

Optimizacija rasporeda odeljenja u zdravstvenim ustanovama

ANDRIJANA G. BAČEVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Fakultet organizacionih nauka, Beograd

DRAGANA D. MAKAJIĆ–NIKOLIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Fakultet organizacionih nauka, Beograd

Stručni rad

UDC: 614.2:519.863

DOI: 10.5937/tehnika1805706B

Planiranje rasporeda odeljenja u zdravstvenim ustanovama ili rekonstrukcije postojećih je kompleksan zadatak na strateškom nivou odlučivanja. Konfuzni rasporedi odeljenja mogu doprineti anksioznosti pacijenata, povećati utrošeno vreme i pređeni put pacijenata. Razvijanje kvantitativnih pristupa u rešavanju ovog problema datira od kraja sedamdesetih godina dvadesetog veka. U ovom radu predstavljen je pristup planiranju rasporeda odeljenja u okviru zdravstvene ustanove zasnovan na metodi promenljivih okolina (Variable Neighborhood Search - VNS). Predloženi pristup je testiran na skupu poznatih instanci među kojima su i dve realne instance: Univerzitetska klinika Regensburg, Nemačka i Ahmed Maher bolnica u Kairu, Egipat. Predložena heuristika pronalazi optimalna rešenja na svim instancama manjih dimenzija, dok na instancama većih dimenzija pronalazi rešenja koja su relativno bliska najboljim poznatim rešenjima iz literature.

Ključne reči: *raspored odeljenja, zdravstvene ustanove, minimizacija pešačenja pacijenata, metoda promenljivih okolina*

1. UVOD

Prilikom projektovanja, proširivanja i organizovanja medicinskih sistema, javljaju se različiti optimizacioni problemi kao na primer određivanje optimalnih lokacija medicinskih ustanova [8], optimizacija sistema snabdevanja između medicinskih ustanova [2], optimizacija transporta organa [6] ili medicinskog otpada [13] itd.

Na mikro nivou, efikasno upravljanje jednom medicinskom ustanovom podrazumeva donošenje optimalnih odluka vezanih za organizaciju i koordinaciju medicinskih usluga [16], raspoređivanje medicinskog osoblja po odeljenjima [9] ili po smenama [15], optimizaciju sistema zakazivanja pregleda [1] itd.

U ovom radu razmatran je problem raspoređivanja odeljenja u okviru zdravstvene ustanove u literaturi poznat kao Hospital layout problem - HLP. Planiranje rasporeda odeljenja u zdravstvenim ustanovama ili rekonstrukcije postojećih je kompleksan zadatak, a ra-

zvijanje pristupa kvantitativnog planiranja privuklo je pažnju naučnika još od kraja sedamdesetih godina. Od rasporeda odeljenja u zdravstvenim ustanovama, zavise kako troškovi, tako i kvalitet usluga koje se pružaju pacijentima. Konfuzni rasporedi mogu doprineti anksioznosti pacijenata [12], povećati utrošeno vreme i pređeni put pacijenata.

Problem raspoređivanja odeljenja u okviru zdravstvene ustanove obično se rešava na strateškom nivou odlučivanja [3] i okarakterisan je kao višekriterijumski problem sa višestrukim ograničenjima.

Jedan od ciljeva može biti minimizacija pešačenja pacijenata između odeljenja i u tom slučaju HLP problem se može predstaviti kao problem kvadratnog pridruživanja (eng. Quadratic Assignment Problem – QAP) koji je formulisan 1957. godine od strane Tjallinga Kupmana (dobitnik Nobelove nagrade 1975.) i Martina Bekmana [10].

Rad se sastoji iz pet sekcija. Nakon uvoda, u drugoj sekciji je opisan problem planiranja rasporeda odeljenja koji razmatramo i prikazan je matematički model.

U sekciji 3 je opisana metoda promenljivih okolina koja se u radu predlaže za rešavanje HLP-a. U sekciji 4 su prikazani rezultati eksperimenata nad hipotetičkim i realnim primerima, dok su u sekciji 5 data zaključna razmatranja i pravci daljeg istraživanja.

Adresa autora: Andrijana Bačević, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, Jove Ilića 154

e-mail: andrijana.bacevic@fon.bg.ac.rs

Rad primljen: 16.07.2018.

Rad prihvaćen: 12.09.2018.

