-2 УМБАЛ „Св. Анна“; филиалите в район Банкя и гр. Нови Искър; и други четири допълнителни в районите - Възраждане, Изгрев, Кремиковци и Панчарево.

За Базов Вариант 1 - 8 мин. местоположение на центрoвете, обслужващи населението на София-град са: фиксирани - ЦСМП-1 пл. Сточна гара и ЦСМП-2 УМБАЛ „Св. Анна“; филиалите в район Банкя и гр. Нови Искър; и един допълнителен в район Възраждане.

Разгледаният Вариант 2, без предварително да се фиксират филиалите, показва че по удачно би било да се изберат за филиали VA и IZ със степен на покритие 93,8%, 4-ри непокрити района и среден брой центрове, които покриват обслужваните райони 2,44. В съществуващия вариант с два филиала, степента на покритие е 85,8%, 5 непокрити района и среден брой центрове, които покриват обслужваните райони 1,63.

Разработеният модел илюстрира приложимостта за определяне на местоположението на центрoвете, като първа стъпка в изследване на структурирането и оптимизацията на системата за спешна медицинска помощ.

Тези решения са от ключово значение, за да могат да се структурират и разработят моделите необходими за следващите етапи на оптимизация на системата за спешна помощ, свързани с изследване на интензивността на потока от повиквания по районни, разпределяне по кодове, с избор на обслужваща болница със спешно отделение, съставяне на модел за определяне на оборота на линейките и респективно броя и вида на медицинските екипи за спешна помощ за всеки център.

6. НАСОКИ НА БЪДЕЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Разработеният модел, може да се подобри в следните насоки:

- матрицата на времепътуванията да бъде разширена с отчитане на интензивността на повикванията на кварталите на районите и отчитане на реалния маршрут в градската транспортна мрежа;
- въвеждане на допълнителни ограничения, отчитащи възможността за избор на допълнителен център в район, който граничи с 2 или 3 района.
- въвеждане на допълнителни ограничения, позволяващи да се отчита горната граница на даден стандарт (например увеличение с 15%-20%), което ще даде предимство при избор на варианти за локация, от тези които ако не покриват даден район, да се приема варианта изпълняващ ограничението за горната граница на стандарта.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Министерство на Здравеопазването Наредба № 12 от 30 декември 2015 г. за утвърждаване на медицински стандарт „Спешна медицина“.

[2] Наредба № i-141 от 18 септември 2002 г. за условията и реда, при които се ползва специален режим на движение от моторните превозни средства, Издадена от Министерството на вътрешните работи, Обн. ДВ. бр.94 от 4 Октомври 2002г., изм. ДВ. бр.77 от 6 Октомври 2015г.

[3] V. Marianov, C. Re Velle , The queueing maximal availability location problem: A model for the siting of emergency vehicles,/ *European Journal of Operational Research* 93 (1996) 110-120.

[4] White J. and Case K. (1974), "On covering problems and the central facility location problem", *Geographical Analysis* 6, 281.

[5] Kanchala Sudtachat (2014), "Strategies to improve the efficiency of emergency medical service (EMS) systems under more realistic conditions" All Dissertations. Paper1359. http://tigerprints.clemson.edu/all_dissertations/1359

[6] Raida Abuizam, „The Potential Deployment Of Set Covering And Location-Assignment Model: The Case Of Locating Trauma Centers At The Midwest Region“, *Journal of Business Case Studies – Fourth Quarter 2014 Volume 10, Number 4.*

RESEARCH ON THE COVERAGE OF EMERGENCY MEDICAL AID CENTRES BY NUMBER AND LOCATION IN ACCORDANCE WITH STATED URGENCY STANDARDS

Petya Stoyanova, Kiril Karagyozov
petia_8@abv.bg, kkaragyozov@yahoo.com

Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, st. Geo Milev – 158
BULGARIA

Key words: *set cover; location of the center; emergency medical aid*

Abstract: *The paper focuses on the determination of the number of centres for outpatient emergency care and their coverage with respect to area and population within the specified by standards time framework. The study objective is to work out the minimum number and specific location of emergency medical aid centres securing maximum service (coverage) of the population as well as of the city territory, at set maximum time and / or distance. To determine the coverage by areas in the city of Sofia, it is necessary to apply certain mathematical models of centre location choice, the current report implementing the task of coverage (set covering problem), a task of mixed integer and linear programming. The target function and constraints and binary variables are defined in the Solver Add-in.*

Sofia area is served by means of considering the Euclidean metric of distances between two points, corrected by a factor taking into account the road network, whereas the travel time needed is obtained by assuming an average city movement speed of ambulances.

Problem solution with a varying number of centres (2, 3, 4, 5) gives their location and coverage extent (population served) at pre-set time standards for medical triage (Code Red - 8 minutes, code orange - 20 min and code green – up to 120 min.).