2. FORMULACIJA PROBLEMA

Za svaki par odeljenja i i j je poznat godišnji tok pacijenata f_{ij} , tj. broj pacijenata koji se nakon obavljenog pregleda na odeljenju i upućuju na odeljenje j . Za svaki par lokacija k i l unapred je poznato rastojanje d_{kl} . Svaka lokacija može biti iskorišćena samo za jedno odeljenje i svako odeljenje zauzima samo jednu lokaciju. Potrebno je na n dostupnih lokacija postaviti n odeljenja tako da se minimizuju ukupni troškovi takvog pridruživanja tj. u ovom slučaju pešačenje pacijenata između uspostavljenih odeljenja.

Ovako definisan HLP nije problem klasičnog raspoređivanja jer troškovi pridruživanja nisu konstante, već trošak jednog pridruživanja zavisi od troškova drugih pridruživanja. Tako trošak istovremenog pridruživanja odeljenja i na lokaciju k i odeljenja j na lokaciju l iznosi $f_{ij} \cdot d_{kl}$ i predstavlja pređeni put pacijenata između navedenih odeljenja. U praksi je često potrebno da odeljenjima bude dostupno nekoliko ordinacija. U tom slučaju skup ordinacija možemo posmatrati kao jednu lokaciju.

Matematička formulacija HLP problema koristi sledeću notaciju:

n – broj odeljenja i lokacija;

f_{ij} – broj pacijenata upućenih sa odeljenja i na odeljenje j , ($i, j = 1, \dots, n$);

d_{kl} – rastojanje između lokacije k i lokacije l , ($k, l = 1, \dots, n$);

$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{ako je odeljenje } i \text{ dodeljeno lokaciji } k \\ 0, & \text{inače} \end{cases}$

Koristeći gore navedenu notaciju, HLP problem se može formulisati kao problem kvadratnog pridruživanja na sledeći način:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n f_{ij} \cdot d_{kl} \cdot x_{ik} \cdot x_{jl} \quad (1)$$

pri uslovima:

$$\sum_{k=1}^n x_{ik} = 1 \text{ za } i = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ik} = 1 \text{ za } k = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \text{ za } i = 1, \dots, n \text{ } k = 1, \dots, n \quad (4)$$

Funkcija cilja (1) predstavlja ukupno pešačenje pacijenata između uspostavljenih odeljenja u zdravstvenoj ustanovi koje treba minimizovati. Uslov (2) obezbeđuje da je svako odeljenje dodeljeno tačno jednoj lokaciji. Slično, uslov (3) garantuje da je na svakoj lokaciji postavljeno tačno jedno odeljenje. Uslovom (4) definisano je da su promenljive binarne.

Za razliku od linearnog problema pridruživanja, koji je rešiv u polinomijalnom vremenu, kod QAP-a funkcija cilja (1) je kvadratna, a samim tim i nalaženje optimalnog rešenja je dosta teže. Sa stanovišta izračunavanja, QAP spada među najteže optimizacione

probleme. Sahni i Gonzalez su 1997. godine pokazali da QAP pripada klasi NP tvrdih (eng. *NP hard*) problema [17]. Početna istraživanja u cilju efikasnog rešavanja ovog problema su bila usmerena na reformulisanje QAP-a kao problema linearnog programiranja. Različiti autori predlagali su mnogobrojne linearizacije koje su se uglavnom svodile na mešovito celobrojno linearno programiranje (eng. Mixed Integer Linear Programming – MILP). Uporedni prikaz broja promenljivih i ograničenja za četiri najpoznatije linearizacije koje se mogu pronaći u literaturi dat je u tabeli 1. Spisak referenci na različite linearizacije problema kvadratnog pridruživanja kao i neke linearizacije mogu se pronaći u [5].

Tabela 1. Uporedni prikaz broja promenljivih i ograničenja u različitim linearizacijama problema kvadratnog pridruživanja

Linearizacije	Kaufman i Broeckx	Frieze i Yadegar	Adams i Johnson	Lawler
Realne promenljive	n^2	n^4	n^4	-
Binarne promenljive	n^2	n^2	n^2	$n^4 + n^2$
Ograničenja	$n^2 + 2n$	$n^4 + 4n^3 + n^2 + 2n$	$n^4 + 2n^3 + 2n$	$n^4 + 2n + 1$

Rešavanje instanci velikih dimenzija pomoću linearizovanog modela je veoma teško unutar razumnih vremenskih granica, jer linearizacije stvaraju MILP problem sa velikim brojem promenljivih i dodatnih ograničenja. Zbog toga se u rešavanju ovog problema u realnim sistemima najčešće koriste heuristike.

3. METODA PROMENLJIVIH OKOLINA

Metodu promenljivih okolina (eng. Variable Neighborhood Search - VNS) predložili su Mladenović i Hansen [14]. Osnovna ideja metode je sistematska promena okolina u fazi pretrage za lokalnim minimumom (lokalna pretraga) i u fazi izlaska iz lokalnog minimuma (razmrdavanje). Okoline se mogu menjati promenom metrike u odnosu na koju se definiše okolina ili povećavanjem rastojanja u odnosu na istu metriku. Uvođenje više okolina ima smisla imajući u vidu da lokalni minimum u odnosu na jednu okolinu ne mora biti i lokalni minimum u odnosu na neku drugu okolinu, dok je globalni minimum lokalni minimum u odnosu na sve okoline. VNS metoda i njene varijante su do sada uspešno primenjene za rešavanje velikog broja problema kombinatorne optimizacije. U ovom radu razvijena je osnovna metoda promenljivih okolina kod koje se sistematska promena okolina koristi samo u fazi razmrdavanja. Prostor pretrage S sadrži sve permutacija skupa lokacija $\{1, \dots, n\}$. Primer jednog

rešenja u kome su odeljenja 1,2,3 ... 7 pridružena redom lokacijama 3,7,2,5,1,4,6 prikazan je na slici 1.

odeljenja →	1	2	3	4	5	6	7
lokacije →	3	7	2	5	1	4	6

Slika 1 - Predstavljanje rešenja HLP za metodu promenljivih okolina

Predložena metoda koristi dva niza okolina:

1. $N = (N_1(x), N_2(x), \dots, N_k(x))$,
2. $M = (M_1(x), M_2(x), \dots, M_k(x))$.

Okolina $N_1(x)$ sadrži sva rešenja dobijena jednom međusobnom zamenom lokacija između dva odeljenja u rešenju x . Druga okolina $N_2(x)$ obuhvata sva rešenja dobijena sa dve zamene i tako dalje sve do okoline $N_k(x)$ koja sadrži sva rešenja dobijena sa k zamena u rešenju x . Primer jednog rešenja x' koje sa nalazi u okolini $N_1(x)$ dat je na slici 2.

x	3	5	1	4	2	7	6
x'	3	2	1	4	5	7	6

Slika 2 - Postupak dobijanja jednog rešenja iz okoline $N_1(x)$

Okolina $M_1(x)$ sadrži rešenja koja se dobijaju od rešenja x uklanjanjem lokacije pridružene jednom odeljenju i a zatim njenim pridruživanjem odeljenju j . Ako ovakvu operaciju nazovemo umetanje tada okolina $M_2(x)$ sadrži sva rešenja dobijena primenom dva uzastopna umetanja na rešenje x a okolina $M_k(x)$ sadrži sva rešenja dobijena primenom k umetanja na rešenje x .

Ovakva operacija može da bude zahtevna ako je potrebno izvršiti pomeranje lokacija od pozicije i do pozicije j za jedno mesto ulevo. Primer rešenja x' koje sa nalazi u okolini $M_1(x)$ dat je na slici 3.

x	3	5	1	4	2	7	6
x'	3	1	4	2	5	7	6

Slika 3 - Postupak dobijanja jednog rešenja iz okoline $M_1(x)$

Glavni koraci VNS metode za rešavanje HLP-a su:

- Inicijalizacija: Na početku se generiše jedno slučajno rešenje x i postavlja za tekuće rešenje. Brojač okolina k se inicijalizuje na početnu vrednost 1.

- Razmrdavanje (eng. shaking): Na početku faze razmrdavanja na slučajan način bira se tip okoline koji će biti korišćen (N ili M). Verovatnoća izbora i jedne i druge okoline je $1/2$. Nakon izbora tipa okoline bira se jedno slučajno rešenje $x' \in N_k(x)$ odnosno $M_k(x)$
- Lokalna pretraga: Na rešenje x' dobijeno u prethodnoj fazi primenjuje se lokalna pretraga. Lokalno pretraživanje se izvršava do pronalaska lokalnog minimuma u okolini $N_1(x')$. Lokalna pretraga u predloženoj metodi istražuje celu okolinu rešenja, tj. u okolini polaznog rešenja x' pronalazi najbolje rešenje (eng. best improvement). Lokalnu pretragu moguće je implementirati i tako da pri prvom poboljšanju koje pronađe prekine izvršavanje (eng. first improvement). Rešenje x'' dobijeno u ovoj fazi kao lokalni minimum prelazi u sledeću fazu.
- Provera rešenja: Ako je rešenje x'' bolje od tekućeg rešenja x , ono postaje novo tekuće rešenje ($x=x''$) a brojač okolina se vraća na početnu vrednost ($k=1$). U suprotnom brojač okolina se uvećava za jedan kako bi se u sledećoj iteraciji faze razmrdavanja koristila sledeća okolina.
- Provera kriterijuma zaustavljanja i brojača okolina: Ako je brojač okolina dostigao maksimalnu vrednost k_{\max} vratiti ga na početnu vrednost ($k=1$). Ako je bilo poboljšanja rešenja u prethodnih L iteracija vratiti se na korak 2, inače prikazati tekuće rešenje x koje predstavlja najbolje pronađeno rešenje prethodno opisanom metodom.

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

U ovom poglavlju predstavljeni su i analizirani eksperimentalni rezultati dobijeni metodom promenljivih okolina. Kako se u literaturi ne mogu pronaći instance malih dimenzija $n < 12$, za potrebe testiranja generisane su instance manjih dimenzija $4 \leq n \leq 11$ sa slučajnim celobrojnim vrednostima parametara f_{ij} i d_{kl} . Predložena VNS metoda je implementirana u programskom jeziku C. Sva testiranja obavljena su pod Windows 10 operativnim sistemom na računaru sa Intel Core i7 - 2.0 GHz procesorom i 4GB RAM memorije. Testiranje metode obavljeno je na ukupno 36 instanci kroz tri faze.

U prvoj fazi metoda je testirana na instancama malih dimenzija na kojima su egzaktno metode došle do optimalnih rešenja. Na taj način, u izvesnoj meri, proverena je korektnost implementirane metode. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 2. Za svaku instancu prikazano je vreme izvršavanja metode u sekundama i veličina radne memorije neophodne za rad metode. Metoda promenljivih okolina pronašla je poznata optimalna rešenja na svim instancama, za manje od 2 s i uz veoma malo korišćenje memorijskih resursa.

Tabela 2. Rezultati VNS metode na instancama malih dimenzija

n	Optimalna vrednost	VNS		
		f_{vns}	CPU (s)	RAM (MB)
4	8314	8314	1.31	0.1
5	892	892	1.17	0.1
6	50864	50864	1.11	0.1
7	25372	25372	1.92	0.1
8	73302	73302	1.39	0.1
9	541536	541536	1.65	0.1
10	1242620	1242620	1.45	0.1
11	238502	238502	1.78	0.1

U drugoj fazi testiranja metoda promenljivih okolina testirana je na instancama velikih dimenzija iz literature. Sve korišćene instance se mogu preuzeti sa QAPLIB repozitorijuma [4]. Rezultati testiranja prikazani su u tabeli 3. Prva kolona predstavlja naziv koji sadrži dimenziju instance, u drugoj koloni prikazana je najbolja vrednost funkcije cilja iz literature odnosno sa QAPLIB-a (optimalna vrednost funkcije cilja označena je podebljanim brojevima). U trećoj i četvrtoj koloni prikazana je vrednost funkcije cilja i vreme izvršavanja VNS metode. U petoj koloni predstavljeno je relativno odstupanje rešenja dobijenog VNS metodom od najboljeg poznatog rešenja u literaturi računato po formuli:

$$GAP = 100 \cdot \frac{|f_{vns} - f_{best}|}{f_{best}}$$

Tabela 3. Rezultati VNS metode na instancama velikih dimenzija

Instanca	f_{best}	f_{vns}	CPU (s)	GAP %
Tai12a	224416	224416	7	0.0
Tai12b	39464925	39464925	6	0.0
Tai15a	388214	388214	128	0.0
Tai15b	51765268	51765268	138	0.0
Tai17a	491812	496598	450	1.0
Tai20a	703482	718194	660	2.1
Tai20b	122455319	122455319	8	0.0
Tai25a	1167256	1214096	11	4.0
Tai25b	344355646	344355646	10	0.0
Tai30a	1818146	1867378	92	2.7
Tai30b	637117113	639353550	45	0.4
Tai35a	2422002	2497626	84	3.1
Tai40a	3139370	3252328	228	3.6
Instanca	f_{best}	f_{vns}	CPU (s)	GAP %
Tai40b	637250948	637250948	179	0.0
Tai50a	4938796	5128582	197	3.8

Instanca	f_{best}	f_{vns}	CPU (s)	GAP %
Tai50b	458821517	459994761	298	0.3
Tai60a	7205962	7455746	598	3.5
Tai60b	608215054	617442407	145	1.5
Tai64c	1855928	1855928	66	0.0
Tai80a	13499184	13966724	503	3.5
Tai80b	818415043	852446616	350	4.2
Tai100a	21052466	21937806	615	4.2
Tai100b	1185996137	1205097220	1229	1.6
Tai150b	498896643	534283649	622	7.1
Tai256c	44759294	44936242	1426	0.4

Implementirana VNS metoda je na instancama velikih dimenzija (ukupno 26) uspešno pronašla optimalna rešenja koja su poznata u literaturi u 6 od 10 slučajeva, dok je na ostalim instancama pronašla rešenja koja u proseku odstupaju za 1.9% od najbolje poznatih rešenja. U trećoj fazi testiranje je obavljeno na dve realne instance:

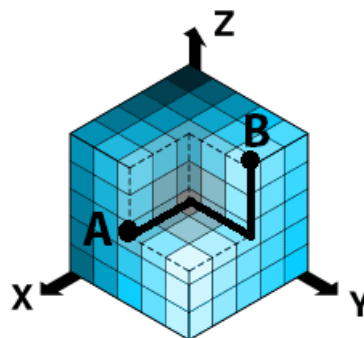
- Ahmed Maher bolnica u Kairu, Egipat sa 19 odeljenja, [7]
- Univerzitetska klinika Regensburg, Nemačka sa 30 odeljenja [11].

Za prvu instancu podaci o protoku pacijenata između odeljenja su bili dostupni na godišnjem nivou. Vrednosti parametara f_{ij} dobijene su kao prosečne vrednosti protoka pacijenata između svakog para odeljenja. Vrednosti parametara d_{kl} , dobijene su merenjem dužina putanja između lokacija uz množenje vertikalnih rastojanja subjektivnim faktorom 3.

Za potrebe računanja rastojanja između lokacija u drugoj instanci, zgrada je podeljena na ćelije odnosno lokacije kao na slici 4.

Rastojanje između dve ćelije A i B sa koordinatama (x_a, y_a, z_a) i (x_b, y_b, z_b) autori su računali po formuli: $d(A, B) = c_1 \cdot (|x_a - x_b| + |y_a - y_b|) + c_2 \cdot |z_a - z_b|$,

gde su c_1 i c_2 težinski koeficijenti kojima se reguliše odnos između horizontalnog i vertikalnog kretanja kroz zgradu.



Slika 4 - Prikaz lokacija u zgradi i njihovo rastojanje

Rezultati testiranja na opisanim instancama su prikazani u tabeli 4.

Tabela 4. Rezultati VNS metode na realnim instancama

Instanca	n	f _{best}	f _{vns}
Ahmed Maher bolnica u Kairu, Egipat	19	17212548	17212548
Univerzitetska klinika Regensburg, Nemačka	30	88900	90720

Za prvu instancu predložena metoda pronalazi najbolje poznato rešenje, dok za drugu instancu dobi-jeno rešenje odstupa za 2.05% od najboljeg poznatog rešenja u literaturi.

5. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada je bio problem raspoređivanja odeljenja u zdravstvenim ustanovama. Od rasporeda odeljenja u zdravstvenim ustanovama, zavise kako troškovi, tako i kvalitet usluga koje se pružaju pacijentima. U radu je predstavljen pristup rešavanja posmatranog problema baziran na metodi promenljivih okolina.

Rezultati eksperimenata su pokazali da predložena heuristika pronalazi optimalna rešenja na svim instancama manjih dimenzija, dok na instancama većih dimenzija pronalazi rešenja koja su relativno bliska najboljim poznatim rešenjima iz literature. Dalja istraživanja će biti usmerena ka unapređenju ove metode kao i razvijanju hibridne metode koja bi kombinovanjem dve ili više heuristika pronalazila kvalitetnija rešenja.

Krajnji cilj je primena predloženog pristupa u nekoj od medicinskih ustanova u Republici Srbiji u cilju provere efikasnosti postojećih rasporeda odeljenja i predloga eventualnih poboljšanja.

LITERATURA

[1] Ahmadi-Javid, A, Jalali Z, Klassen K. J, Outpatient appointment systems in healthcare: A review of optimization studies. *European Journal of Operational Research*, Vol. 258, No. 1, pp. 3-34, 2017.

[2] Azadeh A. H, Optimization of healthcare supply chain in context of macro-ergonomics factors by a unique mathematical programming approach. *Applied ergonomics*, Vol. 55, pp. 46-55, 2016.

[3] Blumenthal D, Stimulating the adoption of health information technology, *New England Journal of Medicine*, Vol. 360, No. 15, pp. 1477-1479, 2009.

[4] Burkard R. E, Çela E, Karisch S. E, Rendl F, Problem Instances and Solutions. Dostupno na: QAPLIB - A Quadratic Assignment Problem Library: <http://anjos.mgi.polymtl.ca/qaplib/>

[5] Burkard R, Dell'Amico M, Martello S *Assignment problems, revised reprint*, SIAM - Society of Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 2012.

[6] Caruso V, Daniele P, A network model for minimizing the total organ transplant costs. *European Journal of Operational Research*, Vol. 266, No., pp. 652-662. 2018.

[7] Elshafei, A. N, Hospital layout as a quadratic assignment problem. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 28, No. 1, pp. 167-179, 1977.

[8] Fo A. R. A. V, da Silva Mota, I, Optimization models in the location of healthcare facilities: a real case in Brazil. *Journal of Applied Operational Research*, Vol. 4, No. 1, pp. 37-50, 2012.

[9] Hadžiahmetović M, Makajić-Nikolić D, Medical Staff Rostering: Relocation of Doctors to Different Healthcare Institutions in Case of Staff Shortfall, *VI International Symposium Engineering Management and Competitiveness 2016 (EMC 2016)* Kotor, Montenegro, pp. 144-149, June 17-18, 2016.

[10] Koopmans T. C, Beckmann M, Assignment problems and the location of economic activities. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, pp. 53-76, 1957.

[11] Krarup, J. P, Computer-aided layout design. U M. L. Balinski, *Mathematical Programming in Use* (str. 75-94). Berlin: Springer, 1978.

[12] Landro, L. A Cure for hospital design—strategies to keep patients and their visitors from getting lost, *The Wall Street Journal*, 2014. Dostupno na: <https://www.wsj.com/articles/a-cure-for-hospital-design-1391471951>

[13] Mantzaras G, Voudrias, E. A, An optimization model for collection, haul, transfer, treatment and disposal of infectious medical waste: Application to a Greek region. *Waste Management*, Vol. 69, pp. 518-534, 2017.

[14] Mladenović N, Hansen P, Variable neighborhood search. *Computers & Operations Research*, Vol. 24, No. 11, pp. 1097-1100, 1997.

[15] Nicholson M, Jarvis J, Effective rostering and staffing levels. *Management in Healthcare*, Vol. 2, No. 1, pp. 29-36, 2017.

[16] Rohleder T. R, Cooke D, Rogers P, Egginton J, Coordinating health services: an operations management perspective. U B. T. Denton, *Handbook of Healthcare Operations Management*, pp. 421-445. Springer, New York, 2013.

[17] Sahni S, Gonzalez T. P, Complete approximation problems, *Journal of the ACM (JACM)*, Vol. 23, No. 3, pp. 555-565, 1976.

SUMMARY

OPTIMIZATION OF THE LAYOUT OF DEPARTMENTS IN HOSPITALS

Planning the layout of departments in hospitals or reconstructing existing ones is a complex task at the strategic decision-making level. Confusing layouts can contribute to patients' anxiety, increase the time spent in clinical procedures and total distance travelled by patients. The development of quantitative approaches in solving this problem dates back to the late seventies of the twentieth century. In this paper, we present an approach to the hospital layout based on a Variable Neighborhood Search (VNS). The proposed approach was tested on artificial and two real-world instances: University Clinic Regensburg, Germany and Ahmed Maher Hospital in Cairo, Egypt. Presented computational results show that the proposed VNS quickly reaches all optimal solutions for small-scale instances obtained by exact solver and provides quality solutions on large-scale instances that are relatively close to the best known solutions in literature.

Key words: *hospital layout, patients travel distance minimization, variable neighborhood search*